

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ENSERES METÁLICOS
Y DE MADERA A TRAVÉS DE LAS DIFERENTES HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING.**

JUAN DAVID MAMIAN RODRIGUEZ 0556828-3751

BRYAN STEVEN SANCHEZ RODRIGUEZ 0857714-3751

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PALMIRA –VALLE DEL CAUCA

2013

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ENSERES METÁLICOS
Y DE MADERA A TRAVÉS DE LAS DIFERENTES HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING.**

JUAN DAVID MAMIAN RODRIGUEZ 0556828-3751

BRYAN STEVEN SANCHEZ RODRIGUEZ 0857714-3751

Proyecto de Grado realizado en el Área de Producción de Mobiliaria

Metal – Madera

Ing. Wilson Orrego Chansi

Director de Investigación

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PALMIRA –VALLE DEL CAUCA

2013

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

ONTENIDO

GLOSARIO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. JUSTIFICACION	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1. LEAN MANUFACTURING	18
4.2. CADENA DE VALOR.....	19
4.3. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM)	19
4.4. THERBLIG.....	24
4.5. DIAGRAMA DE PARETO.....	28
5. ESTADO DEL ARTE	28
6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	33
7. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO EN PROVIDER & CIA LTDA.	35
7.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	35
7.2. FAMILIA DE PRODUCTOS FABRICADOS EN LA EMPRESA.....	38
7.3. DEMANDAS SUMINISTRADAS EN PROVIDER	42
8. TOMA DE TIEMPOS DE PROCESO DE PRODUCCION EN PROVIDER.....	46
8.1. PROCESOS DE TUBERIA.....	46
8.2. PROCESOS PARA LA BANDEJA PORTALIBROS	48
8.3. PROCESOS PARA LOS ASIENTOS O “SENTADEROS”	49
8.4. PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS BRAZOS	50
8.5. PROCESOS PARA LAS ESPALDAS	52
.....	52
8.6. PROCESOS PARA PINTADO Y ARMADO.....	53
.....	53

9.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE SILLAS UNIVERSITARIAS EN PROVIDER & CIA LTDA.	54
9.1.	VALUE STREAM MAPPING ACTUAL.....	55
9.2.	ANÁLISIS DEL FLUJO DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SILLAS UNIVERSITARIAS.....	67
		67
9.3.	ANÁLISIS DE THERBLIG.....	70
10.	PROPUESTA DE MEJORA.....	73
10.1.	MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO:.....	77
10.2.	VALUE STREAM MAPPING PROPUESTO.....	79
10.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN.....	82
10.4.	CAPACIDAD MÁXIMA DE LA COMPAÑÍA.....	84
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
12.	BIBLIOGRAFIA.....	88
13.	ANEXOS.....	91
13.1.	PROCESO PARADA DE SOLDADURA ACTUAL.....	91
13.2.	PROCESO PROPUESTO DE LA PARADA DE SOLDADURA.....	92
13.3.	MUESTREO DE TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	95

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Cadena de Valor.....	19
Ilustración 2 Líneas de Tiempo.....	21
Ilustración 3 Símbolo Cliente.....	22
Ilustración 4 Cuadros de Proceso.....	23
Ilustración 5 Símbolo de Inventario.....	23
Ilustración 6 Símbolo External Shipment.....	24
Ilustración 7 Diagrama flujo Sillas Universitarias.....	35
Ilustración 8 Mesas Unipersonales.....	38
Ilustración 9 Mesas trapezoidales y asientos.....	38
Ilustración 10 Escritorio profesor y Sillas Universitarias.....	39
Ilustración 11 Variedad Línea de oficina.....	39
Ilustración 12 Demandas mensuales de la empresa.....	43
Ilustración 13 Diagrama de Pareto.....	43
Ilustración 14 Tiempos de ciclo de las líneas productivas de la fabricación de sillas universitarias.....	57
Ilustración 15 Tiempos de ciclo altos del proceso productivo.....	57
Ilustración 16 Modelo silla universitaria Provider.....	59
Ilustración 17 Grafica de barras disponibilidad.....	62
Ilustración 18 Análisis de los 5 ¿Por qué?.....	65
Ilustración 19 Cuadro de datos cuello de botella.....	66

Ilustración 20 Diagrama bimanual actual del proceso de soldadura en sillas universitarias.....	71
Ilustración 21 Centro de trabajo organizado.....	75
Ilustración 22 Diagrama bimanual propuesto para el proceso de soldadura.....	76
Ilustración 23 Proceso de soldadura.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lean Manufacturing	18
Tabla 2 Demandas históricas Provider.....	42
Tabla 3 Tiempos de procesos de tubería.....	46
Tabla 4 Tiempos de procesos de tubería.....	47
Tabla 5 Tiempos de procesos de lámina	48
Tabla 6 Tiempos de actividades para "sentaderos".....	49
Tabla 7 Tiempos de procesos para "Brazos".....	50
Tabla 8 Tiempos de procesos para "Brazos".....	51
Tabla 9 Tiempos de procesos para "espaldas".....	52
Tabla 10 Tiempos de procesos de operaciones finales.....	53
Tabla 11 Tiempos de procedo requeridos para la producción de las 168 sillas diarias	59
Tabla 12 Disponibilidad de los procesos de producción de sillas universitarias.....	61

Tabla 13 Tasa de defectos del proceso de producción.....	64
Tabla 14 Therblig del proceso de soldadura.....	72
Tabla 15 Actividades involucradas en soldadura	73
Tabla 16 Costos acumulados para la producción de la capacidad actual.....	78
Tabla 17 w/c en escenario propuesto.....	79
Tabla 18 Costos mano de obra nuevo escenario.....	81
Tabla 19 Costos fijos del nuevo escenario.....	82
Tabla 20 Costos acumulados para la producción de las 5000 unidades demandadas en promedio cada mes.....	82
Tabla 21 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.....	83
Tabla 22 Cálculo del Valor Presente Neto.....	84

GLOSARIO

- **CADENA DE VALOR¹**: Herramienta que categoriza las actividades que producen valor añadido en una organización.
- **CAPACIDAD DE UN PROCESO²**: Corresponde a la tasa máxima de producción, es decir, las unidades que se puede producir en un intervalo de tiempo dentro de un proceso (sistema).
- **CUELLO DE BOTELLA³**: Fase en una línea de producción o actividad que limita, por ser la de menor capacidad, la producción total.
- **DEFECTO⁴**: Errores que se presentan en un producto y que por ende no cumple con las características de calidad esperadas.
- **DIAGRAMA DE FLUJO⁵**: Es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

¹ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

² Jacobs Roberts, Chase Richard, Aquilano Nicholas, Operations and supply Management, 2009.

³ Jacobs Roberts, Chase Richard, Aquilano Nicholas, Operations and supply Management, 2009.

⁴ Presentaciones de “Lean Manufacturing” agregando valor a la empresa, diplomado Universidad Nacional de Colombia, 2012.

⁵ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

- **INDICADOR DE CALIDAD:**⁶ Son herramientas de medición, basadas en hechos y datos, que miden el nivel de cumplimiento de las especificaciones establecidas para una determinada actividad o proceso empresarial.
- **INDICADOR DE DISPONIBILIDAD:**⁷ Es una medida que indica cuánto tiempo está el equipo operando, respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionara.
- **LEAN MANUFACTURING:**⁸ Sistema de gestión que consigue reducir los costos, aumentando la calidad del producto o del servicio, en un entorno de orientación al cliente (plazos de entrega y sistema pull) y en un buen clima laboral.
- **TIEMPO DE FLUJO:**⁹ Es el tiempo de producción, es decir, es el tiempo mínimo total que una unidad se demora en pasar por el sistema.
- **TIEMPO DE CICLO:**¹⁰ Es el tiempo promedio entre la producción de dos unidades consecutivas.
- **TAKT TIME:**¹¹ Cantidad de tiempo disponible de trabajo dividido por la demanda del cliente por un período de tiempo específico.
- **WORK CONTENT TIME (W/C)**¹²: Es un indicador que puntualiza la cantidad total de tiempo de las actividades permitiendo observar la valoración de todo el contenido de trabajo que se genera dentro de cada estación

⁶ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

⁷ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

⁸ Lonnie Wilson. How to implement Lean Manufacturing. United States of America, 2010

⁹ Tapping Don, Luyster Tom, and Shuker Tom. Value Stream Management. New York, 2002

¹⁰ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

¹¹ Lonnie Wilson. How to implement Lean Manufacturing. United States of America, 2010

¹² Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

INTRODUCCIÓN

Día a día las empresas se mueven en un ambiente donde la competencia en el mercado es cada vez mayor, por ello es de vital importancia que se le dé un aprovechamiento óptimo a los recursos con los que se cuenta a través de una buena programación de los procesos de forma sincronizada que permita su adecuado desarrollo. Puesto que, si se tiene todo funcionando de la mejor manera, se genera satisfacción en el cliente y se mejora la imagen de la empresa.

En la empresa de estudio “PROVIDER & CIA Ltda.”, se presentan inconvenientes en los procesos, que actualmente están perjudicando el funcionamiento y desempeño de la compañía, los cuales serán explicados más adelante. Por tal motivo, en el presente trabajo se busca darle solución a estos problemas, apoyados en herramientas de la filosofía Lean, que permitan realizar un diagnóstico de la situación actual de la compañía y poder establecer mejoras en las operaciones, aumentando así los niveles de satisfacción que actualmente tiene los clientes por la forma en que se les presta el servicio.

Logrando dar solución al problema que se presentará a continuación, se busca mejorar el nivel competitivo de la compañía junto con su capacidad productiva y la imagen que tiene el cliente de la misma, permitiéndole de este modo un mejor desempeño en el sector industrial al que pertenece.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las exigencias del mercado son cada vez mayores, y por ende todas las empresas deben estar en disposición de atender cualquier situación que se le presente. Una empresa como **“PROVIDER & CIA Ltda.”** no es la excepción, ésta se dedica a la producción, distribución y venta de mobiliario metálico y metal-madera, y todas estas funciones conllevan a que sea más susceptible a los cambios vertiginosos del mercado.

La importancia del sector mobiliario se hace visible a la luz de los dos sectores mencionados anteriormente que son los que están dando pié al crecimiento de la economía.

Otras ventajas del sector, son precisamente sus productos ya que gracias al nivel de diseño y calidad que han alcanzado principalmente los muebles, artesanías y artículos decorativos, se constituyen como uno de los muebles más atractivos para los consumidores estadounidenses. Especialmente los muebles nacionales, reconocidos por la belleza de sus maderas tropicales y finos acabados, que se consideran como fuertes competidores frente al mobiliario español o italiano.

La empresa de estudio **“PROVIDER & CIA Ltda.”** lleva aproximadamente 15 años en el mercado de mobiliario metal madera, y es una productora localizada en la ciudad de Palmira - Valle del Cauca, que actualmente presenta problemas en el proceso de producción que afectan el cumplimiento hacia el cliente.

El problema se manifiesta a través del incumplimiento de pedidos que se viene presentando, especialmente en la línea de producción de sillas universitarias; donde se cuenta con una maquinaria de alta tecnología dentro de la planta principal, que es supervisada y controlada por personas capacitadas especialmente para maniobrar este tipo de maquinaria, además del número de

operarios necesarios para producir los diferentes tipos de productos que ofrece la compañía, que casi siempre ha tenido que recurrir a laborar horas extras hasta el punto que se debe trabajar los días sábados para tratar de cumplir los pedidos, porque se vuelve algo impredecible la hora y fecha de terminación de los productos que se están ordenando manufacturar causando así unas multas por pólizas de incumplimiento en contra de la administración de la compañía.

En la empresa se encuentra una “planta 2” la cual es una bodega, es un espacio grande, donde se tiene maquinaria principalmente manual y donde la interacción con el trabajador es alta en cuanto a su manejo y medición para obtener una buena calidad en las partes que componen los distintos productos.

Los operarios tienen muy en cuenta la calidad de la materia prima y uno tiene el papel como coordinador de producción ya que por su gran experiencia laboral en la mayoría de las áreas tiene que efectuar la preparación de cada máquina para que los demás trabajadores se pongan en marcha a realizar sus respectivas actividades, esto conlleva a efectos negativos hacia el coordinador porque también tiene como función principal efectuar el corte de las partes para proveer a las demás áreas y causa retrasos por tener que estar al pie de todo para que las partes que se envíen a la planta principal tengan una calidad óptima. Además en la bodega frecuentemente se tiene un inventario alto de materia prima y partes compradas que se utilizan en el producto final y de esta manera se genera un costo alto de mantener las partes ocupando aproximadamente el 40% de la capacidad del área de la bodega (Planta 2) la cual se encuentra alejada de la planta principal, implicando que en el traslado de cualquier persona de una planta a otra se genere un tiempo que se podría estar aprovechando mediante cualquier actividad que le genere valor al proceso de producción.

Estos tipos de complicaciones que se frecuentan dentro de las dos plantas suelen provocar pérdidas por inactividad y paradas menores, velocidad reducida, defectos de calidad y reprocesos, y perdidas por preparación y ajustes debido a que en

ocasiones llega la madera como materia prima con defectos pequeños y debe adecuarse para la cadena de producción, causando que los trabajadores se dispongan a realizar actividades que no le generan valor al producto, retrasando el proceso productivo e incurriendo en costos de mano de obra innecesarios.

Es necesario entonces, implementar una filosofía dentro de la organización que permita que los procesos productivos sean más eficaces a través de la minimización de desperdicios y mejoramiento de la capacidad para entregar los pedidos del cliente a tiempo y evitar así pagar las elevadas multas por incumplimiento que afectan las utilidades de la compañía.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- El estudio del proceso de producción de enseres metálicos y de madera se lleva a cabo en Provider & Cia Ltda.
 - El desarrollo de esta investigación comprende todas las áreas de producción de planta de la empresa Provider y Cia Ltda con el fin de determinar cómo se desarrolla el proceso actualmente e identificar fuentes de problemas.
 - La búsqueda por reconocer y analizar el estado actual de la empresa Provider y Cia Ltda; se realiza con un sólo producto.
 - La información brindada por la empresa es totalmente confidencial, puesto que la compañía lo denomina como el *know-how* de la misma.
 - La aplicación de la(s) Propuesta(s) de mejoramiento queda a disposición de la empresa para estudio y determinación de su aplicación.
-
- Se dio una introducción de lo que se tenía proyectado formar dentro de la organización ante el gerente de la empresa y representante legal dando oficialización de aplicación de trabajo de grado.

- Durante el desarrollo de la investigación se acordó que se podrían realizar todas las visitas necesarias para la recolección de datos con base en la producción bajo la dirección de los líderes de producción de la empresa.
- La manera como se obtuvo la información requerida para el avance del trabajo que se realizó fue accesible siendo suministrada por uno de los líderes de producción y del mismo modo se verificaba mediante la comunicación con las personas involucradas directamente con cada uno de los procesos productivos.
- Se realizará una propuesta de mejora según el o los problemas que se puedan identificar que estén generando como consecuencia el incumplimiento de pedidos a los clientes con el fin de que se puedan satisfacer sus necesidades.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Llevar a cabo una metodología adecuada de implementación de Lean Manufacturing para el Mejoramiento de la Producción en una empresa productora de mobiliaria metálica y de madera.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM) un diagnóstico inicial del estado actual de la empresa en el rendimiento de la producción y su organización de la capacidad instalada de maquinaria.
- Evaluar los cambios potenciales que podría tener la línea de producción mediante el uso de la filosofía Lean para un mejor ambiente laboral.
- Validar teóricamente una metodología de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa.

3. JUSTIFICACION

Actualmente en la empresa de estudio **PROVIDER & CIA Ltda.**, se puede observar cómo los procesos donde el personal tiene gran responsabilidad y donde algunas de las máquinas se ven involucrados en ellos, están siendo afectados por el problema planteado anteriormente; y para el cual se desea aplicar los conocimientos de las diferentes herramientas de Lean Manufacturing, con el fin de establecer medidas que permitan mejorar las condiciones actuales y agregar valor a la empresa.

Mientras se va desarrollando el proyecto, lo que se busca es acoplar todos los conceptos derivados dentro de la filosofía Lean que se puedan identificar dentro del proceso de producción del producto que se ha de seleccionar para dicho caso, esto conlleva a que una vez se tenga un panorama real del estado actual del flujo de producción de la empresa, se puedan analizar indicadores bastante representativos para el estudio, como tiempos de ciclo, tiempos de proceso, *work content time*, número de operarios por cada estación, porcentaje de defectos, entre otros; los cuales permiten reconocer los puntos críticos de la planta para luego tomar acciones de mejora ante ello.

El hecho de no resolver la situación problemática implicaría que se siga incurriendo en costes por las multas de las pólizas de cumplimiento hacia el cliente, costes de horas extras de la mano de obra, y costes de paros inesperados que retrasen la producción que pueden degradar la calidad de las operaciones en la empresa.

Por tal motivo se desarrolló la investigación dando un enfoque a actividades dadas por los operarios y a los tiempos de maquinaria, a la reducción de fallas y al mejoramiento de la capacidad productiva.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. LEAN MANUFACTURING ¹³

Es un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota a partir de 1950 que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño.

Los ámbitos de aplicación de Lean Manufacturing dentro de una compañía son.

Tabla 1 Lean Manufacturing

	Producción •Actividades dirigidas a todas las áreas operativas de cualquier empresa del sector industrial, en cualquiera de sus modalidades o tipologías de proceso.
	Logística •Actividades dirigidas a la optimización del flujo logístico en todo tipo de empresas u organizaciones.
	Calidad •Actividades dirigidas para eliminar incidencias y mejorar la calidad en todo tipo de empresas u organizaciones
	Documentación Actividades dirigidas a mejorar el flujo de información existentes en todas las empresas u organizaciones.
	Servicios •Actividades dirigidas en todos aquellos flujos operativos llevados a cabo en cualquier tipo de empresa u organización del sector de servicios.
	Mejora Continua •Actividades dirigidas a la estructuración, estrategia, despliegue, planificación, actividades y seguimientos de la Mejora Continua

Fuente: Propia

¹³ Lonnie Wilson. How to implement Lean Manufacturing. United States of America, 2010

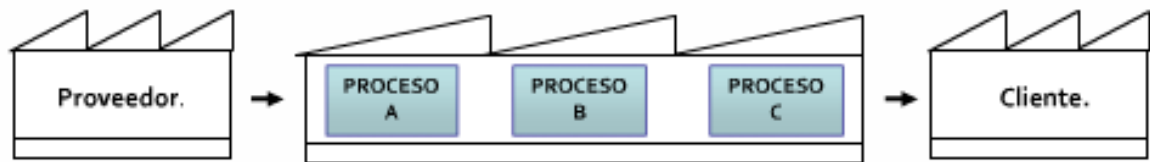
Las técnicas Lean se están utilizando en la optimización de las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención, servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos.

4.2. CADENA DE VALOR¹⁴

Son todos los pasos, actividades u operaciones que agregan o no valor al proceso que son requeridas para fabricar un producto o prestar un servicio desde los proveedores hasta el cliente final.

En otros términos la cadena de valor son todas las acciones requeridas para mover un producto a través de todos los flujos esenciales del mismo, y que por ende es de gran importancia en el uso del VSM.

Ilustración 1 Cadena de Valor



Fuente: Presentaciones de “Lean Manufacturing” agregando valor a la empresa, diplomado Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Junio 2012.

4.3. MAPEO DE LA CADENA DE VALOR (VSM)¹⁵¹⁶¹⁷

El VSM es una herramienta que por medio de simples iconos y gráficos muestra la secuencia y el movimiento de la información, materiales y las diferentes operaciones que componen la cadena de valor.

¹⁴ Tapping Don, Luyster Tom, and Shuker Tom. Value Stream Management. NewYork, 2002

¹⁵ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

¹⁶ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

¹⁷ Presentaciones de “Lean Manufacturing” agregando valor a la empresa, diplomado Universidad Nacional de Colombia, 2012.

En el VSM se asignan indicadores Lean a cada una de las operaciones con el fin de conocer el estado actual y poder identificar oportunidades de mejora. El Mapeo de la Cadena de Valor es esencial debido a que:

- Permite ver el panorama completo del flujo operacional y transaccional de una compañía.
- Identifica desperdicios y fuentes de desperdicio.
- Provee un lenguaje común.
- Elimina selección aleatoria de mejoras.
- Enlaza el flujo de material y el de información.

-Tipos de Flujos existentes en la cadena de valor.

- **Flujo de materiales:** Muestra desde cuando se reciben materias primas de los proveedores hasta la entrega final del producto al cliente.
- **Flujo de información:** Soporta y direcciona el flujo a través de los procesos u operaciones para la transformación de los materiales a productos terminados. Desde cuando el cliente realiza la orden del producto hasta cuando las materias primas se encuentran listas para ser procesadas en la primera operación.
- **Flujo de personas y procesos:** Soportan los otros dos flujos. Es necesario para que los otros dos flujos se realicen en la compañía y no se detenga la producción.

Para diseñar un mapeo básico de la cadena de valor, este debe dividirse en tres secciones:

1. Flujo de Proceso o de Producción:

Es el porcentaje o la parte del mapa que está más relacionado con los diagramas de flujo tradicionales. El flujo de proceso es dibujado demostrando el flujo desde la parte izquierda hacia la derecha.

Este flujo de proceso/producción debe siempre estar representado desde la izquierda, con subprocesos o procesos en paralelo. Por medio del flujo del proceso de la cadena de valor, se genera una imagen del proceso y se pueden identificar los problemas y oportunidades que existen en el estado actual para ser discutidos y analizados y así encontrar soluciones, que conlleven a eliminación de desperdicios, y mejoramiento de procesos en su totalidad.

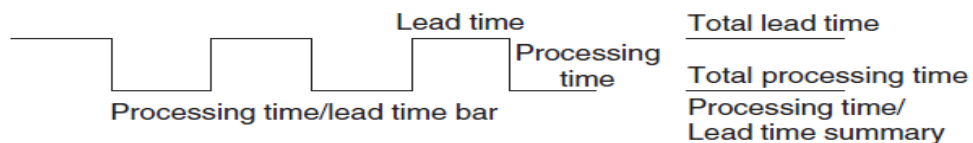
2. Flujo de Información o Comunicación:

La parte de comunicación o información del mapa es donde el Mapeo de la Cadena de valor comienza a expandirse desde las técnicas de mapeo de procesos tradicional como un diagrama de flujo.

Por medio del anexo de la comunicación en el mapa, que está demostrado en la parte de arriba del VSM, es posible observar toda la comunicación de manera formal e informal que existe dentro del mismo. Muchos de los caos y confusiones que a veces se presentan dentro del mapa de la cadena de valor pueden ser trazados directamente como (NVA) Valor no agregado de la comunicación.

3. Líneas de Tiempo y Distancias de Recorrido

Ilustración 2 Líneas de Tiempo



Fuente: Presentaciones de “Lean Manufacturing” agregando valor a la empresa, diplomado Universidad Nacional de Colombia, 2012.

Este conjunto de líneas que aparecen en casi todos los mapas son líneas de tiempo. Esas dos líneas son usadas para comunicar hacia el público las unidades de tiempo de actividades productivas y no productivas de los procesos en el VSM.

En la parte superior de la línea de medición se coloca el lead time en las configuraciones de manufactura. Esta línea, la cual está basada en cierta cantidad de producto o trabajos en la cadena de valor y el nivel de la demanda del cliente muestra cuanto tiempo se tomara en un promedio recorrer toda la existencia del material o el trabajo hasta el punto final.

En la parte inferior de la línea representa el Tiempo de Ciclo Total (Total Cycle Time). El tiempo de ciclo es observado en cada paso del proceso y documentarlo debajo de cada cuadro de proceso. Todos los tiempos de ciclo son sumados y totalizados en el final del proceso como el total de tiempo de ciclo.

Los principales símbolos o elementos que componen el Mapeo de la Cadena de Valor son:

- **Cliente/Proveedor (Customer/Supplier):** Dentro del VSM, representa el proveedor cuando está en la parte superior de la izquierda, regularmente como el punto de inicio del flujo de material.

El cliente es representado cuando está ubicado en la parte superior derecha que generalmente es el punto final del flujo de material.

Se utilizará más adelante durante el mapeo de la cadena de valor.

Ilustración 3 Símbolo Cliente



Fuente: Presentaciones de “Lean Manufacturing” agregando valor a la empresa, diplomado Universidad Nacional de Colombia, 2012.

● **Cuadro de Datos/Data Box:** Este icono se conoce como otro de los iconos que tienen información y datos necesarios para el análisis y la observación del sistema de manera significativa. En él se ubican tiempos de ciclo, tiempos de proceso, porcentaje de disponibilidad, etc.

Ilustración 4 Cuadro de Procesos

LIJADO	
	4
T.P= 57 seg/und	
C/T= 43 seg/und	
W/C= 171 seg/und	
%Available= 95%	

Fuente: Nash Mark, and Poling Sheila, Mapping the total value stream, New York, 2008

● **Inventario/Inventory:** Estos iconos muestran un inventario entre dos estaciones de procesos. La cantidad de inventario puede ser aproximado por un conteo rápido y se coloca bajo el triángulo. Si hay más de una acumulación de inventarios, se debe utilizar un icono para cada uno. Este símbolo también representa el almacenamiento de materias primas y productos terminados.

Ilustración 5 Símbolo de Inventario



Inventory

Fuente: Nash Mark, and Poling Sheila, Mapping the total value stream, New York, 2008

● **Envío o transporte externo/ External Shipment:** Visualiza en el VSM los envíos de los proveedores o los clientes que usan el transporte externo.

Ilustración 62 Símbolo External Shipment



Fuente: Tapping Don, Luyster Tom, and Shuker Tom. Value Stream Management. NewYork, 2002

El VSM es el primer paso para implementar Lean y permite visualizar el proceso, creando el estado actual del mismo. A través de éste se entiende el mapa general del proceso por cualquier persona de la compañía y se resalta la interrelación entre los flujos de información y materiales con el fin de identificar oportunidades de mejora.

4.4. THERBLIG¹⁸

Gilbreth denominó “therblig” a cada uno de los movimientos fundamentales, y concluyó que toda operación se compone de una serie de 17 divisiones básicas.

1. Buscar: Es elemento básico de la operación de localizar un objeto. Buscar es therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre. Las estaciones de trabajo bien planeadas permiten que el trabajo se lleve cabo continuamente, de manera que no es preciso que el operario realice este elemento.

2. Seleccionar: Este es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza dentro de dos más semejantes. Este therblig sigue, generalmente, al de “buscar” y es difícil determinar exactamente, aún mediante el método detallado de los micromovimientos, cuando termina la búsqueda y empieza la selección. La selección puede clasificarse dentro de los therbligs

¹⁸ Carreto Julio, 17 Movimientos básicos del cuerpo humano para el trabajo, 2013, (en línea). Disponible en <http://dirigiendopymes.blogspot.com/2009/06/17-movimientos-basicos-del-cuerpo.html>

ineficientes y debe ser eliminada del ciclo de trabajo por una mejor distribución en la estación de trabajo y un mejor control de las piezas.

3. Tomar: Este es movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para usarla en una operación. El tomar es un therblig eficiente y, por lo tanto, no puede ser eliminado, aunque en muchos casos se puede mejorar. El “tomar” casi siempre va precedido de “alcanzar” y seguido de “mover”.

4. Alcanzar: El therblig “alcanzar” comienza en el instante en que la mano se mueve hacia un objeto o sitio, y finaliza en cuanto se detiene el movimiento al llegar al objeto o al sitio. Este elemento va precedido casi siempre de “soltar” y seguido de “tomar”. Es natural que el tiempo requerido para alcanzar dependa de la distancia recorrida por la mano. Dicho tiempo también depende, en cierto grado, del tipo de alcance. Como tomar; alcanzar puede clasificarse como un therblig objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo de trabajo. Sin embargo, si puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.

5. Mover: Este therblig comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino.

6. Sostener: Esta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta el trabajo útil. “Sostener” es un therblig ineficiente y puede eliminarse. El sostener comienza en el instante en que una mano ejerce control sobre el objeto, y termina en el momento en que la otra completa su trabajo sobre el mismo.

7. Soltar: Comienza en el momento en el que los dedos comienzan a separarse de la pieza sostenida, y termina en el instante en que todos los dedos quedan libres de ella. Este therblig va casi siempre precedido por mover o colocar en posición y seguido por alcanzar.

8. Colocar en posición: Es el elemento de trabajo que consiste en situar o colocar un objeto de modo que quede orientado propiamente en un sitio

específico. El therblig “colocar en posición” tiene efecto como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo puede ejecutarse con más facilidad, de hecho, colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.

9. Precolocar en posición: Este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda llevarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite. La precolocación en posición ocurre frecuentemente junto con otros therbligs, uno de los cuales suele ser mover. Es la división básica que dispone una pieza de manera que quede en posición conveniente a su llegada. Es difícil medir el tiempo necesario para este elemento, ya que es un therblig que difícilmente puede ser aislado.

10. Inspeccionar: Este therblig es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación. Se lleva a cabo una inspección cuando el fin principal es comparar un objeto dado con un patrón o estándar. El tiempo necesario para la inspección depende primariamente de la rigurosidad de la comparación con el estándar, y de lo que la pieza en cuestión se parte del mismo.

11. Ensamblar: El elemento “ensamblar” es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas. Es otro therblig objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo. El ensamblar suele ir precedido de colocar en posición o mover, y generalmente va seguido de soltar. Comienza en el instante en el que las dos piezas a unir se ponen en contacto, y termina al completarse la unión.

12. Desensamblar: Este elemento es precisamente lo contrario de ensamblar. Ocurre cuando se separan piezas unidas. Esta división básica generalmente va precedida de asir y puede estar seguida por mover o soltar. El desensamble es de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig. El desensamble comienza en el momento en el que una o ambas manos tienen el control del objeto después de cogerlo, y termina una vez

que finaliza él desensamble, que generalmente lo evidencia el inicio de mover o soltar.

13. Usar: Este therblig es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante la parte del ciclo en que se ejecuta trabajo productivo. La duración de este therblig depende de la operación, así como de la destreza del operario. El usar se detecta fácilmente, ya que este therblig hace progresar la operación hacia su objetivo final.

14. Demora(o retraso) inevitable: La dilatación inevitable es una interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo. Corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentado por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.

15. Demora(o retraso) evitable: Todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente, se clasifica bajo el nombre de demora retraso evitable.

16. Planear: Es el therblig "planear" es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir. Planear puede aparecer en cualquier etapa del ciclo y suele descubrirse fácilmente en forma de una vacilación o duda, después de haber localizado todos los componentes. Este therblig es característico de la actuación de los operarios noveles y generalmente se elimina del ciclo mediante el entrenamiento adecuado de este personal.

17. Descanso(o hacer alto en el trabajo): Esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse a la fatiga. La duración del descanso para sobrellevar la fatiga variará, como es natural, según la clase de trabajo y según las características del operario que lo ejecuta.

4.5. DIAGRAMA DE PARETO¹⁹

Es una herramienta utilizada cuando se descubren varios problemas en el proceso de producción que es necesario atacar, y se tiene que decidir entre ellos cual es el que va a atacar primero. Vilfredo Pareto, un científico italiano del Siglo XIX cuyo trabajo estadístico se centró en las desigualdades, planteó que la mayor parte de una actividad tiene como causa un número relativamente pequeño de los factores que la componen. El concepto de Pareto, conocido como la regla 80-20, sostiene que el 80% de la actividad es causada por el 20% de los factores, con solo concentrarse en el 20% de los factores (Factores vitales), los gerentes pueden atacar el 80% de los problemas presentados en una compañía.

5. ESTADO DEL ARTE

Dentro de las investigaciones realizadas hoy en día acerca de la aplicación de la filosofía lean en diferentes compañías en pro del mejoramiento continuo de procesos, se encontraron diferentes documentos donde se analizan las ventajas de la aplicación de esta filosofía y las herramientas con las que se cuentan al usarla, que permiten cambios en las compañías y que van de la mano con las actividades que se desarrollaran en este proyecto.

Inicialmente en **«Las claves del éxito de Toyota» LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas**, publicado en 2009 por Toledano de Diego, Nagore Mañes Sierra y Sergio Julián García, los autores mencionados anteriormente analizan y resaltan la importancia que tuvo la aplicación de la filosofía lean manufacturing para lograr las mejoras en TOYOTA, sistema al que se le dio el nombre SPT (Sistema de Producción Toyota), el cual parte de la aplicación de 14 principios en los procesos basados en 4 conceptos fundamentales “Resolución de problemas, Gente y socios, proceso (eliminación de despilfarros), y filosofía (pensamiento a largo plazo)” concluyendo que permiten lograr mejora continua en

¹⁹ Lonnie Wilson. How to implement Lean Manufacturing. United States of America, 2010

las actividades generando valor en la empresa y haciendo que ésta sea más rentable reduciendo desperdicios y optimizando los procesos. Con el paso del tiempo esta filosofía ha aumentado su importancia debido a los grandes cambios que se generan con su adecuada aplicación, y esto lo expresa ANNE TEJADA en su publicación de 2011 en la revista Ciencia y Sociedad **“MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS”** donde expone el concepto de la filosofía lean manufacturing, los orígenes de ésta metodología de producción y su evolución a través del tiempo, dando a conocer los principios a los que se acoge la producción esbelta y los factores que se deben tener en cuenta para la misma, el cambio tan grande que su aplicación logró en Japón y cómo hizo de éste un país competitivo a nivel mundial, mostrando que es una filosofía que involucra a todos los miembros de la empresa a fin de lograr una mejora continua. Tejeda muestra el caso de aplicación de lean en una empresa vitivinícola donde se tienen problemas de alto nivel de inventarios y desperdicios en el proceso de producción de vino tinto joven con el fin de determinar qué tan efectivo es la implementación de esta filosofía de producción, haciendo uso de sus herramientas analizando tiempos de procesos, cantidades de pedidos, análisis de espacios ocupados, y control de inventarios y concluyó con el estudio, que con el uso de las herramientas de producción esbelta, se aumentó la productividad, se redujeron los inventarios, se mejoró la calidad, se redujeron los costos y se mejoró el uso de espacios en la planta vitivinícola, demostrando así la importancia que tiene el uso de lean manufacturing en las actividades a desarrollar en las compañías.

Esta filosofía no sólo va ligada a los procesos de la empresa en cuanto a máquinas y tiempos se refiere sino que también tiene relevancia en el área de trabajo como lo muestran Carmen Madriz y Raquek Solís en su artículo **“APLICACIÓN DE ERGO – LEAN MANUFACTURING EN EL ANALISIS DE VALOR”** publicado en mayo del 2008 en el cual dan hincapié respecto a la eliminación de desperdicios desde que el cliente hace el pedido hasta su entrega en el sitio de trabajo apoyándose en varias herramientas de Lean como la Muda,

5's, VSM, Kaizen, Multi-entrenamiento, que permiten dar una mejor posición de trabajo a todos los operarios de una compañía para la realización de las diferentes actividades mediante la aplicación ergo-lean, con la finalidad de la prevención de enfermedades musculo – esqueléticas y la reducción de esfuerzos en cuanto a las actividades repetitivas.

Por otra parte dentro de los textos revisados se encontró el de Arrieta, Botero y Romano de Junio de 2010 publicado para Journal of Economics, Finance and Administrative Science titulado **“BENCHMARKING SOBRE MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING) EN EL SECTOR DE LA CONFECCION EN LA CIUDAD DE MEDELLIN, COLOMBIA”**, donde se realizó un diagnóstico con el modelo Spendolini de un análisis de competitividad (benchmarking) alrededor de 30 empresas dedicadas a la confección basado en la filosofía Lean a través de una encuesta compuesta de 40 preguntas para la verificación del cumplimiento de ciertos indicadores como (Lean Manufacturing piso de Fábrica, Lean Manufacturing Personal de Planta, Lean Manufacturing Diseño de Producto, Lean Manufacturing Administración de la Cadena de Abastecimiento), midiendo de esta manera el desempeño de cada empresa comparado con el uso de las herramientas Lean, dando como resultado que para las 30 empresas se obtuvo una calificación promedio de 61.17% un poco más que el nivel mínimo aceptable pero que se encuentra lejos de las organizaciones a nivel mundial como también se encuentra a un nivel menor que la categoría mundial en cuanto a la implementación y en la variable desempeño debido a la falta de capacitación de personal en pro de una cultura Lean.

Dentro de las empresas que han experimentado esta filosofía esta ENUSA en la cual Montes en su texto **“LEAN MANUFACTURING LA EXPERIENCIA DE ENUSA”** publicado en 2003 resalta que esta empresa del mercado de combustibles, se ha enfrentado a la necesidad de aplicar no solamente calidad y reducción de costes sino también a Lean Manufacturing y Six Sigma con el apoyo de General Electric con el fin de incrementar calidad, disminuir costes y acortar

plazos a los proveedores lo cual fue altamente positivo, mejorando así un 10% de la capacidad de Producción, un 2% en calidad y el OEE en un 40% dando pie a una planificación más efectiva y una mayor adaptación al cambio de línea. Todo esto muestra que el uso de Lean mejora radicalmente las compañías que la implementan de forma adecuada. Para su debida aplicación de esta filosofía se cuenta con diferentes herramientas donde se resalta el VSM el cual permite mapear la cadena de valor y realizar un diagnóstico actual del funcionamiento de la compañía estudiada. Un estudio referente a esto lo llevo a cabo IBON SERRANO, CARLOS OCHOA y RODOLFO DE CASTRO en el 2006 donde a través de su publicación **“EVALUATION OF VALUE STREAM MAPPING IN MANUFACTURING SYSTEM REDESIGN”** se destaca el hecho de que debido a los innumerables problemas que se presentan en las empresas hoy en día tanto a nivel logístico, como a nivel de procesos a lo largo de la línea, se hace necesario el uso de herramientas para disminuir la gravedad de estos y en lo posible evitarlos, los autores llevaron a cabo un estudio en seis diferentes empresas a fin de aplicar el VSM como herramienta que permitiera rediseñar las líneas de flujo de producción con el fin de reducir los problemas que se presentaban. Como resultado se obtuvo que la aplicación de esta herramienta fue efectiva para el rediseño a través de la línea, y que es una herramienta que permite optimizar procesos de producción donde se presentan inconvenientes en su desarrollo, teniendo en cuenta diagramas de flujo que permiten analizar tiempos y movimientos de modo que cuando se aplique el VSM se observe el cambio y las mejoras en estos flujos de producción. También acerca de la aplicabilidad de VSM, JOSEPH C. CHENA, YE LIB, AND BRETT D. SHADYC realizaron una investigación llamada **“FROM VALUE STREAM MAPPING TOWARD A LEAN/SIGMA CONTINUOUS IMPROVEMENT PROCESS: AN INDUSTRIAL CASE STUDY”** donde los autores evaluaron empresas de Estados Unidos, en la cual por medio de la aplicación del VSM, obtuvieron un estado actual de los procesos y las actividades de producción que se llevaban a cabo en la compañía, con el fin de visualizar un estado futuro mejorando el inicial a través de la

reducción de pérdidas, tiempos muertos, y reprocesos indeseados entre otros aspectos. Para la implementación del nuevo flujo mejorado, se identificaron los obstáculos existentes por medio de la implementación de herramientas Lean, como los “5 whys”, y se llevaron a cabo actividades kaizen, con el fin de reducir las “mudas” del proceso, darle flexibilidad a la producción, con un nivel de inventarios óptimo y mejorar los niveles de productividad de la misma.

Respecto al uso de esta herramienta llamada VSM en octubre de 2006 Bragilia, Carmignani y Zammori publicaron en *the International Journal of Production Research*, : **“A NEW VALUE STREAM MAPPING APPROACH FOR COMPLEX PRODUCTION SYSTEMS”** donde desde otro punto de vista se analizó esta herramienta, para mapear los procesos a lo largo de la cadena de valor, donde destacaban que aunque tiene como desventaja su aplicación sólo a procesos de producción en línea, se buscaba su enfoque en procesos complejos para los que se dificulta su aplicación, ya que en estos, múltiples flujos se fusionan. El enfoque del estudio anteriormente mencionando, es llevar a cabo una metodología donde se aplique VSM en sistemas complejos que permita la mejora en sus procesos. Para ello se le hace un seguimiento minucioso a la línea, donde se analizan los procesos afines entre los diferentes productos, a lo largo de la línea de producción y se revisan los posibles problemas que se presentan. En las partes donde el proceso se divide, se lleva a cabo el mismo análisis para poder proponer soluciones que abarquen tanto a la línea “principal” como a las partes en las que se divide, reduciendo así la complejidad del proceso. Este nuevo VSM mejorado se propone por los autores del artículo y ofrece ventajas tales como que tiene éxito en el manejo de productos con múltiples rutas, ventajas también en el manejo de listas de materiales complejas con múltiples niveles, así como cuando muchos flujos se fusionan, y permite establecer mejoras de forma inmediata.

Finalmente, Alarcón resalta en su trabajo **“LEAN PRODUCTION: ESTADO ACTUAL Y DESAFÍOS FUTUROS DE LA INVESTIGACIÓN”**, la importancia de la producción lean en el mundo moderno, en el cual los investigadores se colocan en

la tarea de analizar las ventajas que tiene la aplicación de esta filosofía y buscar nuevos retos a fin de darle soluciones óptimas a problemas que se presentan en la vida cotidiana de las compañías industriales. Se resalta lo importante que es el compromiso de los trabajadores dentro de la empresa para poder implementar las herramientas de esta filosofía, ya que de ellos y de una buena planeación depende el éxito de la misma. Y se analizó cómo el proceso de mejora de lean production supone un cambio con respecto al sistema tradicional de gestión, afectando no sólo a las relaciones internas de la empresa, sino también a las relaciones con proveedores y distribuidores, por eso este sistema mejorado requiere el desarrollo de habilidades que fomenten la cooperación empresarial, para conseguir mejoras continuas en calidad, en reducción de costes y en flexibilidad. Todo ello permitirá mejorar los resultados que se obtienen con la aplicación de esta filosofía en los procesos industriales.

6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Se entrará a conocer en detalle el proceso de producción en su totalidad para poder definir el flujo de materiales y se llevará a cabo una caracterización de procesos.

Aplicando principios de la filosofía Lean como el CAPDO (chequear, analizar, planificar y ejecutar), se buscará conocer qué ocurre en estos momentos en los procesos de la empresa, se levantará información al respecto, a través de toma de tiempos en las operaciones, seguido de un análisis de la misma que permita realizar un diagnóstico de lo que sucede en la compañía; puesto que con una idea global de lo que está ocurriendo en estos momentos dentro de los procesos, se podrán identificar áreas críticas, que deban mejorarse por medio de propuestas que le den solución a los problemas que se presenten. Según lo expresado por Nash y Poling en “Mapping the Total Value Stream” es posible detectar inconsistencias dentro del proceso mediante la herramienta Value Stream Mapping (VSM) en el estado inicial, la cual muestra los puntos donde se

presentan problemas y permite a través del desarrollo de la metodología, tomar decisiones ante la utilización de las diferentes herramientas que ofrece la filosofía Lean.

La utilización del VSM permitirá obtener una imagen global de la situación actual en la que se encuentra la empresa y poder así identificar los focos de los problemas que se presentan para que puedan ser atacados.

A medida que se desarrolle el proyecto, y se analicen los focos de los problemas, se podrá identificar qué herramientas de Lean se pueden usar para poder dar solución a la problemática y poder evaluar los cambios y el impacto que éstas generarán en los procesos una vez se implementen. Ya que una vez elaborada la propuesta de mejora, se procede a realizar un VSM final que permitirá evaluar los cambios que se presentan con la implementación de éstas herramientas y el impacto sobre el problema al que se busca dar solución.

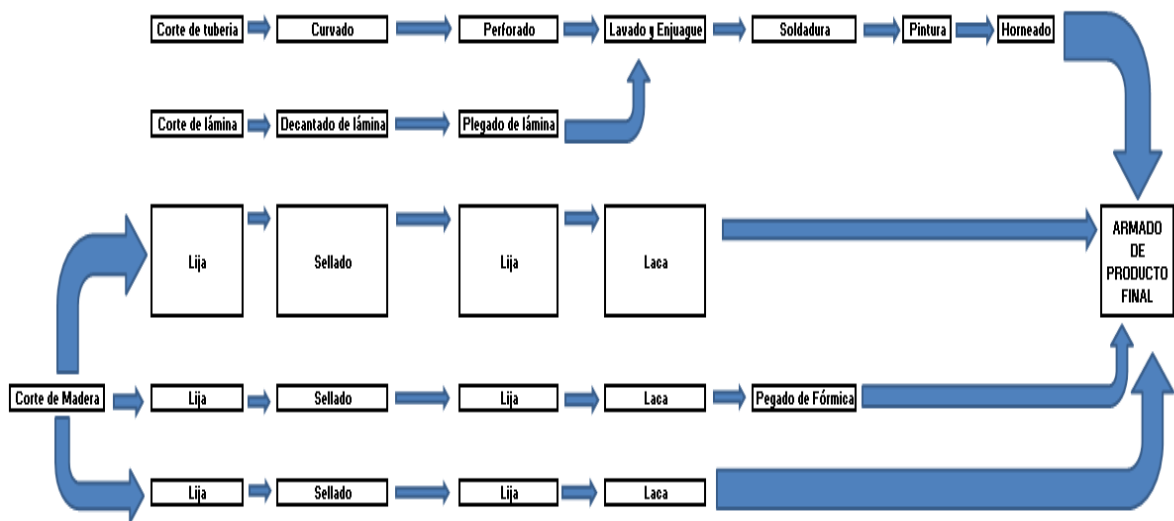
A través de la preparación de información en conjunto con los integrantes de la empresa PROVIDER & CIA Ltda; se realizará un diseño de una propuesta de mejoramiento, con el fin de minimizar los tiempos perdidos, mejorar la capacidad para atender la demanda del cliente y reducir movimientos innecesarios que afecten el proceso de producción

7. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO EN PROVIDER & CIA LTDA.

7.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

A continuación se muestra diagrama del flujo del proceso de producción, donde se observan todas las operaciones por las que debe pasar el producto antes de ser entregado al cliente

Ilustración 7 Diagrama de Flujo de sillas universitarias



Fuente : Propia

Para la realización de las acciones de mejoramiento, para el caso de estudio que se analiza en la empresa, es importante de que la alta gerencia tome conciencia de que la actitud que conlleva a un gran avance que la compañía pueda presentar, dependerá de todas las personas que la conforman ya que “el éxito de las prácticas Lean depende del trabajo de todo el personal de la empresa”.²⁰

²⁰ Lonnie Wilson. How to implement Lean Manufacturing. United States of America, 2010, pág.9.

Dentro de los primeros pasos que incidieron para el estudio, estuvo generar iniciativa a la gerencia para que el proyecto se llevara a cabo mediante la representación y divulgación a todos los integrantes de la compañía anunciando el mejoramiento de desempeño operacional que se generaría a través de éste.

Entrando en materia, lo primero que se identifica dentro del proceso de producción es el cliente y el proveedor.

En cuanto a la identificación del cliente, se logró captar que en la empresa abarca el mercado de línea de enseres escolares, lo que corresponde a las mesas unipersonales, asientos, mesa trapezoidales, sillas universitarias, etc., y los clientes respectivos son las escuelas, colegios y universidades públicas las cuales son administradas por el ministerio de educación (gobierno), a los que se les exhiben muestras de producto y quienes otorgan la licitación a la compañía si es la elegida para la producción de los artículos demandados, otro tipo de clientes serían los jardines, colegios y universidades privadas donde se hacen las solicitudes de muestras de producto o compra del mismo.

Para la parte de la identificación del proveedor se debe tener en cuenta las materias primas que se consideren representativas dentro del proceso de producción como tubos, madera, tapones de caucho, laca, pintura, cada uno de estos materiales se obtiene en un lugar puntual; los tubos por lo general siempre se compran, en cuanto a madera, ésta se consigue en locales donde se comercializa la madera en distintos puntos de proveedores locales, lo mismo sucede con los tapones, laca y pintura tanto para el proceso de pintura de los tubos como para el proceso de pintura de la madera.

Una vez identificados clientes y proveedores se procede a la recolección de información que permita realizar un diagnóstico de la situación actual de la compañía, dónde se hace necesario conocer como son los procesos en la empresa y surgen así preguntas como:

- ¿Qué hacen en la empresa y cómo lo hacen?

Cada integrante de la empresa PROVIDER & CIA LTDA., realiza unas actividades específicas de acuerdo al área donde se encuentra laborando, como se observa en la Ilustración No.13 diagrama de flujo, hay múltiples procesos, en la línea superior están las operaciones de tubería que incluyen corte, curvado, perforado, lavado, soldado, procesos de pintura y finaliza con el horneado y armado; este último solo es posible cuando se finalizan los procesos que involucran operaciones con lámina y con madera. En las actividades de lámina se lleva a cabo operaciones de corte, decantonado y plegado, en los procesos de madera que son los que se usan para la fabricación de brazos, espaldas y sentaderos se incluyen corte, lijado, sellado, aplicación de laca y para los brazos se añade el pegar la formica. Una vez finalizadas estas operaciones se arma la silla que será entregada al cliente.

- ¿Cómo interactúan los trabajadores en cada uno de sus procesos?

Dentro de la empresa PROVIDER & CIA LTDA., cada persona se apropia de las labores que son asignadas aprovechando el tiempo para producir lo que tengan a su alcance, a algunos trabajadores se les ha detectado que pueden hacer diferentes actividades de manera eficaz y por ello en ocasiones son rotados bajo la dirección del supervisor de producción dependiendo del rendimiento de área y coste de mano de obra por persona. Las únicas personas que no se rotan son los soldadores por ser una actividad que demanda mucho tiempo de operación y labores de precisión que se aprenden con la experiencia, y son catalogados como mano de obra especializada en la labor que desempeñan.

Para el mapeo de la cadena de valor, es necesario tener en cuenta que el comportamiento de la demanda del cliente es variable para los productos que ofrece la empresa, por tal motivo se trabajará con una demanda promedio de acuerdo a datos históricos.

Para la presente investigación se trabajará con una de las líneas de la empresa y más adelante se exponen los criterios por los cuales será elegida para el desarrollo del proyecto.

Dentro de la empresa PROVIDER & CIA LTDA normalmente se manejan varios tipos de productos que conforman una familia ya que llevan varios tipos de procesos relacionados entre sí.

7.2. FAMILIA DE PRODUCTOS FABRICADOS EN LA EMPRESA

Para la Línea escolar se tiene lo siguiente:

- **Mesas Unipersonales**

Ilustración 8 Mesas Unipersonales



Fuente: Catálogo de la empresa

- **Mesas Trapezoidales y Asientos**

Ilustración 9 Mesas Trapezoidales y asientos



.Escritorios Profesor y Sillas Universitarias

Ilustración 30 Escritorios de profesor y sillas universitarias



Fuente: Catálogo de la empresa

Para la línea mobiliaria de oficina se tiene lo siguiente:

- **Ovale y Ellipse**

Ilustración 41 Variedad línea de oficina



Fuente: Catálogo de la empresa

- **Sfera y Tribus**



Fuente: Catálogo de la empresa

Dentro de una amplia gama de productos que se encuentra en capacidad de producir la empresa PROVIDER & CIA LTDA., los productos que anteriormente se exhibieron son los que más se asemejan a los que normalmente se le entrega al cliente con base en la cantidad de referencias que maneja la empresa, puesto que estos tipos de productos generalmente varían de acuerdo al diseño demandado.

En cuanto a la línea de producción escolar se tiene una familia de productos con un diseño estandarizado abierto a especificaciones adicionales propuestos por el cliente, a diferencia con la línea mobiliaria de oficina que es un tipo de producción mucho más personalizada requiriendo así mayor tiempo para producir un diseño de producto particular con tiempos de alistamiento mucho más altos, mano de obra experta en el tema y una constante adaptación al cambio de diseño y producción de diferentes enseres de línea mobiliaria de oficina.

La empresa PROVIDER & CIA LTDA recientemente inició el lanzamiento de productos de línea mobiliaria de oficina encontrándose en un punto en que se tienen diseños y producción en pruebas piloto. Se comenzó a raíz de la producción de sillas universitarias; también la producción de pupitres, asientos, escritorios profesor, mesas unipersonales, mesas trapezoidales, etc., ya que

tienen un nivel de rotación alta para este tipo de mercado, por ende, este tipo de argumento aclara que sería mucho más importante enfocar el estudio hacia la línea escolar para que éste sea de mayor impacto, puesto que abarcaría gran parte de los procesos de la empresa.

- Con base en la producción de la empresa (Make to order), es importante la relación que se tiene con clientes como el Ministerio de Educación en representación de colegios, escuelas, universidades y también entidades privadas del mismo sector, ya que frecuentemente presentan unas demandas de productos que se ha mencionado anteriormente donde varía la cantidad de pedidos y el tiempo entre estos.

Cuando se presentan “demandas pico”, se vuelve complejo suplir los pedidos a tiempo, de lo contrario en situaciones opuestas, los trabajos se entregan en los plazos establecidos. La variabilidad por sí misma es un problema para el rendimiento de las operaciones, donde entre más esbelto y controlado sea el proceso más capacidad de reacción puede haber ante situaciones en las que genera varios pedidos en un mes determinado y al siguiente mes cambia la cantidad, por ello la necesidad de trabajar con una demanda promedio para que la producción se ajuste a ella. Ésta variabilidad inevitablemente puede conducir a pérdidas por falta de utilización, y estabilidad o rendimiento

Con base en las demandas que presenta la situación actual de la empresa PROVIDER & CIA LTDA., se establece un Diagrama de Pareto para la toma de decisiones que permitirá definir el producto más relevante para la empresa con relación a las demandas suministradas por el área de comercial de la misma.

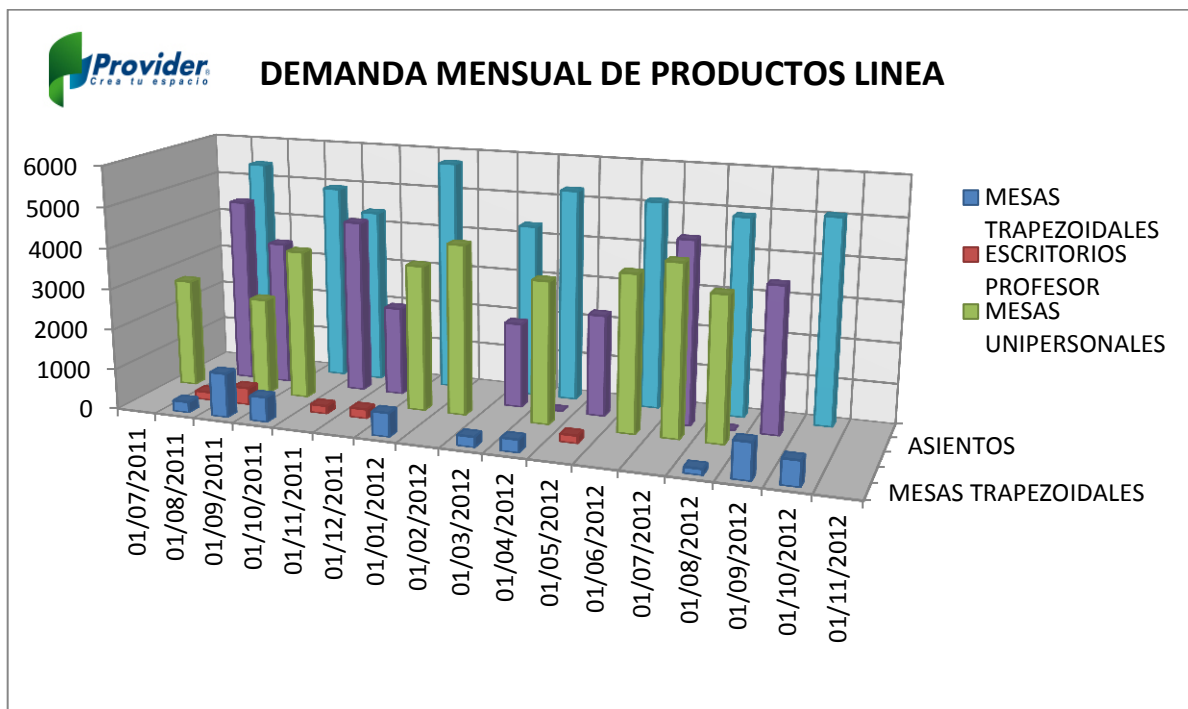
7.3. DEMANDAS SUMINISTRADAS EN PROVIDER

Tabla 2 Demandas históricas PROVIDER

 DEMANDA DE PRODUCTOS LINEA ESCOLAR					
MES	MESAS TRAPEZOIDALES	ESCRITORIOS PROFESOR	MESAS UNIPERSONALES	ASIENTOS	SILLAS UNIVERSITARIAS
01/07/2011			2700		
01/08/2011	268	198		4600	5400
01/09/2011	1092	421	2400	3600	
01/10/2011	618		3700		4900
01/11/2011		198		4300	4350
01/12/2011		230		2200	
01/01/2012	587		3600		5730
01/02/2012			4200		
01/03/2012	256			2100	4300
01/04/2012	317		3500	-	5250
01/05/2012		191		2500	
01/06/2012			3850		5120
01/07/2012			4200	4500	
01/08/2012	149		3550	-	4900
01/09/2012	892			3600	
01/10/2012	610				5050
01/11/2012					
PROMEDIO	532	248	3522	3425	5000

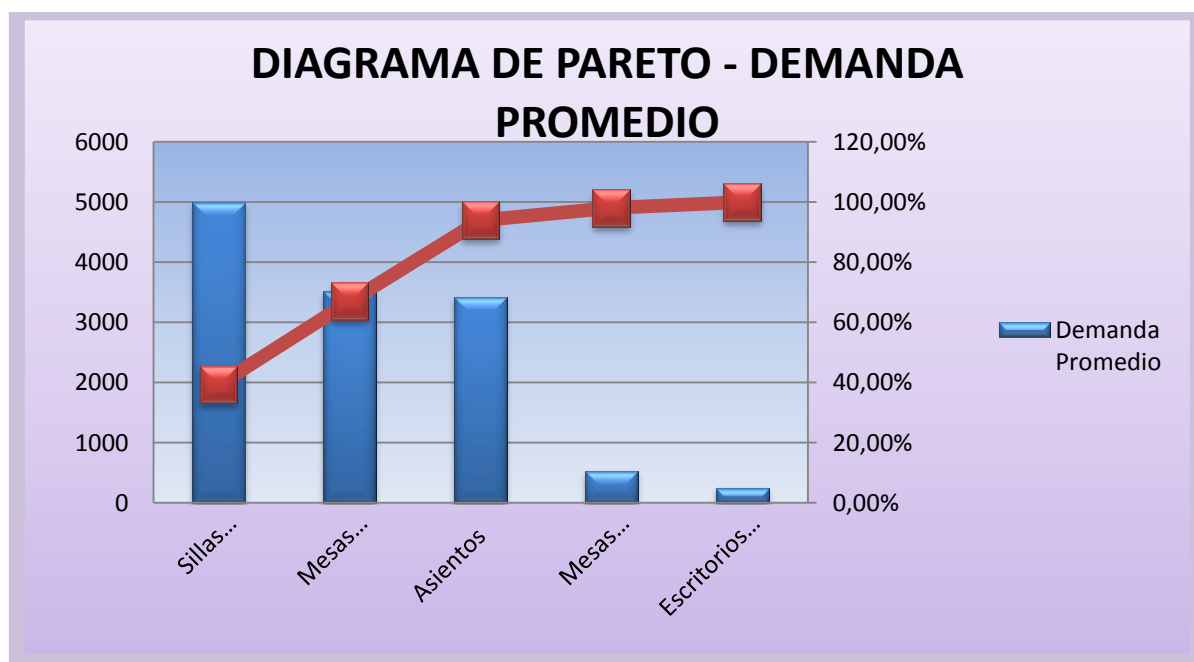
Fuente: Provider

Ilustración 52 Demandas mensuales de la empresa



Fuente: Provider

Ilustración 13 Diagrama de Pareto



Fuente: Propia

Como se puede observar, las sillas universitarias son el producto más demandado de la empresa, y éstas no tienen pronóstico alguno, ya que el comportamiento de la demanda es esporádico y las unidades pedidas por el cliente no son las mismas siempre.

Los datos mostrados en las tablas anteriores se obtuvieron a través de información histórica suministrada por la empresa y que permitió calcular un promedio de las demandas de producto.

Por ser las sillas universitarias el producto más demandado; es al que más se le da prioridad en la empresa. La gran mayoría de demandas de pedidos en la empresa se generan, por ganar licitaciones y se trabaja entonces con entidades gubernamentales.

Una vez se ganan las licitaciones, PROVIDER & CIA LTDA empieza sus procesos de producción; donde sí se demanda un producto X y una silla universitaria, se entra a analizar qué producir, de tal manera que si la demanda de sillas es pequeña y a su vez es mayor que la del producto X y se prevé una entrega a tiempo se le da prioridad a estas sillas universitarias debido a que la multa va a ser mayor para estos productos y la idea es tratar de suplir las demandas de producto.

Por ser también éste producto el de mayor importancia a lo largo del proyecto indagaremos en él y en analizar cómo se pueden mejorar los procesos de producción para que la demanda promedio de 5000 unidades mensuales se pueda suplir, cosa que no sucede en estos momentos en donde como se mencionaba inicialmente, se pagan multas por incumplimiento.

En la Tabla 2 se muestra el dato histórico de demandas de los últimos dos años, a continuación una gráfica de esos datos y finalmente un diagrama de Pareto, dónde se ratifica que el producto de sillas universitarias es el más requerido por el cliente abarcando casi la mitad de la demanda total de todos los productos de la empresa, por ello es necesario identificar qué es lo que está causando que no se

cumplan las entregas a tiempo, y se incurran en gastos innecesarios generados por las pólizas de incumplimiento de las licitaciones, que reducen las utilidades netas que podría alcanzar la empresa de no tener que pagar estas multas.

Se muestra también un diagrama de flujo de proceso, que permite tener una imagen clara de las actividades involucradas en la producción de sillas universitarias, que como se dijo, por motivos de ser la más demandada nos centraremos en ella y analizaremos sus procesos, de tal modo que se pueda identificar el problema de porqué se están generando los incumplimientos con el cliente y proponer una solución que mejore ésta situación.

8. TOMA DE TIEMPOS DE PROCESO DE PRODUCCION EN PROVIDER²¹

Una vez se identifican las partes del proceso de producción a estudiar, en este caso el de sillas universitarias, se procede a la toma de tiempos para la elaboración de VSM actual²².

Tabla 3 Tiempos de procesos de tubería

8.1. PROCESOS DE TUBERIA

PROCESOS DE TUBERIA (PATAS, BRAZOS, ESPALDAS Y TRAVESAÑOS)		CURVADO	
OPERACIONES	SEG/UND	OPERACIONES	SEG/UND
ENTREGA DE TUBERIA	0,01	CUADRAR MAQUINA CURVADORA	1,04
ACOMODAR EN EL BURRO	4,00	PATAS -1ra CURVA	21,00
ADECUAR MAQUINA PARA EL CORTE	0,07	CUADRAR MAQUINA CURVADORA	0,04
CORTAR TUBOS, TUBERIA PARA ESPALDAS	12,00	PATAS 2da CURVA	21,00
ACOMODAR TUBERIA EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO	6,00	CONTROL DE CALIDAD	15,00
ADECUAR MAQUINA PARA EL CORTE	0,07	TRANSPORTAN LAS PIEZAS A ZONA DE PRODUCTO EN PROCESO	3,40
CORTAR TUBOS, TUBERIA PARA PATAS	8,00	CUADRAR MAQUINA CURVADORA	0,04
ACOMODAR TUBERIA EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO	6,00	ESPALDAS 1ra CURVA	24,00
ADECUAR MAQUINA PARA EL CORTE	0,07	CUADRAR MAQUINA CURVADORA	0,04
CORTAR TUBOS, TUBERIA PARA BRAZOS	3,00	ESPALDAS 2da CURVA A DOS TOPES	24,00
ACOMODAR TUBERIA EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO	6,00	CONTROL DE CALIDAD	14,00
ADECUAR MAQUINA PARA EL CORTE	0,07	LLEVAN LA SPIEZAS A ZONA DE PERFORADO, TALADRO DE ARBOL	15,00
CORTAR TUBOS, TUBERIA PARA TRAVESAÑOS	1,00	CUADRAR MAQUINA CURVADORA	0,04
ACOMODAR TUBERIA EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO	3,07	BRAZOS 1ra CURVA	17,00
		CUADRAR MAQUINA CURVADORA	0,04
		BRAZOS 2da CURVA	17,00
		LLEVAN LAS PIEZAS A ZONA DE PERFORADO, TALADRO DE ARBOL	9,00

Fuente: Propia

²¹ Anexos

²² Tapping Don, Luyster Tom, and Shuker Tom. Value Stream Management. NewYork, 2002

Tabla 4 Tiempos de procesos de tubería

Fuente: Propia

PERFORADO	
OPERACIONES	SEG/UND
ADECUAR TALADRO DE ARBOL #1 PARA EL PROCESO DE PERFORADO	2,835
TOMA ESPALDAS Y LE REALIZA 2 PERFORACIONES EN LA ZONA DE ARRIBA	22
TRANSPORTA ESPALDAS A TALADRO DE ARBOL #2	15
ADECUAR TALADRO DE ARBOL #2 PARA EL PROCESO DE PERFORADO	0,1134
TOMA ESPALDAS Y LE REALIZA 2 PERFORACIONES EN LA ZONA DE ABAJO	22
DEJA LAS PIEZAS EN ZONA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO EN PROCESO	15
ADECUAR TALADRO DE ARBOL #1 PARA EL PROCESO DE PERFORADO	0,1134
TOMA BRAZOS Y LE REALIZA 1 PERFORACION EN LA ZONA DE ARRIBA	24
TRANSPORTA BRAZOS A TALADRO DE ARBOL #2	3,2
ADECUAR TALADRO DE ARBOL #2 PARA EL PROCESO DE PERFORADO	0,1134
TOMA BRAZOS Y LE REALIZA 1 PERFORACION EN LA ZONA DE ABAJO	28
DEJA LAS PIEZAS EN ZONA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO EN PROCESO	38

LAVADO Y ENJUAGUE	
OPERACIONES	SEG/UND
OPERARIO CARGA MONTACARGAS CON TODAS LAS PIEZAS, ESPALDAS, BRAZOS, PATAS Y TRAVESAÑOS	31,0
TRANSPORTA TODAS LAS PIEZAS A PLANTA 1	11,6
DESCARGA EL MONTACARGAS	11,0
CARGA LAS CANASTILLAS	18,0
PROCESO DE LAVADO Y ENJUAGUE	57,6
TIEMPO DE SECADO	21,9
TRANSPORTAN LAS PÍEZAS A ZONA DE SOLDADURA MIG	7,6

SOLDADURA	
OPERACIONES	SEG/UND
ADECUA PUESTO DE TRABAJO PARA ARMAR SILLAS UNIV; LLEVA 1 ESPALDA, 2 PATAS, 1 BRAZO, 1 TRAVESAÑO Y 1 BANDEJA PORTALIBROS	0,06
REALIZA PROCESO DE SOLDADURA MIG; SOLDA ESPALDAS-PATAS-TRAVESAÑOS	150,00
ADECUA PUESTO DE TRABAJO PARA RESOLDAR SILLA UNIVERSITARIAS Y	0,040
REALIZA PROCESO DE RESOLDARLE; TRAVESAÑOS Y BANDEJA PORTALIBROS	204

8.2. PROCESOS PARA LA BANDEJA PORTALIBROS

Tabla 5 Tiempos de procesos de lámina

CORTE DE LÁMINA		PLEGADO DE LÁMINA	
OPERACIONES	SEG/UND	OPERACIONES	SEG/UND
ENTREGA DE LAMINAS; PUEDE SER LAMINA ENTERA O RETAIL	0,01	ADECUA Y CUADRA MAQUINA PLEGADORA	0,10
ADECUAR MAQUINA CIZALLADORA	0,09	REALIZA GRAFADO VAN 4 GRAFADOS	37,5
SE REALIZA CORTE DE LAMINA PARA SACAR BANDEJA PORTALIBROS	26	ADECUA Y CUADRA MAQUINA PLEGADORA	0,10
SE LLEVA PIEZAS A ZONA DE DECANTONADO	21	REALIZA PLIEGUE A PIEZA, VAN 3 PLIEGUES	18
DECANTONADO DE LÁMINA		ADECUA Y CUADRA MAQUINA PLEGADORA	0,1
OPERACIONES	SEG/UND	REALIZA PLIEGUE A PIEZA, VA 1 PLIEGUE	14
ADECUA MAQUINA DECANTONADORA	0,11	TRANSPORTAN LAS PIEZAS A ZONA DE ALAVADO Y ENJUAGUE	1,77
REALIZA PROCESO DE DECANTONADO A LA PIEZA, VAN 2 DECANTONADOS	19		
ADECUA MAQUINA DECANTONADORA	0,0682		
REALIZA PROCESO DE DECANTONADO A LA PIEZA, VAN 2 DECANTONADOS	19		
TRANSPORTA LAS PIEZAS A ZONA DE PLEGADO	4,5		

Fuente: Propia

8.3. PROCESOS PARA LOS ASIENTOS O “SENTADEROS”

Tabla 6 Tiempos de actividades para "sentaderos"

LIJADO	
OPERACIONES	SEG/UND
PULIDA DE BORDES	9,27
LIJAR SOBRE SENTADERO	22,5
RESANE DE BORDES	18,34

SELLADO	
OPERACIONES	SEG/UND
LLEVAR ASIENTOS A CABINA DE PINTURA Y APILARLAS	1,208
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,0578
APLICAR SELLADOR EN BORDES	0,6
SECADO DE BORDES	3,6
REPETIR "APLICAR SOBRE LOS BORDES"	0,6
REGAR ASIENTOS SOBRE BURROS	2,68
APLICAR SELLADOR ASIENTOS	7
SECADO DE ASIENTOS	4,33

LIJADO	
OPERACIONES	SEG/UND
LLEVAR ASIENTOS A ZONA DE LIJA	1,322
LIJAR BORDES DE ASIENTOS	11,66
LIJAR SENTADERO Y FILOS DE ASIENTOS	42,75
LLEVAR ASIENTOS DE LIJA A ZONA DE PINTADO	1,208

APLICACIÓN DE LACA	
OPERACIONES	SEG/UND
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,06
APLICAR LACA EN BORDES	0,93
SECADO	3,00
REGAR ASIENTOS SOBRE LOS BURROS	5,00
APLICAR LACA A LOS ASINETOS	4,33
LLEVAR A ZONA DE SECADO "A FUERA DE CABINA DE PINTURA"	33,20
LLEVAR ASIENTOS A PLANTA 1 PARA ARMADO	4,93

Fuente: Propia

8.4. PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS BRAZOS

Tabla 7 Tiempos de procesos para "Brazos"

CORTE DE MADERA	
OPERACIONES	SEGI/UND
ENTREGA DE TRIPLEX	43
PROGRAMAR MAQUINA PROFIT H20	0,0816
COLOCAR MATERIAL EN SUPERFICIE PROFIT H20	2,6
TIEMPO DE PROCESO CORTE, SALEN 9 BRAZOS	3
LLEVA TRIPLEX A ZONA DE ESCUADRADORA FELDER	3,5
TRONZA TRIPLEX	48
PROGRAMAR MAQUINA PROFIT H20	0,0816
COLOCAR MATERIAL EN SUPERFICIE PROFIT H20	29
TIEMPO DE PROCESO CORTE, SALEN 12 ASIENTOS	32
LLEVA TRIPLEX A ZONA DE ESCUADRADORA FELDER	11
TRONZA TRIPLEX	14
DEJA LAS PIEZAS EN ZONA DE PRODUCTO EN PROCESO	0,0068
TRANSPORTAN PIEZAS A ZONA DE LIJA	0,0494

LIJADO	
OPERACIONES	SEGI/UND
PULIDA DE BORDES	13
LIJAR SOBRE BORDES	18
RESANE DE BORDES	27

SELLADO	
OPERACIONES	SEGI/UND
LLEVAR BRAZOS A CABINA DE PINTURA Y APILARLAS	1,33
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,0578
APLICAR SELLADOR EN BORDES	0,6
SECADO DE BORDES	3,6
REPETIR "APLICAR SOBRE LOS BORDES"	0,6
REGAR BRAZOS SOBRE BURROS	2,86
APLICAR SELLADOR BRAZOS	7
SECADO DE BRAZOS	4,33

LIJADO	
OPERACIONES	SEGI/UND
LLEVAR BRAZOS A ZONA DE LIJA	1,33
LIJAR BORDES DE BRAZOS	13
LIJAR SUPERFICIE Y FILOS DE BRAZOS	56,58
LLEVAR BRAZOS DE LIJA A ZONA DE PINTADO	1,33

Fuente: Propia

Tabla 8 Tiempos de procesos para "Brazos"

APLICACIÓN DE LACA	
OPERACIONES	SEG/UND
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,0596
APLICAR LACA EN BORDES	0,933
SECADO	3
REGAR BRAZOS SOBRE LOS BURROS	2,86
APLICAR LACA A LOS BRAZOS	5,8
LLEVAR A ZONA DE SECADO "A FUERA DE CABINA DE PINTURA"	33,2
LLEVAR BRAZOS A PLANTA 1 PARA THERMOFORMADO	4,93

PEGADO DE FÓRMICA	
OPERACIONES	SEG/UND
LLEVAN FORMICA A ZONA DE CORTE	25
CORTAN FORMICA DEPENDIENDO DE LA MEDIDA DE LOS BRAZOS	20,1
ENCIENDEN Y CUADRAN MAQUINA ENCOLADORA	0,0796
LLEVA BRAZOS A ZONA DE ENCOLADORA OSAMA	18
ENCOLAN BRAZOS POR UNA CARA	16
LE COLOCAN LA FORMICA QUE SE CORTO	17
Y CORTAN A LA MEDIDA FORMANDO EL BRAZO	18
INSPECCIONAN QUE ESTE BIEN COLOCADA LA FORMICA A LOS BRAZOS	10,2
TRANSPORTAN BRAZOS A MAQUINA	20
ENCIENDEN Y CUADRAN MAQUINA THERMOFORMADORA	0,070
TIEMPO DE THEMROFORMADO DE BRAZOS, CABEN 6 BRAZOS DE SILLAS UNIVERSITARIAS	16
INSPECCIONAN Y REALIZAN CONTROL DE CALIDAD	16
TRANSPORTAN BRAZOS A ZONA DE ARMADO	8

Fuente: Propia

8.5. PROCESOS PARA LAS ESPALDAS

Tabla 9 Tiempos de procesos para "espaldas"

LIJADO	
OPERACIONES	SEG/UND
PULIDA DE BORDES	9,63
LIJAR SOBRE BORDES	8,42
RESANE DE BORDES	40,49

SELLADO	
OPERACIONES	SEG/UND
LLEVAR ESPALDAS A CABINA DE PINTURA Y APILARLAS	1,284
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,058
APLICAR SELLADOR EN BORDES	0,4
SECADO DE BORDES	2,7
REPETIR "APLICAR SOBRE LOS	0,4
REGAR ESPALDAS SOBRE BURROS	2,265
APLICAR SELLADOR ESPALDAS	4,47
SECADO DE ESPALDAS	4,33

LIJADO	
OPERACIONES	SEG/UND
LLEVAR ESPALDAS A ZONA DE LIJA	1,38
LIJAR BORDES DE ESPALDAS	9,478
LIJAR SUPERFICIE Y FILOS DE ESPALDAS	14,58
PERFORADO DE ESPALDAS	1,272
PROCESO DE ESTAMPADO (CARA DE ATRÁS)	7
LLEVAR ESPALDAS DE LIJA A ZONA DE PINTADO	1,284

APLICACIÓN DE LACA	
OPERACIONES	SEG/UND
LLENAR EL TANQUE DE LA PISTOLA	0,058
APLICAR LACA EN BORDES	0,48
SECADO	2,7
REGAR BRAZOS SOBRE LOS BURROS	2,265
APLICAR LACA A LOS ESPALDAS	4,91
LLEVAR A ZONA DE SECADO "A FUERA DE CABINA DE PINTURA"	33

Fuente: Propia

8.6. PROCESOS PARA PINTADO Y ARMADO

Tabla 10 Tiempos de procesos de operaciones finales

PINTADO	
OPERACIONES	SEG/UND
TRANSPORTAR ESTRUCTURAS A ZONA DE PINTADO	2,2
COLGAR EN GANCHOS Y LIMPIEZA	27
TIEMPO DE PINTURA DE ESTRUCTURAS DE SILLAS UNIVERSITARIAS	30
COLOCAR EN BANDEJAS	23

HORNEADO	
OPERACIONES	SEG/UND
INTRODUCCIÓN AL HORNO	2
TIEMPO DE HORNO	22
PROCESO DE TAPONADO VAN 6 TAPONES	30
TRANSPORTAR PIEZAS A ZONA DE ARMADO Y EMBALADO	3,8

ARMADO	
OPERACIONES	SEG/UND
ARMADO DE SILLAS UNIVERSITARIAS	141
EMBALADO DE SILLAS UNIVERSITARIAS	42
TRANSPORTAR SILLAS UNIVERSITARIAS A ZONA DE DESPACHO	2,6

Fuente: Propia

9. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE SILLAS UNIVERSITARIAS EN PROVIDER & CIA LTDA.

Después de haber realizado una toma de tiempos y recopilación de datos necesarios para la realización del Value Stream Mapping (VSM); se procede a la realización del diagrama de mapeo de la cadena de valor que permitirá saber cómo se están llevando a cabo las actividades actualmente en la compañía a fin de proponer mejoras en el desarrollo de procesos en PROVIDER & CIA LTDA.

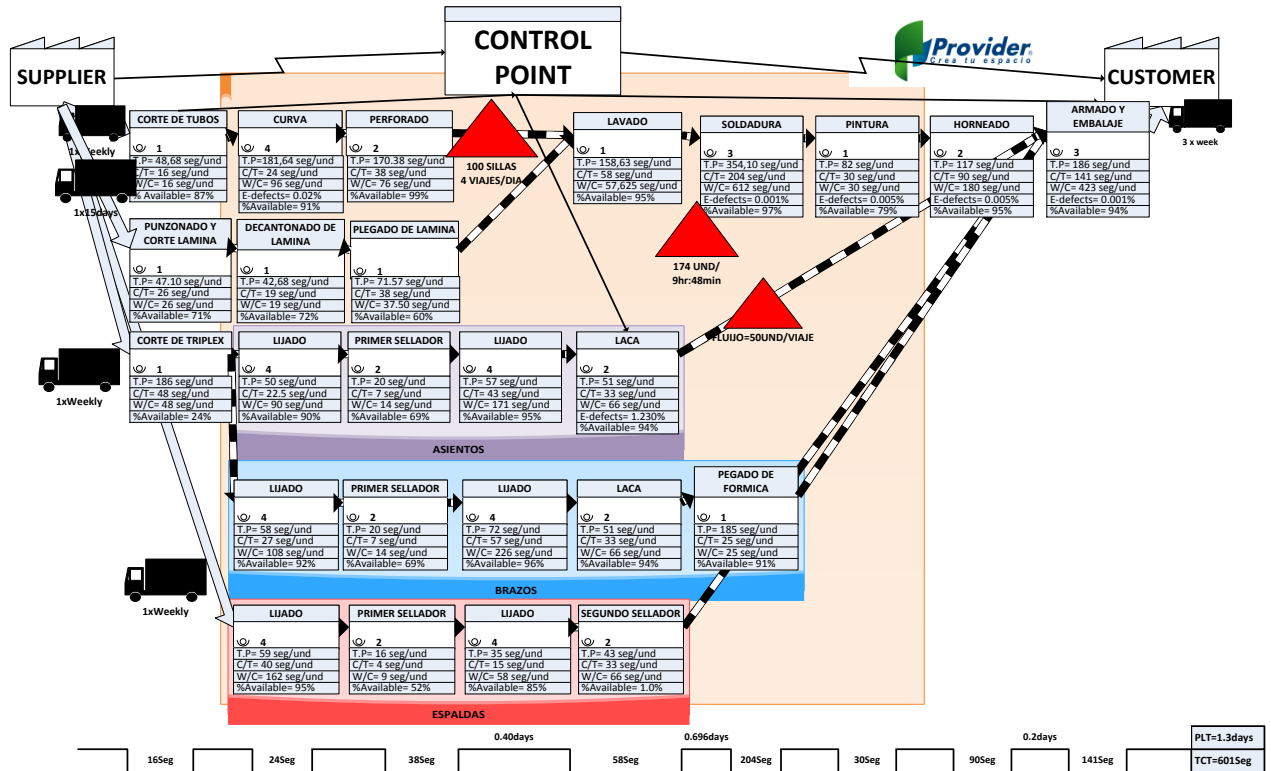
Dado que la capacidad actual de la empresa específicamente en el producto de sillas universitarias no es capaz de satisfacer la demanda, la empresa como se mencionaba en el planteamiento del problema inicialmente, paga una póliza de incumplimiento.

En el siguiente VSM se identifican, la duración de las actividades del proceso de producción desde que entra la materia prima hasta que se termina el producto final que será entregado al cliente.

Esto permite determinar los tiempos de ciclo que marcan el ritmo de producción para calcular la capacidad real de la empresa en estos momentos, y así saber qué actividades son las que determinan la capacidad y cuáles son las más demoradas y que se convierten en un cuello de botella en la línea de producción.

Éste VSM da una visión actual de la empresa y a partir de él y de la mejora que se proponga se planteará un futuro escenario que muestre los cambios que se tendrían con la propuesta.

9.1. VALUE STREAM MAPPING ACTUAL



Por medio de la información del VSM, se calculó la capacidad de producción de 3353 unidades al mes de la línea de sillas universitarias trabajando en jornadas laborales normales de 9,5 horas diarias de lunes a viernes, las cuales se distribuyen, de 7am a 1:30 pm y de 2 pm a 5 pm, dándose media hora de descanso para almuerzo u otras actividades y durante éste tiempo las personas no realizan actividades propias del proceso de producción.

Para calcular ésta capacidad se tomó en cuenta el tiempo disponible total a lo largo de los 20 días de trabajo en el mes de lunes a viernes y el *tiempo de ciclo*

²³que marca el ritmo del proceso productivo y que está definido por las actividades referentes al proceso de soldadura que es el más demorado con 204 seg/und.

$$\text{capacidad de producción}^{24} = \frac{\text{tiempo total disponible para producir}}{\text{tiempo de ciclo del proceso}}$$

$$\text{capacidad de producción} = \frac{684000 \text{ seg/mes}}{204 \text{ seg/und}}$$

$$\text{capacidad de producción} = 3353 \text{ und/mes}$$

La capacidad de producción diaria actual por ende es de 168 sillas, dato que se obtiene de dividir la capacidad actual entre los 20 días laborales del mes (de lunes a viernes).

De acuerdo al valor de capacidad mensual, se puede corroborar el hecho de que la demanda promedio de 5000 unidades mensuales no puede ser cumplida a cabalidad en los tiempos de trabajo normal lo que causa que la empresa deba incurrir en costos no planeados reflejados en horas extras que se hacen en días de semana o días sábados y festivos, lo cual infla los costos de nómina y por ende los costos planeados de la empresa.

Al ser el proceso de soldadura el más demorado, se identifica como el “cuello de botella”²⁵, y se convierte por ende en un proceso crítico para el planteamiento de posibles mejoras que reduzcan estos tiempos y se mejore así la capacidad del proceso.

En la fabricación de sillas universitarias se tienen 5 líneas de proceso en paralelo que desembocan en el armado del producto final. Estas cinco líneas son las que

²³ Tapping Don, Luyster Tom, and Shuker Tom. Value Stream Management. New York, 2002

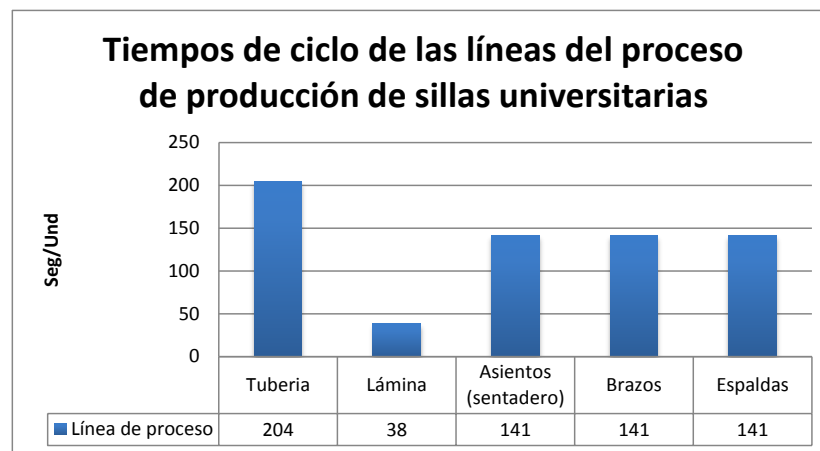
²⁴ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

²⁵ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

determinan procesos de tubería en el cual se producen las patas, los brazos, las espaldas (parte metálica), y los travesaños del asiento; procesos de lámina, donde se producen las bandejas de portalibros que se ubican en la parte inferior del asiento; y los de madera que se subdividen en tres que son los de procesamiento de los sentaderos, espaldas (parte madera) y brazos.

Los tiempos de ciclo de las cinco líneas de proceso se muestran a continuación:

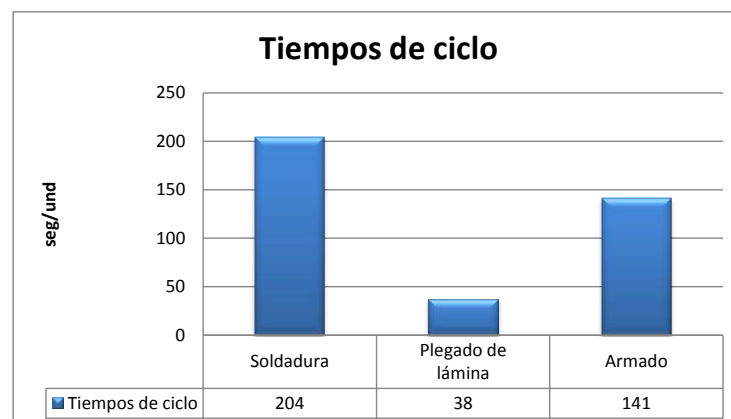
Ilustración 14 Tiempos de ciclo de las líneas productivas de la fabricación de sillas universitarias



Fuente: Propia

Las operaciones de estas líneas que determinan esos tiempos de ciclo son:

Ilustración 15 Tiempos de ciclo altos del proceso productivo



Fuente: Propia

Una vez realizados, los cálculos numéricos, es necesario según Tapping en su texto “Value Stream Management” identificar y analizar los tiempos más elevados, donde se puede determinar que es de vital importancia poner atención a las áreas de soldadura, plegado de lámina y armado de producto terminado que son las tres actividades que definen la capacidad de la producción en sus líneas.

La soldadura como se ha dicho antes se determina como el cuello de botella, y la actividad de armado sería un cuello de botella potencial porque es el segundo tiempo más alto que se tiene y al cuál se le debe prestar atención.

Por último la actividad de plegado aparece con solo 38 seg/und que es el tiempo más alto en las actividades referentes al área de lámina; y por tal motivo se debe tener en cuenta en los procesos de éste área.

“Mapping the total value stream”, de Nash y Poling, recalca la importancia de que una vez se hallen las capacidades y se identifique el cuello de botella, se calcule el *takt time*²⁶; éste es “el ritmo al que el cliente demanda un producto de un determinado proceso”, este *takt time* es de 137 seg/und , y se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{takt time} = \frac{\text{tiempo neto disponible de producción}}{\text{demanda del producto}}$$

$$\text{takt time}^{27} = \frac{684000 \text{ seg/mes}}{5000 \text{ unidades/mes}} = 136,8 \text{ seg/und}$$

De esto se infiere que para que se puedan producir las 5000 unidades de forma óptima en un mes es necesario que se produzcan las sillas a una rata de 137

²⁶ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

²⁷ Krajewsky Lee, Ritzman Larry, Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor, México, 2008

seg/und, lo cual actualmente no se cumple ya que se está produciendo a 204 seg/und motivo que causa el incumplimiento con las 5000 sillas en los horarios laborales normales establecidos, que hace que la empresa programe jornadas no planeadas, y que aun así en algunas ocasiones no permiten llegar a las unidades requeridas totales.

Ilustración 16 Modelo de silla universitaria Provider



Fuente : Catálogo de la empresa

A continuación se muestran los tiempos requeridos para la producción de las 168 sillas diarias que actualmente se está en capacidad de producir en la empresa.

Tabla 11 Tiempos de proceso requeridos para la capacidad de producción diaria actual

TIEMPO NECESARIO PARA PRODUCIR LAS 168 UND	
LINEA DE PROCESO	SEG
LINEA TUBERIA	34200
LINEA LÁMINA	6287
LINEA MADERA (SENTADERO)	23638
LINEA MADERA (BRAZOS)	23638
LINEA MADERA (ESPALDAS)	23638

Fuente: Propia

(Estos tiempos surgen de multiplicar el tiempo de ciclo de cada línea y las 9,5 horas de trabajo diarias).

De la tabla 11, se puede inferir que las operaciones de tubería se deben estar ejecutando de forma constante sino se quiere retrasar el proceso, ya que deben estar en funcionamiento las 9,5 horas del día y de esta forma no afectar la capacidad productiva de la compañía; las actividades referentes a los procesos de soldadura están implícitas en ésta línea, lo cual la hace aún más crítica y de mayor cuidado, porque siendo la soldadura el cuello de botella y estando en la línea que requiere más tiempo para producir la capacidad actual, es necesario que las actividades estén en sincronía y que la maquinaria involucrada esté en buenas condiciones, porque de no ser así un paro en esta línea es crítico y afecta los tiempos de terminación del producto final.

Ahora, para saber qué tan efectivas son las operaciones dentro de los procesos, y que tanto es lo que se trabaja con respecto a los tiempos programados, según Luyster y Tapping en “Value Stream Management” se debe analizar el indicador de disponibilidad el cual se calcula también para la elaboración del VSM.

Esta disponibilidad se halla teniendo en cuenta el tiempo que se debe programar una operación para poder cumplir con una demanda de producto final determinada. En éste caso, esa demanda que se tomó fue la capacidad máxima de producción que tiene la compañía trabajando jornadas normales, que es de 3353 unidades/mes, porque es la tasa real máxima de producción con la que se cuenta en éstos momentos, y que no permite suplir las 5000 unidades promedio demandas al mes.

También se utilizan los tiempos no productivos de estas operaciones, los cuales se ven representados en tiempos que no agregan valor al proceso de producción, tales como tiempos de mantenimiento, tiempos de reparaciones por daños, tiempos de paradas para cambio de proceso o de producto, paradas operacionales, paradas mecánicas, entre otros.

Una vez conocidos estos datos se puede calcular el tiempo productivo total que tuvo el proceso analizado, de acuerdo a lo que se tenía programado.

$$\text{Tiempo productivo} = \text{Tiempo programado} - \text{Tiempo no productivo (TNP)}$$

Después de esto se halla la disponibilidad de la siguiente forma:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo No productivo}}{\text{Tiempo Programado}}$$

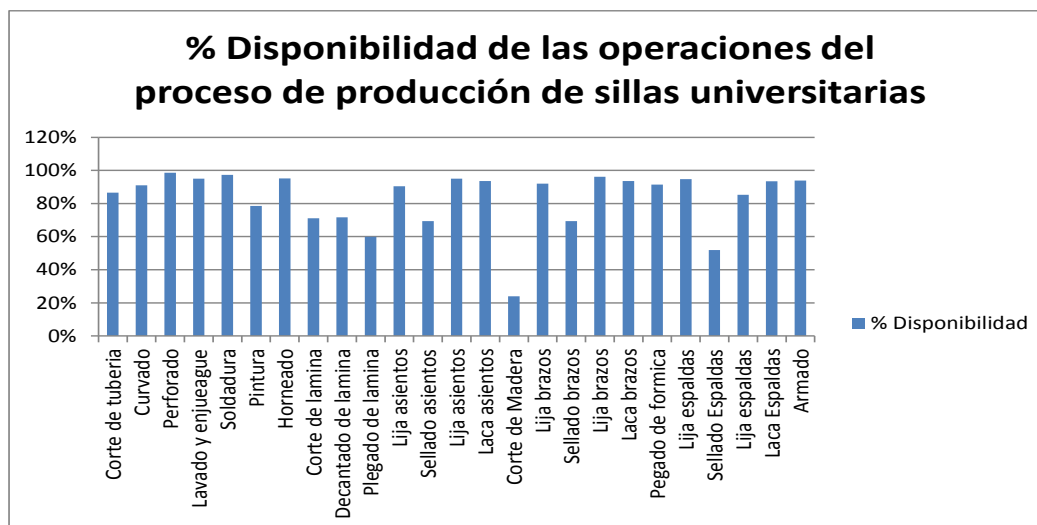
Tabla 12 Disponibilidad de los procesos de producción de sillas universitarias

	Tiempo Programado (Horas/mes)	T.productivo (horas/mes)	TNP (Horas/mes)	DISPONIBILIDAD
Corte de tubería	15	13	2	↑ 87%
Curvado	22	20	2	↑ 91%
Perforado	35	35	0,5	↑ 99%
Lavado y enjuague	54	51	2,67	↑ 95%
Soldadura	190	185	5	↑ 97%
Pintura	28	22	6	↓ 79%
Horneado	84	80	4	↑ 95%
Corte de lámina	24	17	7	↓ 71%
Decantado de lámina	18	13	5	↓ 72%
Plegado de lámina	35	21	14	↓ 60%
Lija en asientos	21	19	2	↑ 90%
Sellado en asientos	7	5	2	↓ 69%
Lija en asientos	40	38	2	↑ 95%
Laca en asientos	31	29	2	↑ 94%
Corte de Madera	45	11	34	↓ 24%
Lija en brazos	25	23	2	↑ 92%
Sellado en brazos	7	5	2	↓ 69%
Lija en brazos	53	51	2	↑ 96%
Laca en brazos	31	29	2	↑ 94%
Pegado de formica	23	21	2	↑ 91%
Lija en espaldas	38	36	2	↑ 95%
Sellado en Espaldas	4	2	2	↓ 52%
Lija en espaldas	14	12	2	↑ 85%
Laca en Espaldas	31	29	2	↑ 93%
Armado de producto final	131	123	8	↑ 94%

Fuente: Propia

Lo ideal en cualquier proceso es tener la mayor tasa de utilización posible, y esto depende en gran parte también de la disponibilidad de los equipos para las operaciones, por ende el VSM permite analizar que está pasando en cada proceso, con el nivel de disponibilidad.

Ilustración 17 Gráfica de barras de disponibilidad



Fuente: Propia

Dentro del caso de estudio, actualmente la línea de procesos de lámina que incluye las operaciones de corte, decantado, y plegado tiene en promedio un 77% de disponibilidad, dato que se acerca al 90% establecido en muchas compañías²⁸, pero que aún no es alcanzado, y se ve afectado por el proceso de plegado que tiene el indicador más bajo de las actividades de lámina con un 60%.

Cabe destacar, que dentro de la línea de procesos de lámina, este 60% de plegado es causado por el impacto que tiene los tiempos no productivos, que son de 14 horas al mes. Son 14 horas que se detienen las actividades productivas, de las 35 que han sido programadas inicialmente, debido a mantenimientos, o a paros inesperados.

Las actividades de mantenimiento que demoran mayor cantidad de tiempo son la de máquinas como la cizalladora, la punzonadora, y la plegadora.

Estos tiempos de paro con los que se trabajaron, fueron tiempos promedio de varios muestreos y de información solicitada por empleados de la empresa.

²⁸ Indicador de clase Mundial presentado por Seiichi Nakajima, Introducción al TPM, 1988.

En la línea de los procesos que involucran la madera, la operación de sellado tanto para asientos (sentadero), como para brazos y espaldas también presenta indicadores de disponibilidad por debajo del 90% con valores de 69%, 69% y 52% respectivamente, en este caso los tiempos no productivos generados por mantenimientos generan impacto también, en su mayoría principalmente a la pistola usada para ésta actividad y se presenta además un tiempo de espera en el momento de secado una vez se sella la pieza.

Finalmente se encuentra dentro de los procesos con menor rata de disponibilidad, el corte de madera con tan sólo un 24%, actividad que debe ser programada 45 horas al mes para la producción de las 3353 unidades que tiene capacidad la fábrica, pero debe contarse con 30 horas de mantenimiento aproximadamente, y otras 4 por paradas inesperadas que pueden ser operacionales o mecánicas, dadas por situaciones donde el empleado por alguna razón fisiológica abandona el centro de trabajo o circunstancias en que la máquina es obstruida por algún material y se detiene para quitarlo.

Dentro de las máquinas que se ven involucradas en estos tiempos de mantenimiento están la encoladora Osama, la Profith 20, la escuadradora Felder, la pegadora de canto y la termoformadora RIBEX. Por tal motivo, al no cumplirse a cabalidad las 45 horas de operación de ésta actividad programadas con anterioridad, las operaciones deben reprogramarse en otros espacios de tiempo para afectar lo menos posible la productividad de la empresa.

En “Value Stream Management”, Shuker, expresa que en el VSM también se debe revisar la calidad del proceso, que determina que tan bien se llevan las operaciones a cabo. En nuestro caso se medirá de acuerdo a las tasa de defectos que se presentan en las operaciones de producción y que causan reprocesos en la línea.

En el Value Stream Mapping actual, se puede observar que actualmente las operaciones de fabricación de producto terminado que presenta reprocesos por defectos son:

Tabla 13 Tabla de % de defectos en el proceso de producción

OPERACIÓN	% DE DEFECTOS
CURVADO	0,02%
SOLDADURA	0,001%
PINTURA	0,01%
HORNEADO	0,01%
APLICACIÓN DE LACA (ASIENTOS)	1,23%
APLICACIÓN DE LACA (BRAZOS)	0,46%
APLICACIÓN DE LACA (ESPALDAS)	1,00%

Fuente: Propia

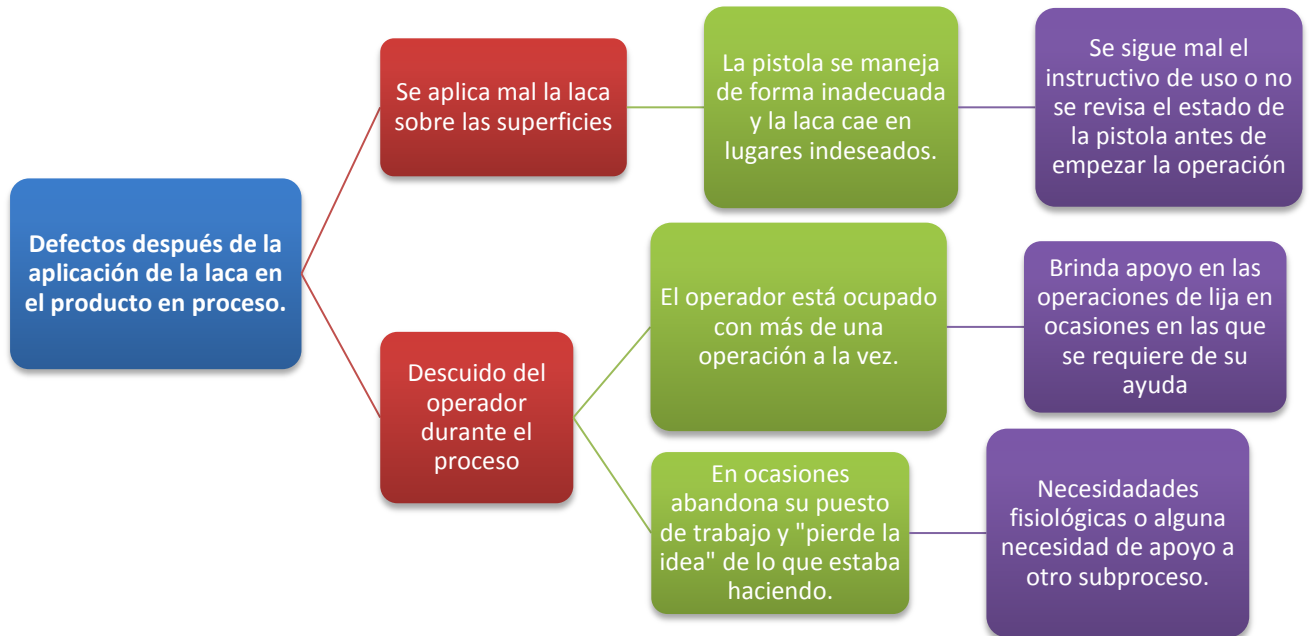
Los valores más representativos de estos porcentajes de defectos se ven relegados en las operaciones de aplicación de laca variando entre 0,46% y 1,23%, esta información fue suministrada por el asistente de producción de la compañía, dato que él estimó a través de registros históricos.

Con el fin de analizar las causas que puedan causar estos defectos en los productos en proceso, se aplica una herramienta muy usada en la filosofía Lean, y muy útil para éste tipo de situaciones, llamada “Los 5 Por qué”²⁹, que permite indagar acerca de un problema y determinar las causa raíz que lo genera. Una vez identificada la causa raíz se puede saber qué es lo que provoca el problema para así poder analizar y decidir posibles mejoras. En la siguiente tabla se analizan las causas de los reprocesos generados en las operaciones de aplicación de laca.

Al ser la aplicación de laca una operación manual y no mecanizada, el operador influye en gran parte en la causa de errores que se puedan generar por mal manejo de la pistola debido a algún descuido o algún otro factor como se observa en la Ilustración 25.

²⁹ Muro Pedro, Técnicas de resolución de problemas, (en línea) Disponible en: <http://manuelgross.bligoo.com/content/view/1049038/Tecnicas-de-resolucion-de-problemas-Los-5-Por-Que.html>

Ilustración 18 Análisis de los 5 ¿Por qué?



Fuente: Propia

El operador no tiene un estándar de cuantas pasadas debe dar con la laca sino que se hace de forma estimada por él, razón que lo hace responsable de algún error que se presente y que deba incurrir en un reproceso de producto.

Ya que ésta actividad no está dentro de la línea crítica, permite tiempos de holgura para resolver pequeños defectos que se puedan presentar, el cual es de aproximadamente 147 segundos cada vez que se procesa una unidad, éste tiempo se calcula de restar de los 204 seg/und que es el tiempo de ciclo de toda la producción, los 57 seg/und que son el tiempo de ciclo de la línea donde está la aplicación de laca hasta que esta operación comience.

Finalmente otro de los indicadores que aparece en el cuadro de datos es el *Work Content Time (w/c)*³¹, el cual se analiza para las áreas del flujo principal dentro del proceso de producción donde se encuentra el cuello de botella, donde se obtuvo que la

³¹ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

labor total de los 3 trabajadores es 612 seg/und incluyendo las actividades que generan valor y las que no generan. Éste dato va ligado directamente al tiempo de ciclo de la operación, y por ende, sí se logra disminuir el tiempo de ciclo también disminuirá el W/C con él, mejorando así la eficiencia del trabajo que se realiza, ya que se hará de forma más rápida.

Ilustración 19 Cuadro de datos del cuello de botella

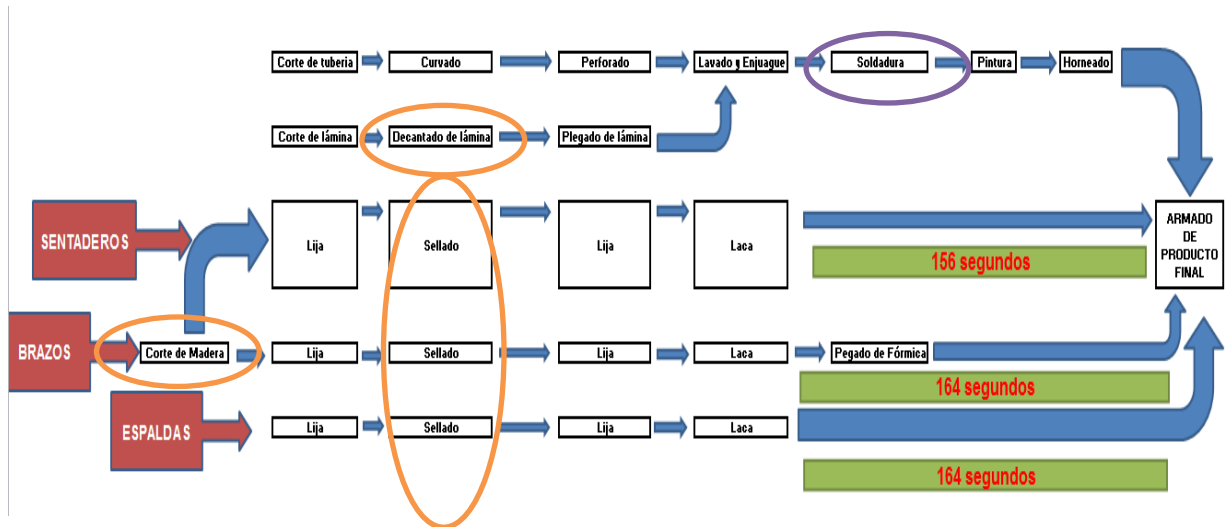
SOLDADURA	
☉	3
T.P= 354,10 seg/und	
C/T= 204 seg/und	
W/C= 612 seg/und	
E-defects= 0.001%	
%Available= 97%	

Fuente: Propia

Ahora se procede a un análisis más profundo del flujo del proceso, para así poder tener mayores argumentos que permitan elaborar la propuesta de mejora para las condiciones actuales en los procesos de producción y se incremente la capacidad.

En el diagrama, se plasma el flujo de procesos para la producción de sillas universitarias, y se resaltan con color naranja las operaciones potencialmente críticas, de acuerdo al indicador de disponibilidad, que como se dijo anteriormente se ve afectada por paros no programados que suceden dentro de la compañía.

9.2. ANÁLISIS DEL FLUJO DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SILLAS UNIVERSITARIAS



Las actividades de corte de lámina, decantado de lámina y plegado de lámina, tienen un tiempo de ciclo de 38 seg/und, donde la actividad del plegado marca el ritmo en estos tres procesos. En estos momentos el proceso no se ve afectado drásticamente por los tiempos y la disponibilidad de estas actividades, ya que en caso de un paro en alguna de éstas tres actividades se cuenta con tiempos de holgura suficientes como se puede observar en el VSM inicial y como se explica a continuación.

Para el caso de las operaciones de lámina, donde el tiempo de ciclo es de 38 seg/und y que es igual al del proceso de la línea principal de tubería hasta antes del lavado y enjuague que es donde se unen, se infiere que las líneas de lámina y tubería deberían trabajar al mismo ritmo para que se laven y enjuaguen al mismo tiempo. Sucede que la operación de lavado demora un tiempo de ciclo de 58 seg/und y la de soldadura es de 204 seg/und generando así inventario en proceso

que espera 176 segundos (204 seg menos 58 seg) cada vez que una unidad es soldada y es aquí donde radican los tiempos de espera que pueden tener las operaciones de lámina mientras se realizan operaciones en el cuello de botella, que permiten que estos paros se nivelen a el ritmo de producción y no la retrase; esto debido a la forma como se produce, en la cual los procesos involucrados en la producción empiezan simultáneamente en cada línea, ya que si el corte, el decantado y el plegado se hicieran cuando fueran exactamente necesarios para la siguiente etapa del flujo no habría lugar para errores.

En la franja verde se ven representados los tiempos de holgura de la línea de madera y que se calculan restando el tiempo de ciclo del proceso de producción que lo definen los procesos de soldadura (204 seg/und) menos los tiempos de ciclo de la línea de madera (sentaderos, brazos y espaldas) hasta antes del proceso de armado que es donde se encuentran.

Si se programaran las actividades para que los procesos empiecen justamente cuando empiecen a ser requeridos por otros se tendría la ventaja reducir los inventarios en proceso, y se mejorarían los espacios utilizados en la planta, ya que como se tiene actualmente, aunque se tiene holgura para los paros inesperados, cuando la maquinaria opera de forma adecuada se generan inventarios en proceso que ocupan espacios en la zona de trabajo y congestionan el lugar, lo cual debe ser mejorado debido a las dimensiones espaciales de la bodega donde se produce.

Con las operaciones de sellado pasa algo similar a lo mencionado anteriormente, ya que la holgura de tiempo que dan lugar a posibilidad de errores y paros existentes, pero también ocurre en ocasiones acumulación de inventarios, situación que se debe mejorar.

La operación del corte de madera es la principal, para la línea de asientos, brazos y espaldas, aquí es donde se presenta la disponibilidad más baja con tan solo un 24%, y que tiene un tiempo de ciclo de 48 seg/und, ésta actividad, que presenta

disponibilidad baja cuenta también con la holgura de tiempo que se menciona en las operaciones anteriores y que se observa en el gráfico anterior la cual es de 156 seg/und para los sentaderos y 164 seg/und para los brazos. Cabe destacar que para las espaldas se subcontrata la actividad de corte de madera y llegan listas a la empresa para el proceso de lija y actividades posteriores reduciendo de este modo el impacto que tiene una disponibilidad baja en esta parte del proceso.

En la parte superior derecha, se encuentra encerrada en un círculo lila, la operación de soldadura, la cuál es el cuello de botella que se presenta en PROVIDER & CIA LTDA., y el cual debe analizarse de tal modo que se mejoren su tiempo de ciclo ya que según la filosofía Lean, lo mejor para una empresa es que el tiempo de ciclo de la actividad más demorada no supere el takt time y de este modo se pueda cumplir a cabalidad con las demandas de producto exigidas por el cliente.

Como conclusión, para darle solución a los problemas de incumplimientos hacia el cliente, es necesario realizar una propuesta viable que permita reducir el tiempo de ciclo máximo que es el que determina el ritmo de producción, hasta el punto de que se iguale al takt time, ya que de éste modo se podrán suplir las necesidades del cliente a tiempo.

9.3. ANÁLISIS DE THERBLIG³²³³

Una vez analizados los procesos y detectada la actividad de soldadura como la que define la capacidad de producción mensual de la empresa, es necesario estudiar éste proceso y cada una de las actividades que lo conforman, y para ello según Carreto Julio, la aplicación de la filosofía Therblig, es de gran ayuda, puesto que ésta se encarga del estudio de tiempos y movimientos que realiza una persona en su centro de trabajo para llevar a cabo una operación, buscando eliminar todas aquellas actividades que no generen valor y retrasen las operaciones.

Como base para la identificación de los Therblig, se realiza un diagrama bimanual³⁴ de las operaciones de todo el proceso de soldadura, ya que “éste diagrama permite estudiar los movimientos del operador de un centro de trabajo determinado”³⁵.

Para nuestro caso, éste diagrama muestra de forma clara como lleva a cabo el soldador sus labores dentro de su estación de trabajo, y como son los movimientos con sus manos una vez iniciado el proceso de producción.

De acuerdo la Ilustración 20, los Therbligs que se encontraron en el proceso, y su respectiva descripción, se resumen en el siguiente cuadro, el cual permite determinar qué movimientos se deben mejorar dentro de la soldadura que agilicen las operaciones de la persona que trabaja en esta estación y se mejoren sus tiempos de operación.

³² Carrión Delgado Juan Manuel, Estudio del trabajo-Estudio de movimientos, (en línea), Disponible en <http://www.slideshare.net/JuanManuelCarrionD/et1-gc-3urosendojuarezpablolealbaezbriseidagarciahernandezhilario>

³³ Carreto Julio, 17 Movimientos básicos del cuerpo humano para el trabajo, 2013, (en línea). Disponible en <http://dirigiendopymes.blogspot.com/2009/06/17-movimientos-basicos-del-cuerpo.html>.

³⁴ Niebel Benjamin, Ingeniería Industrial: Métodos, tiempos y movimientos, 1996.

³⁵ Niebel Benjamin, Ingeniería Industrial: Métodos, tiempos y movimientos, 1996.

Ilustración 60 Diagrama bimanual actual del proceso de soldadura en sillas universitarias

DIAGRAMA BIMANUAL				OPERACION:			
METODO:		Actual ☒ Propuesto ☐		PROCESO DE PARADA DE SOLDADURA DE SILLAS UNIVERSITARIAS			
MANO IZQUIERDA		SIMBOLOS		MANO DERECHA			
Proc	DESCRIPCION	O	⇄	D	∇	DESCRIPCION	
1.	En espera	O	⇄	D	∇	En espera	
2.	Seleccionar patas	O	⇄	D	∇	Seleccionar patas	
3.	Preposiciona las patas sobre la mesa	O	⇄	D	∇	Preposiciona las patas sobre la mesa	
4.	Suelta las patas	O	⇄	D	∇	Suelta las patas	
5.	En espera	O	⇄	D	∇	Buscar la espalda	
6.	En espera	O	⇄	D	∇	Seleccionar espalda	
7.	En espera	O	⇄	D	∇	Sostener la espalda	
8.	En espera	O	⇄	D	∇	Mover la espalda hacia el armazón	
9.	Preposiciona la espalda en El armazón	O	⇄	D	∇	Preposiciona la espalda en El armazón	
10.	Sostiene y suelta la espalda En el armazón	O	⇄	D	∇	En espera	
11.	En espera	O	⇄	D	∇	En espera	
12.	En espera	O	⇄	D	∇	Toma la pistola y mueve hacia la mesa	
13.	Sostener la espalda	O	⇄	D	∇	Efectúa soldadura en la silla	
14.	En espera	O	⇄	D	∇	Suelta la pistola	
15.	En espera	O	⇄	D	∇	Colocar brazo en la mesa	
16.	Sostiene el brazo	O	⇄	D	∇	Busca la pistola	
17.	Sostiene el brazo	O	⇄	D	∇	Efectúa Soldadura.	
18.	En espera	O	⇄	D	∇	Suelta la pistola	
19.	Lleva la silla a la mitad del área	O	⇄	D	∇	Lleva la silla a la mitad del área.	
RESUMEN: Cantidad		4	1	10	4	10	4
						3	2
		Fecha : 09/ 10 / 2013					

Fuente: Propia

Tabla 14 Therblig del proceso de soldadura

PROCESO DE SOLDADURA EN PROVIDER LTDA			
THERBLIG IDENTIFICADOS	DESCRIPCIÓN	AGREGA VALOR AL PROCESO	NO AGREGA VALOR
BUSCAR	Debido a que los implementos no siempre estan en la misma parte, en ocasiones, se incurre en tiempo para localizar lo que necesita, tiempo que podría ahorrarse y generar valor a la soldadura.		X
SELECCIONAR	Las herramientas como la pistola de soldadura, la careta para soldar, los guantes, y demás, al no tener una ubicación específica causa que el operario realice movimientos innecesarios que toman tiempo; el cual podría disminuirse si se ubicaran las herramientas de acuerdo a las actividades que soldar involucra.		X
TOMAR	Se toman las herramientas necesarias por el trabajador para llevar a cabo sus actividades	X	
ALCANZAR	En el area de trabajo las herramientas a utilizar no estan ubicadas a una distancia apropiada, por lo cual el soldador tiene desplazamientos ineficientes; que no agregan valor.		X
MOVER	Desde que el operario mueve su mano para alcanzar la herramienta hasta que la lleva a su destino para empezar a trabajar	x	
SOSTENER	El espacio de tiempo que se sostiene la herramienta para trabajar	x	
SOLTAR	Actividad que comprende desde que los dedos comienzan a separarse de la herramienta de trabajo, y termina en el instante en que todos los dedos quedan libres de ella.	x	
COLOCAR EN POSICIÓN	Es la etapa del proceso en la que se dispone en un lugar específico la herramienta usada por el soldador para sus actividades.	x	
INSPECCIONAR	Incluye las operaciones para asegurar la calidad del producto que se trabaja, a fin de minimizar la cantidad de defectos en este proceso, que como se observa en el value es de solo 0.001% .	x	
USAR	Tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante la parte del ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.	x	
DEMORA INEVITABLE	Actividades que son inevitables como ir al baño, o pausas activas que debe realizar el operario para no afectar su salud.		X
DEMORA EVITABLE	En este therblig se referencian tiempos muertos que ocurren durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente, tiempo que pierde por actividades ajenas a su función de soldadura y que retrasan el proceso.		X
PLANEAR	Tiempo en el que se incurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir, con el fin de realizar bien sus labores y minimizar el riesgo de errores.	x	
DESCANSAR	Estos son tiempos de retraso que aparecen esporádicamente en el ciclo de trabajo, como necesidad que experimenta el operario de reponerse a la fatiga.		x

Fuente: Propia

10. PROPUESTA DE MEJORA

De acuerdo a la información obtenida por el VSM inicial, donde se pudo establecer que el proceso de soldadura era el cuello de botella; se analiza cómo mejorar las actividades que se ven involucradas y reducir su tiempo de ciclo actual de 204 seg/und, con el objetivo de que el proceso de producción de sillas universitarias se iguale al **takt time** del proceso que es de 136.8 seg/und y se pueda suplir la demanda promedio que se tiene basada en datos históricos y que es de 5000 unidades.

Las actividades involucradas en la operación de soldadura y que se llevan a cabo de forma secuencial son:

Tabla 15 Actividades involucradas en soldadura

Actividad	Seg/Und
Adecuación del puesto de trabajo para armar sillas universitarias las cuales estan conformadas por 1 espalda, 2 patas, 1 brazo, 1 travesaño y 1 bandeja portalibros	0,058
Se realiza el proceso de soldadura MIG; en espaldas, patas, y travesaños	150
Adecuación puesto de trabajo para resoldar silla universitarias	0,0404
Se realiza proceso de resolda; travesaños y bandeja portalibros	204

Fuente: Propia

Como se observa en la tabla 15, el resoldar es la operación más demorada y que por ende marca el ritmo y define la capacidad del proceso de soldadura.

Con el fin de mejorar los movimientos que hace el soldador para las operaciones del proceso, se propone una organización adecuada de las herramientas en el centro de trabajo, de tal forma que el operario haga un buen uso de sus movimientos y se mejoren los tiempos en que éstos se llevan a cabo.

Si se tiene un centro de trabajo más organizado y con todo previamente localizado por el operario, los tiempos de proceso se reducen, y la eficiencia del trabajador mejora; todo parte de implementar la cultura del orden y la organización en las áreas de trabajo en la empresa.

Como oportunidad de mejora, está reducir los tiempos de proceso, para lo cual se plantea aplicar la metodología Therblig y proponer una secuencia de movimientos más eficientes por medio diagrama bimanual futuro que se mostrará más adelante.

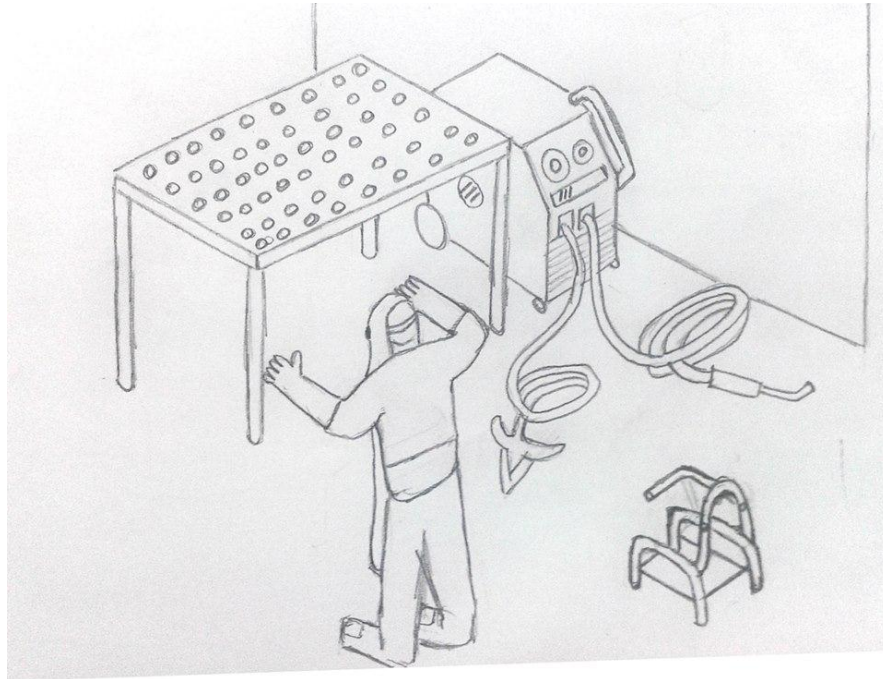
De los *therblig* identificados, los que deben ser eliminados para mejorar los tiempos de operación son:

- **Buscar:** No siempre el soldador ubica sus implementos en la misma parte, lo cual genera que en ocasiones tiempo para localizar lo que se necesita, tiempo que podría ahorrarse y generar valor a la soldadura.
- **Seleccionar:** El hecho de que las herramientas como la pistola de soldadura, la careta para soldar, los guantes, y demás herramientas no tengan una ubicación específica causa que el operario realice movimientos innecesarios que toman tiempo; el cual podría disminuirse si se ubicaran las herramientas de acuerdo a las actividades que la operación de soldar involucra.
- **Alcanzar:** El hecho de que las herramientas a utilizar no estén ubicadas a una distancia apropiada, causa que el soldador tenga desplazamientos ineficientes; para ello las herramientas deben localizarse al alcance del trabajador y se puedan eliminar recorridos innecesarios.
- **Demora Evitable:** Todo tiempo muerto del que sólo el soldador es responsable, intencional o no intencionalmente y que retrasa el proceso.

Se debe organizar el puesto de trabajo de tal modo que la pistola soldadora no quede aproximadamente a más de 35 cm del trabajador para que sea de fácil manejo, ésta medida se estima por medio de la longitud de alcance del trabajador sobre la mesa sin que tenga que realizar algún desplazamiento alrededor de ella

para poder coger la pistola, ya que actualmente el operario se desplaza innecesariamente para alcanzar la herramienta que va a usar.

Ilustración 71 Centro de trabajo organizado



Fuente: Propia

Además es necesario ubicar las herramientas en la mesa de trabajo en el lado correspondiente a la mano más hábil del soldador para evitar movimientos y cruces de manos innecesarios, los guantes y la pechera se deben colgar al alcance del soldador lejos de otro tipo de herramientas que puedan tardar tiempo en removerse y retrase la actividad del operario, la careta debe estar a menos de un metro de la mesa de trabajo para evitar desplazamientos que no agreguen valor, esta distancia también se estima de acuerdo al alcance del trabajador dentro de su estación de trabajo la cual es de 3m x 2,5m, donde aproximadamente a un metro de distancia o menos no debe desplazarse para alcanzar alguna herramienta.

En cada máquina se encuentran las advertencias antes de usarla, y para que se puedan llevar a cabo las operaciones de forma adecuada de acuerdo a los

movimientos que se deben realizar, el soldador debe entenderlas y además de ello saber muy bien las especificaciones del proceso que garantice la calidad del producto a entregar.

Ilustración 82 Diagrama bimanual propuesto para el proceso de soldadura

DIAGRAMA BIMANUAL				OPERACION:			
METODO:		Actual ☐		Propuesto ☒		PROCESO DE PARADA DE SOLDADURA DE SILLAS UNIVERSITARIAS	
MANO IZQUIERDA		SIMBOLOS		MANO DERECHA			
Proc	DESCRIPCION	O	⇐	D	⇐	DESCRIPCION	
1.	En espera	O	⇐	D	⇐	En espera	
2.	Tomar patas	O	⇐	D	⇐	Tomar patas	
3.	Preposiciona las patas sobre la mesa	O	⇐	D	⇐	Preposiciona las patas sobre la mesa	
4.	Suelta las patas	O	⇐	D	⇐	Suelta las patas	
5.	En espera	O	⇐	D	⇐	En espera	
6.	En espera	O	⇐	D	⇐	Tomar espalda	
7.	En espera	O	⇐	D	⇐	Mover la espalda hacia el armazón	
8.	Preposiciona la espalda en El armazón	O	⇐	D	⇐	Preposiciona la espalda en El armazón	
9.	Sostiene y suelta la espalda En el armazón	O	⇐	D	⇐	En espera	
10.	En espera	O	⇐	D	⇐	En espera	
11.	En espera	O	⇐	D	⇐	Toma la pistola y mueve hacia la mesa	
12.	Sostener la espalda	O	⇐	D	⇐	Efectúa soldadura en la silla	
13.	En espera	O	⇐	D	⇐	Suelta la pistola	
14.	En espera	O	⇐	D	⇐	Colocar brazo en la mesa	
15.	Sostiene el brazo	O	⇐	D	⇐	Busca la pistola	
16.	Sostiene el brazo	O	⇐	D	⇐	Efectúa Soldadura.	
17.	En espera	O	⇐	D	⇐	Suelta la pistola	
18.	Lleva la silla a la mitad del área	O	⇐	D	⇐	Lleva la silla a la mitad del área.	
RESUMEN: Cantidad		5	1	9	3	9	4
							1
		Fecha : 09/ 10 / 2013					

Fuente: Propia

En la Ilustración 29, se muestra el diagrama bimanual propuesto de cómo deberían llevarse a cabo las operaciones en los puestos de trabajo previamente

organizados , con las herramientas al alcance del trabajador sin que este tenga que hacer mayores recorridos, y además de ello, con todos los implementos puestos y en buenas condiciones.

En Provider Ltda no se encuentran en ese estado, ya que los empleados no son disciplinados con el orden en su centro de trabajo, los implementos se ubican en cualquier parte y este desorden ocasiona tiempos innecesarios como se menciona en los therblig; pero cabe resaltar que reorganizando las herramientas como se mencionó anteriormente, en una prueba piloto los tiempos mejoraron cerca de 9 segundos aproximadamente ya que los operarios no tenían perdidas buscando, localizando y alcanzando sus implementos de trabajo, demostrando así que con esta serie de movimientos propuesta si es posible reducir el tiempo de operación con respecto a como se encuentra actualmente.

10.1. **MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO:**

De acuerdo a los tiempos tomados en el proceso de producción se hace necesario mejorar la capacidad del proceso y esto se logra mejorando la soldadura que es el que marca la capacidad de la producción.

Ilustración 23 Proceso de soldadura



Fuente: Propia

Además de la adecuación del centro de trabajo, se plantea la posibilidad de contratación de un nuevo soldador con para mejorar la capacidad en este proceso.

Con el fin de justificar esta contratación y creación del nuevo centro se plantea el siguiente escenario:

En la compañía las multas por incumplimiento en la demanda equivalen al 12% de lo pactado inicialmente, valor elevado que reduce las utilidades cuando se llevan a cabo este tipo de pedidos, de acuerdo a los costos de producción involucrados y precios de venta promedio se tiene:

Tabla 16 Costos acumulados para la producción de la capacidad actual

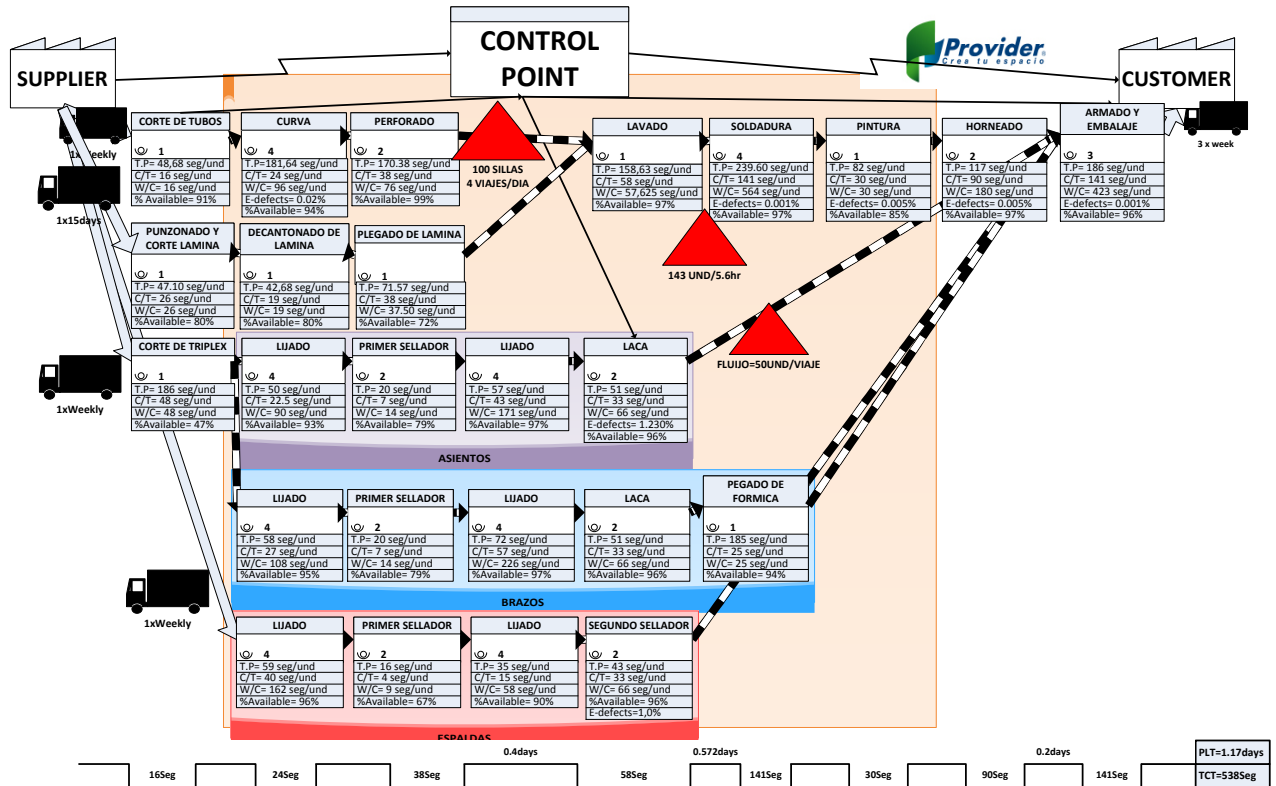
COSTOS ACUMULADOS PARA 3353 UNIDADES	
COSTO DE PRDUCCION POR UNIDAD	\$ 37.000
COSTO TOTAL 3353u	\$ 124.061.000
UNIDADES PROMEDIO NO ENTREGADAS A TIEMPO	1647
MULTA POR INCUMPLIMIENTO DE LA DEMANDA (12% del precio de total negociado)	\$ 42.000.000
PRECIO DE VENTA	\$ 70.000
INGRESOS POR LAS 3353 UNIDADES	\$ 234.710.000
UTILIDADES	\$ 68.649.000

Fuente: Propia

El no cumplimiento de las 5000 unidades promedio afecta un 38% la utilidad que se tendría sino hubiera multa la cual sería de \$ 110.649.000, valor que puede variar de acuerdo al comportamiento de la demanda que se presente en un determinado momento.

A continuación se presenta el VSM futuro, es decir el que se tendría con una nueva persona de apoyo para el proceso de “resoldado” (puntos de refuerzos a las sillas ya soldadas).

10.2. VALUE STREAM MAPPING PROPUESTO



Una vez realizada la propuesta de mejora, con el uso de otro puesto de trabajo de soldadura el *Work Content Time*³⁶ se reduce a 564 seg/und como se muestra en la siguiente figura.

Tabla 17 w/c en escenario propuesto

SOLDADURA	
Q= 4	
T.P= 239.60 seg/und	
C/T= 141 seg/und	
W/C= 564 seg/und	
E-defects= 0.001%	
%Available= 97%	

Fuente: Propia

³⁶ Nash Mark, and Polin Sheila, Mapping the Total Value Stream, New York, 2008

La reducción del Work Content Time ha sido causada por la contratación de fuerza de mano de obra que genera un refuerzo con mayor impacto para fortalecer la capacidad de producción y disminuir los inventarios lo que se consideraría un ahorro en tiempo de producción.

Además si hubiera otro centro de trabajo como apoyo a los procesos de resoldado, habría un cambio referente a los tiempos de esta operación, ya que actualmente son 204 seg/und, es decir sale una unidad cada 204 segundos. Con el nuevo soldador se tendría ya no una sino dos unidades cada 204 segundos, es decir que para unidades en el planteamiento del Value Stream Mapping se tendría 102 segundos por una unidad, reduciendo a la mitad el tiempo de esta operación. Realizando además la reorganización del centro de trabajo se estima a través de pruebas piloto de toma de tiempos una reducción aproximada de 9,6 segundos en la duración de las operaciones que involucran soldado y 7 segundos en el resoldado.

De este modo entonces cuando se disminuye el tiempo de resoldado esta actividad tarda 197 segundos para que salgan dos unidades es decir 98,5 seg/und; y el proceso de soldadura se reduciría a 141 seg/und aproximadamente.

Con estos datos el tiempo de ciclo del proceso se reduce a 141 segundos/und regido por los procesos de soldadura y armado de producto final.

Con estos 141 seg/und, la capacidad de la empresa, en su línea de producción de sillas universitarias aumenta un 45% aproximadamente alcanzando las 4851 unidades al mes de las 5000 que se manejan como dato promedio.

Con esta nueva capacidad se genera el siguiente escenario:

En Provider & CIA LTDA., para poder realizar la ubicación de un nuevo centro de trabajo en el área de soldadura se deben incurrir en los siguientes costos:

Tabla 18 Costos de mano de obra en el nuevo escenario

Mano de Obra	Salario Básico	
Operario de Soldadura 1	\$ 1.360.000	mensuales
Operario de Soldadura 2	\$ 1.360.000	mensuales
Operario que resolda 1	\$ 1.360.000	mensuales
Operario que resolda 2	\$ 1.360.000	mensuales

Fuente: Propia

La mano de obra tiene un costo adicional de \$ 1'360.000³⁸ básicos mensuales por el nuevo trabajador. Además de esto, si se quiere este nuevo centro, para su creación se necesita del equipo soldador que tiene un costo aproximado de \$3.000.000 y otros costos donde se imputan careta, guantes y demás herramientas acordes a la soldadura con un costo estimado de \$330.000

Tabla 19 Costos fijos del nuevo escenario

Equipos	Costo
Equipo para soldadura 250A	\$ 3.000.000
Elaboración del nuevo centro de soldadura	\$ 330.000

Fuente: Propia

Es decir que se necesitan invertir \$3.300.000 en costos fijos y \$1'360.000 cada mes; de este modo se mejoraría la capacidad de esta línea de producción a 4851 unidades mensuales y solo se dejarían de hacer 149 unidades mensuales que podrían programarse en horas extras.

Con el nuevo tiempo de ciclo de 141 seg/und, las 149 unidades requerirían de 5,83 horas adicionales aproximadamente que se programarían para una jornada de día sábado.

De acuerdo a datos suministrados por la empresa, se paga el día sábado un 25% más de lo que se paga un día de semana y las utilidades de la empresa con respecto a la línea de sillas universitarias quedarían de la siguiente forma:

38 Dentro de la mano de obra está implícita, la carga prestacional que se le paga a un empleado por ley y que es del 53,3% aproximadamente, y el costo de seguridad social (ARL, Pensiones y EPS)

Tabla 20 Costos acumulados para la producción de las 5000 unidades demandadas en promedio cada mes

COSTOS ACUMULADOS PARA 5000 UNIDADES	
COSTO DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD	\$ 37.000
COSTO TOTAL 4851 u	\$ 179.487.000
DEMANDA A PROGRAMAR EN HORAS EXTRAS	149
COSTO DE TRABAJO DÍA SABADO EN SOLDADURA (INCLUYENDO LAS 4 PERSONAS Y SUPERVISOR QUE SE DEBA PRESENTAR)	\$ 465.000
PRECIO DE VENTA	\$ 70.000
INGRESOS POR 5000 UNIDADES	\$ 350.000.000
UTILIDADES	\$ 170.048.000

Fuente: Propia

Con esta modificación, se incurre en una demanda insatisfecha de 149 ítems trabajando de lunes a viernes, por eso es necesaria la programación del personal el día sábado. Cabe resaltar que esto es teniendo en cuenta la demanda promedio estimada de 5000 unidades, al ser un promedio pueden ser un poco más o un poco menos de las 5000 que se pidan.

Si se piden 4850 artículos de ésta línea se puede suplir la demanda sin necesidad de horas extras; y al ser 5000 se programan los soldadores como se describió anteriormente.

10.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN

Haciendo el análisis mensual, se evidenció la rentabilidad de esta decisión en los cálculos anteriores como se pudo observar en la tabla 20, y para determinar la viabilidad de invertir en el nuevo centro de trabajo, según Rodrigo Varela en su libro “Evaluación económica de inversiones”, es necesario tener indicadores de rentabilidad de inversión como de la tasa interna de retorno (TIR)³⁹ y el valor presente neto (VPN)⁴⁰, donde para el caso de estudio se plantearán dos escenarios.

³⁹ Rodrigo Varela, Evaluación Económica de Inversiones, 1989

⁴⁰ Rodrigo Varela, Evaluación Económica de Inversiones, 1989

El primer escenario es seguir trabajando igual y no hacer nada para evitar las multas y el segundo escenario es aplicar la propuesta de mejora y analizar el comportamiento del dinero en el tiempo.

Tabla 21 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

	Tasa Interna de Retorno TIR	
	Actual	Con la propuesta del nuevo centro de trabajo
Inversión Inicial	\$ (4.200.000,00)	\$ (3.330.000,00)
Mano de obra anual	\$ 16.320.000,00	\$ 16.320.000,00
Multa anual por incumplimientos	\$ (504.000.000,00)	\$ -
Costo total anual de producción	\$ (1.488.732.000,00)	\$ (2.153.844.000,00)
Ingresos Anuales	\$ 2.816.520.000,00	\$ 4.200.000.000,00
TIR	32%	99%

Fuente: Propia

En este escenario actual, la inversión inicial es de \$4'200.000, que equivale al costo de la máquina que se compró hace aproximadamente 4 años y a la adecuación del centro de trabajo, se tiene un costo de mano de obra anual el cual es de \$16'320.000, que equivale a multiplicar lo que se le paga a la persona encargada de resoldadura mensualmente (soldadura de refuerzo), que trabaja actualmente, por los 12 meses del año. Finalmente se tiene los costos e ingresos anuales que se estiman multiplicando las cifras mensuales por los doce meses del año.

Con ésta información se obtiene una tasa de retorno del 32%, que representa la rentabilidad anual de la inversión que se hizo.

En el segundo caso, se tiene el costo de la inversión que es lo que cuesta la máquina y los demás ingresos y egresos que muestra la tabla 21. Ya con ésta situación no se incurre en multas y la rentabilidad aumenta del 32% al 99% anual, corroborando la viabilidad de la inversión.

También se analiza el indicador financiero de Valor actual neto:

Tabla 22 Cálculo del Valor Presente Neto

	Valor Presente Neto VPN	
	Actual	Con la propuesta del nuevo centro de trabajo
Inversión Inicial	\$ (4.200.000,00)	\$ (3.330.000,00)
Mano de obra anual	\$ 16.320.000,00	\$ 16.320.000,00
Multa anual por incumplimientos	\$ (504.000.000,00)	\$ -
Costo total anual de producción	\$ (1.488.732.000,00)	\$ (2.153.844.000,00)
Ingresos Anuales	\$ 2.816.520.000,00	\$ 4.200.000.000,00
VPN	\$ 759.534.545,45	\$ 1.871.648.181,82

Fuente: Propia

En la tabla 22 se puede observar como en ambos casos da mayor que cero, lo cual refleja que ambos son rentables, pero que con una nueva inversión se tiene un aumento del VPN del 146%, aumentando las utilidades de la compañía en un año, lo cual es un gran soporte para tomar la decisión de realizar la inversión en la contratación del nuevo personal.

El incremento del 146% es rentable, aunque cabe resaltar que sólo se daría en el caso de que la demanda promedio de 5000 unidades mensuales se mantuviera a lo largo del año, ya que entre menor sea el pedido más se disminuyen los ingresos.

Se ve cómo con tan poca inversión en el proceso, la rentabilidad aumenta, evitando las multas, supliendo la necesidad del cliente, mejorando así la imagen de la empresa e incrementando la capacidad productiva de la línea de sillas universitarias en Provider.

10.4. CAPACIDAD MÁXIMA DE LA COMPAÑÍA

Como información adicional se calcula la capacidad máxima de esta línea de la siguiente forma:

Se trabaja de lunes a viernes, con un tiempo de ciclo de 141 seg/und

$$\text{Capacidad mensual (20 días)} = \frac{684000 \frac{\text{seg}}{\text{mes}}}{141 \frac{\text{seg}}{\text{und}}} = 4851 \text{ unidades mensuales}$$

Con el trabajo los días sábados 8 horas se estima la capacidad de la siguiente forma:

$$\text{Capacidad sábados (4 sábados del mes)} = \frac{115200 \frac{\text{seg}}{\text{mes}}}{141 \frac{\text{seg}}{\text{und}}} = 817 \text{ unidades/mes}$$

En conclusión, la capacidad de la empresa total es de 5668 und/mes trabajando días de semana y sábados; entre semana que es como se trabaja normalmente son 4851 sillas de línea universitaria que se producirán con la propuesta, y trabajando sábados se harían 817 más; así se pasa de un escenario inicial de tan solo 3353 und/mes a un máximo de 5668 und/mes presentándose una mejoría del 69% al atacar el problema que se presenta en el área de soldadura. Ya con éste incremento de capacidad productiva se mejora la disposición para atender las demandas, y la forma de cómo se programe la producción dependerá de las cantidades pedidas por el cliente ya que en la empresa no se produce para mantener producto terminado en stock.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Value Stream Mapping, permitió darle un seguimiento a los procesos involucrados en la producción de sillas universitarias en PROVIDER Ltda, y así poder determinar focos de problemas, para proponer posibles soluciones.
- Por medio de herramientas como los “5 porqué”, se identificaron causas raizales de un problema, con el fin de analizar la situación que se presentaba en una determinada operación y saber porque se causan las fallas, para poder atacarlas.
- La filosofía *THERBLIG*, permitió detectar las operaciones que agregaban valor y las que no lo hacían en una actividad determinada , ayudó al análisis de movimientos y sirvió de apoyo para plantear una reorganización del puesto de trabajo y una secuencia de movimientos dentro del mismo con el fin de eliminar los innecesarios que retrasen actividades productivas; esto permitió reducir tiempos de operación pero al no ser suficiente esto se tuvo que aumentar la capacidad del proceso de producción para poder suplir las cantidades demandadas.
- Es de vital importancia hoy en día estudiar las propuestas que se tienen en una compañía, con el fin de tomar una decisión, analizando que tan rentables son, y es ahí donde se mide la viabilidad de las mismas, por medio de indicadores de evaluación de proyectos como los son el VPN y la TIR.
- Un estudio de movimientos dentro de un puesto de trabajo apoyado en herramientas como los diagramas bimanuales permite conocer la forma como realiza las actividades un operario y conlleva a la realización de propuestas de mejoramiento de su trabajo, aumentando el nivel de desempeño en su puesto, y por ende su nivel de productividad.

- La detección de los *Therblig* involucrados en el proceso “cuello de botella”, permite demostrar la importancia de una buena disposición de herramientas en el centro de trabajo, donde a través de una prueba piloto se pudo ver como se reducen los tiempos y se mejora así la capacidad de la empresa para que la demanda del cliente pueda ser suplida.
- Dado que se trabaja con una demanda que actualmente no es estable en la compañía, sería interesante a lo largo de varios años analizar indicadores financieros como la TIR y el VPN, que permitan darle mayor precisión a los niveles de rentabilidad, de modo que se analice mes a mes como son los ingresos y cómo impacta el hecho de trabajar con una nueva persona contratada.

12. BIBLIOGRAFIA

- **WILSON, Lonnie.** How to implement Lean Manufacturing, McGraw-Hill Learn More, First Edition, 2013, ISBN-13 **978-007-1625074**
- **HOPP, Wallace y SPEARMAN, Mark, (2008),** Factory Physics, McGraw-Hill, New York N.Y. Second Edition, 2002, ISBN 0-256-24795-1
- **NASH, Mark y POLING, Sheila,** MAPPING THE TOTAL VALUE STREAM. A Comprehensive Guide for Production and transactional Processes, Taylor & Francis Group, First Edition, 2008, N.Y., ISBN-13 978-1-56327-359-9.
- **TAPPING, Don, LUYSTER, Tom and SHUKER, Tom,** Value Stream Management. Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements, Productivity Press, First Edition, ©2002, New York, ISBN 978-1-56327-245-5.
- **VARELA, Rodrigo.** Evaluación económica de inversiones, 1989, Editorial Norma.
- **KRAJEWSKY, Lee J., RITZMAN, Larry P., y MALHOTRA, Manoj,** ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Estrategia y Análisis, PEARSON Educación® Prentice Hall, 8va Edición, 2008, México, ISBN 978-970-26-1217-9.
- **Toledano de Diego, A. (2009):** <<Las Claves del Éxito Toyota>>. *LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas.*
- **Niebel Benjamin,** Ingeniería Industrial: Métodos, tiempos y movimientos, 1996.

- **Tejeda, A. (2011),** *“Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos”*. República Dominicana: Emprendedurismo e Innovación del Instituto Tecnológico de Santo Domingo, INTEC.
- **Solis, R., Madriz C., (2008),** <<*Aplicación de Ergo – Lean Manufacturing en el análisis de valor* >>. Instituto tecnológico de Costa Rica. Tecnología en Marcha, Vol. 22, N.º 1, Enero-Marzo 2009, pp. 24-28.
- **Arrieta, J., Botero, V., Romano, M., (2010),** *“Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el sector de confección de la ciudad de Medellín, Colombia”*. Universidad de EAFIT, Medellín-Colombia. Vol. 15 N° 28.
- **Montes, J., (2003).** *“Lean manufacturing La experiencia de Enusa y Seis Sigma Industrias Avanzadas”*.
- **Serrno, I., Ochoa, C., De castro, R., (2006).** <<*Evaluation of Value Stream Mapping in Manufacturing Systems redesigning*>>. Author manuscript, published in "International Journal of Production Research 46, 16 (2008) 4409-4430" version 1 (2010).
- **Chena, JC, Lib, Y., and Brett D. Shady, BD. (2010).** From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research* 48(4), 1069–1086.
- **Bragglia, M., Carmignani, G., Zammori, F., (2005).** <<*A New Value Stream Mapping approach for complex production systems*>>. Author manuscript, published in "International Journal of Production Research 44, 18-19 (2006) 3929-3952". Version 1 (2010).

- **Alarcon, M., Fuentes, J., (2012).** *“Lean Production: estado actual y desafíos futuros de la investigación”*. DIALNET OAI Articles , Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa, ISSN 1135-2523, Vol. 13, Nº 2, 2007, pags. 179-202.

13. ANEXOS

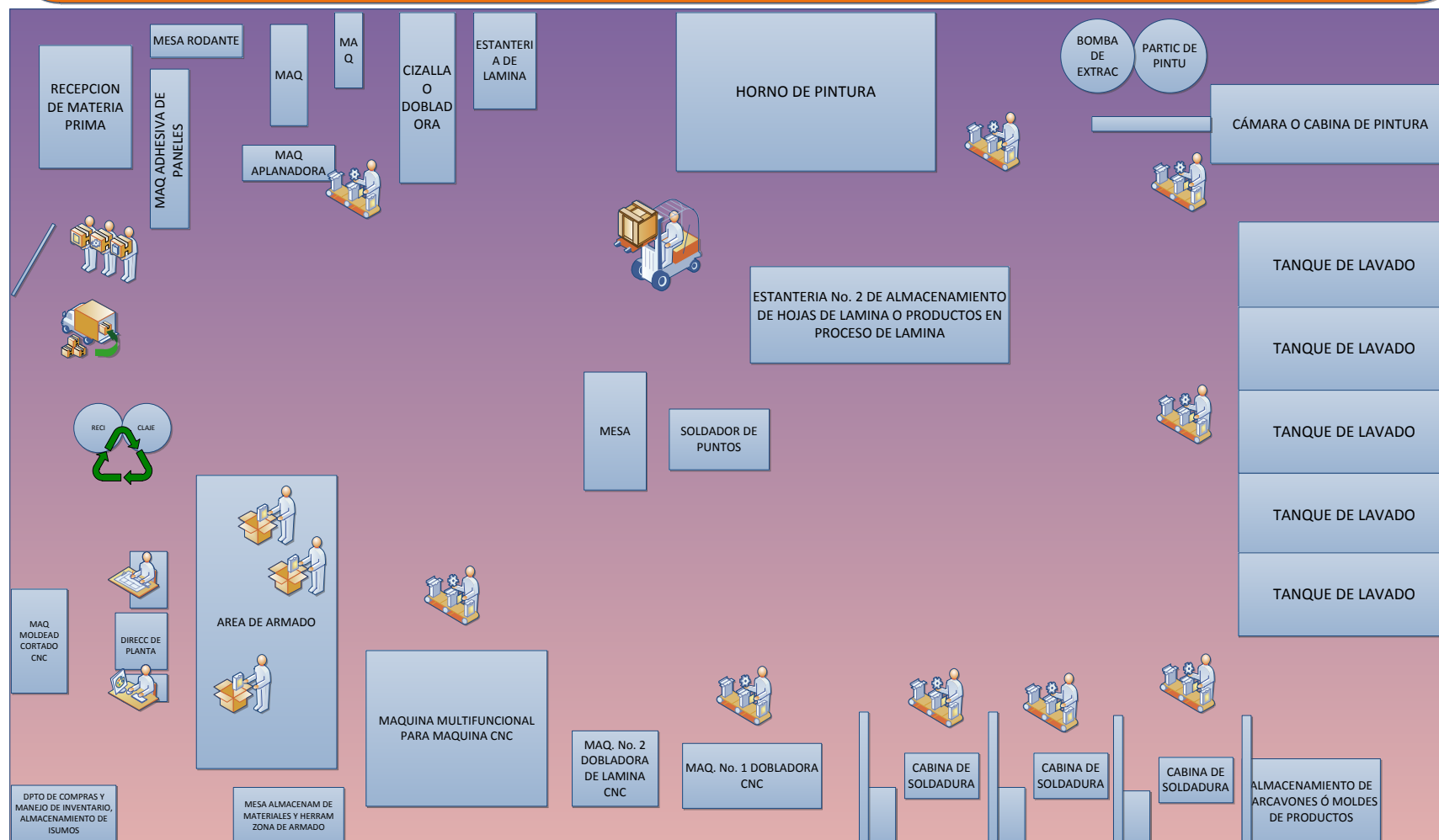
13.1. PROCESO PARADA DE SOLDADURA ACTUAL

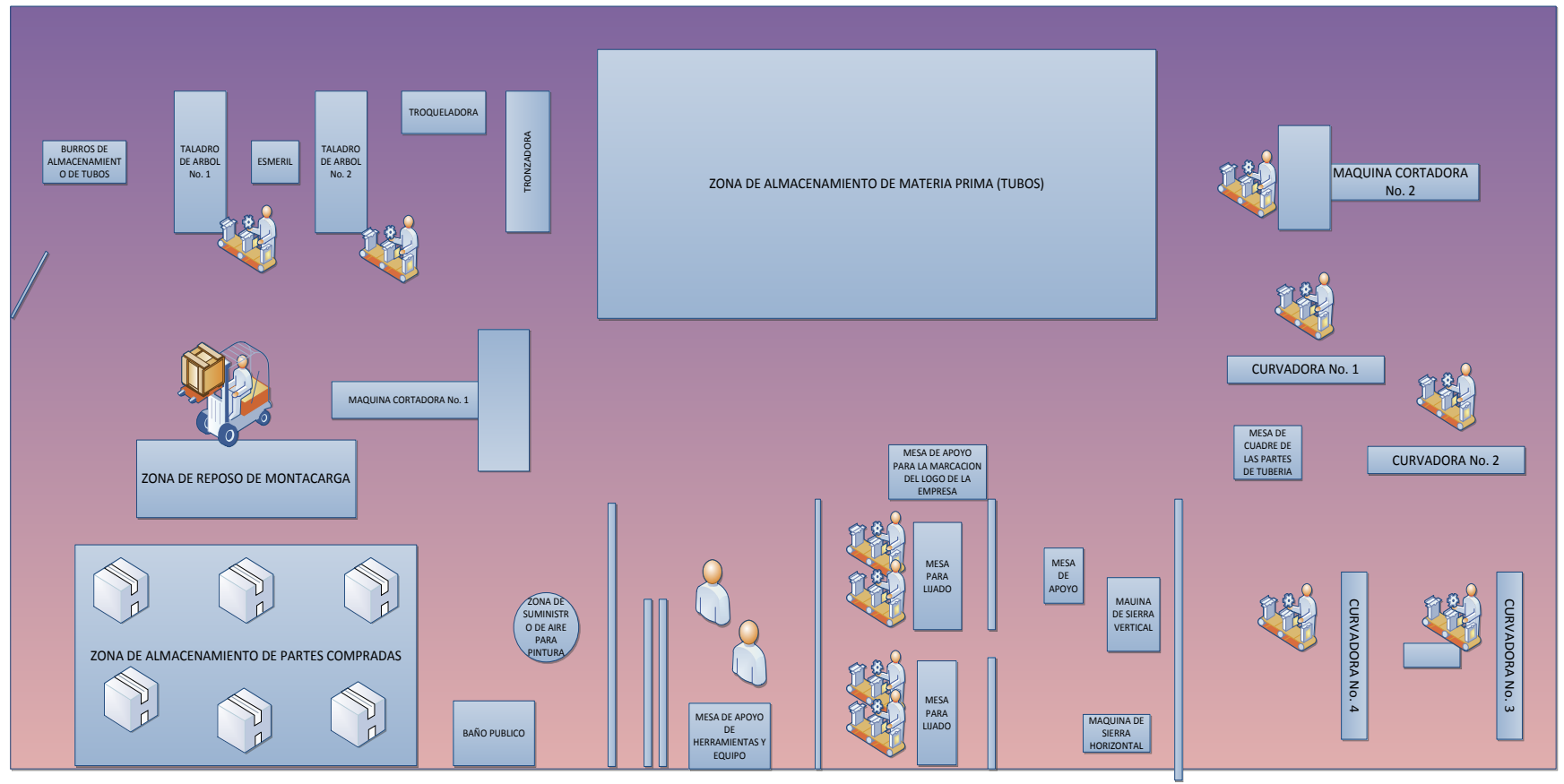
1. Operario se dirige a buscar las patas
2. Operario selecciona el par de patas que se encuentran en la parte izquierda de la mesa.
3. Operario preposiciona las patas en el armazón sobre la mesa.
4. Operario suelta las patas.
5. Operario busca las espaldas
6. Operario selecciona la espalda que se encuentra en el lado izquierdo de la mesa.
7. Operario inspecciona las perforaciones de la espalda.
8. Operario mueve la espalda hacia el armazón
9. Operario preposiciona la espalda en el armazón encima de las patas
10. Operario sostiene el armazón
11. Operario busca la pistola de soldadura mic que se encuentra en cualquier lugar.
12. Operario toma la pistola y la mueve hacia la mesa
13. Operario toma la espalda, la sostiene y usa la pistola de soldadura mic para efectuar el proceso de parada de la silla universitaria.
14. Operario aleja la pistola de la silla y la mueve hacia la mesa reposicionándola y soltándola en cualquier punto de la superficie de la mesa.
15. Operario busca brazo lo toma y lo mueve hacia la mesa.
16. Operario preposiciona el brazo en la espalda buscando y tomando la pistola de soldadura MIG.
17. Operario posiciona el brazo y lo sostiene para efectuar el proceso de parada de la silla.
18. Operario posiciona y suelta la pistola en cualquier punto del sitio de trabajo.
19. Operario alcanza la silla, lo toma y lo lleva en la mitad del área de soldadura formando columnas de sillas universitarias.

13.2. PROCESO PROPUESTO DE LA PARADA DE SOLDADURA

1. Operario se dirige a *alcanzar* las patas
2. Operario *toma* el par de patas que se encuentran en la parte derecha de la mesa.
3. Operario preposiciona las patas en el armazón sobre la mesa.
4. Operario suelta las patas.
5. Operario *alcanza* las espaldas
6. Operario *toma* la espalda
7. Operario mueve la espalda hacia el armazón
8. Operario preposiciona la espalda en el armazón encima de las patas
9. Operario *sostiene* y suelta la espalda en el armazón
10. Operario *alcanza* la pistola de soldadura mic que se encuentra en el sitio de portapistola.
11. Operario toma la pistola y la mueve hacia la mesa
12. Operario toma la espalda, la sostiene y usa la pistola de soldadura mic para efectuar el proceso de parada de la silla universitaria.
13. Operario aleja la pistola de la silla y la mueve hacia la mesa preposicionandola y soltándola en sitio de portapistola
14. Operario *alcanza* el brazo que se encuentra en la parte derecha de la mesa lo toma y lo mueve hacia la mesa.
15. Operario preposiciona el brazo en la espalda buscando y tomando la pistola de soldadura MIC.
16. Operario posiciona el brazo y lo sostiene para efectuar el proceso de parada de la silla.
17. Operario posiciona y suelta la pistola en el portapistola.
18. Operario alcanza la silla, lo toma y lo lleva en la mitad del área de soldadura formando columnas de sillas universitarias.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA PLANTA No. 1 PROVIDER & CIA LTDA.





13.3. MUESTREO DE TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

Con el fin de establecer el tiempo de ciclo de cada proceso del flujo principal, surgió la necesidad de establecer el tamaño de muestra ante la demanda requerida por el cliente.

Para ello, se tomó como referencia una distribución normal $N(0,1)$.

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

Donde.

N = tamaño de la población

σ = Desviación estándar de la población, que generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del encuestador

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

$$n = \frac{(5000 * 0.5^2 1.96^2)}{((5000 - 1)0.05^2 + 0.5^2 1.96^2)} = 357,015 \frac{und}{mes} = 16.22 und/dia$$

Una vez haya sido calculado el tamaño de la muestra donde se obtiene como resultado 357,015 sillas universitarias al mes, se procede a dividir el tamaño de la

muestra por 22 días hábiles al mes de manera que queden pequeñas muestras diarias de la misma cantidad, puesto que la cantidad del tamaño de la muestra supera la tasa diaria de producción de sillas universitarias y del mismo modo el estudio queda más distribuido, por ello se debe seleccionar la muestra diaria tomando el tiempo total que pasa la muestra por la estación de trabajo y se divide por el número de unidades dando el tiempo de ciclo.

Con base en lo anterior, se realizó la toma de tiempos ciclo por proceso de 17 unidades diarias durante los 22 días hábiles de la empresa en el mes dando como resultado la siguiente tabla, dando como resultado la media, error típico, desviación estándar y la varianza de la muestra, ya que con los registros que se han obtenido se puede establecer los tiempos por proceso.

	TIEMPOS DE CICLO POR PROCESO (MAIN FLOW) (SEG)							
DIA HABIL	CORTE DE TUBOS	CURVA	PERFORADO	LAVADO	SOLDADURA	PINTURA	HORNEADO	ARMADO Y EMBALAJE
1	16,00	23,95	37,85	58,00	202,45	30,00	89,45	141,00
2	16,45	24,06	38,02	58,40	206,42	29,40	90,45	143,00
3	16,42	24,31	37,45	58,64	205,14	29,45	91,47	120,46
4	15,98	23,77	38,22	57,14	190,37	32,01	88,56	141,45
5	16,00	23,79	38,41	57,65	204,56	30,04	89,14	143,47
6	16,02	24,07	38,50	57,12	204,53	28,65	89,98	140,56
7	15,88	23,89	37,85	58,01	204,78	29,45	91,21	140,89
8	15,94	20,59	37,23	57,89	202,89	28,65	85,77	141,54
9	16,06	24,01	37,86	57,69	206,02	33,45	90,82	140,89
10	16,11	23,87	38,09	58,08	204,75	31,89	90,65	140,23
11	15,97	24,58	38,45	58,42	204,69	31,45	90,10	142,78
12	15,88	24,99	38,11	57,98	204,35	31,65	89,56	138,42
13	15,94	25,11	37,75	58,47	204,56	31,75	91,06	143,45
14	16,09	24,13	38,15	57,95	201,22	30,09	90,45	141,78
15	16,13	23,46	37,69	58,07	207,41	29,42	90,87	140,98
16	16,08	24,87	38,22	57,86	209,45	29,14	91,01	139,45
17	15,05	24,55	38,15	58,63	204,12	23,50	89,45	139,65
18	15,94	25,11	37,75	58,47	204,56	31,75	91,06	143,45
19	16,09	24,13	38,15	57,95	201,22	30,09	90,45	141,78
20	16,13	23,46	37,69	58,07	207,41	29,42	90,87	140,98
21	16,08	24,87	38,22	57,86	209,45	29,14	91,01	139,45
22	15,05	24,55	38,15	58,63	204,12	23,50	89,45	139,65
Media	16,000	24,000	38,000	58,000	203,983	30,000	90,000	140,000
Error típico	0,071	0,241	0,084	0,107	0,964	0,526	0,330	1,267
Desviación estándar	0,292	0,993	0,345	0,443	3,973	2,170	1,359	5,226
Varianza muestral	0,085	0,986	0,119	0,196	15,782	4,711	1,846	27,310

DIA HABIL	TIEMPOS DE CICLO POR PROCESO (LAMINA) (SEG)							
	PUNSONADO Y CORTE DE LAMINA	DECANTONADO DE LAMINA	PLEGADO DE LAMINA	CORTE DE TRIPLEX	LIJADO ASIENTOS	SELLADOR 1 ASIENTOS	LIJADO ASIENTOS	LACA ASIENTOS
1	26,00	18,88	38,45	48,53	22,53	7	41,89	33,45
2	25,89	18,89	38,59	19,45	21,57	6	45,00	33,14
3	25,78	19,54	37,89	47,56	20,89	6	43,14	33,22
4	26,45	18,68	37,15	48,23	23,89	8	46,78	33,56
5	26,34	19,04	38,45	45,57	22,78	6	43,00	33,45
6	25,69	19,15	36,58	49,43	22,58	6	40,53	33,87
7	26,31	18,47	38,45	46,45	24,65	7	43,50	33,61
8	26,31	18,99	38,12	48,00	21,28	7	43,14	33,41
9	26,37	18,98	37,56	47,90	21,68	7	43,58	33,54
10	26,11	19,12	38,69	48,97	20,68	7	44,00	33,72
11	25,89	18,79	37,12	48,79	23,57	8	41,78	33,29
12	25,97	19,22	37,58	59,41	21,89	8	43,02	33,82
13	25,97	19,35	37,81	47,00	20,56	5	43,89	33,45
14	26,01	18,76	37,93	48,56	23,57	6	43,12	31,56
15	26,74	18,46	38,19	49,55	23,58	7	43,45	31,45
16	25,74	19,54	38,75	50,44	23,64	8	43,69	33,78
17	26,13	18,56	37,95	47,98	21,89	8	43,10	30,56
18	25,46	19,12	38,46	62,67	23,54	7	43,12	34,94
19	26,75	18,79	38,22	46,45	21,41	6	44,10	31,45
20	25,99	19,23	37,60	47,85	22,45	8	41,56	33,45
21	26,00	18,98	38,45	48,42	20,45	7	44,23	31,84
22	24,10	19,46	38,01	48,79	25,92	9	36,38	31,44
Media	26	19	38	47,9999545	22,5	7	42,9998636	33
Error típico	0,11325755	0,067631546	0,119578987	1,6021149	0,305098096	0,208062595	0,41315508	0,23280057
Desviación estándar	0,531224999	0,317220068	0,560875166	7,514585	1,43103692	0,975900073	1,93786909	1,09193145
Var mues	0,2822	0,100628571	0,314580952	56,4689877	2,047866667	0,952380952	3,7553366	1,19231429

TIEMPOS DE CICLO POR PROCESO (BRAZOS Y ESPALDAS) (SEG)									
DIA HABIL	LIJADO BRAZOS	SELLADOR 1 BRAZOS	LIJADO BRAZOS	LACA BRAZOS	PEGADO DE FORMICA	LIJADO ESPALDAS	SELLADOR 1 ESPALDAS	LIJADO ESPALDAS	LACA ESPALDAS
1	27,56	7,00	57,89	33,45	25,01	40	4,00	15,05	33,45
2	27,89	6,00	57,01	33,14	25,46	42	3,00	13,45	33,14
3	27,23	8,00	56,89	33,22	25,46	46	4,00	12,89	33,22
4	27,26	7,00	57,01	33,56	25,37	38	3,00	12,87	33,56
5	25,45	8,00	57,46	33,45	26,41	39	4,00	11,56	33,45
6	26,45	7,00	57,37	33,87	24,29	37	4,00	16,89	33,87
7	26,42	7,00	57,46	33,61	25,48	45	4,00	17,45	33,61
8	27,01	6,00	57,18	33,41	25,37	41	5,00	12,45	33,41
9	26,89	6,00	57,19	33,54	25,16	39	5,00	15,40	33,54
10	26,45	7,00	57,28	33,72	25,14	46	4,00	16,22	33,72
11	26,43	7,00	57,67	33,29	23,90	34	3,00	17,42	33,29
12	26,82	7,00	59,41	33,82	25,49	42	4,00	15,82	33,82
13	32,92	8,00	54,56	33,45	25,76	48	4,00	11,89	33,45
14	26,29	6,00	54,89	31,56	22,43	34	5,00	15,54	31,56
15	26,48	7,00	56,00	31,45	25,41	36	4,00	16,89	31,45
16	25,89	8,00	57,41	33,78	24,25	40	3,00	14,85	33,78
17	26,41	7,00	58,56	30,56	24,98	39	4,00	17,29	30,56
18	26,87	8,00	57,35	34,94	24,60	38	4,00	16,45	34,94
19	26,43	5,00	57,00	31,45	25,68	41	5,00	16,99	31,45
20	26,55	7,00	58,64	33,45	25,98	39	4,00	14,85	33,45
21	27,41	7,00	57,56	31,84	25,13	39	4,00	15,38	31,84
22	26,89	8,00	52,21	31,44	23,74	37	4,00	12,40	31,44
Media	27	7	56,999	33	25,0227	40	4	15	33
Error típico	0,3053856	0,1740756	0,32180099	33,45	0,18612264	0,79227	0,131	0,414	0,232
Desv Std	1,432	0,816	1,509	1,091	0,872	3,716	0,617	1,942	1,091
Var (n)	2,05072381	0,666	2,278	1,192	0,762	13,809	0,380	3,774	1,192

