



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE INGENIERÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y REINGENIERÍA DE LOS PROCESOS
PRODUCTIVOS DE LA FABRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO.**

AUTOR:

JARAMILLO RODRÍGUEZ, LUIS ENRIQUE

DIRECTOR: ING. BORYS CULQUI

CODIRECTOR: ING. FAUSTO LUDEÑA

SANGOLQUÍ, ENERO 2015.

CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “EVALUACIÓN TÉCNICA Y REINGENIERÍA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA FABRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO” perteneciente al gobierno autónomo descentralizado de la provincia de pichincha fue realizado en su totalidad por Luis Enrique Jaramillo Rodríguez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica.

Ing. Borys Culqui

DIRECTOR

Ing. Fausto Ludeña

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, LUIS ENRIQUE JARAMILLO RODRÍGUEZ

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Evaluación técnica y reingeniería de los procesos productivos de la fábrica metalmecánica de Tabacundo” GAD provincia de Pichincha ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las referencias citadas en la paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

ELABORADO POR:

Luis Enrique Jaramillo Rodríguez

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Ing. Francisco Terneus

Director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo: Luis Enrique Jaramillo Rodríguez

Autorizo a la Universidad de la Fuerzas Armadas- ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado “EVALUACIÓN TÉCNICA Y REINGENIERÍA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA FABRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO PERTENECIENTE AL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA.” Cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad.

Luis Enrique Jaramillo Rodríguez

Sangolquí, enero 2015.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a mis padres Javier Jaramillo y Alicia Rodríguez por su incansable apoyo, ya que sin su ayuda no habría podido culminar con esta nueva etapa de la vida, esperando contar con su compañía y apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme todos los días de mi vida, y lograr culminar con este capítulo más de mi vida.

Un Dios le pague a mis padres a mi Abuelita Avico, por esa gran preocupación y cuidado.

A los docentes de la Escuela Politécnica del Ejército, por los conocimientos impartidos y en especial por su apoyo y compañerismo, ya que sin sus aportes no habría logrado culminar con este trabajo.

A mis amigos y a todas las personas que colaboraron en la realización de esta tesis.

Dios le pague....

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	1
1.2 Visión y Misión de la FMT	2
1.3 Justificación e Importancia	2
1.4 Alcance	3
1.5 OBJETIVO GENERAL	4
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO 2	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Marco conceptual	6
2.2 Metodología para el análisis, evaluación y reingeniería de procesos.	7
2.3 Tipos de Metodologías	13
2.3.1 Modelo convencional o en masa	13
2.3.2 Modelo basado en las limitaciones o cuellos de botella	14
2.3.3 Modelo Lean manufacturing o producción ajustada	15

2.4 Alineación de la metodología de producción ajustada “lean manufacturing”, con la evaluación y reingeniería de procesos.....	16
2.4.1 Principio de reducción de costos.....	16
2.4.2 Valor agregado.	17
2.5 Desperdicios.....	18
2.5.1 Sobreproducción.....	19
2.5.2 Espera.....	19
2.5.3 Transporte innecesario.	21
2.5.4 Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.....	22
2.5.5 Inventarios.....	22
2.5.6 Movimientos innecesarios.	24
2.5.7 Productos defectuosos o retrabajos.....	25
2.6 Herramientas Lean.	28
2.6.1 Supermercados.	28
2.6.2 FIFO (Primeras entradas, primeras salidas).....	28
2.6.3 Pacemaker process (ritmo de proceso).	29
2.6.4 5 S en la producción.....	29
2.6.5 Control visual.....	30
2.6.6 Heijunka.....	30
2.6.7 Cumplimiento de requerimientos en base a la norma INEN-2537.....	30
CAPÍTULO 3.....	33
ANÁLISIS INICIAL DE LA FÁBRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO (FMT).	33
3.1 La empresa dentro del estado ecuatoriano.....	33
3.2 Localización de la Planta.	33
3.3 Estructura Organizacional.	34
3.4 Modelo de gestión.	35
3.5 Gestión de la producción.	36
3.6 Gestión de Ingeniería.	37
3.7 Gestión de calidad.	37
3.8 Equipos y maquinaria.....	37
CAPÍTULO 4.....	41

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO.	41
4.1 Diagnóstico de la producción.	41
4.1.1 Agrupación de productos por familias.	42
4.1.2 Rentabilidad Económica.	47
4.2 Diagnóstico de la distribución física de la planta.	49
4.2.1 Secciones que conforman la FMT.	49
4.2.2 Análisis por cada sección.	53
4.3 Diagnóstico de la asignación de personal.	58
4.4 Diagnóstico de procesos.	62
4.4.1 Ruta del proceso de fabricación de la “familia 1”.	62
4.4.2 Operaciones.	65
4.4.3 Materiales que se utilizan en el proceso.	67
4.4.4 Insumos utilizados para el proceso.	68
4.5 Diagnóstico de la distribución actual de la FMT.	69
4.5.1 Formulación:	69
4.5.2 Ejemplo de cálculo.	74
CAPÍTULO 5	94
APLICACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS.	94
5.1 Definir y generar el mapa de proceso.	94
5.2 Crear flujo continuo.	100
5.2.1 Determinación del tamaño del lote de producción y lote de transferencia.	100
5.2.2 Equilibrio de cargas.	101
5.2.3 Crear un Flujo continuo, a partir de equilibrio de cargas.	112
5.2.4 Desarrollo de los espacios necesarios dentro de la FMT.	121
5.3 Parámetro de eficiencia del sistema.	128
5.3.1 Calculo del Lead Time.	128
5.3.2 Mejoras en la productividad.	132
5.3.3 Productividad media por hora trabajada.	133
5.4 Definir un sistema que “Jalé” (PULL).	134

5.4.1 Determinación del número de tarjetas kanban necesarias.....	135
5.5 Realizar una evaluación del grado de aplicación de Lean.....	144
CAPÍTULO 6.....	146
ANÁLISIS FINANCIERO.....	146
6.1 Presupuesto.....	146
6.1.1 Presupuestos de inversión.....	146
6.2 Estados Financieros.....	147
6.2.1 Balance general o estado de la Situación inicial.....	147
6.2.2 Estado de Resultados (Pérdidas y Ganancias).....	148
6.2.3 Flujo de fondos.....	150
6.3 Tasa de descuento.....	153
6.4 Valor Actual Neto.....	153
6.5 Tasa Interna de rendimiento.....	154
6.6 <i>Período de recuperación de la inversión</i>	156
6.6.1 Del proyecto.....	156
6.6 Relación Beneficio Costo.....	156
CAPÍTULO 7.....	158
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	158
7.1 Conclusiones.....	158
7.2 Recomendaciones.....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Desarrollo de Etapas para la evaluación, análisis y reingeniería de procesos. (Auliso, 2005).....	8
Cuadro 2: Los tres niveles de los desperdicios.....	26
Cuadro 3: Detalle “familia 1”.....	44
Cuadro 4: Detalle “familia 2”.....	45
Cuadro 5: Detalle “familia 3”.....	46
Cuadro 6: Detalle de personal por proceso.....	59
Cuadro 7: Detalle de operaciones a evaluar.....	92
Cuadro 8: Copia cuadro 7, detalle de las operaciones a evaluar.....	103
Cuadro 9: Resumen de soluciones a implementar en base a herramientas LEAN.....	108
Cuadro 10: Lista de Operaciones proceso de fabricación pupitre unipersonal P1-2005.	116
Cuadro 11: Detalle de las áreas de producto en proceso establecido en VSM _F	117
Cuadro 12: Determinación del número de kanban necesarios.....	138
Cuadro 13: Diseño Kanban de producción.....	141
Cuadro 14: Diseño kanban de movimiento.....	142
Cuadro 15: Evaluación Lean.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas para la evaluación, análisis y reingeniería de procesos.	7
Figura 2: Pasos para la manufactura esbelta.....	17
Figura 3: Los siete desperdicios.	18
Figura 4: Sobreproducción.....	19
Figura 5: Espera.....	20
Figura 6: Transporte innecesario.	22
Figura 7: Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.....	22
Figura 8: Inventarios.	23
Figura 9: Movimientos innecesarios.	24
Figura 10: Productos defectuosos o retrabajos.	25
Figura 11: Mapa de localización de la planta.	34
Figura 12: Estructura Organizacional 2013.	34
Figura 13: Flujo de proceso de la producción.	36
Figura 14: Distribución actual FMT.	40
Figura 15: Volúmenes de producción.....	48
Figura 16: Ventas 2012.	49
Figura 17: Porcentaje de utilización del espacio ocupado por cada sección de la FMT.	51
Figura 18: Distribución física de la FMT.....	52
Figura 19: Porcentual de la distribución de la sección estructuras.....	54
Figura 20: Porcentual de la distribución Sección Mobiliario.	55
Figura 21: Porcentual de la distribución de área pintura de mobiliario.	56
Figura 22: Porcentual de distribución de la sección carpintería.	57
Figura 23: Detalle de la distribución de personal.....	59
Figura 24: Ruta de fabricación de los productos de la “familia 1”.	64
Figura 25: Pupitre unipersonal P1-2005.	65
Figura 26: Partes que conforman el lateral, pupitre unipersonal P1-2005.....	66
Figura 27: Árbol estructural del producto (OP1) pupitre unipersonal P1-2005.....	75
Figura 28: Árbol estructural del pupitre unipersonal P1-2005.....	84
Figura 29: Diagrama de Pareto % Tiempo Desperdicios TD.	92
Figura 30: Íconos de mapeo de procesos.....	96
Figura 31: Mapa de valor actual VSM, diseño básico.....	98
Figura 32: Mapa de valor actual de la “FMT”.	99
Figura 33: Flujo de Proceso, basada en el Mapa de Valor Actual VSM_A	114
Figura 34: Implantación Lean basada en el mapa de valor futuro VSM_F , Fábrica Metalmecánica de Tabacundo.	115
Figura 35: Mapa de Valor Futuro VSM_F , Implantación LEAN FMT.	119
Figura 36: Superficies de Guerchet.....	122
Figura 37: Caso ejemplo superficie necesaria para cada equipo.....	125

Figura 38: Tamaño del contenedor.....	138
Figura 39: Modelo del porta- contenedor.....	139
Figura 40: Pallet o Paleta.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones de Equipos y Maquinaria.....	37
Tabla 2: Productos elaborados durante el año 2012.....	41
Tabla 3: Matriz de productos y procesos.....	43
Tabla 4: Constitución “familia 1”.....	44
Tabla 5: Constitución “familia 2”.....	45
Tabla 6: Constitución “familia 3”.....	46
Tabla 7: Ventas y volúmenes de producción 2012.....	47
Tabla 8: Ventas y volúmenes de producción 2012.....	48
Tabla 9: Secciones que conforman la FMT.....	50
Tabla 10: Detalle de la distribución sección estructuras.....	53
Tabla 11: Detalle de distribución de la sección Mobiliario.....	55
Tabla 12: Detalle distribución Área pintura de mobiliario.....	56
Tabla 13: Detalle de distribución de la sección carpintería.....	57
Tabla 14: Detalle de la distribución de personal.....	58
Tabla 15: Partes que conforman el pupitre Unipersonal P1-2005.....	67
Tabla 16: Materiales que ingresan al proceso.....	67
Tabla 17: Insumos que ingresan al proceso.....	68
Tabla 18: Detalle de actividades OP1.....	76
Tabla 19: Determinación de los puestos de trabajo y asignación de tareas.....	79
Tabla 20: Detalle de actividades T_{VA} , T_L , elaboración del pupitre unipersonal P1-2005.	85
Tabla 21: Resumen de los tiempos de actividad (VA- NVA).....	88
Tabla 22: Resumen de desperdicios.....	89
Tabla 23: Componentes del tiempo de procesamiento TP.....	90
Tabla 24: Datos para el establecimiento del “diagrama de Pareto”.....	91
Tabla 25: Promedio de producción diaria obtenida en cada puesto.....	102
Tabla 26: Equilibrio de cargas OP3.....	104
Tabla 27: Equilibrio de cargas OP10.....	104
Tabla 28: Equilibrio de cargas OP14.....	105
Tabla 29: Equilibrio de cargas OP6.....	105
Tabla 30: Equilibrio de Cargas OP1.....	105
Tabla 31: Equilibrio de cargas OP15.....	106
Tabla 32: Equilibrio de cargas OP8.....	106

Tabla 33: Equilibrio de cargas OP7.	106
Tabla 34: Equilibrio de cargas OP13.	107
Tabla 35: Equilibrio de cargas OP16.	107
Tabla 36: Equilibrio de cargas OP2.	107
Tabla 37: Equilibrio de cargas OP9.	108
Tabla 38: Determinación de los puestos de trabajo y asignación de tareas, nuevo diseño.	111
Tabla 39: Tamaño de las áreas de producto en proceso establecidas en el VSM _F	121
Tabla 40: Coeficientes para la superficie de evolución.	123
Tabla 41: Caso ejemplo superficie necesaria para equipo.	125
Tabla 42: Mejoras en distancias de transporte.	126
Tabla 43: Mejoras en tiempos de transporte.	127
Tabla 44: Lead Time sistema de producción actual.	129
Tabla 45: Lead Time sistema de producción a implementar.	131
Tabla 46: Mejores en la producción diaria.	132
Tabla 47: Calculo de productividad diaria por hora trabajada.	134
Tabla 48: Determinación de la capacidad del contenedor.	140
Tabla 49: Determinación de las tarjetas kanban necesarias.	141
Tabla 50: Presupuesto de inversión activos fijos.	146
Tabla 51: Inversión en Capital de Trabajo.	147
Tabla 52: Balance general.	148
Tabla 53: Estado de pérdidas y ganancias.	149
Tabla 54: Flujo de fondos.	151
Tabla 55: Valor Actual Neto.	154
Tabla 56: Tasa interna de retorno TIR.	155
Tabla 57: Periodo de recuperación de la inversión.	156

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla de Operaciones- Tiempos (Pupitre Unipersonal P1-2005).....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2. Superficies necesarias para los puestos de trabajo.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3: Ingresos de la FMT.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4: Sueldos personal FMT.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5: Documentos de Vinculación.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 6: Planos.	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El concepto de diseño de planta se ha utilizado durante décadas con el fin de conseguir un mejoramiento en los procesos y una mayor de capacidad de producción, todo esto acoplado a conceptos como “lean manufacturing”, este último poco publicitado y puesto en práctica en nuestro país, actualmente la Fabrica Metalmecánica de Tabacundo necesita de un rediseño de planta, además de una mejora en sus procesos los cuales carecen de indicadores, detección de fallas y manejo de desperdicios, implementación de nuevas tecnologías necesarios para cumplir los convenios adquiridos por la misma. La jerarquización de los problemas encontrados, se realizará utilizando métodos usados hace varias décadas así como la implementación de software y conceptos desarrollados durante estos últimos años. Luego de jerarquizar los problemas encontrados en la fábrica utilizando conceptos desarrollados dentro de la filosofía Lean, elaborando mapas de procesos y los volúmenes máximos de producción, lo cual nos llevará a identificar cuellos de botella, las distintas clases de pérdidas. Al tener una idea clara del estado de la Fábrica, será sencillo establecer los puntos a cambiar y realizar un bosquejo de la distribución ideal e idónea de la fábrica. Finalmente se obtendrá una distribución que satisfaga las necesidades de los procesos de la fábrica, logrando empalmar el flujo de materiales con el principio de mínima distancia, elaborando planes de mantenimiento productivo total, así como las mejoras dictadas dentro de la filosofía Lean, acoplando mejoras tecnológicas aplicables a la realidad nacional y de la fábrica, ayudando al mejoramiento continuo de la fábrica así como el mejoramiento de las condiciones de trabajo del personal.

PALABRAS CLAVE: LEAN MANUFACTURING (PRODUCCIÓN AJUSTADA), JUST IN TIME (JUSTO A TIEMPO)

KANBAN (SISTEMA DE CONTROL DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS), TP (TIEMPO DE PROCESO),

FMT (FÁBRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO).

SUMMARY

The design concept of plant has been used for decades in order to achieve an improvement in processes and increased production capacity, all this coupled with concepts such as "lean manufacturing", this last little publicized and implemented in our country, currently Metalworking Factory Tabacundo needs a redesign floor, plus improved processes which lack indicators, troubleshooting and waste management, implementation of new technologies needed to meet the agreements made by the same. In developing this thesis will begin by evaluating the initial condition of the factory and the hierarchy of the problems encountered using methods used several decades and software deployment and concepts developed in recent years.. By having a clear idea of the state of the factory, it will be easier to set the points to change and make a sketch of the ideal and suitable factory distribution, given the current restriction of floor space, since the project will be redistributed on the facilities previously designed. Finally a distribution that satisfies the needs of factory processes, managing the flow of materials butt with the principle of minimum distance, making plans for total productive maintenance and improvements dictated within the Lean philosophy, technological improvements will be achieved by coupling applicable to domestic and factory actually helping the continuous improvement of the factory and the improvement of working conditions of staff. It is expected that factory managers take into account these recommendations, which will be presented for further evaluation.

KEYWORDS: LEAN MANUFACTURING (PRODUCTION ADJUSTED)

JUST IN TIME (JUST IN TIME)

KANBAN (SYSTEM CONTROL PRODUCT MANUFACTURING)

TP (TIME PROCESS)

FMT (FACTORY METALWORKING OF TABACUNDO).

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La fábrica metalmecánica de Tabacundo fue creada hace 31 años, por el Directorio del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha, para la fabricación de estructuras metálicas y el abastecimiento de la amplia demanda de mobiliario escolar.

Cada una de las administraciones ha gestionado la implementación de mejoras, las cuales han dependido en gran parte de los recursos disponibles y asignados.

Su producción inició con la fabricación de estructuras metálicas, pupitres unipersonales y bipersonales, estos últimos entregados a manera de donación hasta el año 2011, por el entonces llamado “Consejo provincial de Pichincha”; los diseños fueron tomados de la Dirección Nacional de Servicios Educativos (DINSE) para su respectiva fabricación.

Las necesidades de las instituciones beneficiarias (clientes) y las nuevas políticas de estado han cambiado los métodos de gestión de producción de la planta en relación a convenios de cooperación interinstitucional, donde la fabricación, materiales y consumibles corren por parte de la institución beneficiaria, la FMT se encarga de aportar el talento humano y la infraestructura para la fabricación del producto. En la actualidad, las necesidades del cliente y la limitación de maquinaria existente, inclinaron a la fábrica a desarrollar diseños de pupitres propios, los cuales han tenido gran acogida por parte de los

Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales y Municipales de las distintas provincias, especialmente de Pichincha por su cercanía.

1.2 Visión y Misión de la FMT.

Visión:

Ser la mejor Unidad operativa de la Corporación Provincial. (FMT)

Misión:

Trabajar diseñando y mejorando continuamente la construcción de estructuras metálicas, implementos recreacionales y muebles, dentro de la Provincia de Pichincha. Operar con exigentes estándares de producción, que se ajusten a los requerimientos y necesidades de los usuarios. Mantener un buen ambiente de trabajo. Cumplir fielmente las políticas Corporativas y no afectar el ambiente. (FMT)

1.3 Justificación e Importancia

La fábrica metalmecánica de Tabacundo (FMT) de propiedad del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha, ha donado en las últimas décadas mobiliario escolar principalmente a Instituciones Educativas de la provincia de Pichincha.

A finales del 2010 la FMT, mediante su máxima autoridad empezó a gestionar convenios de cooperación interinstitucional; aumentó sus necesidades de producción.

En relación a la gran demanda de estos últimos años, y por consiguiente su modernización y automatización, al ser un proceso al que la FMT debe acogerse para mejorar su producción, pues constituye un método de reducir gasto innecesarios en la producción, y aumento de los ingresos.

Sobre la maquinaria utilizada y el estudio técnico realizado, se justificará la compra o fabricación y adicionalmente servirá como varios proyectos de tesis, acerca de la distinta maquinaria y equipos necesarios para aumentar la producción de la FMT y aplicarla en otras fábricas, acorde a su contexto.

En el aspecto social, la FMT muchas de las veces se abstiene de adquirir pedidos ya que la capacidad de la misma no permite cumplir con estos en los plazos establecidos, por esta razón muchas Instituciones educativas no pueden contar con el inmobiliario escolar necesario para que tanto los estudiantes y profesores puedan desenvolverse en condiciones básicas.

1.4 Alcance

Este proyecto comprende el análisis de los procesos de producción de la FMT en donde se evalúan cada uno de los siguientes puntos:

- Evaluar la situación inicial de la FMT, mediante una evaluación técnica, además de presentar una línea base para mediar el estado actual de la producción.
- Realizar una reingeniería de procesos en donde se planteé una alternativa de redistribución de los procesos de la empresa.
- Presentar un modelo de ordenación de equipos y procesos de producción, utilizando principios establecidos por la metodología “lean manufacturing”, para alcanzar mejoraras en la productividad con un mínimo de desperdicios.

- Dimensionar dentro de la nueva distribución los espacios de trabajo necesarios para cada proceso.
- Elaborar la documentación básica para facilitar la gestión de ingeniería y gestión de producción, de la fábrica.

1.5 OBJETIVO GENERAL.

Realizar una evaluación técnica y reingeniería de los procesos productivos de la “Fábrica metalmecánica de Tabacundo” Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha (GADP).

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diagnosticar los procesos actuales de la FMT, para determinar las deficiencias y requerimientos a nivel mano de obra, logística y equipamiento, para promover el mejoramiento de las prácticas de ejecución de procesos.
- Aplicar filosofía “lean manufacturing”, para optimizar los equipos y las áreas de trabajo, de manera que resulten más económicos y eficientes, cumpliendo con las normas de mantenimiento, seguridad y salud ocupacional.
- Elaborar un modelo distribución de equipos y áreas de trabajo en planta, mediante la aplicación de herramientas de reingeniería, basadas en metodología “lean manufacturing”.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

“La ordenación de las áreas de trabajo se ha desarrollado desde hace muchos años, las responsabilidades de estas ordenaciones estaban a cargo del personal, o del encargado de proyectar el edificio. Con el desarrollo de la revolución industrial se empezó a tecnificar y formar profesionales con la capacidad de desarrollar e implementar fábricas.” (Hicks, 1999).

Los propietarios de las fábricas se vieron en la necesidad de contratar este tipo de profesionales para planificar la distribución de sus fábricas, pero orientadas hacia un fin netamente económico.

Entiéndase distribución en planta como: “la ordenación física de los elementos industriales.” Esta ordenación incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del personal y materiales, almacenamiento, personal indirecto y todas las demás actividades y servicios en que se encuentren involucrados personal de taller.

El objetivo primordial que persigue la distribución en planta es hallar una ordenación, siendo esta la más económica posible, pero al mismo tiempo la más satisfactoria y segura para los empleados. Lo cual implica la importancia de tomar en cuenta los siguientes objetivos:

- Reducción de riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Crecimiento del estado de ánimo y satisfacción del talento humano.
- Incremento de la producción.
- Disminución en los retrasos de la producción.

- Reducción de desperdicios.
- Reducción de paros y los tiempos utilizados en la producción.
- Disminución de la congestión y tardanza en las entregas de productos terminados.
- Mayor flexibilidad en los cambios de tipos de productos y disminución de los tiempos de set up.

La distribución en planta tiene dos intereses claros que son:

Interés Económico: con el que se persigue aumentar la producción, reducir los costos, satisfacer al cliente mejorando el servicio y mejorar el funcionamiento de la empresa.

Interés Social: con el que se persigue darle seguridad al trabajador y satisfacer al cliente.

2.1 Marco conceptual.

El marco conceptual plantea la evolución del modo en que se ejecutado los procesos de producción y contempla una justificación clara del beneficio de utilizar modelos de producción ajustada "*lean manufacturing*" respecto a los modelos de producción tradicional. A continuación se presentan conceptos de cómo realizar una evaluación técnica y su posterior reingeniería, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los modelos de producción tradicional así como de los modelos de gestión avanzados, a través de esta propuesta, se podrá evidenciar el ¿por qué?, el modelo "lean" ha tenido tanta acogida y éxito como modelo de gestión y producción avanzado. Para concluir con el marco teórico se procederá a la determinación de los parámetros y criterios aplicables en las distintas secciones de la FMT.

2.2 Metodología para el análisis, evaluación y reingeniería de procesos.

El proceso se define como: “Una serie de tareas de valor agregado que se vinculan entre sí para transformar un insumo (materia prima) en un producto”. (Chang, 1996).

El tener los procesos debidamente documentados facilita el trabajo, como se desarrolla a continuación en la figura 1, en la que se presenta un diagrama de flujo y posteriormente cuadro 1, donde se determinan los pasos para realizar una evaluación técnica.

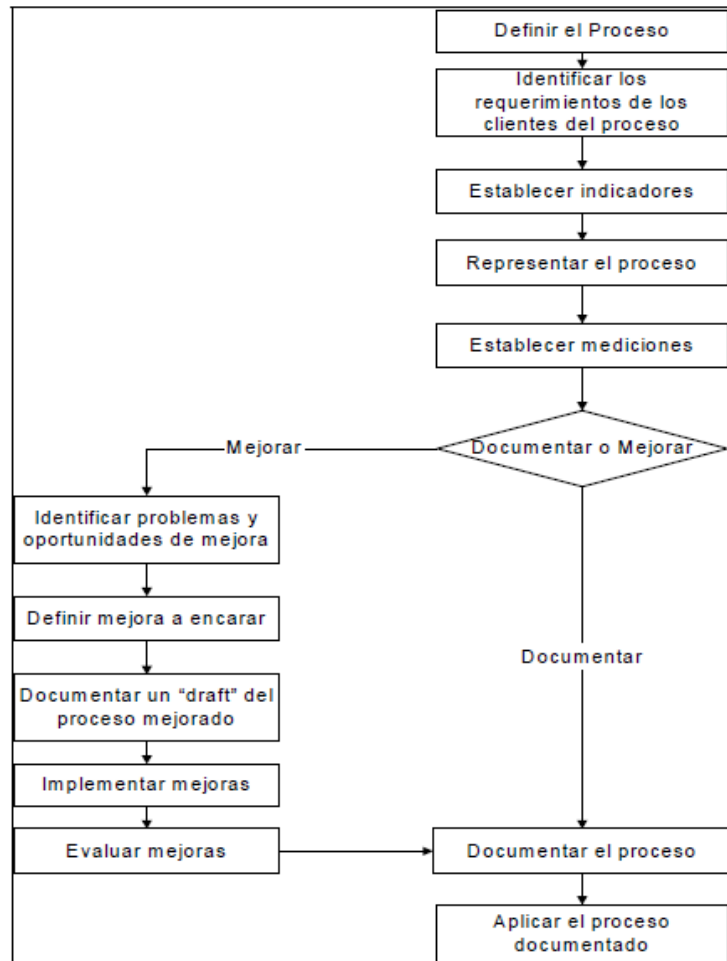


Figura 1: Etapas para la evaluación, análisis y reingeniería de procesos.

(Auliso, 2005).

Cuadro 1: Desarrollo de Etapas para la evaluación, análisis y reingeniería de procesos. (Auliso, 2005).

	ETAPA	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Definir el proceso	<p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Límites de proceso ¿cuándo inicia y cuándo termina? • Objetivo del proceso. • Con que insumos inicia el proceso. • Quienes son los clientes para el final del proceso. • Resultados del proceso: producto, servicio y todo el sistema de información que se requiere. • Determinación de factores (elementos) incluidos y excluidos en el proceso. • Interrelaciones con otros procesos de la empresa. 	Constituye para generar colectivismo y sinergia.
2	Identificar los requerimientos de los clientes en el proceso (necesidades y expectativas del cliente- lo qué valora)	<p>Determinar en forma cualitativa y cuantitativa que necesitan los clientes durante el proceso. Establecer las especificaciones de las salidas durante el proceso. Las dimensiones más puntuales a considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad: funcionalidad- rendimiento- exactitud- aspecto. • Tiempo: puntualidad continuidad. • Precio • Disponibilidad: 	<p>Importancia de distinguir entre necesidades y expectativas: Levantamiento de información desde los clientes. Determinar sus requerimientos.</p>

Continúa




		calidad.	
3	Establecer indicadores	<p>Seleccionar una o más variables representativas y medibles respecto a los requerimientos de los clientes.</p> <p>Por lo menos deben considerarse indicadores para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los resultados del proceso • Evaluar la marcha del proceso (óptica de la organización). • Los insumos del proceso 	Aquello que no se mide no halla mejora.
4	Representar el proceso	<p>Clasificar la secuencia de actividades del proceso. Enumere las tareas y decisiones más importantes. Luego siga con la identificación de las subtareas que componen el proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir el proceso mediante un diagrama actual. • Establecer los responsables en cada etapa. • Establecer mediciones, los controles y registros que se realizan en cada etapa. 	Cada miembro del equipo debe contar con un diagrama de flujo y asimilarlo.
5	Establecer mediciones Para focalizar las soluciones de mejora objetiva.	<p>Observar, registrar y cuantificar los datos correspondientes a los indicadores seleccionados. Usar datos acorde al contexto.</p>	<p>Cuidado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No medir demasiados elementos. • No destinar demasiado

Continua



		Analizar: la causa- efecto antes de llevar a cabo la implementación.	<p>tiempo a la medición.</p> <ul style="list-style-type: none"> No medir cosas equivocadas.
6	Definir si se va a mejorar el proceso.	<p>En general hay tres intervenciones claves para mejorar un proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> Solución de problemas: Al detectar problemas operacionales, se potencian las etapas iniciales para identificar y depurar las causas que afectan los procesos. Mejora continúa del proceso: es una estrategia para incrementar gradualmente la capacidad de los procesos. Innovación del proceso: la innovación debe ser un proceso debidamente analizado y justificado. 	<p>Una vez definido el proceso a mejorar existen cinco aspectos que deben tomarse en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> Impacto en el cliente Posibilidad de cambio. ¿Tiene arreglo? Condiciones de rendimiento ¿Cuán deteriorado se encuentra? Impacto sobre la Empresa. ¿qué importancia tiene para ella? <p>Disponibilidad de recursos ¿cuáles son los recursos disponibles?</p>
SI SE MEJORA EL PROCESO			
A	Identificar problemas y oportunidades de mejora	<p>Se puede recurrir a:</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar y eliminar actividades sin valor agregado. Simplificar el proceso. Reducción de tiempos. Eliminación de costos. Comparar los datos del proceso en curso, con los requerimientos del cliente. (identificar deficiencias). 	<p>Las oportunidades de mejora se encuentran cuando se identifican las discrepancias entre los requerimientos de los clientes y las salidas del proceso actual. Pensar en la etapa de madurez del proceso para seleccionar las estrategias y herramientas más adecuadas para su análisis y mejora.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Centrarse en las actividades de mayor potencial de mejoramiento. 	Continua 
PROCEDIMIENTOS QUE SON PARTE DE LA REINGENIERÍA			
B	Definir implementaciones	<p>Identificar la causa fundamental de áreas con problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar las mejores alternativas para eliminar las causas y efectos. • Realizar un plan de mejoras. • Fijar las metas de mejoramiento. Los valores que se pretende alcanzar en los indicadores que se miden. • Calcular la magnitud de cambio que se necesita y su dificultad, costos y beneficios, el nivel de apoyo que tendrá, y sus riesgos. 	<p>Aplicar el método de análisis y solución de problemas.</p> <p>Meditar en como las distintas alternativas de solución pueden afectar a las personas involucradas en el proceso, el medio ambiente y a la comunidad.</p>
C	Documentar un "bosquejo" del proceso implementado (Propuesta de rediseño o reingeniería).	Realizar una representación y un procedimiento "boceto" para el proceso mejorado.	Es un documento que se validará una vez evaluadas las implementaciones.
D	Se debe evaluar las implementaciones, no darlas por un hecho exitoso.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el impacto de las mejoras en el proceso. • Evaluar si la causa fundamental de las áreas con problemas ha sido reducida o eliminada. • Verificar que las mejoras en los resultados de los 	

		procesos hayan sido mantenidas sistemáticamente.	
E	Evaluar mejoras <i>Nunca dé nada por hecho</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el impacto de las mejoras en el proceso. • Determinar si la causa fundamental de las áreas con problemas ha sido reducida o eliminada. • Verificar que las mejoras en los resultados de los procesos hayan sido mantenidas sistemáticamente. 	Verificar si se han logrado los valores establecidos como meta para la implementación. Solicitar una retroalimentación al cliente del proceso.
DOCUMENTAR LOS PROCESOS			
7	Documentar el proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el diagrama de flujo detallado del proceso. • Escribir el procedimiento de operación. • Establecer claramente los indicadores, medidas y especificaciones para las distintas etapas del proceso. • Desarrollar todos los registros necesarios (formularios, archivos, etc.). • Incorporar el proceso en el “sistema de gestión”. 	
8	Aplicar el proceso documentado	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicar el proceso documentado, procedimiento y pautas de operación. • Capacitar y educar para que los implicados puedan ejecutar el proceso documentado. 	Establecer un seguimiento para evitar el deterioro de la implementación.

		<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un mecanismo de auditorías y control periódico del proceso. 	
REQUERIMIENTOS PARA LOS PROVEEDORES.			
1	Autoevaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Aplica gestiones de calidad. • Gestión Ambiental. • Responsabilidad Social. • Gestión de salud y seguridad. 	Es necesario presentar una auto evaluación en base a las actividades antes planteadas.
2	Visita a la planta.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una contra evaluación en planta. 	Realizar un seguimiento de las autoevaluaciones y si es necesario solicitar la documentación correspondiente.
3	Lista de proveedores.	<ul style="list-style-type: none"> • Adición del proveedor a la lista de proveedores. 	Una vez conforme con lo expuesto por el proveedor, puede pasar a la lista de proveedores.

2.3 Tipos de Metodologías.

La gestión de los modelos de producción o metodologías están dividida en tres tipos mayormente representativos:

1. Modelo convencional en masa.
2. Limitaciones o cuellos de botella.
3. Lean Manufacturing o producción ajustada.

2.3.1 Modelo convencional o en masa.

Fue desarrollada a inicios de siglo XX, sus principales características son:

- Operativa centrada en optimizar el proceso, puesto a puesto, de forma independiente, maximizando la productividad. Cada puesto trabaja a su máximo nivel, provocando que el proceso se encuentre desequilibrado.
- Lotes de producción excesivamente grandes.
- Operativa con lotes de transferencia grandes, por lo que se necesita mano de obra y equipos para mover los mismos.
- Producción con enfoque push (empujar), las operaciones antecesoras empujan el producto en proceso a las operaciones predecesoras, solo atendiendo a la capacidad máxima de la planta.
- Tendencia a la implantación funcional tipo taller, donde se orienta la producción de acuerdo al proceso, provocando un flujo de material desordenado y poco organizado.
- El control de calidad tiende a ser gestionado al final del proceso.
- Se generan trabajadores especialistas, los cuales se encargan de realizar siempre la misma acción durante el proceso.

2.3.2 Modelo basado en las limitaciones o cuellos de botella.

Este modelo nace a partir de los esfuerzos para mejorar el modelo convencional en masa, y se empieza a orientar la gestión hacia el proceso y no a cada una de las operaciones, eliminar el stock en proceso y admitir que una máquina puede detenerse si se está produciendo más de lo necesario.

La gestión basada en las limitaciones o cuellos de botella establece que el tiempo de proceso es el de su cuello de botella. Provocando las siguientes características:

- Todas las operaciones del proceso operan de acuerdo al ritmo del cuello de botella.
- El proceso se hace más productivo aumentando la capacidad del cuello de botella, lo que provoca eliminar cualquier tipo de paro o demora.

- Evitar producir en los cuellos de botella piezas que no se necesitan de forma inmediata.
- Modificar el diseño de las piezas para eliminar o simplificar los cuellos de botella.
- Utilizar si es necesario personal o equipos de bajo rendimiento para apoyar sus recursos a los cuellos de botella.

2.3.3 Modelo Lean manufacturing o producción ajustada.

Este modelo o metodología basado en llevar acabo aquello y solo aquello que es preciso para entregar al cliente lo que desea exactamente, en la cantidad que desea y justo cuando se desea, a un precio competitivo. (Cuatrecasas, 2009).

Por lo que es necesario que el modelo disponga de las siguientes características:

- Tratar de alcanzar la eficiencia en base a la implantación de procesos integrados por actividades que añadan valor al producto y, en general, un consumo de recursos minimizado y bien aprovechado.
- Eliminar cualquier clase de actividad que no agregue valor al producto.
- Eliminar los despilfarros, como elementos que permita minimizar el costo del producto, si la necesidad de producir en grandes lotes para obtener economías a escala. (Cuatrecasas, 2009).
- Producir el producto o servicio solicitado por el cliente, en la cantidad necesaria y en el momento requerido, lo que requiere un sistema productivo realmente flexible, que se ajuste a las necesidades que requiera el pedido del cliente.
- Producción con enfoque pull (jalar), las operaciones predecesoras halan el producto en proceso a las operaciones antecesoras, de acuerdo a las necesidades del cliente.

Como resultado de lo expuesto el modelo de gestión o metodología que se aplicará en el presente proyecto es el modelo Lean Manufacturing, ya que se acopla a las necesidades tanto del cliente como de la fábrica produciendo únicamente lo necesario de acuerdo al enfoque pull, ayudando a la flexibilidad, ajustando el nivel de producción y eliminando desperdicios, orientado a diferencia del modelo convencional o masa a identificar y limitar el estado de la productividad de todo el proceso (cadena de valor).

Y a diferencia de la metodología basada en los cuellos de botella, la metodología “lean”, se enfoque en mejorar la productividad de todas las actividades que conforman el proceso.

2.4 Alineación de la metodología de producción ajustada “lean manufacturing”, con la evaluación y reingeniería de procesos.

La manufactura esbelta “o también conocida como sistema de producción Toyota que quiere decir hacer más con menos, menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos menos maquinaria, menos materiales; siempre y cuando siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea” (Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

2.4.1 Principio de reducción de costos.

Los clientes tienden a presionar a las compañías para reducir los costos y los tiempos de entrega, así como exigir la más alta calidad en los productos que reciben. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea, en cambio en la actualidad los clientes pueden marcar el precio y siempre existirá competencia.

La reducción de gastos “él único camino para obtener una ganancia es eliminando los desperdicios de sus procesos, y por lo tanto, reduciendo los costos ganancia= precio – costo.” (Luyster T., Tapping D., & Shuker T., 2003).

Por eso es necesario establecer el precio que el cliente está dispuesto a pagar, y restando el costo se puede determinar cuál será la ganancia (ganancia=

precio - costo). Los clientes siempre tienden a establecer los precios por eso es importante la eliminación de desperdicios, ya que es la base de maximización de las ganancias.

La manufactura esbelta, como se puede apreciar en la figura 2, tiene un proceso de 5 pasos (Womack y Jones, 1996):

1. Definir que agrega valor para el cliente.
2. Definir y hacer el mapa del proceso.
3. Crear un flujo continuo.
4. Que el consumidor “hale” lo que requiere.
5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.

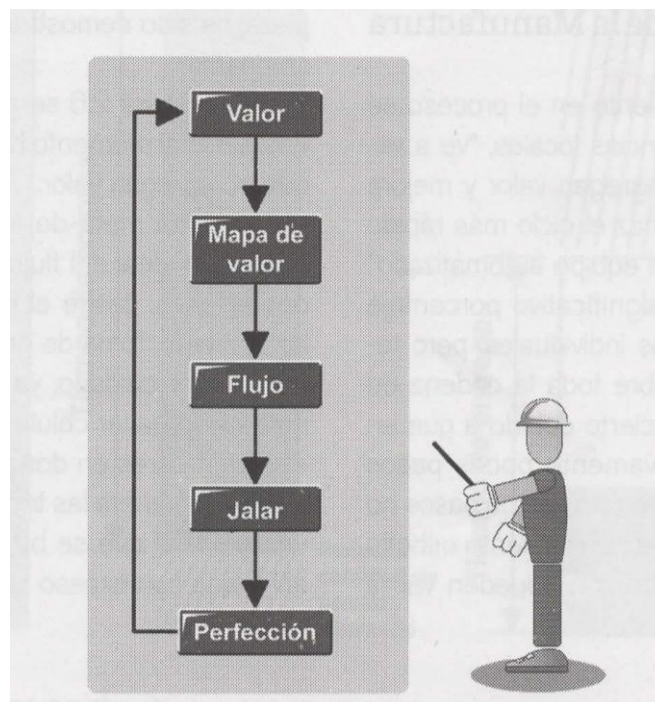


Figura 2: Pasos para la manufactura esbelta.

(Villaseñor, 2007).

2.4.2 Valor agregado.

Cuando se utiliza metodología Lean, se inicia realizando una evaluación técnica de los procesos de manufactura desde el punto de vista del cliente, donde es necesario establecer las deficiencias técnico operativas y el estado actual de la producción.

Para esto es necesario representar el proceso y separar los pasos o actividades que agregan o no valor al proceso de producción.

2.5 Desperdicios

El sistema de producción Lean ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura los cuales se describen a continuación: (figura 3)

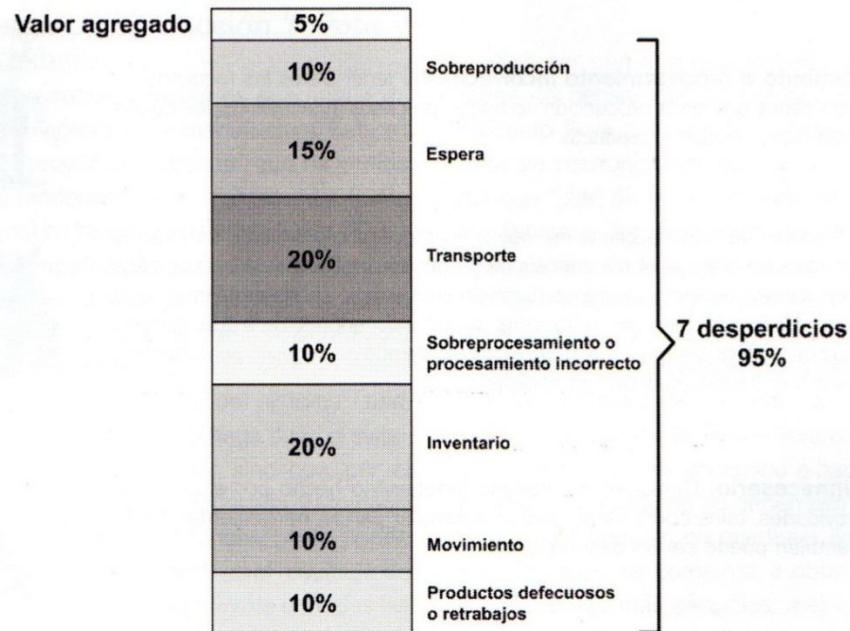


Figura 3: Los siete desperdicios.

(Villaseñor, 2007)

El objetivo primordial de la filosofía esbelta es minimizar el desperdicio (**muda**: palabra japonesa), lo cual es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar, a continuación se describen cada uno de ellos:

2.5.1 Sobreproducción.

Producir artículos para los que no existen órdenes de producción, esto es generar producto antes que el consumidor lo requiera, lo que provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como los costos de mantenerlo. (Figura 4)

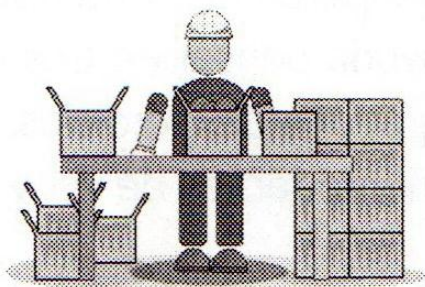


Figura 4: Sobreproducción.

(Villaseñor, 2007).

2.5.2 Espera.

Los trabajadores esperan por herramientas, partes, etc., supervisando las máquinas trabajar. Es aceptable que la máquina espere al operador, pero es inaceptable que el operador lo haga con la máquina o a la materia prima. (Figura 5)

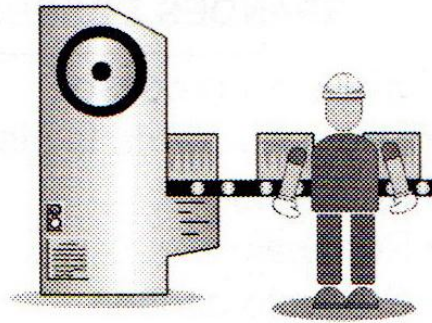


Figura 5: Espera.

(Villaseñor, 2007).

Factores a tomarse en cuenta:

Factor maquinaria:

La información sobre la maquinaria es muy importante y fundamental para una ordenación apropiada de la misma. Este factor incluye los siguientes elementos:

- Máquinas de producción.
- Equipo de proceso o tratamiento.
- Dispositivos especiales.
- Herramientas, moldes, patrones, plantillas y montajes.
- Aparatos de medición, de comprobación y prueba.
- Herramientas manuales y eléctricas.
- Controles o cuadros de control.
- Maquinaria de repuesto o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento.
- Bodega de herramienta u otros servicios.

Factor hombre:

También conocido como fuerza laboral, es la más flexible que cualquier material o maquinaria. La “filosofía *Lean*” elimina la especialización del personal, razón por la cual el personal debe ser lo más polivalente. Por tanto es posible movilizarlo de una estancia a otra, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarlo para nuevas ocupaciones y, generalmente, reacomodarlo en cualquier distribución apropiada.

Elementos y particularidades

Los elementos y particularidades del factor hombre, abarcan:

- Mano de obra directa.
- Mano de obra indirecta.
- Jefes de equipo.
- Jefes de sección y encargados.
- Jefes de servicio.
- Personal indirecto o de actividades auxiliares.

2.5.3 Transporte innecesario.

El movimiento innecesario de algunas partes durante la producción es un desperdicio. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual crea un sobreesfuerzo. (figura 6)

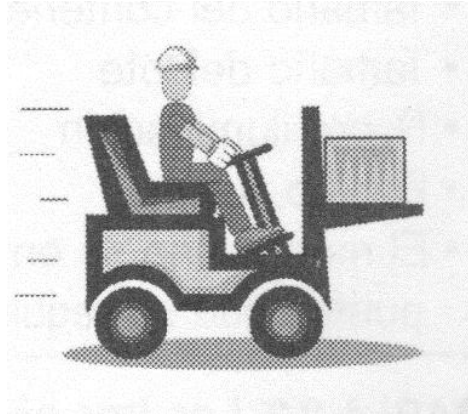


Figura 6: Transporte innecesario.

(Villaseñor, 2007).

2.5.4 Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.

No tener claros los requerimientos de los clientes, causa que en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto. (figura 7)



Figura 7: Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.

(Villaseñor, 2007)

2.5.5 Inventarios.

El exceso de materia prima, inventario en proceso o productos terminados causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos y productos

dañados, costos por transportación, almacenamiento y retrasos. También el inventario oculta problemas como la producción desnivelada, entregas retrasadas de los proveedores, defectos, tiempos caídos de los equipos y largos tiempos de instalación. Al mismo tiempo se necesita personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando sea necesario. (figura 8)

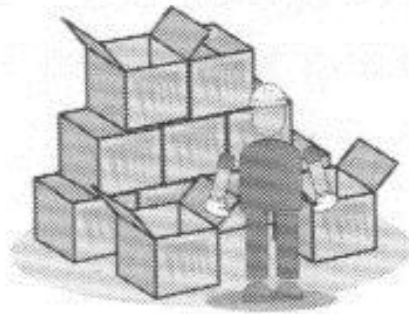


Figura 8: Inventarios.

(Villaseñor, 2007)

Factores a tomarse en cuenta:

Factor material:

Es el factor más importante en una distribución de planta el cual incluye los siguientes elementos:

- Materias primas.
- Material entrante.
- Material en proceso.
- Productos terminados.
- Material saliente o embalado.
- Materiales y accesorios empleados en el proceso.
- Piezas reparadas, a recuperar o repetir.

- Material de recuperación.
- Chatarras, viruta, desperdicios, desechos.
- Materiales de embalaje.
- Materiales para mantenimiento, taller de herramientas u otros servicios.

2.5.6 Movimientos innecesarios.

Cualquier movimiento innecesario hecho por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas, etc. Caminar también puede ser un desperdicio. (figura 9)



Figura 9: Movimientos innecesarios.

(Villaseñor, 2007)

Factores a tomarse en cuenta:

Factor movimiento:

El movimiento al menos, de uno, de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinaria) es esencial. Generalmente se trata de material (materia prima, material en proceso o productos acabados). Una correcta distribución del movimiento de material es una ayuda efectiva para

conseguir disminuir los costos de producción, así como mejorar las condiciones de trabajo del personal. El movimiento de material permite que los trabajadores optimicen tiempos, y que las operaciones se puedan dividir o fraccionar.

2.5.7 Productos defectuosos o retrabajos.

Producción de partes defectuosas. Reparaciones o retrabajo, reemplazos en la producción es inspección significan manejo, tiempo y esfuerzo desperdiciado. (figura 10)

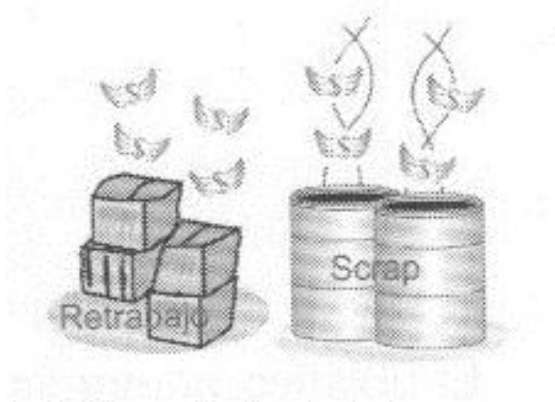


Figura 10: Productos defectuosos o retrabajos.

(Villaseñor, 2007)

Dentro de estas categorías, existen muchos otros tipos de desperdicios más específicos. Para definir desperdicios y entender como clasificarlos es de gran ayuda pensar en tres niveles como se aprecia en el cuadro 2:

Cuadro 2: Los tres niveles de los desperdicios.

NIVEL UNO GRANDES DESPERDICIOS	NIVEL DOS DESPERDICIOS DE PROCESO Y MÉTODOS	NIVEL TRES DESPERDICIOS MENORES EN LOS PROCESOS.
Trabajo en proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Pobre layout de la planta. • Rechazos • Retrabajo • Producto dañado • Tamaño del contenedor • Tamaño del lote • Pobre iluminación. • Equipo sucio • El material no se distribuye en los puntos en los que se requiere. 	Cambios entre productos con tiempos de producción muy largos. <ul style="list-style-type: none"> • Insatisfactorio diseño del lugar de trabajo. • Falta de mantenimiento. • Almacenamiento temporal. • Problemas con los equipos • Métodos inseguros. 	Surtir y alcanzar <ul style="list-style-type: none"> • Doble manejo • Caminar en exceso • Producir para almacenar • Documentación. • Velocidad de producción y alimentación de los materiales.

(Tapping, 2002)

Todos estos desperdicios serán tomados en cuenta al momento de presentar la alternativa de redistribución del proceso.

Otros factores a tomarse en cuenta:

Factor Edificio:

El edificio es el caparazón que cubre a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares, siendo también una parte influyente de la distribución de los procesos en planta. El edificio influirá en la distribución sobre

todo si ya existe, razón por la cual las características del edificio llegan a delimitar la libertad de la distribución.

Hoy en día se insiste en realizar construcciones relativamente cuadradas, no obstruidas ni divididas por paredes construidas a base de secciones rectangulares y que pueden expandirse en sus extremos laterales. Las operaciones peligrosas, que produzcan contaminación, ruidosas o productoras de vibración deberán separarse en un edificio. Las áreas que no toman contacto directo con el flujo de la producción, como; administración, pueden ser construidas en otro edificio. Se usará un edificio relativamente cuadrado cuando haya cambios seguidos en el tipo de producto, mejoras frecuentes de métodos de proceso, reordenaciones de la distribución y restricciones económicas en la calidad de los materiales empleados.

Las ventanas tienen gran importancia en el diseño del edificio ya que está sujeto a cambios de temperatura exterior. Existen ciertas condiciones que ayudan a decidir si conviene o no el uso de ventanas, como por ejemplo hay que revisar si el material, el personal o el proceso se ven afectados por el cambio de temperatura, humedad, luz o ruidos extremos.

Las características de la cubierta y techo que afectaran a la distribución son: excedente en altura para máquinas de producción, equipos de proceso y manejo, respiradores, distribución eléctrica, sistemas de ventilación y calefacción, pues deben poseer una buena conducción de calor para que no exista pérdidas en tiempos fríos y para los efectos sobre el personal en tiempos de excesivo calor.

Factor cambio:

El cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se torna cada día mayor. Los cambios envuelven modificaciones en los elementos básicos de la producción como hombres, materiales y máquina, en las actividades auxiliares y en condiciones externas. Uno de los cambios más serios

es la demanda de producto puesto que se requiere un reajuste de un modo indudable de la producción.

2.6 Herramientas Lean.

2.6.1 Supermercados.

Es un sistema implantado por Toyota en 1953, tomado de la idea de los supermercados americanos, que muestran los artículos acomodados en estantes en una localización específica, para que cada cliente vaya y tome lo que necesita.

La localización de los supermercados en el proceso es predeterminada para mantener al inventario del proceso estandarizado y localizado cerca del cliente; cada artículo tiene una posición determinada, el cual es tomado en la cantidad que se necesita. Si el artículo es retirado, entonces debe existir una señal que autorice a fabricar otro artículo para reponer el que se retiró. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

El supermercado tiene 4 componentes:

1. **Cliente:** retira lo que necesita cuando lo necesita.
2. **Proveedor:** proceso que surte o produce lo que el cliente retiró.
3. **Kanban de producción:** tarjeta o indicador visual que indica las características y cantidades de las piezas que tiene que producir el proveedor.
4. **Kanban de retiro o movimiento:** tarjeta que se utiliza para retirar productos del supermercado y moverlos hacia el proceso que el cliente requiera.

2.6.2 FIFO (Primeras entradas, primeras salidas).

FIFO es una condición necesaria para la implementación del sistema PULL (jalar). El sistema FIFO es mantenido por una línea pintada o barrera física que mantiene una cantidad fija de inventario. El proveedor llena ese espacio físico, mientras el cliente llena otro espacio dentro de su proceso: si se llenan los espacios no puede recibirse más material, ni producir más. De esta manera FIFO ayuda a evitar la sobreproducción. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

2.6.3 Pacemakerprocess (ritmo de proceso).

Es “el proceso que marca el paso (pacemaker) está usualmente ubicado cerca del cliente o al final de la célula de manufactura, sin embargo, si el producto fluye en una secuencia FIFO, entonces el pacemaker está en el proceso donde se inicia esta secuencia”. (Cuatrecasas, 2009).

Este es un punto clave ya que en la filosofía “lean manufacturing” es donde se mide la capacidad de producción de este proceso o cuántas piezas se debe producir por periodo o cuánto tiempo se emplea produciendo una pieza.

2.6.4 5 S en la producción.

“Las 5 S se refiere a 5 palabras en japonés que describen una metodología útil en el lugar de trabajo; las 5 palabras inician con la letra S, conducen a tener mayor eficiencia en el trabajo, basándose en el control visual y en la producción Lean”. (Cuatrecasas, 2009).

Los 5 términos en japonés son:

1. **Seiri (clasificación):** separa los artículos necesarios de los innecesarios.
2. **Seiton (organizar):** asignar un lugar para cada objeto.
3. **Seiso (limpieza):** dar mantenimiento a los objetos.
4. **Seiketsu (estandarizar):** sistematizar los procesos y los métodos de trabajo.

5. **Shitsuke (disciplinar):** repetir con regularidad las primeras 4S.

2.6.5 Control visual.

El principal objetivo del control visual es que cualquier persona pueda entender el proceso o las indicaciones sin tener que involucrarse. Es un tipo de información de autoservicio: quien la necesite pueda verla, revisarla y emplearla sin tener que preguntar a nadie.

Cada equipo o sección de la planta debe tener un espacio que contenga sus indicadores (medibles) y los responsables del área deben mantenerlos actualizados a fin de lograr las metas acordadas con la administración. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

2.6.6 Heijunka

Es una herramienta utilizada para nivelar el tipo y cantidad de producción de un determinado periodo; permite cumplir con las demandas del cliente, evitar lotes y contar con inventario mínimo, costos bajos y tiempos de entrega reducidos.

Esta herramienta es parte de la fábrica visual e indica claramente a todo el personal de la compañía el programa y horas de producción. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

2.6.7 Cumplimiento de requerimientos en base a la norma INEN-2537.

La FMT al igual que las empresas del Ecuador sin importar cuál sea su campo productivo debe cumplir los requisitos mínimos para un sistema integral de gestión, para esto el Instituto Nacional de Normalización Ecuatoriana (INEN), ha establecido una serie de requisitos mínimos a tomarse en cuenta según la norma **INEN-2537:2010 (sistema de gestión integral para la micro, mediana y pequeña empresa.)**, la cual tiene como referencia, norma **ISO 9000:2005** (Sistemas de Gestión de Calidad. Fundamentos y Vocabulario), teniendo el presente tema de tesis relación directa con los ítems de la norma **ISO 9000:2005:**

4.4.3 Control de la calidad o prestación de servicios

- a. Programación de las operaciones.- La organización debe establecer periódicamente una programación de las actividades de producción o prestación del servicio. Para esto, debe considerar los requerimientos de sus clientes, los plazos de entrega comprometidos, así como los materiales, personal e insumos necesarios para cumplirlos.
- b. Bienes entregados por el cliente.- Cuando sea aplicable, la organización debe revisar y cuidar los bienes provistos por los clientes. Si cualquier bien se pierde, deteriora o se considera inadecuado para su uso se debe informar al cliente y mantener registros
- c. Condiciones y medición del proceso.- Durante la producción y /o prestación del servicio la organización debe verificar el cumplimiento de los controles previamente establecidos (ver 4.4.1 b), y registrar los resultados.
- d. Identificación y trazabilidad.- Cuando sea aplicable, el producto y/o servicio debe ser identificado a lo largo de los procesos.

Cuando la trazabilidad sea un requisito se debe controlar la identificación única del producto y/o servicio y registrar

- e. Control de equipos de medición. Cuando sea aplicable, se deben identificar y verificar en intervalos especificados los equipos de medición necesarios para controlar las características del producto y/o servicio. Se

deben mantener dichos equipos en condiciones apropiadas y registros de verificación.

4.4.4 Control de calidad

Los productos y/o servicios deben ser verificados durante su producción y/o prestación antes de la entrega al Cliente, para asegurarse que cumplen los requisitos previamente establecidos. (4.3.3).

Cuando se detecte un producto y/o servicio no conforme, este debe ser identificado, separado del producto conforme y establecer el tratamiento correspondiente. Se deben mantener registros tanto los controles realizados, como de identificación y tratamiento de productos y/o servicios no conforme.

4.4.5 Entrega al cliente

Cuando sea aplicable los productos y/o servicios deben ser almacenados, manejados y entregados al cliente en condiciones que prevengan su deterioro. Si la instalación y el servicio posventa son parte de los compromisos adquiridos con el cliente, estos deben ser realizados de acuerdo a los requisitos establecidos y se debe registrar la entrega formal.

En caso de existir reclamos del cliente, estos deben ser registrados y analizados a fin de identificar las causas que los generaron para tomar acciones que eviten la recurrencia del problema.

Cuando se detecte un producto no conforme después de la entrega o cuando ha comenzado su uso se deben tomar acciones apropiadas de acuerdo al impacto que pueda generar, y mantener registros de dichas acciones.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS INICIAL DE LA FÁBRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO (FMT).

3.1 La empresa dentro del estado ecuatoriano.

La Fábrica es una empresa pública, regida por leyes gubernamentales y dependiente de la Secretaria de Infraestructura Física la cual es un departamento del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha (GADP).

El objetivo principal de la fábrica es satisfacer las necesidades de los distintos centros educativos de origen fiscal, tratando de obtener la más alta calidad y durabilidad de todos sus productos y contribuyendo al desarrollo del país.

La FMT en los últimos años ha tratado de innovarse, razón por la cual en el transcurso del año 2012, ha adquirido maquinaria y equipos para mejorar su producción; ha logrado avances importantes en el mejoramiento de los procesos, pero con el inconveniente de no poder lograr las metas propuestas de producción.

3.2 Localización de la Planta.

La Fábrica se encuentra ubicada al norte de la provincia de Pichincha, en el cantón Pedro Moncayo, parroquia Tabacundo, en las calles Luis Freire y Aquiles Polanco, Sector San Blas, como se muestra en la figura 11:



Figura 11: Mapa de localización de la planta.

(Googlemaps, 2013)

3.3 Estructura Organizacional.

La FMT dispone de la siguiente estructura organizacional, los trabajadores se encuentran distribuidos de acuerdo a cada una de las secciones y áreas que conforman la fábrica, según se aprecia en la figura 12:

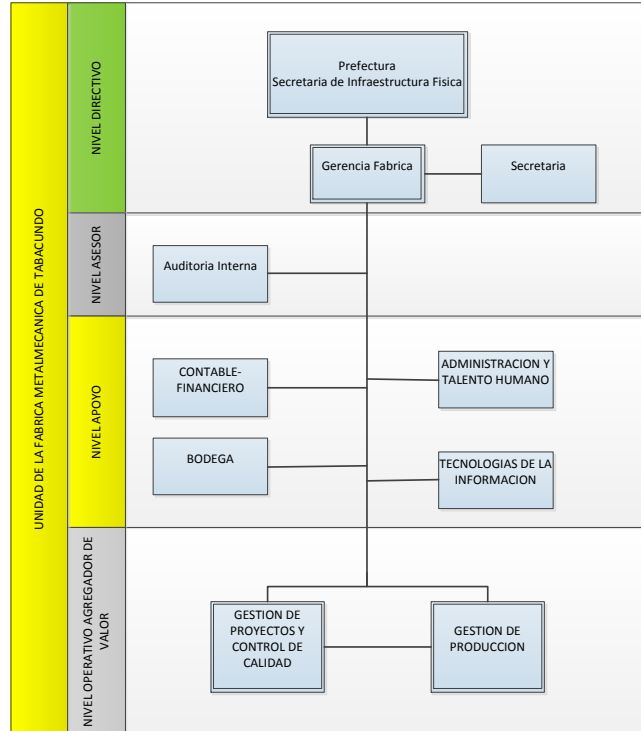


Figura 12: Estructura Organizacional 2013.

(FMT 2013)

3.4 Modelo de gestión.

El modelo de gestión utilizada por la fábrica como se menciona anteriormente es un proceso de producción por encargo (bajo pedido), el cual se basa prácticamente en la firma de convenios de las autoridades de turno, a las cuales se designan recursos para la adquisición de materia prima y materiales fungibles.

El flujo para iniciar el proceso consta de los siguientes procesos, y se establece en la figura 13:

1. Firma del convenio por parte de las autoridades.
2. Asignación de fondos por parte de la institución beneficiaria al GADP.
3. Transferencia de los fondos, así como la descripción detallada de los productos a elaborarse por parte de la secretaria de infraestructura física (Departamento del GADP).
4. Orden de trabajo por parte de la Gerencia de la FMT.
5. Calculo de materiales necesarios, consumibles y fungibles para la elaboración del producto.
6. Verificación de material existente en bodega de materia prima.
7. Orden de compra de material por parte de la jefatura de planta.
8. Ingreso de materia prima a las bodegas de la FMT.
9. Orden de egreso de material por parte de la jefatura de producción.
10. Orden de producción por parte de esta jefatura.
11. Fabricación de productos por parte del personal.
12. Ingreso de producto terminado a bodega por parte de la jefatura de producción.
13. Egreso de producto terminado por medio de bodega.
14. Transporte de producto terminado a la “institución beneficiaria”.
(Únicamente, si el convenio incluye esta actividad).

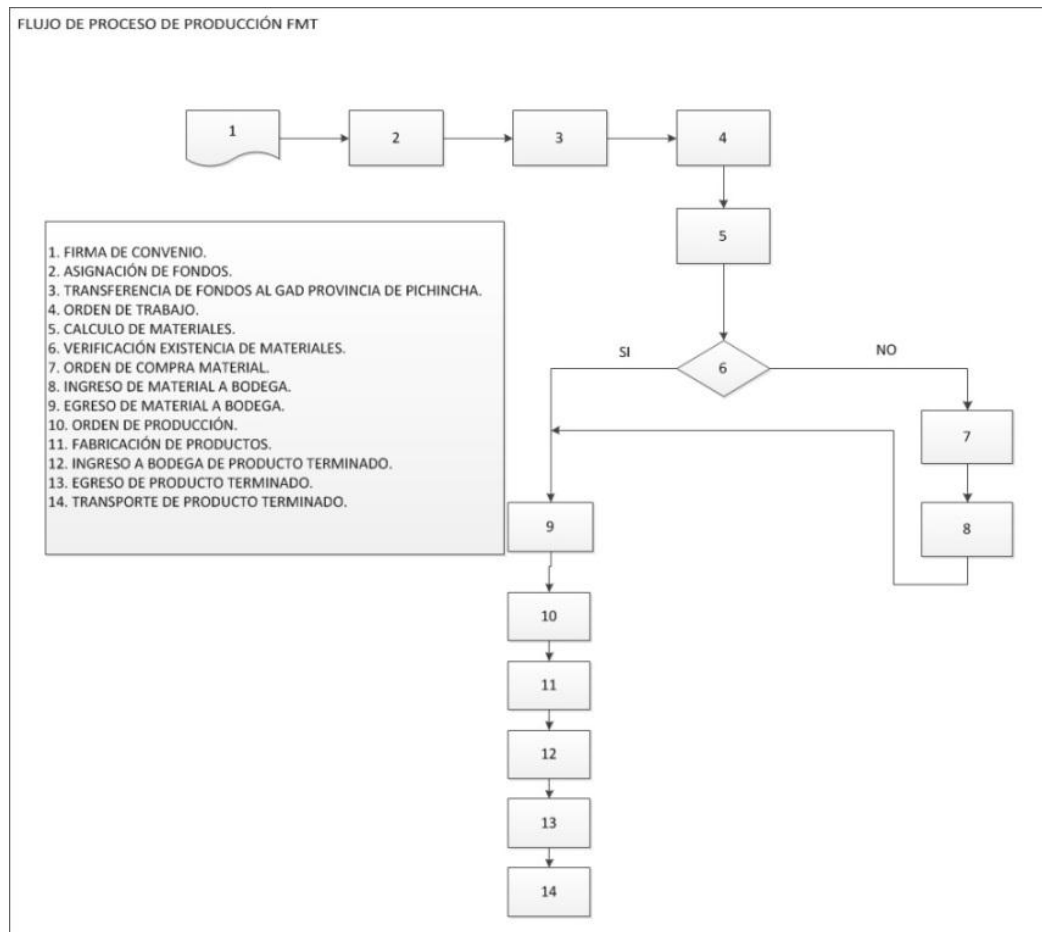


Figura 13: Flujo de proceso de la producción.

3.5 Gestión de la producción.

El sistema de gestión de la producción que se aplican en la FMT se encuentra principalmente orientado a la planificación, siendo el sistema que más se acopla el MRP I (Planificación de requerimiento de material), ya que básicamente la fábrica cuenta con un sistema de producción por encargo, a través del cual la empresa espera que se solicite el pedido de parte del cliente (Institución beneficiaria), para fabricar el producto, y la jefatura de producción se encarga de proporcionar este programa y los abastecimientos necesarios para iniciar su proceso.

3.6 Gestión de Ingeniería.

En la FMT no se realiza ninguna clase de gestión de ingeniería, razón por la cual uno de los objetivos de la presente tesis y que tiene relación directa con el presente ítem es decir: “definir, categorizar y normalizar las actividades correspondientes a cada área de atención para promover el mejoramiento de prácticas de ejecución.”

3.7 Gestión de calidad.

A mediados del 2013, la gerencia de la FMT, realizó la contratación de un ingeniero mecánico, el cual tiene la responsabilidad de implementar el “departamento de desarrollo de proyectos y gestión de la calidad”, todavía no existente en la FMT.

Al tomar como referencia la **Norma INEN- 2537:2010**, se elaboraran documentos, con el fin de ayudar y servir en la supervisión, medición y control de la producción, que conllevará al desarrollo de un sistema de gestión de la calidad.

3.8 Equipos y maquinaria.

A continuación se presenta un listado de equipo y maquinaria de acuerdo a las secciones que conforman la FMT, tal y como se indica en la tabla 1.

Tabla 1: Especificaciones de Equipos y Maquinaria.

EQUIPO / MAQUINARIA	MARCA	DIMENSIONES (M)
---------------------	-------	-----------------

	CÓDIGO		Ø	L	A	H	CANTI DAD
SECCIÓN CARPINTERÍA							
CIERRA CIRCULAR	SC1	ELTON	NA	1,5	1,3	2	2
COMPRESOR	SC2	KIN INDUCTION	NA	1,5	0,8	0,7 5	1
CORTADORA DE PANEL	SC3	PANEL SAW	NA	4	0,5	2,3	1
ENGOMADORA	SC4	CHNT	NA	1	0,8	1,3	1
MESA DE CORTE	SC5	ROCKWELL- INVICTA	NA	1	0,9	1,4 5	1
PEGADORA DE FILOS	SC6	LAGUNA MEB4200- 0060	NA	1	0,75	1,5	1
PRENSA DE MADERA	SC7	JYE	NA	6,2 1	2,6	2,8	1
TALADRO DE PEDESTAL	SC8	FN	NA	1,3	0,8	2,1	2
TUPI DE BANCO	SC9	FN	NA	1,3	0,9	1,4 5	2
LIJADORA ELÉCTRICA	SC10	DEWALT	NA	NA	NA	NA	2
ÁREA DE LACADO DE MADERA							
COMPRESOR	AM1	CAMPBELL HAUSFELD	NA	1,5	0,8	0,7 5	1
LIJADORA ELÉCTRICA	AM2	DEWALT	NA	NA	NA	NA	2
PISTOLA DE PINTURA	AM3	COLO	NA	NA	NA	NA	2
SECCIÓN ESTRUCTURAS							
VALORADORA	SE1	FN	NA	2	1,5	1,4	1
CIERRA VAIVÉN	SE2	POWER HACK SAW	NA	0,8	0,9	1	1
CIZALLA MANUAL	SE3	FERMASA	NA	0,3	0,5	0,4 5	1
CIZALLA GRANDE	SE4	FERMASA	NA	7,2	2,8	2	1
CIZALLA PEQUEÑA	SE5	FERMASA	NA	2,9	2,68	1,5	1
CORTADORA DE TUBOS	SE6	FANGHO	NA	1,5 6	0,67	1,9	1
ESMERIL	SE7	DWALT	NA	0,7 9	0,45	1,5	1
MOLADORA	SE8	DWALT	NA	0,5 5	0,3	0,2	4
PLEGADORA	SE9	CHICAGO	NA	3	0,6	1,5	1
PRENSA HIDRÁULICA	SE10	FERMASA	NA	5,1	1,6	3	1
SUELDA ELÉCTRICA	SE11	LINCOLN	NA	1,1	0,7	0,5	5
SUELDA MIG/MAG	SE12	MILLERMATIC 251	NA	1	0,55	0,4 5	7
TALADRO DE PEDESTAL	SE13	DYNAMOST	NA	0,9	0,6	1,8 5	1
TRONZADORA	SE14	FN	NA	2,4	1,25	0,6	1
TROQUEL	SE15	AITOR	NA	1,7	1,23	3,4	1
SECCIÓN MOBILIARIO							
ATORNILLADOR AUTOMÁTICO	SM1	DEWALT	NA				2

DOBLADORAS HIDRÁULICAS	SM2	RMD	NA	1,0 5	1	1,4 3	2
SUELDA ELÉCTRICA	SM3	CYTRINGAN	NA	1,0 5	1,35	1,3 3	2
SUELDA MIG/MAG	SM4	MILLERMATIC 251	NA	1, 35	1,23	1,4 5	4
TALADRO DE PEDESTAL	SM5	DYNAMOST	NA	0, 89	0,92	2,5 0	1
TALADRO MANUAL	SM6	DEWALT	NA				2
TRONZADORA	SM7	FN	NA	6,3 6	1,45	1,3 8	1
Área de pintura de mobiliario							
HORNO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA	PM1	GALVANO FN	NA	4,5 0	2,75	2,3 0	1
CICLONES RECUPERADORES DE PINTURA	PM2	FN	NA	2,3 6	1,28	4,5 0	2
PINTURA ELECTROSTÁTICA	PM3	COLO 800	NA	1,3 6	1,21	1,2 6	2

Se presenta a continuación en la figura 14, un mapa de la distribución de la FMT, en donde se aprecia claramente como se ha distribuido en cada sección y área de trabajo, el equipo y maquinaria dispuesta para el desarrollo de los procesos.

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PROCESOS DE LA FÁBRICA METALMECÁNICA TABACUNDO

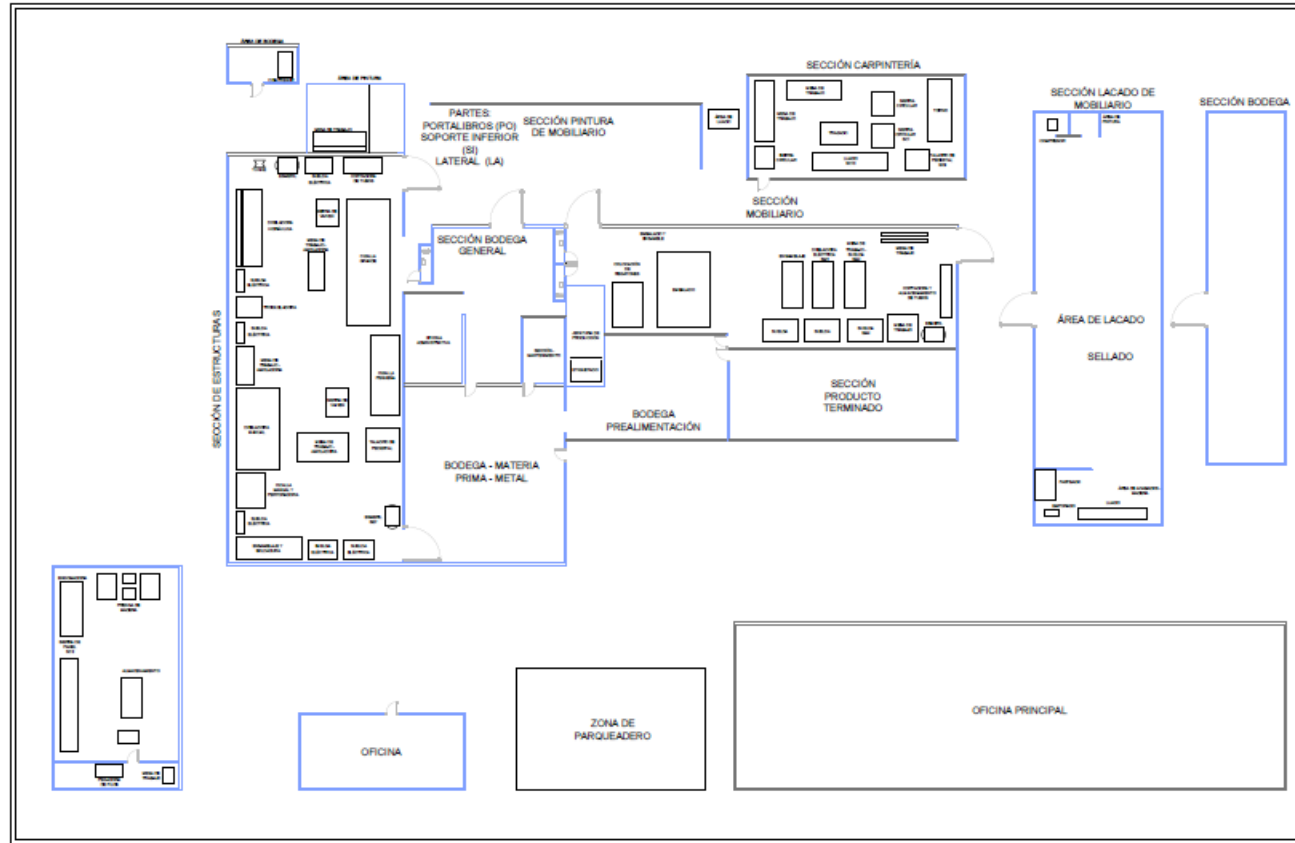


Figura 14: Distribución actual FMT.

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA FÁBRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO.

4.1 Diagnóstico de la producción.

La fábrica metalmecánica de Tabacundo, elabora la siguiente gama de productos: (Tabla 2)

Tabla 2: Productos elaborados durante el año 2012.

	PRODUCTOS	CANTIDAD [u]
1	Pupitre unipersonal P1-2005	4120
2	Pupitre bipersonal P2-1	2635
3	Mesas tipo 3	2599
4	Sillas tipo 3	2599
5	Mesas tipo 1	1884
6	Sillas tipo 1	1884
7	Mesa normativa tipo 5	350
8	Silla normativa tipo 5	350
9	Ventanas metálicas varias medidas.	166
10	Escritorio metal madera	112
11	Sillas para adulto	112
12	Juego infantil mini (columpio, esca. Chi)	34
13	Archivadores de madera	16
14	Escritorios de madera	16
15	Estanterías varias medidas	12
16	Juego de tableros de básquet	12
17	Juego de arcos de indor 300x200 cm	11
18	Estructuras metálicas tipo (baterías san.)	8
19	Juego de parantes de vóley	5

(FMT 2013)

Ante la gran variedad de productos encontrados en la FMT, es necesario agruparlos por familias, donde se muestren solamente aquellos productos para los que se pueden establecer un flujo común y facilitar el análisis de la producción.

4.1.1 Agrupación de productos por familias.

Para el desarrollo de este ítem, se utilizara el “software de diseño de procesos productivos” (Cuatrecasas, 2009).

Se inicia al establecer una matriz donde se incluyen cada uno de los productos y sus respectivos procesos, como se puede apreciar en la tabla 3.

El modelo de operación de este software localiza los productos que tienen más procesos comunes entre sí, para luego formar familias u agrupaciones de productos, para esto es necesario que el usuario introduzca dos tipos de datos:

- Introducir un mínimo de coincidencias elegidas para productos.
(Indica cuantos procesos comunes con otros productos tienen que poseer, como mínimo).
- Mínimo número de procesos coincidentes dentro de la familia.
(Muestra el número de procesos comunes, como mínimo).

La Tabla 4, muestra en la parte superior dos rótulos, seguidos por las casillas anteriormente nombradas, a continuación se encuentra una lista numerada de cada uno de los productos, en la línea inferior se halla, para cada producto, la máxima cantidad de procesos comunes que genera con otros productos. En la tercera línea se presentan con la letra “c” los productos indicados en la línea anterior con un número de coincidencias de otros productos, que cumple mínimo exigido en la casilla izquierda superior.

Tabla 3: Matriz de productos y procesos.

DESCRIPCIONES ↓ PROCESOS ↓	DESCRIPC. PRODUCTOS → → →	P1-2005	P2-1	Mesas tipo 3	Sillas tipo 3	Mesas tipo 1	Sillas tipo 1	Mesa normativa	Silla normativa tij	Ventana metalic	Escritorio metal	Sillas para adult	Juego infantil	Archivares mad	Escritorios made	Estanteria	Juego basquet	Juegos futbol	Estructuras meta	Juego woley	
		N° Producto >>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Corte madera	P1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Trazado	P2	1			1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Reboreado	P3	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Lijado	P4	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Sellado	P5	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Pasteado	P6	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Emporado	P7	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Lacado	P8	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1						
Corte metal	P9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	
Doblado	P10	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1								
Soldado	P11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	
Corte Chapa	P12	1	1								1						1				
Prensado	P13	1	1								1										
Lavado de estructura	P14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	
Pintura Electrostatica	P15	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1									
Pintura Esmalte	P16									1			1			1	1	1	1	1	
Puesta de regatones	P17	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1									
Puesta de tornillos	P18	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1									
Serigrafia	P19	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1					1				
Embalado	P20	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1	1					

(Cuatrecasas, 2009)

Nota: Casillas marcadas con 1: indican los productos y procesos que se realizan.

La columna definida como productos seleccionados, se presentan en color rojo, los productos que conforman la Familia 1.

Tabla 4: Constitución “familia 1”.

Introducir mínimo coincidencias elegido para productos:	10	Introducir mínimo número de procesos coincidentes dentro de la familia:	2																		
<i>(Máximo de coincidencias posible = 18)</i>		<i>(Máximo de coincidencias posible = 18)</i>																			
Productos >>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Máximo numero coincidencias >>	18	18	16	17	17	17	17	17	4	18	17	4	8	9	4	5	4	4	4		
¿Se ajusta a número coincidencias elegido? (C)>>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C										

PRODUCTOS SELECCIONADOS : **1 2 3 4 5 6 7 8 10 11**

PRODUCTOS SELECCIONADOS Y SUS PROCESOS:

Productos >>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Procesos: P1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1								
P2	1			1	1	1	1	1			1	1								
P3	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P4	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P5	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P6	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P7	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P8	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P9	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P10	1	1	1	1	1	1	1	1	1											1
P11	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P12	1	1										1								
P13	1	1										1								
P14	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P15	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P16																				
P17	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P18	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P19	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								
P20	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								

(Cuatrecasas, 2009)

Cuadro 3: Detalle “familia 1”.

Producto	Descripción
1	Pupitre unipersonal P1-2005
2	Pupitre bipersonal P2-1
3	Mesas tipo 3
4	Sillas tipo 3
5	Mesas tipo 1
6	Sillas tipo 1
7	Mesa normativa tipo 5
8	Silla normativa tipo 5
10	Escritorio metal madera
11	Sillas para adulto

Las siglas **FA** corresponden a los productos incluidos en la familia anterior.

A continuación se presenta la constitución de la Familia 2.

Tabla 5: Constitución “familia 2”.

Introducir mínimo coincidencias elegido para productos: 2 <i>(Máximo de coincidencias posible = 3)</i>										Introducir mínimo número de procesos coincidentes dentro de la familia: 2 <i>(Máximo de coincidencias posible = 3)</i>																				
Productos >>										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
coincidencias (FA: Ya incluido en familia anterior)>>										FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	4	FA	FA	4	8	9	4	5	4	4	4	4
¿Se ajusta a número coincidencias elegido? (C) >>																			C			C	C	C	C	C	C	C		

PRODUCTOS SELECCIONADOS: 13 14

PRODUCTOS SELECCIONADOS Y SUS PROCESOS:

Productos >>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Procesos: P1													1	1						
P2													1	1						
P3													1	1						
P4													1	1						
P5													1	1						
P6													1	1						
P7													1	1						
P8													1	1						
P9																				
P10																				
P11																				
P12																				
P13																				
P14																				
P15																				
P16																				
P17																				
P18																				
P19																				
P20																				1

(Cuatrecasas, 2009)

Cuadro 4: Detalle “familia 2”.

Producto	Descripción
13	Archivadores Madera
14	Escritorios de Madera

A continuación se presenta la constitución de la “familia 3”.

Tabla 6: Constitución “familia 3”.

Introducir mínimo coincidencias elegido para productos: 2 <i>(Máximo de coincidencias posible = 5)</i>	Introducir mínimo número de procesos coincidentes dentro de la familia: 2 <i>(Máximo de coincidencias posible = 4)</i>
Productos >> 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	
coincidencias (FA: Ya incluido en familia anterior)>> FA FA FA FA FA FA FA FA 4 FA FA 4 FA FA 4 5 4 4 4	
¿Se ajusta a número coincidencias elegido? (C)>>	C C C C C
PRODUCTOS SELECCIONADOS: 9 12 15 16 17 18 19	

PRODUCTOS SELECCIONADOS Y SUS PROCESOS:

Productos >>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Procesos: P1																				
P2																				
P3																				
P4																				
P5																				
P6																				
P7																				
P8																				
P9									1		1			1	1	1	1	1		
P10											1									
P11									1		1			1	1	1	1	1		
P12																1				
P13																				
P14									1		1			1	1	1	1	1		
P15																				
P16									1		1			1	1	1	1	1		
P17																				
P18																				
P19																	1			
P20																				1

(Cuatrecasas, 2009)

Cuadro 5: Detalle “familia 3”.

Producto	Descripción
9	Ventanas metálicas varias medidas.
12	Juego infantil mini (columpio, esca. chi)
15	Estanterías varias medidas
16	Juego de tableros de básquet
17	Juego de arcos de futbol
18	Estructuras metálicas.
19	Juego de parantes de vóley

Como se puede observar en el detalle de los productos de cada familia, en el cuadro correspondiente a la “familia 1” se especifican productos que pertenecen a mobiliario escolar, la “familia 2” a los productos netamente fabricados en madera y

por último la “familia 3” se refiere a los productos elaborados en la sección estructuras.

4.1.2 Rentabilidad Económica.

Antes del año 2011 la FMT, entregaba los productos fabricados en base a donaciones realizadas por las autoridades de turno, pero a partir de finales del año 2011, la fábrica empezó a trabajar en una nueva modalidad basada en convenios de cooperación entre instituciones gubernamentales; inicio su modalidad “bajo pedido”, donde la institución beneficiara indica el número, modelo y la FMT, suple esta necesidad.

A continuación se presenta la tabla 7, los productos vendidos en el año 2012, en donde se resume la producción y los rubros establecidos por cada uno de los productos.

Tabla 7: Ventas y volúmenes de producción 2012.

PRODUCTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO [\$]	TOTAL [\$]
FAMILIA 1			
1 Pupitre unipersonal P1-2005	4120	38,25	157.590,00
2 Pupitre bipersonal P2-1	2635	43,81	115.439,35
3 Mesas tipo 3	2599	17,58	45.690,42
4 Sillas tipo 3	2599	15,59	40.518,41
5 Mesas tipo 1	1884	27,03	50.924,52
6 Sillas tipo 1	1884	17,95	33.817,80
7 Mesa normativa tipo 5	350	14,94	5.229,00
8 Silla normativa tipo 5	350	15,28	5.348,00
10 Escritorio metal madera	112	205,68	23.036,16
11 Sillas para adulto	112	17,50	1.96000
FAMILIA 2			
13 Archivadores de madera	16	240,00	3.840,00
14 Escritorios de madera	16	160,00	2.560,00
FAMILIA 3			
9 Ventanas metálicas varias medidas.	166	59,00	9794,00
12 Juego infantil mini (columpio, esca. Chi)	42	559,22	23.487,24

Continúa



15	Estanterías varias medidas	12	132,56	1.590,72
16	Juego de tableros de básquet	15	1.446,16	21.692,40
17	Juego de arcos para futbol	13	267,64	3.479,32
18	Estructuras metálicas tipo (baterías san.)	8	1.436,87	11.494 ,96
19	Juego de parantes de vóley	5	53,40	267,00

(Fuente FMT).

En base a una distribución por familias los índices de volúmenes de producción y rentabilidad económica, se pueden apreciar en la tabla 8:

Tabla 8: Ventas y volúmenes de producción 2012.

PRODUCTOS	VOLUMEN [UNIDADES]	TOTAL [\$]	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN. [%]	VENTAS [%]
1 FAMILIA 1	16645	479.553,66	98,27 %	86 %
2 FAMILIA 2	32	6.400,00	0,19 %	1 %
3 FAMILIA 3	261	71.805,64	1,24 %	13 %
TOTAL	16938	557950,30	100 %	100 %

Los volúmenes de producción se encuentran distribuidos como se muestra en la figura 15:

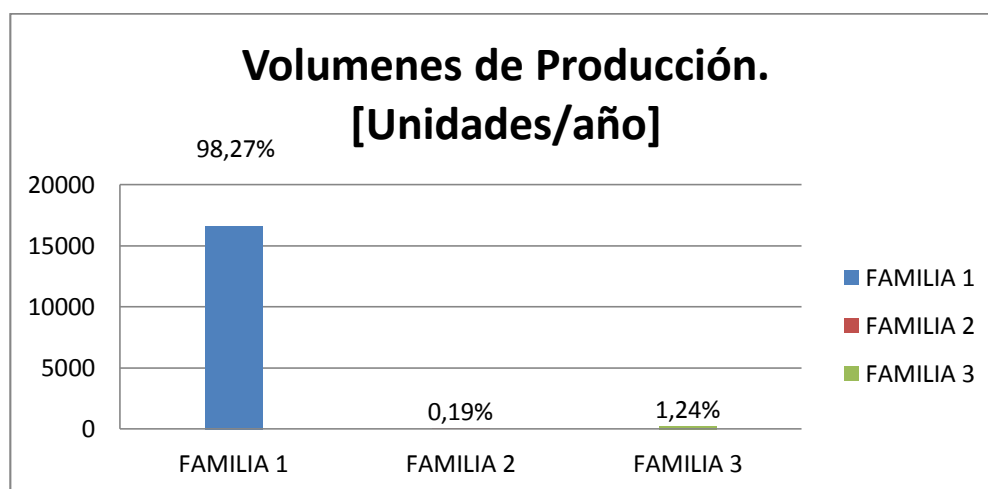


Figura 15: Volúmenes de producción.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el volumen de ventas, ya que estos dos indicadores, servirán de guía para definir el proceso al cuál se enfocara la presente tesis.

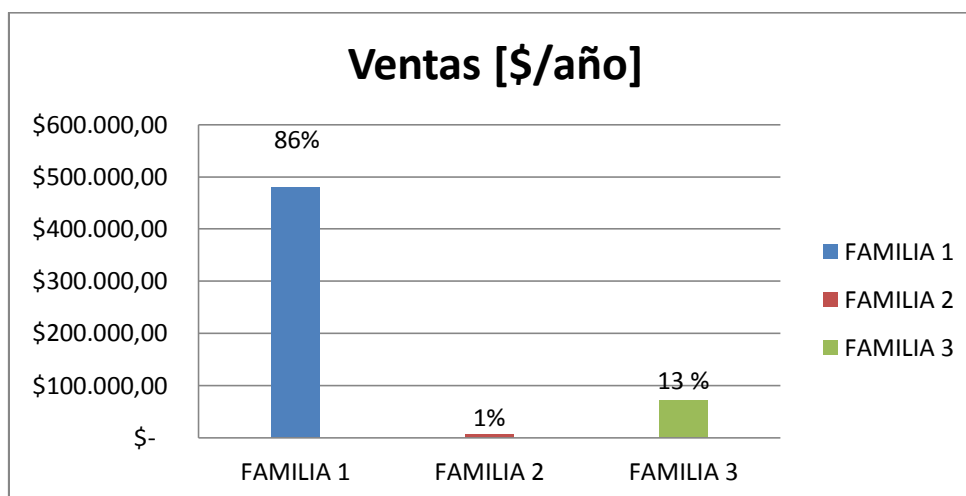


Figura 16: Ventas 2012.

Como se puede observar la figura 15, indica claramente que la “familia 1”, ha obtenido mayores índices en volumen de producción y mayor volumen de ventas (figura 16), razón por la cual el proceso a mejorarse será el de la “familia 1”, donde la mayoría de productos que comprenden esta familia se refieren a mobiliario escolar.

4.2 Diagnóstico de la distribución física de la planta.

4.2.1 Secciones que conforman la FMT.

La FMT se divide en secciones y áreas, las cuales fueron acomodadas de acuerdo a sus necesidades de producción.

Tabla 9: Secciones que conforman la FMT.

SECCIONES Y ÁREAS DE FMT	Área Total [m2]	Área [%]
1 Sección Bodega General	313,82	2,40%
2 Sección Bodegas de Material	290,28	2,22%
3 Sección Carpintería	124,8	0,95%
4 Sección de Estructuras	734,4	5,61%
5 Área Lacado de mobiliario	220,66	1,69%
6 Sección Mobiliario	235,488	1,80%
7 Área Pintura de mobiliario	206,4	1,58%
8 Sección Producto terminado	132	1,01%
9 Serigrafía	117,8	0,90%
11 Muelle de carga de camiones	N/A	N/A
12 Muelle de descarga de camiones	N/A	N/A
13 Oficinas de dirección y administración	350,63	11 %
14 Acceso de Vehículos desde el exterior	N/A	N/A
15 Acceso de personas a/desde exterior	N/A	N/A
Total de área construida.	2726,28	100%

El terreno en el cual está ubicado la FMT, tiene una superficie de 13086.93 m², y el área construida abarca aproximadamente el 20,83% del área total, por lo que cuenta con la probabilidad de expansión.

El espacio construido se encuentra dividido de la siguiente forma:

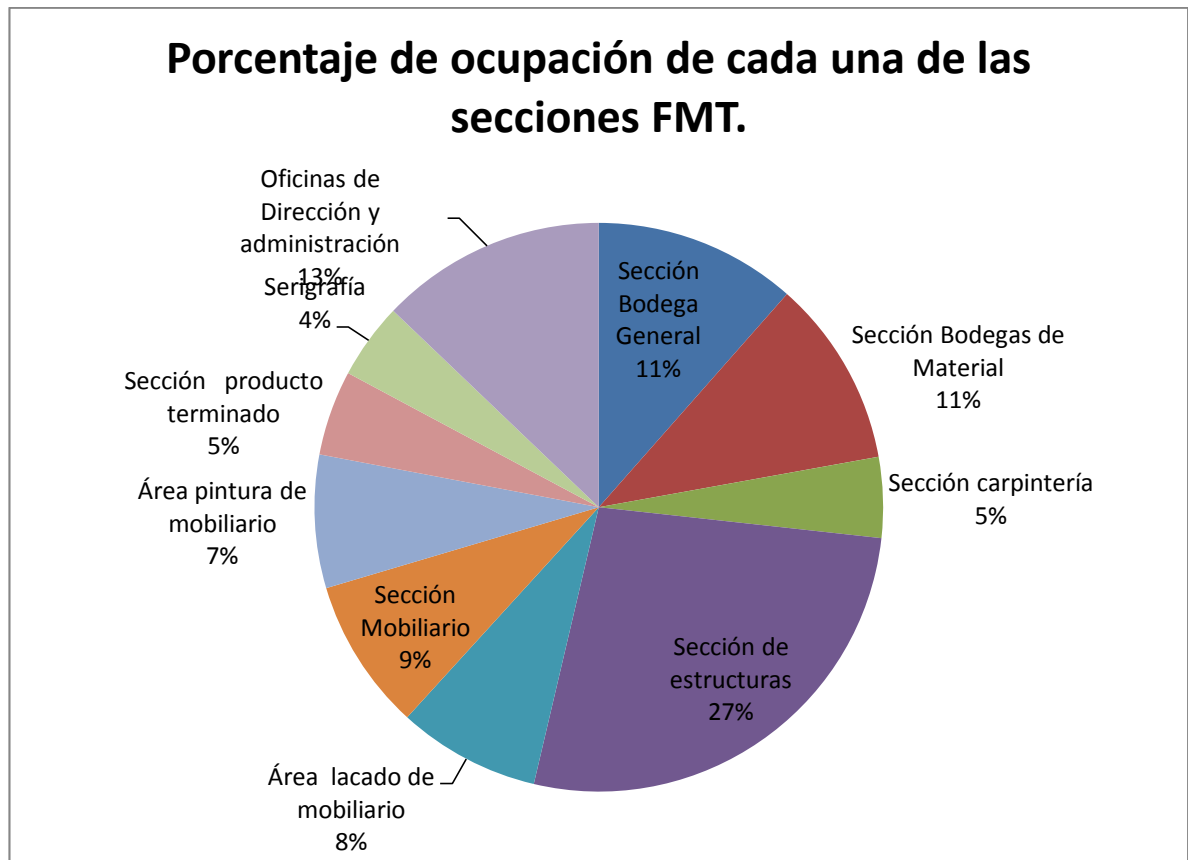


Figura 17: Porcentaje de utilización del espacio ocupado por cada sección de la FMT.

Las secciones han sido divididas como se puede ver en la Figura 17, las cuales fueron establecidas en base a las necesidades de producción que ha determinado la FMT, a lo largo de su funcionamiento, nunca se ha realizado un diagnóstico de la distribución física de la planta, a continuación la figura 18, presenta un plano de distribución de la FMT.

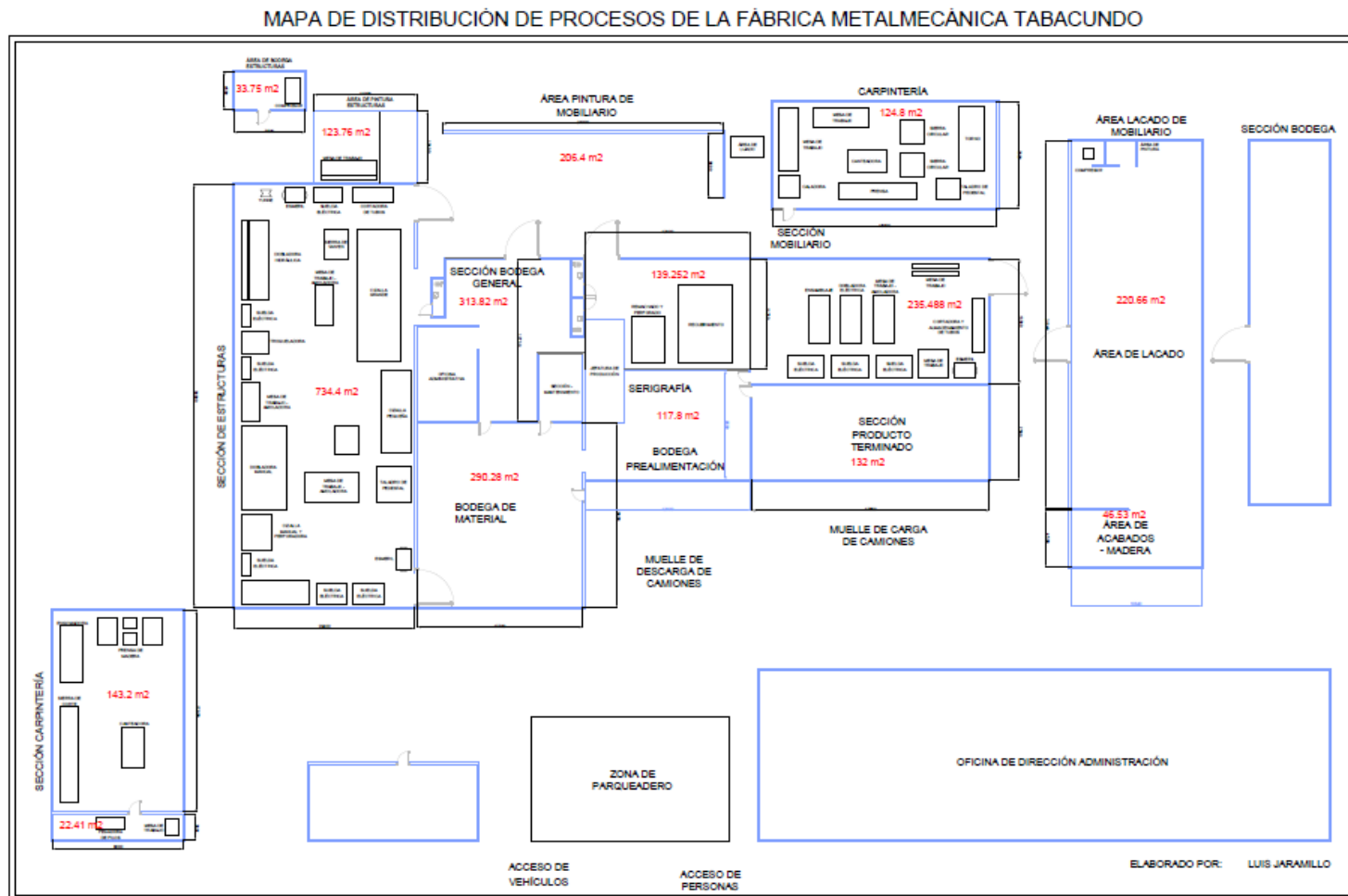


Figura 18: Distribución física de la FMT.

4.2.2 Análisis por cada sección.

La FMT ha evolucionado de acuerdo a sus necesidades, en esta subtarea se evaluará el espacio de expansión disponible dentro de cada sección, para esto se utilizará el área disponible y ocupada por maquinaria y equipo dentro de cada sección.

Sección estructuras:

En esta sección se encuentran dos 2 máquinas, a la que la filosofía “Lean”, llama *monumentos*, y se refiere a máquinas o equipos que por sus dimensiones, peso y características propias requieren de una gran inversión y esfuerzo para poder movilizarlas.

Una vez establecida su magnitud, se evaluará la superficie libre y ocupada dentro de la sección determinada, utilizando herramientas de AutoCAD y Excel.

Tabla 10: Detalle de la distribución sección estructuras.

DETALLE	ÁREA [m2]	PORCENTAJE
Maquinaria y equipos	95,57	11,14%
Mesas de trabajo y otros	70,21	8,18%
Total de espacio ocupado	165,78	19,32%

La figura 19, a continuación presenta el estado porcentual de la distribución de la sección estructuras:

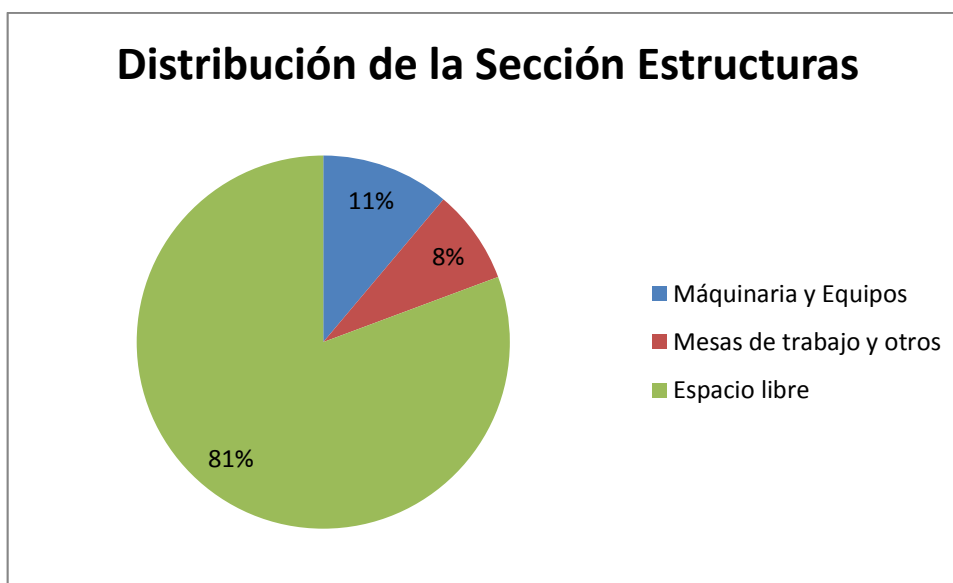


Figura 19: Porcentual de la distribución de la sección estructuras

El tipo de distribución de esta sección obedece a un tipo de proceso funcional o taller, donde se fabrican partes a medida y poco estandarizadas, el volumen de producción es el correspondiente a la “familia 3”, ya que en esta sección es donde se fabrican todos los productos que son parte de esta. Equivale al 1.24% de la producción total, razón por la cual se puede afirmar que el volumen de producción es de pocas unidades y series cortas.

La disposición en planta está orientada al proceso, es decir los materiales se desplazan a lo largo de las actividades fijas, para obtener un producto terminado. Como resultado se obtienen ciclos de producción largo, ya que existen esperas y colas de material a ser procesado, lo cual es admisible dentro de la metodología “Lean”, siempre y cuando el volumen de producción se mantenga bajo.

La superficie libre favorece a la expansión, ya que existe un 81% de espacio libre dentro del espacio total, el cual puede ser aprovechado para la futura instalación de maquinaria y equipos. Hay que recalcar que las dimensiones de

los productos son grandes, razón por la cual el espacio libre nunca podrá ser menor al 50% del espacio total de esta sección.

Sección mobiliario:

De igual manera se evaluará la superficie libre y ocupada dentro de esta, como se aprecia en la tabla 11, hay que recalcar que a diferencia de la sección estructuras esta recibe material en proceso de las otras áreas, lo que provoca que de acuerdo a la disposición actual se necesiten espacios para almacenar material en proceso (estructuras de pupitres, mesas, sillas, etc.).

Tabla 11: Detalle de distribución de la sección Mobiliario.

SECCIÓN MOBILIARIO		
DETALLE	ÁREA [m2]	PORCENTAJE
Maquinaria y Equipos	69,88	25,76%
Mesas de trabajo y otros	10,48	3,86%
Material en proceso	59,08	21,78%
Total espacio Ocupado	139,44	51,41%

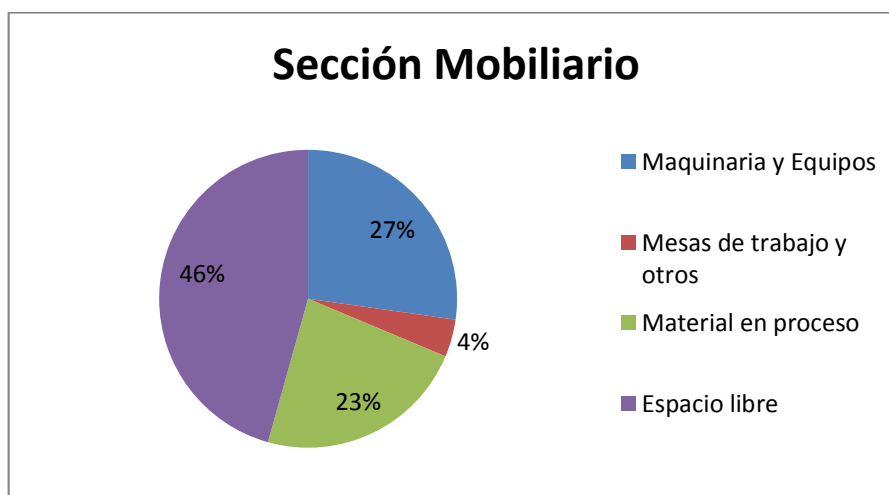


Figura 20: Porcentual de la distribución Sección Mobiliario.

El tipo de distribución de esta sección obedece a un tipo de proceso funcional o taller, aunque el volumen de producción de la Familia 1, que equivale al 98.27% del volumen de producción total, razón por la cual este tipo de distribución no favorece a mejorar los tiempos de producción.

La disposición en planta está orientada al proceso, el espacio libre es de un 46%, lo cual favorece si se desea hacer una futura expansión de esta sección.

Área pintura de mobiliario:

Es una división de la sección de pintura de mobiliario y se encuentra dividida como se muestra en la tabla 12:

Tabla 12: Detalle distribución Área pintura de mobiliario.

ÁREA DE PINTURA DE MOBILIARIO		
DETALLE	ÁREA [m2]	PORCENTAJE
Maquinaria y equipos	48,52	23,51%
Mesas de trabajo y otros	9,7	4,70%
Material en proceso	59,08	28,62%
Total de espacio ocupado	117,3	56,83%

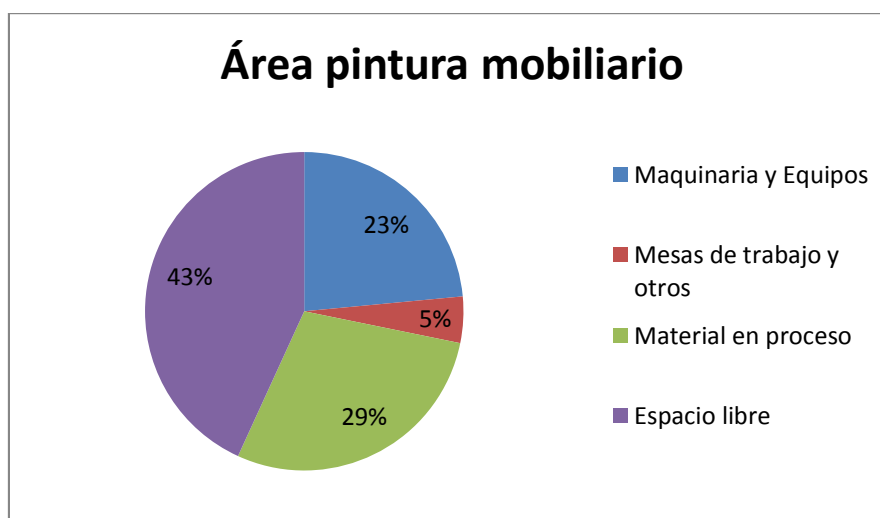


Figura 21: Porcentual de la distribución de área pintura de mobiliario.

Sección Carpintería:

Esta sección es la que más contaminación produce dentro de la fábrica, debido al tipo de material que se procesa en esta sección, al igual que en las otras secciones se analizará la distribución de los espacios, los cuales se encuentran divididos como se muestra en la tabla 13:

Tabla 13: Detalle de distribución de la sección carpintería.

SECCIÓN CARPINTERÍA		
DETALLE	ÁREA [m2]	PORCENTAJE
Maquinaria y equipos	29,35	23,52%
Mesas de trabajo y otros	15,81	12,67%
Material en proceso	54,192	43,42%
Total espacio ocupado	99,35	79,61%

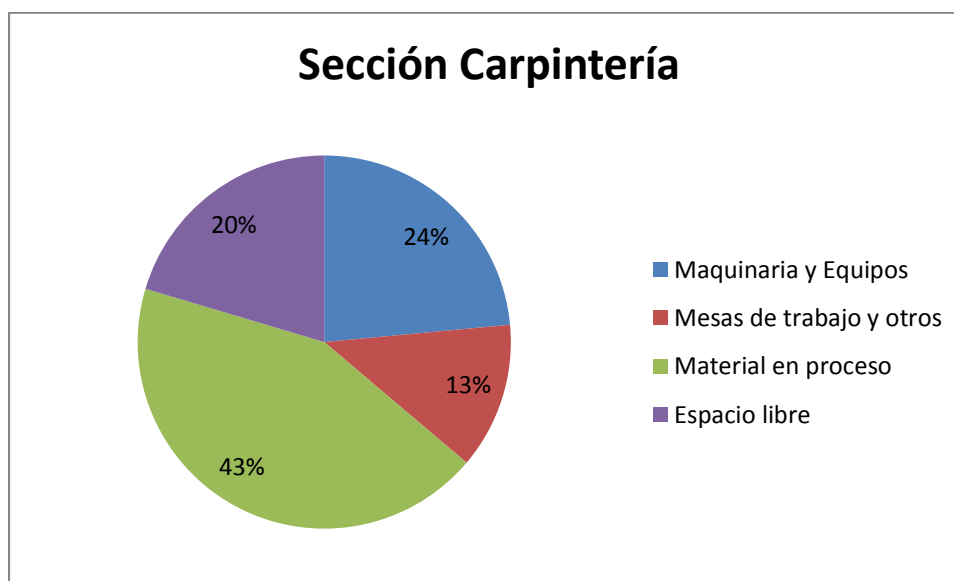


Figura 22: Porcentual de distribución de la sección carpintería.

El tipo de distribución de esta sección obedece a un tipo de proceso funcional o Taller, aunque el volumen de producción de la “familia 2”, que equivale al 0.19% del volumen de producción total, debe tener en cuenta que esta sección

abastece de material en proceso a la sección mobiliario, razón por la cual es necesario establecer del proceso continuo para disminuir el tiempo en proceso en la fabricación de mobiliario escolar.

La disposición en planta que está orientada al proceso, y espacio libre es de un 43%, lo cual favorece si se desea hacer una futura expansión de esta sección.

4.3 Diagnóstico de la asignación de personal.

La distribución de la FMT: personal en cada sección, sumada al personal administrativo (servidores públicos), personal de planificación de producción-proyectos, personal encargado del mantenimiento, etc. Se presenta el contenido en la tabla 14.

Tabla 14: Detalle de la distribución de personal.

DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL EN GENERAL		
DETALLE	PERSONAS	PORCENTAJE
Área de acabados en madera	6	14,63%
Área pintura de mobiliario	4	9,76%
Bodega	2	4,88%
Cocina	2	4,88%
Mantenimiento	1	2,44%
Planificación de producción - proyectos	2	4,88%
Resto de secciones	9	21,95%
Sección carpintería	4	9,76%
Sección estructuras	2	4,88%
Sección mobiliario	4	9,76%
Servidores públicos	5	12,20%
TOTAL	41	100%

A continuación se presenta la distribución del personal en detalle porcentual en la figura 23:

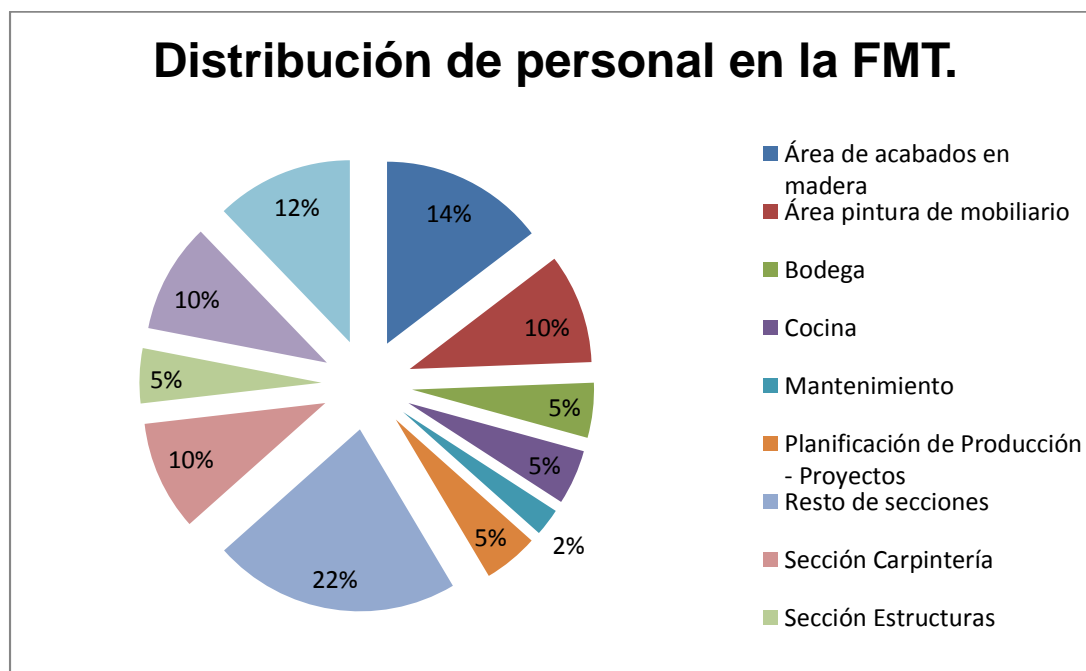


Figura 23: Detalle de la distribución de personal.

A continuación se tomará en cuenta las actividades necesarias para el proceso de fabricación de productos de la “familia 1”, independientemente se tomarán las actividades necesarias para fabricar el pupitre unipersonal P1-2005, con el objetivo de tener claro el número de personas que intervienen en el proceso producción.

Cuadro 6: Detalle de personal por proceso.

PROCESOS Y SUBPROCESOS	PARTE	ACTIVIDAD	# DE PERSONAS	SECCIÓN
TABLEROS PUPITRES	Asiento AS	1. Corte de panel (OP1)	1	CARPINTERÍA
		2. Rebordeado (OP1)		
		3. Lijado manual (OP1)		
		4. Lijado de máquina (OP1)		
		5. Sellado (OP2)		
		6. Pasteado (OP2)		



		7. Emporado (OP2)	1	ÁREA DE ACABADOS EN MADERA		
		8. Lijado manual (OP2)				
		9. Lijado de máquina (OP2)				
		10. Lacado (OP2)				
	Espaldar ES	11. Corte de panel (OP3)	1	CARPINTERÍA		
		12. Trazado (OP3)				
		13. Cortado (OP3)				
		14. Rebordeado (OP3)				
		15. Lijado manual (OP3)				
		16. Lijado de máquina (OP3)				
		17. Sellado (OP4)	1	ÁREA DE ACABADOS EN MADERA		
		18. Pasteado (OP4)				
		19. Emporado (OP4)				
		20. Lijado manual (OP4)				
	Tablero TA	21. Lijado de máquina (OP4)	1	SERIGRAFÍA		
		22. Lacado (OP4)				
		23. Serigrafía (OP5)				
		24. Corte de panel (OP6)			1	CARPINTERÍA
		25. Rebordeado (OP6)				
		26. Lijado Manual (OP6)				
	27. Lijado de Máquina (OP6)					
	Tablero TA	28. Sellado (OP7)	1	ÁREA DE ACABADOS EN MADERA		
		29. Pasteado (OP7)				
30. Emporado (OP7)						
31. Lijado Manual (OP7)						
32. Lijado de Máquina (OP7)						
33. Lacado (OP7)						
ESTRUCTURA METÁLICA	PORTALIBROS PO	34. Corte de planchas (OP8)	1	ESTRUCTURAS		
		35. Corte de láminas (OP8)				
		36. Doblado Portalibros (OP8)				
	SOPORTE INFERIOR SI	37. Corte de Tubos (OP9)	1	ESTRUCTURAS		
		38. Destaje de tubos (OP9)				

Continua 

	SOPORTE ESPALDAR L1	39. Corte de Tubos (OP10)	4	ESTRUCTURAS
		40. Destaje de tubos (OP10)		
	SOPORTE DE ASIENTO L2	41. Corte de Tubos (OP10)		
		42. Destaje de tubos (OP10)		
	SOPORTE DE TABLERO L3	43. Corte de Tubos (OP10)		
		44. Destaje de tubos (OP10)		
	REFUERZO TABLERO L4	45. Corte de Tubos (OP10)		
		46. Destaje de tubos (OP10)		
	SOPORTE DE PISO L5	47. Corte de Tubos (OP10)		
		48. Destaje de tubos (OP10)		
	DOBLADO DE SOPORTE LATERAL	49. Doblado de soporte lateral (OP11)	1	MOBILIARIO
	DOBLADO DE ASIENTO DL2	50. Doblado de asiento (OP12)	1	MOBILIARIO
	DOBLADO DE ESPALDAR	51. Doblado de espaldar (OP13)	1	MOBILIARIO
	SUELDA DE ESTRUCTURA	52. Suelta lateral (OP14)	1	MOBILIARIO
53. Suelta de Remate Lateral (OP14)				
ENSAMBLE DE ESTRUCTURA	54. Ensamble de estructura (OP15)	1	MOBILIARIO	
PINTURA DE ESTRUCTURA	LAVADO DE ESTRUCTURA	55. Lavado (OP16)	1	ÁREA DE PINTURA DE MOBILIARIO
		56. Enjuague (OP16)		
		57. Borrado de letras (OP16)		
	SECADO DE ESTRUCTURA	58. Secado 1 (OP17)	1	ÁREA DE PINTURA DE MOBILIARIO
		59. Secado 2 (OP17)		
	PINTURA DE ESTRUCTURA	60. Pintura (OP18)	Continúa	ÁREA DE PINTURA DE
61. Curado de pintura electrostática (OP18)				



ENSAMBLE Y EMBOLTURA	COLOCACIÓN DE REGATONES	62. Apertura Regatones (OP19)	1	MOBILIARIO
		63. Colocación de regatones (OP19)		
	ENSAMBLE DE PUPITRE	64. Ensamble de espaldar (OP20)	2	MOBILIARIO
		65. Ensamble de asiento (OP20)		
		66. Ensamble de tablero (OP20)		
		67. Embalado (OP20)		
	TOTAL PERSONAS			24

Como se puede apreciar en el cuadro 6, se han establecido 67 puestos de trabajo (actividades), en los que se distribuyen actualmente 24 personas, las cuales realizan más de una actividad, lo cual se alinea con la metodología “Lean manufacturing”, y beneficia a la producción siempre y cuando exista un flujo de proceso continuo, en nuestro caso existe un flujo de proceso en masa (tradicional) donde el volumen de producción se valora sobre la eficiencia del mismo.

4.4 Diagnóstico de procesos.

Para el desarrollo de este ítem se tomarán los productos que conforman la “familia 1”, ya que estos generan mayores réditos económicos para la FMT, además de que por su volumen de producción se necesite de un análisis más detallado de la manera en la que se realiza la producción.

4.4.1 Ruta del proceso de fabricación de la “familia 1”.

El proceso inicia con la fabricación de los tableros de madera, conjuntamente con la fabricación de la estructura metálica, una vez obtenidos ambos productos en el proceso, se juntan en la sección mobiliario, para ser posteriormente ensamblados.

Como se puede ver en la figura 24, la distribución está orientada al proceso (en fabricación también se denominan talleres a las plantas organizadas de este

modo), este es un tipo de distribución corriente, la más orientada para las plantas convencionales, más no así para el modelo de gestión “Lean”.

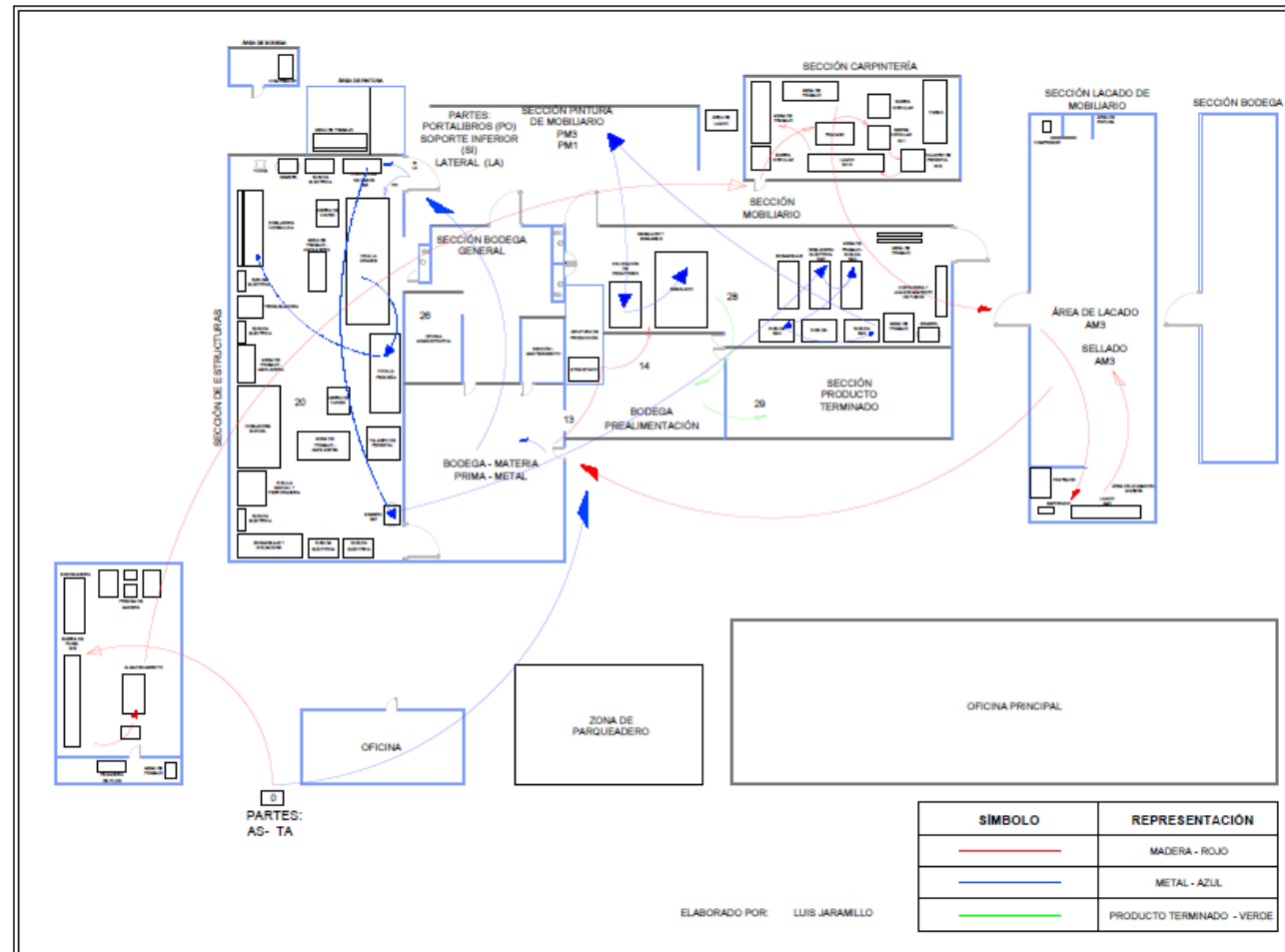


Figura 24: Ruta de fabricación de los productos de la “familia 1”.

4.4.2 Operaciones.

Para este ítem se tomó el producto del primer lugar en volúmenes de producción de la “familia 1” (Ver tabla 8), las tablas establecen que el producto de mayor volumen de producción dentro de la FMT es el pupitre unipersonal P1-2005, el cual ha sido tomado en cuenta para la elaboración del Anexo 1, donde se realizó el levantamiento de actividades o estaciones de trabajo y tiempos necesarios para la fabricación del pupitre P1-2005, el cual se aprecia en la figura 25:

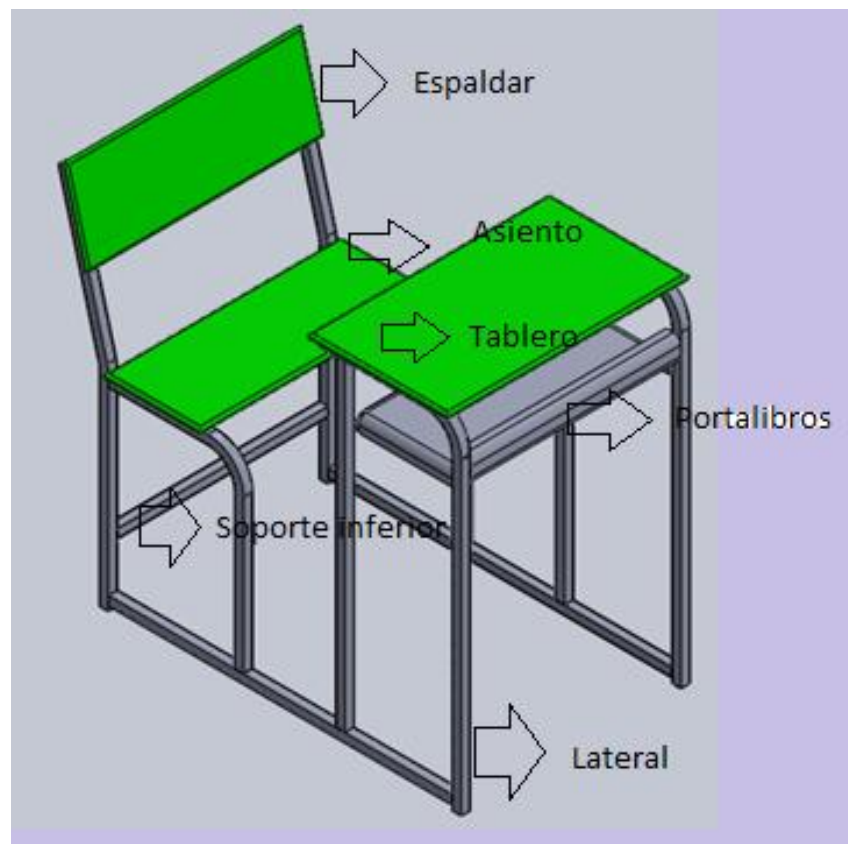


Figura 25: Pupitre unipersonal P1-2005.

El lateral del pupitre está conformado por 5 partes, y se presenta con su respectivo código respecto a cada parte, como se aprecia en la figura 26:

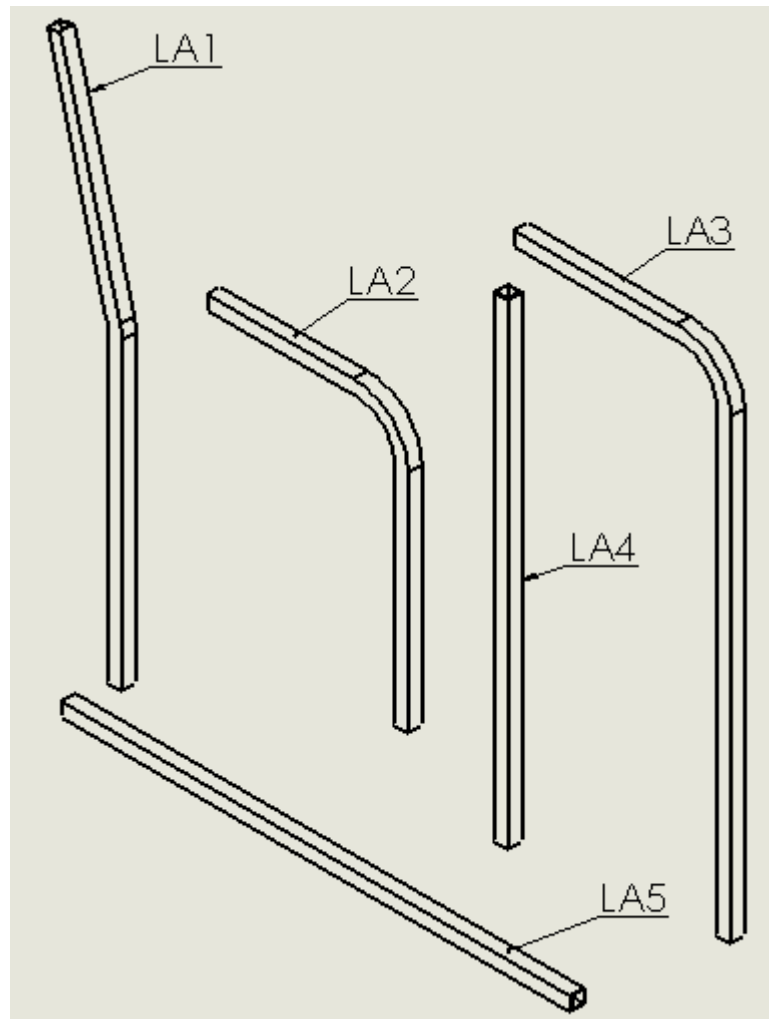


Figura 26: Partes que conforman el lateral, pupitre unipersonal P1-2005.

Como se aprecia en la figura 26, el pupitre unipersonal P1-2005, consta de las siguientes partes: (Tabla 15).

Tabla 15: Partes que conforman el pupitre Unipersonal P1-2005.

CÓDIGO	PARTE	MATERIAL	CANTIDAD
AS	Asiento	Madera (Triplex e: 15 mm)	1
ES	Espaldar	Madera (Triplex e: 12 mm)	1
TA	Tablero	Madera (Triplex e: 12 mm)	1
PO	Portalibros	Metal (Chapa metálica e: 1,2 mm)	1
SI	Soporte Inferior	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	1
LA	Lateral	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
LA1	Soporte espaldar	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
LA2	Soporte asiento	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
LA3	Soporte Tablero	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
LA4	Refuerzo tablero	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
LA5	Base inferior	Metal (Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm)	2
TOR	Tornillos	Tornillo autoperforante 10 por 11/4"	12

4.4.3 Materiales que se utilizan en el proceso.

Los materiales que ingresan al proceso se presentan en la tabla 16:

Tabla 16: Materiales que ingresan al proceso.

Sección	Material
Sección carpintería	Madera Triplex e12 mm
	Madera Triplex e15 mm
Sección estructuras - mobiliario	Tubo cuadrado $\frac{3}{4}$ por $\frac{3}{4}$, e 1,2 mm
Sección pintura de mobiliario	Pintura (esmalte sintético).

4.4.4 Insumos utilizados para el proceso.

Tabla 17: Insumos que ingresan al proceso.

Insumo	Cantidad	Cantidad de lote
Sección Carpintería		
Lija #150	5 pliegos	100 pupitres tipo P1-2005.
Lija # 180	5 pliegos	100 pupitres tipo P1-2005.
Talco industrial	1.5 kg	100 pupitres tipo P1-2005.
Lija en rollo #100	1,20 metros	100 pupitres tipo P1-2005.
Disco de 5" de lija #100	5 discos	100 pupitres tipo P1-2005.
Sección estructuras/ mobiliario		
Cable de soldadura e: 0,8	6,2 kg de alambre	100 pupitres Tipo P1-2005.
Tanque CO2 proceso MAG.	20 kg de CO ₂ por	Por cada 30 kg de alambre.
Sección Lacado de Mobiliario		
Pintura (Esmalte sintético verde)	3 gal	100 pupitres Tipo P1-2005.
Tinner	5,5 gal	100 pupitres Tipo P1-2005.
Sellador catalizado	3 gal	100 pupitres Tipo P1-2005.
Área pintura de mobiliario		
Pintura en polvo RAL 900 plata	10 kg	100 pupitres Tipo P1-2005.
Polvo químico para el lavado de estructura (fosfatado, desoxidado, sellado).	55 gal en 550 gal de agua	(Duración de la mezcla 2 meses) en 2000 pupitres tipo P1-2005.

4.5 Diagnóstico de la distribución actual de la FMT.

4.5.1 Formulación:

Una de las principales necesidades dentro de la metodología Lean es definir que está agregando valor al cliente, por lo que es necesario determinar el tiempo de duración del proceso (Takt Time), tanto como para persona (TP) o máquina (TM), en el cual constan los tiempos de actividad valor agregado (VA) y los tiempos que no agregan valor (TNVA), tiempos de paro programados TL y de paros no programados TPNP y tiempos conocidos como desperdicios (TD).

El tiempo de proceso de persona (TP), es el ciclo dominante, ya que dentro de la metodología lean es inaceptable tener desperdicios en los TP, y se determina de la siguiente manera:

$$TP = \frac{[C_T * DR + TD]}{N_T} + DPL \text{ [s]}$$

$$TM = \frac{[C_M * DR + PP]}{N_M} + DPL \text{ [s]}$$

Dónde:

C_T = Tiempo de ciclo de persona [s]

C_M = Tiempo de ciclo de máquina [s]

DR = Desperdicio en rechazos no recuperables en tiempos de persona [s].

TD = Tiempo de desperdicios. [s]

PP = Paros por preparación [s].

N_T = Número de trabajadores. [u]

N_M = Número de máquinas. [u]

DPL= Desperdicio en tiempo de paro por lote de transferencia. [s]

El **tiempo de ciclo** incluye todos los tiempos de cada una de las estaciones de trabajo, que conforman cada puesto, reducidos a tiempos por unidad de producto, ya que el tiempo de ciclo se refiere a cada unidad. Para cada puesto a diseñar pasa por las siguientes etapas, que deben seguirse por igual para el tiempo de trabajo [TP] y para el tiempo de máquina [TL].

- Suma de los dos tipos de tiempo de ciclo por unidad (T_{VA} y T_{NVA}) para trabajo y proceso T_L en referencia a los tiempos de máquina y de paros no programados T_{PNP} , para la máquina).

$$C_T = T_{VA} + T_{NVA}$$

$$C_M = T_L + T_{PNP}$$

Dónde:

C: Tiempo de ciclo por unidad de producto: de persona o máquina.

T_{VA} = Tiempo de valor agregado.

T_{NVA} = Tiempo de no valor agregado (parámetro de ajuste)

T_L = Tiempo de proceso máquina.

T_{PNP} = Tiempo de paros no programados. (Parámetro de ajuste).

$$T_{VA} = \sum_{i=1}^n T_i \times f_i$$

$$T_L = \sum_{j=1}^n T_j \times f_j$$

Dónde:

T: Tiempo de puesto de trabajo.

n : Número de estaciones de trabajo, que componen cada operación.

f : Frecuencia con que se repite la actividad, en la elaboración de un producto semielaborado.

Los tiempos de ciclo constituyen una información de gran importancia, ya que es fundamental para presentar un nuevo diseño, además de obtener si predomina el ciclo de trabajador o el ciclo de máquina. Ya que es un principio fundamental para “Lean” que el trabajador no se halle parado, por lo que al presentar la redistribución se dispondrá del número preciso de trabajadores en cada puesto para obtener la producción diaria planificada; en cuanto al número de máquinas se dispondrá el número preciso, para que su ciclo no supere al del trabajador.

- El **desperdicio por rechazos (DR)**, se obtiene en el porcentaje correspondiente a los desperdicios irrecuperables $\%R_{NR}$:

$$DR = (1 + \%R_{NR})$$

Dónde:

$\%R_{NR}$ = Fracción de rechazos no recuperables.

- El tiempo de desperdicio TD, es la sumatoria de los tiempos en: desperdicio en transporte (DT), paros por preparación (PP).

$$TD = DT + PP$$

Dónde:

DT = Desperdicio en transporte.

PP = Paros por preparación.

- El **desperdicio en transporte (DT)**, incluye el tiempo dispuesto en el traslado del lote de transferencia, y al personal necesario para realizarlo.

$$DT = (TT_{LT}/L_T)$$

Dónde:

TT_{LT} = Tiempo de transporte de lote de transferencia.

L_T = Tamaño del lote de transferencia.

Este desperdicio no afecta al tiempo de ciclo de máquina.

- El **desperdicio de paro por preparación (PP)**, es el tiempo necesario para preparar la producción, dividido para el lote que se va a producir L_P.

$$PP = (T_{PR}/L_P)$$

Dónde:

T_{PR} = Tiempo de preparación.

L_p = Lote de producción.

L_p: Volumen de producto que se pretende obtener en el proceso. (Cantidad de material que se debe poner a

disposición de la primera operación y consecuentemente del resto.)

- El **desperdicio tiempo de paro por lote (DPL)**; en caso de existir, se entiende como el proceso, que pese a que se haya concluido con un lote de transferencia, se necesitara un tiempo de espera para entregarlo.

$$DPL = (T_{ELT} / L_T)$$

Dónde:

T_{ELT} = Tiempo de paro en el transporte del lote de transferencia.

L_T = Lote de transferencia.

La **producción diaria obtenida**, se determina a través del ciclo dominante (trabajo o máquina, el mayor de ellos).

La producción diaria se establece a partir de la correspondiente jornada base T_J , a la que se añaden las horas extras T_E . El resultado se convierte a la unidad en la que se encuentra expresando el tiempo de ciclo (por ejemplo, segundos) mediante el factor de conversión correspondiente al valor **K**, y se divide por el valor de ciclo dominante $MAX (TP; TM)$.

$$PROD_D = (T_J + T_E) \times K / MAX (TP; TM)$$

Dónde:

T_J = Tiempo de jornada.

T_E = Tiempo de horas extras por jornada.

K = Factor de conversión de horas a segundos.

Una vez establecida la metodología de cálculo, es necesario establecer la ruta necesaria para la obtención de los productos semielaborados, tomando en cuenta la codificación de las partes presentadas en la figuras 25 y 26.

Para esto es necesario elaborar un “**árbol estructural**”, también conocido como **Product Breakdown Structure** o (**PBS**). “El árbol estructural, es el medio por el cual se realiza una descomposición de las diferentes partes que puede tener un producto y las tareas que se asocian a cada punto de diseño, fabricación y montaje” (Tuya, 2007).

Una vez establecidas las herramientas necesarias para calcular los tiempos de proceso, se procede a desarrollar cada una de estas para la primera operación indicada a partir de la codificación de partes de la tabla 15.

4.5.2 Ejemplo de cálculo.

Se iniciará planteando la información necesaria para establecer el ejemplo de cálculo de la operación 1, correspondiente a la fabricación del asiento AS.

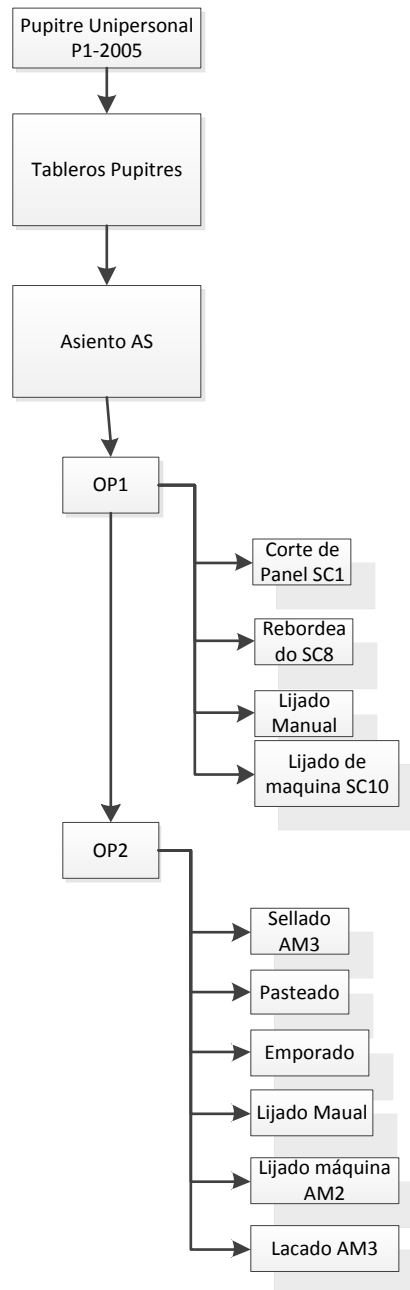


Figura 27: Árbol estructural del producto (OP1) pupitre unipersonal P1-2005

En el Anexo 1, se hace referencia a los tiempos establecidos, para cada parte y las respectivas operaciones necesarias, para obtener el producto semielaborado, como se puede ver se han agrupado los tiempos de acuerdo a la cadena de valor establecida en la metodología “lean manufacturing”.

En la parte inferior del anexo 1 se pueden apreciar los totales; es decir tiempo unitario total, tiempo de valor agregado T_{VA} y de tiempo del proceso de máquina T_M .

La tabla 18, a continuación presenta los tiempos necesarios para establecer los tiempos de persona y máquina de la operación 1 (OP1).

Tabla 18: Detalle de actividades OP1.

PROCESOS Y SUBPROCESOS	PARTE	ACTIVIDAD	Frecuencia Op. en una u. Producto final [u]	Tiempo valor agregado T_{VA} [s]	Tiempo Proceso máquina T_L [s]
TABLEROS PUPITRES	Asiento AS	Corte de panel (OP1)	1	135	30
		Rebordeado (OP1)	1	99	01
		Lijado Manual (OP1)	1	135	169
		Lijado de Máquina (OP1)	1	90	01
		Total OP1			459

Con el fin de facilitar el cálculo, y poder ajustar de mejor manera los parámetros de diseño del sistema, se utilizará el *software de diseño de procesos productivos* (Cuatrecasas, 2009). Los datos a introducir son los siguientes:

En la cabecera de la tabla 4.18, observamos: **la producción planificada** por día de trabajo (en nuestro caso 100 unidades). Este valor definirá el tamaño de la fábrica, ya que no es lo mismo diseñar una fábrica capaz de producir 100 pupitres diarios, que para producir 1000 pupitres diarios.

También se define el tamaño del **lote de producción** para lo cual estableceremos un volumen de 20 unidades (se producirán cinco lotes completos por día).

Entre los datos que se encuentran en la cabecera también tenemos **tiempo de trabajo** previsto por **jornada** (un solo turno de 8 horas), y el tiempo previsto para paros programados (0,5; media hora); lo que permite definir por diferencia el tiempo disponible para operar (7,5 horas). Finalmente en la cabecera se halla el cálculo del **takt time** (tiempo de procesamiento), que fija el tiempo de producción correcto para el proceso (es el cociente entre el tiempo neto disponible y la producción a alcanzar), tiempo de ciclo por unidad de producto. En la parte inferior se muestra el **número de trabajadores** teóricamente necesarios.

La columna del lado izquierdo de la tabla permite introducir, uno a uno, los **puestos de trabajo** del conjunto de procesos de la planta, con su numeración en una columna inicial.

Posteriormente, se introducen las **actividades que componen** cada uno de los puestos de trabajo definidos en la tabla; tras esta columna se incluyen la identificación del puesto de trabajo que sigue a cada uno.

A continuación se presenta la columna con el título “**tiempo de proceso**” con cuatro columnas, más dos para los tiempos de trabajo (con valor añadido (VA), y sin valor añadido (NVA)) y dos para tiempos de máquina (una con los tiempos de proceso real y otra con paros por diversas razones). Los tiempos de valor agregado, se determinan a partir de los tiempos ya conocidos. Los tiempos NVA de trabajo y de paro de máquina se introducen directamente, de acuerdo con la situación real existente o con las previsiones, si se trata de un diseño nuevo, o simplemente para introducir coeficientes de seguridad en las capacidades reales.

Al columnado de tiempos de proceso le sigue otro de “**tiempos adicionales**” con otras tres columnas. Se trata, efectivamente, de tiempos a añadir por diversas causas y que no están incluidos entre los anteriores (se trata

de tiempos que no aportan valor añadido alguno, por lo que deben ser lo más bajo, posible).

En la columna de “**parámetros del sistema**”, deben introducirse para cada puesto que forma el proceso: número de trabajadores; número de máquinas; tamaño del lote de transferencia (a entregar desde el puesto actual subsiguiente), tiempo extra de trabajo por jornada, tiempo de paro lote (tiempo de descanso cada vez que se termine un lote de transferencia).

Como se puede apreciar en la tabla 19, se han obtenido todos los valores que tienen relación con el sistema productivo, el objetivo de ocupar el software es facilitar el ingreso de los parámetros de ajuste, (T_{NVA} , T_{PNP} , etc), para ajustar a los valores de producción diaria planificada, que se obtienen realmente dentro del proceso.

(Cuatrecasas, 2009).

Tabla 19: Determinación de los puestos de trabajo y asignación de tareas.

DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTE																															
Producto:										Modelo: <i>pI-2005</i>			Lote producción (uds.): 20		Paros programados jom. (h.): 0,5		Nº de puestos teórico: 32,1		Nº de puestos real: 33		base): 270		Seg ¿Preparación sin paro proc S/N: 11								
Tiempo en Segundos																															
PROCESOS Y OPERACIONES POR PUESTO										TIEMPOS DE PROCESO			TIEMPOS ADICIONALES POR			PARÁMETROS DISEÑO SISTEMA				AGRUPACIÓN PUESTOS Y CICLOS				PRODUCCIÓN							
Nº	Denom	Operaciones asignadas								Proc. sigue	Trabajo VA	Maquinas NVA	Proceso Paro n.p.	Recnazos no recuperat	Transporte persona	Tiempo preparación	Cantidad Trabaj	Lote (1) Máq.	Tiempo jornada transferencia	H extra (*)	Seg paro lote	Puesto agrupado Orden(2)	Nº trabaj.	Trabajo	Maquina	Producción diaria (uds.) por puesto					
		1	2	3	4	5	6	7	8																		9	10	11	12	13
1	OP1	1	2	3	4					OP2	459	20	201	1,0%	100	10	1	1	14		36	1	1	494,0	206,1	55					
2	OP2	5	6	7	8	9	10			OP20	201	100	133	1,0%	500	120	1	1	50		42	2	1	320,9	141,2	84					
3	OP3	11	12	13	14	15	16			OP4	583		127	50	1,0%	105	300	1	1	16		36	3	1	612,6	196,0	44				
4	OP4	17	18	19	20	21	22			OP5	180	80	35		0,1%	480	360	1	2	50		45	4	1	288,8	27,0	94				
5	OP5	23								OP20	56	100	15		0,3%	900	300	1	1	100		36	5	1	180,8	30,4	149				
6	OP6	24	25	26	27					OP7	410	35	314	50	0,1%	420	600	1	1	14		34	6	1	507,9	396,8	53				
7	OP7	28	29	30	31	32	33			OP20	338	35	223	10	0,1%	60	300	1	1	50		23	7	1	390,0	248,7	69				
8	OP8	34	35	36						OP15	430	1	434	7	0,1%	60	300	1	1	12		21	8	1	453,2	458,2	59				
9	OP9	37	38							OP13	184	100	39		0,1%	60	120	1	1	9		24	9	1	299,6	47,7	90				
10	OP10	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48				OP13	2.032	1	400		0,1%	60	100	4	1	9	36	10	4	512,4	409,2	53
11	OP11	49								OP14	76	200	72	7	0,1%	180	220	1	1	50		45	11	1	291,8	91,0	93				
12	OP12	50								OP14	94	105	102		0,5%	34	300	1	1	50		36	12	1	216,4	118,2	125				
13	OP13	51								OP14	64	300	72		0,1%	30	300	1	1	50		28	13	1	380,5	87,6	71				
14	OP14	52	53							OP15	196	236	68		0,2%	62	300	1	1	50		34	14	1	449,8	83,8	60				
15	OP15	54								OP16	83	364	14		0,1%	28	246	1	2	100		36	15	1	460,4	13,3	59				
16	OP16	55	56	57						OP17	301	20	7		0,1%	36		1		36		36	16	1	323,3		84				
17	OP17	58	59							OP18	71	100	35		0,1%			1	1	36		36	17	1	172,2	36,0	157				
18	OP18	60	61							OP19	169	30	98		0,1%			1	2	36		34	18	1	200,1	49,5	135				
19	OP19	62	63							OP20	178	20	112		0,1%			1		36		32	19	1	199,1		136				
20	OP20	64	65	66	67						354	17	67		0,1%			2	2	50		32	20	2	186,0	33,9	145				

(*) TIEMPO EXTRA en puestos agrupados:	Totales >>	6.459	1.864	2.568	124	0,05	3.115	3.876	24	22	Máximo:	Total ud:	20	puestos	Máx:612,6	Máx:458,2	Producción de
Se opera con el menor de ellos		8.323	2.692			(fallos/ud.)	Total/ud:	Media/ud:	100	Equiv.jornadas:	26	(Seg)	Nº trabajadores:	24	Máximos desequilibrios:		44
(único tiempo disponible en TODAS las tareas)		% NVA+Paro/Total:	18,0			Med.:0,3%	99	193,8	Medio >>	40,9					440,5	444,9	[condicionante]

Diagrama OT con LEAD TIME, STOCKS y ESPERAS en hoja posterior

Producción diaria (producto acabado): 44

Productividad media (p.a.) / hora trabajada: 0,2

(Cuatrecasas, 2009)

En base a las tablas 18 y 19, se realiza un ejemplo de cálculo, de acuerdo a la formulación planteada y se representa a continuación con los datos de la operación 1.

Dónde:

$$T_{VA} = \sum_{i=1}^n T_i x f_i$$

$$T_{VA} = 135 (1) + 99(1) + 135(1) + 90(1)$$

$$T_{VA} = 459 [s]$$

$$T_L = \sum_{j=1}^n T_j x f_i$$

$$T_L = 30 (1) + 1(1) + 169(1) + 1(1)$$

$$T_L = 201 [s]$$

Cálculo para los tiempos de proceso por persona (tiempo de proceso) TP:

$$C_T = T_{VA} + T_{NVA}$$

$$C_T = 459 + 20$$

$$C_T = 479 [s]$$

Cálculo de desperdicios rechazos no recuperables:

$$DR = (1 + \%R_{NR})$$

$$DR = (1 + 0.01)$$

$$DR = 1,01$$

Cálculo del tiempo de desperdicios:

$$TD = DT + PP$$

Cálculo de desperdicio en transporte:

Datos:

$TT_{LT} = 100$ (columna de tiempos adicionales tabla 19).

$L_T = 14$ (columna de parámetros de diseño del sistema Tabla 19).

$$DT = (TT_{LT}/L_T)$$

$$DT = (100/14)$$

$$DT = 7,1 \left[\frac{s}{u} \right]$$

Cálculo del desperdicio en paros por preparación:

Datos:

$T_{PR} = 10$ (columnas de tiempos adicionales por preparación tabla 19)

$L_p = 20$ (lote de producción cabecera tabla 19)

$$PP = (T_{PR}/L_p)$$

$$PP = (10/20)$$

$$PP = 0,5 \left[\frac{s}{u} \right]$$

$$TD = 7,1 + 0,5$$

$$TD = 7,6 \left[\frac{s}{u} \right]$$

Cálculo del tiempo de paro por lote:

Datos:

$TE_{LT} = 36$ (parámetro de diseño del sistema paro por lote de transferencia tabla 19)

$L_T = 14$ (parámetro de diseño del sistema, lote de transferencia tabla 19).

$$DPL = (TE_{LT}/L_T)$$

$$DPL = \frac{36}{14}$$

$$DPL = 2,6 \left[\frac{s}{u} \right]$$

Cálculo del tiempo de proceso:

$$TP = \frac{[C_T * (DR) + TD]}{N_T} + DPL$$

$$TP = \frac{[(479) * (1,01) + 7,6]}{1} + 2,6$$

$$TP = 493,99 \left[\frac{s}{u} \right]$$

Los tiempos de proceso de máquina TM se calculan de la siguiente manera:

$$C_M = T_L + T_{PNP}$$

$$C_M = 201 + 0$$

$$C_M = 201$$

$$TM = \frac{[C_M * (DR) + PP]}{N_M} + DPL$$

$$TM = \frac{[(201) * (1,01) + 0,5]}{1} + 2,6$$

$$TM = 206,1 \left[\frac{S}{u} \right]$$

Para el cálculo de la producción diaria se tiene la siguiente fórmula:

Datos:

$T_J = 7,5$ horas. (tiempo de jornada).

$T_E = 0$ horas. (tiempo de horas extras por jornada).

$T_p = 493.99$ (ciclo máximo OP1).

$$PROD_D = \frac{(T_J + T_E) \times K}{MAX(TP; TM)}$$

$$PROD_D = (7,5 + 0) * 3600 / (493,99)$$

$$PROD_D = \frac{27000}{493,99}$$

$$PROD_D = 54.65 = 55 \text{ unidades.}$$

A continuación, se presenta en la figura 28, el “árbol estructural” para todas las operaciones que integran el proceso de fabricación del pupitre unipersonal P1-2005.

Además se presentan las tablas en las cuales se indican los consolidados de los cálculos necesarios para establecer el diagnóstico del proceso actual.

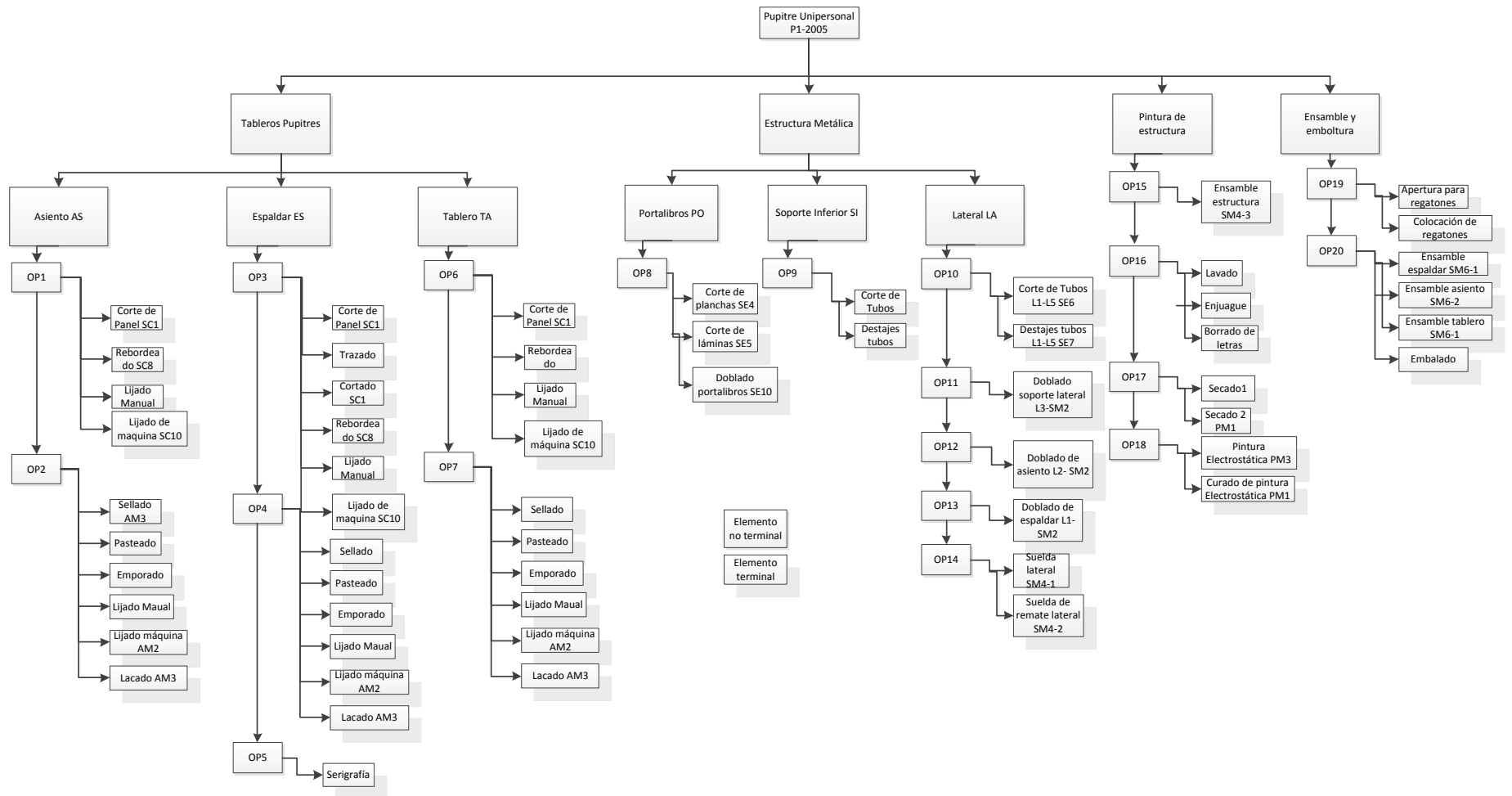


Figura 28: Árbol estructural del pupitre unipersonal P1-2005.

Tabla 20: Detalle de actividades T_{VA} , T_L , elaboración del pupitre unipersonal P1-2005.

PROCESOS Y SUBPROCESOS	PARTE	ACTIVIDAD	Frecuencia Op. en una u. Producto final [u]	Tiempo valor agregado T_{VA} [s]	Tiempo de Máquina T_L [s]	
TABLEROS PUPITRES		Corte de panel (OP1)	1	135	30	
		Rebordeado (OP1)	1	99	01	
		Lijado manual (OP1)	1	135	169	
		Lijado de máquina (OP1)	1	90	01	
		Total OP1		459	201	
		Asiento AS	Sellado (OP2)	1	22	42
			Pasteado (OP2)	1	25	38
			Emporado (OP2)	1	13	38
			Lijado manual (OP2)	1	37	04
			Lijado de máquina (OP2)	1	16	04
	Lacado (OP2)		1	88	07	
	Total OP2			201	133	
	Espaldar ES		Corte de panel (OP3)	1	106	68
		Trazado (OP3)	1	188	56	
		Cortado (OP3)	1	35	00	
		Rebordeado (OP3)	1	78	01	
		Lijado manual (OP3)	1	106	01	
		Lijado de máquina (OP3)	1	70	01	
		Total OP3		583	127	
			Sellado (OP4)	1	19	22
			Pasteado (OP4)	1	23	01
			Emporado (OP4)	1	12	02
	Lijado manual (OP4)		1	33	03	
	Lijado de máquina (OP4)		1	14	03	
	Lacado (OP4)		1	79	04	
	Total OP4		180	35		
	Tablero TA	Serigrafía (OP5)	1	56	15	
		Total OP5		56	15	
Corte de panel (OP6)		1	122	27		
Rebordeado (OP6)		1	107	02		

Continúa 

		Lijado manual (OP6)	1	133	284
		Lijado de máquina (OP6)	1	49	02
		Total OP6		411	315
		Sellado (OP7)	1	37	71
		Pasteado (OP7)	1	42	63
		Emporado (OP7)	1	22	65
		Lijado manual (OP7)	1	63	06
		Lijado de máquina (OP7)	1	27	06
		Lacado (OP7)	1	148	12
		Total OP7		339	223
	PORTALIBROS PO	Corte de planchas (OP8)	1	352	257
		Corte de láminas (OP8)	1	38	72
		Doblado Portalibros (OP8)	1	41	105
		Total OP8		431	434
	SOPORTE INFERIOR SI	Corte de tubos (OP9)	1	80	05
		Destaje de tubos (OP9)	2	52	17
		Total OP9		184	40
	SOPORTE ESPALDAR L1	Corte de tubos (OP10)	2	81	05
		Destaje de tubos (OP10)	4	53	17
		Corte de tubos (OP10)	2	82	05
	SOPORTE DE ASIENTO L2	Destaje de tubos (OP10)	4	53	17
		Corte de tubos (OP10)	2	82	05
	SOPORTE DE TABLERO L3	Destaje de tubos (OP10)	4	89	17
		Corte de tubos (OP10)	2	82	05
	REFUERZO TABLERO L4	Destaje de tubos (OP10)	4	52	17
		Corte de tubos (OP10)	2	82	05
	SOPORTE DE PISO L5	Destaje de tubos (OP10)	4	56	17
		Total OP10		2032	400
	DOBLADO DE SOPORTE LATERAL	Doblado de soporte lateral (OP11)	2	38	36
		Total OP11		76	72

Continúa



	DOBLADO DE ASIENTO DL2	Doblado de asiento (OP12)	2	47	51
	DOBLADO DE ESPALDAR	Total OP12		94	102
		Doblado de espaldar (OP13)	2	32	36
	SUELDA DE ESTRUCTURA	Total OP13		64	72
		Suelda lateral (OP14)	1	123	61
		Suelda de Remate Lateral (OP14)	1	73	07
	ENSAMBLE DE ESTRUCTURA	Total OP14		196	98
		Ensamble de estructura (OP15)	1	83	14
		Total OP15		83	14
	LAVADO DE ESTRUCTURA	Lavado (OP16)	1	119	03
		Enjuague (OP16)	1	71	01
		Borrado de letras (OP16)	1	111	03
	SECADO DE ESTRUCTURA	Total OP16		301	07
PINTURA DE ESTRUCTURA		Secado 1 (OP17)	1	27	01
		Secado 2 (OP17)	1	44	34
	PINTURA DE ESTRUCTURA	Total OP17		71	35
		Pintura (OP18)	1	122	01
		Curado de pintura Electrostática (OP18)	1	47	97
	COLOCACIÓN DE REGATONES	Total OP18		169	98
		Apertura regatones (OP19)	1	68	17
		Colocación de regatones (OP19)	1	110	95
ENSAMBLE Y EMBOLTURA	ENSAMBLE DE PUPITRE	Total OP19		178	112
		Ensamble de espaldar (OP20)	1	97	00
		Ensamble de asiento (OP20)	1	49	00
		Ensamble de tablero (OP20)	1	108	00
		Embalado (OP20)	1	100	67
		Total OP20		354	67

Es importante analizar los desperdicios que se producen en los tiempos de proceso que se encuentra inmersas las personas TP, ya que según la metodología “lean” no es aceptable que un trabajador se encuentre parado esperando a que la máquina termine el proceso.

A continuación se presenta un resumen de los datos servirán para la realización del análisis en base a las tablas 19 y 20:

Tabla 21: Resumen de los tiempos de actividad (VA- NVA).

Operación	T _{VA} [s]	T _{NVA} [s]	T _P $\left[\frac{s}{u}\right]$	T _L [s]	T _{PNP} [s]	T _M $\left[\frac{s}{u}\right]$
OP1	459,0	20,0	494	201		206,1
OP2	201,0	100,0	320,9	133		141,2
OP3	583,0	0,0	612,6	127	50	196
OP4	180,0	80,0	288,8	35		53,9
OP5	56,0	100,0	180,8	15		30,4
OP6	410,0	35,0	507,9	314	50	396,8
OP7	338,0	35,0	390	223	10	248,7
OP8	430,0	1,0	453,2	434	7	458,2
OP9	184,0	100,0	299,6	39		47,7
OP10	580,0	1,0	512,4	400		204,6
OP11	76,0	200,0	291,8	72	7	91
OP12	94,0	105,0	216,4	102		118,2
OP13	64,0	300,0	380,5	72		87,6
OP14	196,0	236,0	449,8	68		83,8
OP15	83,0	364,0	460,4	14		26,7
OP16	301,0	20,0	329,4	7		14,1
OP17	71,0	100,0	188,6	35		51
OP18	169,0	30,0	220	98		52,5
OP19	178,0	20,0	204,2	112		
OP20	177,0	8,5	192,1	67		38,9

Los tiempos establecidos para cada uno de los **desperdicios** se establecen en la tabla 22:

Tabla 22: Resumen de desperdicios.

Componentes del Tiempo de procesamiento (Takt Time) TP							
Opera- ción	Tiempo de Actividad		Tiempos adicionales por			Parámetros del sistema	
	VA [s]	NVA [s]	Rechazos no recuperable s. % R _{NR}	Transporte lote de transferencia TT _{LT} [s]	Tiempo de preparación T _{PR} [s]	Tiempo de paro en el transporte lote de transferencia T _{ELT} [s]	Lote de transferencia L _T [u]
OP1	459	20	0,01	100	10	36	14
OP2	201	100	0,01	500	120	42	50
OP3	583	0	0,01	105	300	36	16
OP4	180	80	0,001	480	360	45	50
OP5	56	100	0,003	900	300	36	100
OP6	410	35	0,001	420	600	34	14
OP7	338	35	0,001	60	300	23	50
OP8	430	1	0,001	60	300	21	12
OP9	184	100	0,001	60	120	24	9
OP10	2032	1	0,001	60	100	36	9
OP11	76	200	0,001	180	220	45	50
OP12	94	105	0,005	34	300	36	50
OP13	64	300	0,001	30	300	28	50
OP14	196	236	0,002	62	300	34	50
OP15	83	364	0,001	28	246	36	100
OP16	301	20	0,001	36	122	36	36
OP17	71	100	0,001	50	300	36	36
OP18	169	30	0,001	500	120	34	36
OP19	178	20	0,001	4	100	32	36
OP20	354	17	0,001	105	200	32	50

La tabla 19, muestra a detalle los tiempos de proceso y la producción diaria; estos servirán para evaluar la distribución actual, sin olvidar que los principales objetivos de la metodología Lean es eliminar los desperdicios. Por esta razón levantaremos nuestra cadena de valor en base al cálculo de tiempo del ciclo como se aprecia en la tabla 23.

Tabla 23: Componentes del tiempo de procesamiento TP.

Componentes del Tiempo de procesamiento (Takt Time) TP						
Operación	Tiempo de Actividad	Tiempos adicionales por			Parámetros sistema	
	Tiempo de Ciclo CT [s]	Desperdicio en rechazos DR	Tiempo de desperdicio TD [s]	Desperdicio en tiempo por lote de transferencia a DPL [s]	Número de trabajadores NT	Takt Time TP [$\frac{s}{u}$]
OP1	479	1,01	7,64	2,57	1	494,0
OP2	301	1,01	16,00	0,84	1	320,9
OP3	583	1,01	21,56	2,25	1	612,6
OP4	260	1,00	27,60	0,90	1	288,8
OP5	156	1,00	24,00	0,36	1	180,8
OP6	445	1,00	60,00	2,43	1	507,9
OP7	373	1,00	16,20	0,46	1	390,0
OP8	431	1,00	20,00	1,75	1	453,2
OP9	284	1,00	12,67	2,67	1	299,6
OP10	2033	1,00	11,67	4,00	4	512,4
OP11	276	1,00	14,60	0,90	1	291,8
OP12	199	1,01	15,68	0,72	1	216,4
OP13	364	1,00	15,60	0,56	1	380,5
OP14	432	1,00	16,24	0,68	1	449,8
OP15	447	1,00	12,58	0,36	1	460,4
OP16	321	1,00	7,10	1,00	1	329,4
OP17	171	1,00	16,39	1,00	1	188,6
OP18	199	1,00	19,89	0,94	1	220,0
OP19	198	1,00	5,11	0,89	1	204,2
OP20	371	1,00	12,10	0,64	2	192,4
	Total CT	Total DR	Total TD	Total DPL	Total NT	
	8323	20,05	352,63	25,92	24	

Una vez que se determinado como se divide la cadena de valor, es necesario establecer las operaciones a evaluar, para lo cual se utilizará un “diagrama de Pareto”. Esta herramienta nos ayudará a eliminar los desperdicios a razón del tiempo de proceso (Takt Time), en relación a los tiempos de persona.

Para esto hemos preparado los datos necesarios para elaborar este diagrama y se encuentran representados en la tabla 24.

Tabla 24: Datos para el establecimiento del “diagrama de Pareto”.

Puestos	Total del Takt time	Acumulado	Acumulado porcentual
OP3	612,6	612,7	9%
OP10	585,3	1198,0	17%
OP14	584,8	1782,8	25%
OP6	507,8	2290,6	32%
OP1	489,2	2779,8	39%
OP15	460,4	3240,2	45%
OP8	458,2	3698,4	51%
OP7	390,1	4088,5	57%
OP13	380,6	4469,1	62%
OP16	329,4	4798,5	67%
OP2	320,8	5119,3	71%
OP9	299,7	5419,0	75%
OP11	291,8	5710,8	79%
OP4	288,8	5999,6	83%
OP18	220	6219,6	86%
OP12	216,4	6436,0	89%
OP19	204,2	6640,2	92%
OP20	192,1	6832,3	95%
OP17	188,6	7020,9	97%
OP5	180,9	7201,8	100%

Una vez establecidos los datos, se presenta a continuación en la figura 29, el diagrama de Pareto:

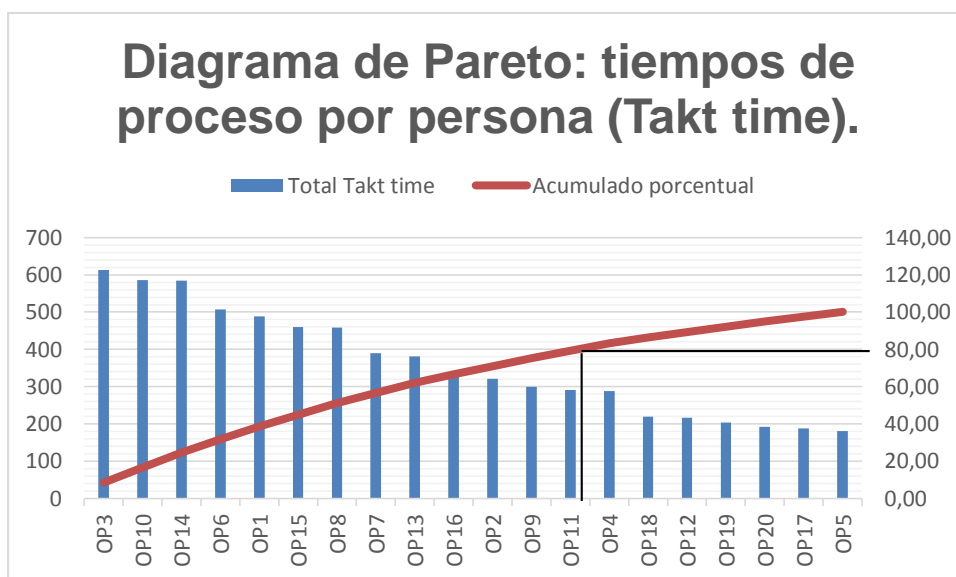


Figura 29: Diagrama de Pareto % Tiempo Desperdicios TD.

Al utilizar la “regla del 80-20”, podemos apreciar que bajo la línea de 80% del porcentaje acumulado se obtienen las siguientes operaciones:

Cuadro 7: Detalle de operaciones a evaluar.

PUESTO	DETALLE
OP3	Corte y preparación de espaldar ES
OP10	Corte y preparación de lateral LA
OP14	Suelda de lateral LA
OP6	Corte y preparación de tablero TA
OP1	Corte y preparación de asiento.
OP15	Ensamble de estructura
OP8	Corte y preparación de portallibros
OP7	Acabados en madera tablero TA
OP13	Doblado de espaldar
OP16	Lavado de estructura
OP2	Acabados en madera tablero asiento AS
OP9	Corte y preparación de soporte inferior SI

Donde se puede observar que el 80% de los desperdicios se encuentra en las operaciones del cuadro 7; por lo que los esfuerzos destinados a mejorarlo deberán concentrarse hacia el análisis de este conjunto de operaciones, en donde las posibles soluciones serán reevaluadas al momento de realizar el nuevo planteamiento de redistribución.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS.

Para el desarrollo de este capítulo, se observa lo planteado en el ítem 2.3.1., ya que constituyen los direccionamientos de la “filosofía LEAN”; para su correcta aplicación es necesario llevarlos a cabalidad, mediante los pasos que se presentaran a continuación.

5.1 Definir y generar el mapa de proceso.

El mapa de proceso, es conocido como “mapa de valor actual” o “Value Stream Map” (VSM), y será representado en la figura 30.

Esta es una herramienta que ayuda en la representación gráfica de procesos de producción, desperdicios, y provee un lenguaje común para hablar sobre procesos de manufactura.

Para llevar a cabo la elaboración del mapa de procesos del estado actual o VSM, es necesario trabajar en el piso de producción y se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Reunir tantos datos como sea posible.
2. Comunicar a todas las áreas el propósito de las actividades.
3. Utilizar los iconos para plasmar el estado actual del proceso, listando los principales procesos, equipos, proveedores, clientes, control de producción.
4. Cuando se plasmen los flujos, dibujar tanto el de materiales como de información.
5. Pasar la información al mapa de procesos:

- a. Dibujar en la caja de información al icono del cliente, así como sus requerimientos.
- b. Colocar la información de entrega de materia prima y embarque de producto terminado.
- c. Dibujar los procesos de manufactura de izquierda a derecha en la parte inferior del mapa, además de colocar la línea de tiempo.
- d. Llenar cada bloque de información con los atributos del proceso.
- e. Colocar el flujo de información, tanto manual como electrónicamente.
- f. Dibujar los iconos de inventarios entre los procesos donde existen acumulación de materiales.
- g. Dibujar los iconos de jalar, empujar y fifo (primeras entradas, primeras salidas).

(Cuatrecasas, 2009).

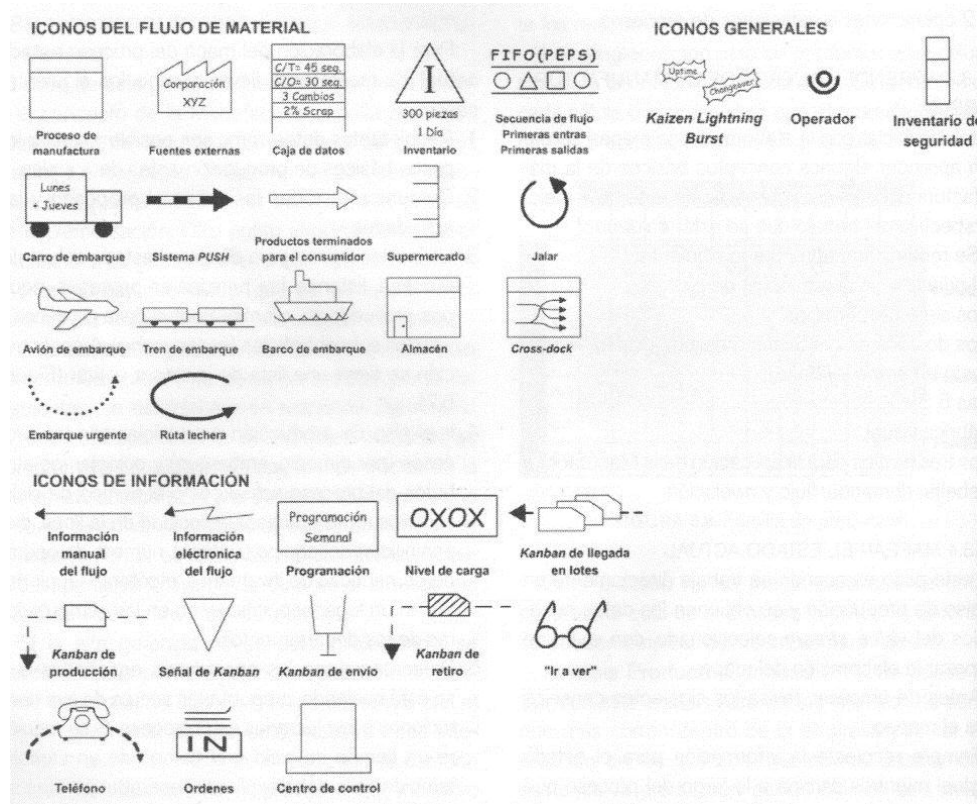


Figura 30: Íconos de mapeo de procesos.

(Alberto Villaseñor Contreras, 2007).

La línea en zigzag inferior indica, el tiempo en que cada unidad de producto se halla en la planta, bien sea en proceso (zonas altas de la línea en zigzag) o entre procesos (zonas bajas). Hay que recalcar, que el producto que permanece entre procesos, por grandes intervalos de tiempo produciendo stocks innecesarios de varios días (Indefinido), frente al tiempo aproximado que dura el proceso de fabricación del pupitre unipersonal P1-2005.

La planificación de requerimiento de material se lleva a cabo entre la jefatura de producción y cada una de las actividades que efectúan este proceso, produciendo movimientos innecesarios de personal desde el lugar donde se encuentra la actividad hasta la Jefatura de producción, con la idea de requerir material y producir desperdicios y contradicciones establecidas en la “filosofía lean”.

La gran cantidad de stock y tiempo que hay entre procesos no están alineados de ninguna manera con la metodología lean; por ello generan desperdicios tales como: transporte y movimientos innecesarios, espera e inventarios, aumentando los tiempos de entrega de un producto terminado. Al momento de levantar el mapa de valor futuro se analizó cada una de las operaciones identificadas dentro del diagrama de Pareto como las causantes del 80% de los problemas.

La figura 31, presenta el mapa de valor VSM, donde muestra su modelo más básico, y se expresan cada una de las áreas que intervienen en el proceso productivo. Se observa tanto al área administrativa, de proveedores y fuerza operativa encargada de transformar la materia prima en producto terminado.

La figura 32, muestra el mapa de valor actual VSM_A , en el cual se representa la parte operativa y se puede apreciar claramente que está dirigida por la parte administrativa, seguida del área técnica hasta el área productiva, todo dentro de la FMT, sin olvidar todos los agentes externos necesarios para el

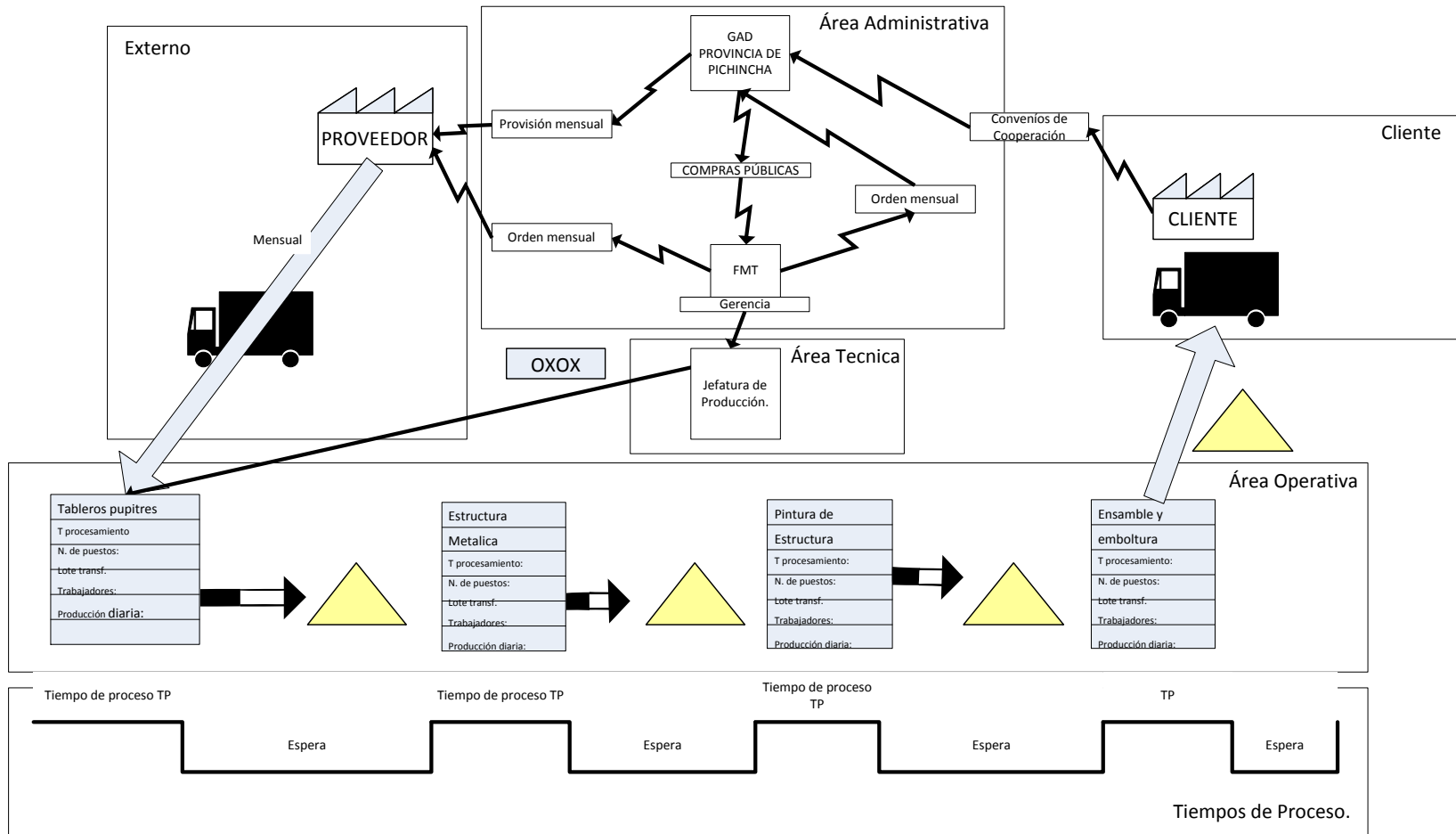


Figura 31: Mapa de valor actual VSM, diseño básico.

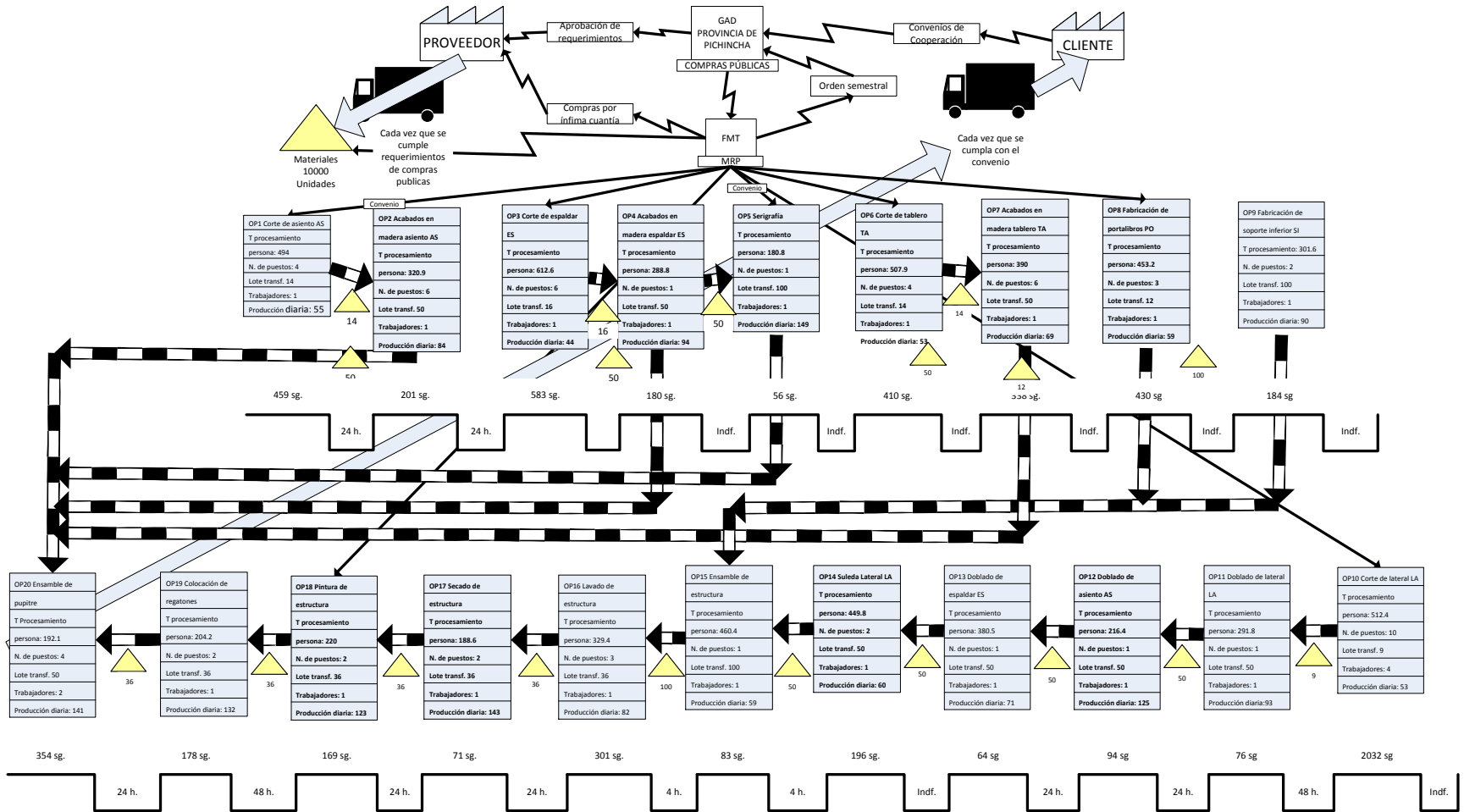


Figura 32: Mapa de valor actual de la “FMT”.

proceso productivo. Esto servirá como punto de partida al momento de elaborar el mapa de valor futuro, en base a la normativa “lean Manufacturing”.

Según los parámetros establecidos dentro de la metodología Lean se debe plantear una nueva propuesta de mapa de flujo de valor VSM, lo que implica superar que la operativa representada en la figura 32. El nuevo VSM deberá incluir una implantación en flujo regular e ininterrumpido que abarque el mayor número de operaciones, con separaciones entre los posibles flujos mediante supermercados o FIFO (primeras entradas, primeras salidas) y un funcionamiento global basado en señales pull. A continuación se presentan los aspectos a tomar en cuenta para diseñar el nuevo mapa de valor. Por lo que se utilizarán herramientas de Lean que se exponen en el ítem 2.5.

5.2 Crear flujo continuo.

5.2.1 Determinación del tamaño del lote de producción y lote de transferencia.

El tamaño de los lotes de producción deberá ser ajustable, y su tamaño dependerá de las necesidades y los ajustes necesarios al momento de poner en marcha la planificación Lean, considerando lo siguiente:

- a) El tamaño del lote de transferencia no debe superar al del supermercado.
- b) El tamaño del lote de producción se reducirá a su mínimo valor posible (idealmente de una sola unidad), con el objetivo de minimizar los stocks de materia prima y de productos semiterminados, para prestar mayor atención a las necesidades de producción.
- c) Al aumentar el tamaño del lote de transferencia de la operación de entrega, el tiempo de espera para la llegada del lote completo aumentará, lo que puede provocar que su rendimiento disminuya, con el riesgo de convertirse en “cuellos de botella”.

- d) En caso de existir un retraso en la entrega de cualquier lote de transferencia se notificará a la persona encargada de la implantación Lean.
- e) Mientras más grande sea el lote de producción el “lead time” será mayor.

En cualquier caso el operar con lotes pequeños ya sea de producción o de transferencia, debe solucionar todos los problemas que se presenten. No será hasta incorporar el sistema “Lean” que se hagan visibles la mayoría de ellos. Por eso es necesario un cambio de mentalidad de todas las personas que intervienen en el proceso productivo y llevar a cabo una concientización general transversal.

Este aspecto evidencia aún más la necesidad de trabajar en una implantación funcional, donde los puestos de trabajo se encuentren próximos entre sí, tratando de minimizar los transportes de material a largas distancias y balanceando las cargas de trabajo, con personal polivalente operando en modo pull en lugar de empujando.

Como punto de partida utilizaremos el valor de 20, para el lote de transferencia, que es igual al tamaño del lote de producción, utilizado hasta el momento por la FMT.

5.2.2 Equilibrio de cargas.

Es necesario establecer las causas por las cuales se han producido los desperdicios en los puestos de trabajo indicados en el cuadro 6, analizar si los ciclos de trabajo de persona superan a los de máquina, por lo que emplearemos para ello la tabla 19, siguiendo el orden de desperdicios indicados en el cuadro 7.

Para realizar este estudio es necesario establecer la producción diaria de artículo acabado, para esto utilizaremos los datos de producción diaria por

puestos indicados en la tabla 19, lo cual nos servirá para elaborar la tabla 25, en la cual se calculará el **promedio de producción** este dato nos servirá, como valor a alcanzar para equilibrar la producción, este podrá ser superado paulatinamente a medida que las herramientas lean se utilicen de manera efectiva.

Tabla 25: **Promedio de producción diaria obtenida en cada puesto.**

PUESTO	PROD/D
OP1	55
OP2	84
OP3	44
OP4	94
OP5	149
OP6	53
OP7	69
OP8	59
OP9	90
OP10	53
OP11	93
OP12	125
OP13	71
OP14	60
OP15	59
OP16	84
OP17	157
OP18	135
OP19	136
OP20	145
Promedio	90,75

Las operaciones que se encuentran marcadas con color verde representan los cuello de botella, una de las desventajas de este tipo de procedimiento es que no favorecen a la producción final, por lo que deben estar en constantemente funcionamiento para que la producción no se detenga. Supone una buena medida disponer después de ellas de una área de producto en proceso, que

permita, que el proceso continúe su funcionamiento a pesar que la operación anterior envíe el lote de transferencia con retraso.

Se utilizó el mismo tamaño para el lote de producción y de transferencia, lo que produjo que los lotes de transferencia utilizaran todo el material que se prepare en el lote de producción. Estos valores solo se podrán ajustar en la práctica, tomando en cuenta las recomendaciones del ítem 5.2.1.

Como se puede apreciar en la tabla 25, la producción promedio de las operaciones se aproxima a las 91 unidades por día. En adelante se utilizará este valor para ajustar la producción diaria de cada operación.

Las operaciones a analizar serán las que ocasionan el 80% de los desperdicios y se ordenaran, según la secuencia con la que aparecen en el cuadro 7.

Cuadro 8: Copia cuadro 7, detalle de las operaciones a evaluar.

PUESTO	DETALLE
OP3	Corte y preparación de espaldar ES
OP10	Corte y preparación de lateral LA
OP14	Suelda de lateral LA
OP6	Corte y preparación de tablero TA
OP1	Corte y preparación de asiento.
OP15	Ensamble de estructura
OP8	Corte y preparación de portolibros
OP7	Acabados en madera tablero TA
OP13	Doblado de espaldar
OP16	Lavado de estructura
OP2	Acabados en madera tablero asiento AS
OP9	Corte y preparación de soporte inferior SI

OP3: Corte y preparación de espaldar.**Tabla 26: Equilibrio de cargas OP3.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _{NVA} [s]	T _L [s]	T _{PNP}	% R _{NR}	T _{TLT} [s]	T _{PR} [s]	LT	T _{ELT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/D [u]
OP3	583	0	127	50	0,1	105	300	16	36	1	1	612,6	196	44
OP3 eq	583	0	127	50	0,1	105	110	20	36	2	2	300,7	93	90

El dato modificado en la tabla 26, es el tiempo de preparación necesario para alistar el material que será utilizado en la operación #3.

OP10: Corte y preparación de lateral LA.**Tabla 27: Equilibrio de cargas OP10.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _{NVA} [s]	T _L [s]	T _{PNP}	% R _{NR}	T _{TLT} [s]	T _{PR} [s]	LT	T _{ELT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/D [u]
OP10	2032	1	400		0,1	60	100	9	36	4	1	512,4	409,2	53
OP10 eq	713	1	113		0,1	60	100	20	36	3	2	241,3	60	112

Los tiempos de valor agregado T_{VA} y el tiempo de paro programado T_L, han cambiado debido a mejoras puntuales en el método de trabajo (shoninka), ya que en un inicio cada trabajador elaboraba un número indeterminado de piezas que conformaba el lateral LA durante toda la jornada, utilizando herramientas como shoninka. Se recomienda elaborar un número exacto de partes necesarios para alcanzar el lote de transferencia, y de esta manera ahorrar recursos y tiempo; además se puede apreciar que el número de personas y máquinas se ha reducido y podrá ser utilizado en cualquier otro puesto de trabajo necesario.

OP14: Suelda de lateral LA.

Tabla 28: Equilibrio de cargas OP14.

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/ D [u]
OP14	196	236	68		0,2	62	300	50	34	1	1	449,8	83,2	60
OP14 eq	196	87	68		0,2	62	200	20	34	1	1	298,4	79,8	90

En la operación 14, tabla 28, es necesario reducir los tiempos que no agregan valor al producto, esto se logra con herramientas como shoninka, los rechazos no recuperables necesitan una reducción despreciable, lo cual se obtiene al aplicar herramientas de control visual, los paros por preparación finalmente, se reducen al usar las 5S de la producción.

OP6: Corte y preparación de tablero TA.**Tabla 29: Equilibrio de cargas OP6.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/ D [u]
OP6	410	35	314	50	0,1	420	600	14	34	1	1	507,9	396,8	53
OP6 eq	410	35	314	50	0,1	320	400	20	34	2	2	241,6	193	110

Al igual que en la operación 3, los tiempos necesarios para la preparación deben ser reducidos, además se puede apreciar claramente la necesidad de incrementar el número de personas y de máquinas.

OP1: Corte y preparación de asiento AS.**Tabla 30: Equilibrio de Cargas OP1.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/ D [u]
OP1	459	20	201		0,1	100	10	14	36	1	1	494	206,1	55
OP1 eq	459	20	201		0,1	100	10	20	36	2	1	247	206,1	109

OP15: Ensamble de estructura.

Tabla 31: Equilibrio de cargas OP15.

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/ D [u]
OP15	83	364	14		0,1	28	246	100	36	1	1	460,4	26,7	59
OP15 eq	83	200	14		0,1	28	100	20	36	1	1	291,5	20,8	93

OP8: Corte y preparación de portalibros.**Tabla 32: Equilibrio de cargas OP8.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PROD/ D [u]
OP8	430	1	434	7	0,1	60	300	12	21	1	1	453,2	458,2	59
OP8 eq	430	1	434	7	0,1	60	100	20	21	2	2	220,2	223,7	121

En la operación 8 es necesario aumentar el número de personas y de máquinas, pero al igual que en las operaciones anteriores estas pueden ser compensadas ya que se encontrarán en la misma célula de manufactura.

OP7: Acabados en madera Tablero TA.**Tabla 33: Equilibrio de cargas OP7.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N v _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PRO D/D [u]
OP7	338	35	223	10	0,1	60	300	50	23	1	1	390	248,7	69
OP7 eq	338	35	223	10	0,1	60	300	20	23	2	2	196,3	124,7	138

Como se puede apreciar en las tablas 30 y 33, es necesario incrementar el número de personas, se debe señalar que todas las operaciones con relación al procesamiento de madera, se unirán en una sola célula de manufactura, lo que ayudará a que aunque se haya acabado de fabricar el lote de transferencia de determinada unidad, el trabajador o trabajadores empezarán a completar el lote de transferencia de la siguiente unidad.

OP13: Doblado de espaldar.**Tabla 34: Equilibrio de cargas OP13.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N VA [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PRO D/D [u]
OP13	64	300	72	0	0,1	30	300	50	28	1	1	380,5	87,6	71
OP13 eq	64	210	72	0	0,1	30	300	20	28	1	1	292,2	88,5	92

OP16: Lavado de estructura.**Tabla 35: Equilibrio de cargas OP16.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N VA [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PRO D/D [u]
OP16	301	20	7	0	0,1	36	122	36	36	1	1	329,4	14,1	82
OP16 eq	301	0	7	0	0,1	10	50	40	36	1	1	305	10,4	89

Al igual que en la operación 2, es necesario que el lote de transferencia sea el doble del lote de producción, para alcanzar la producción deseada, y será necesario establecer un supermercado después de esta operación.

Es necesario eliminar los tiempos que no agregan valor al producto utilizando todas las herramientas Lean como las 5S de la producción, además de los tiempos de transporte del lote de transferencia y los paros por preparación.

OP2: Acabados en madera tablero Asiento AS.**Tabla 36: Equilibrio de cargas OP2.**

Puesto	T _{VA} [s]	T _N VA [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	TT _{LT} [s]	T _{PR} [s]	LT	TE _{LT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PRO D/D [u]
OP2	201	100	133	0	0,1	500	120	50	42	1	1	320,9	141,2	84
OP2 eq	201	75	133	0	0,1	500	120	40	42	1	1	298,3	141,4	91

En esta actividad el lote de transferencia será el doble del lote de producción, por lo que será necesario establecer un supermercado después de esta operación.

OP9: Corte y preparación de soporte inferior SI.

Tabla 37: Equilibrio de cargas OP9.

Puesto	T _{VA} [s]	T _N V _A [s]	T _L [s]	T _{PN} P	% R _{NR}	T _{TLT} [s]	T _{PR} [s]	LT	T _{ELT} [s]	N _T	N _M	TP [s/u]	TM [s/u]	PRO D/D [u]
OP9	184	100	39	0	0,1	60	120	9	24	1	1	299,6	47,7	90
OP9 eq	184	96	39	0	0,1	60	120	20	24	1	1	290,5	46,2	91

Los tiempos a reducir en las operaciones 2, 9, 13,14; se aprecian que son los tiempos que no agregan valor al producto, para alcanzar la meta establecida de producción diaria.

Otro método para equilibrar la producción, se basa en variar los tiempos actividad, en base al método en que se realiza el proceso, o al tipo de maquinaria que se está utilizando en el proceso. Pero se puede realizar únicamente en la práctica, ya que de esta manera se obtienen límites y valores reales de cualquier cambio que se planifique.

A continuación en el cuadro 9, se presenta un resumen de los cambios necesarios a realizar para mejorar la producción, mediante los “lineamientos LEAN”.

Cuadro 9: Resumen de soluciones a implementar en base a herramientas LEAN.

OPERACIÓN	SOLUCIONES A IMPLEMENTAR.	HERRAMIENTA LEAN
OP3	Reducir los paros por preparación de 300 [s] a 110 [s]	Shoninka. Instrucciones de trabajo.

	Incrementar el número de personas y máquinas 1 unidad.	
OP10	Precisar el modo en que se realiza el trabajo mediante mejoras puntuales shoninka. Disminuir el número de personas y el número de máquinas.	Shoninka. Instrucciones de trabajo.
OP14	Reducir los tiempos que no agregan valor de 236 [s] a 87 [s]. Reducción de los tiempos de preparación de 300 [s] a 200 [s].	Shoninka. Supermercado
OP6	Reducir el tiempo de transporte del lote de transferencia de 420 [s] a 320 [s]. Reducir los paros programados de 600 [s] a 400 [s]. Aumentar 1 trabajador y 1 máquina.	Shoninka. Shoninka
OP1	Aumentar 1 trabajador.	Shoninka
OP15	Reducir los tiempos que no agregan valor de 364 [s] a 200 [s].	Eficiencia
OP8	Aumentar 1 trabajador y 1 máquina.	Shoninka
OP7	Aumentar 1 trabajador y 1 máquina.	Shoninka
OP13	Reducir los tiempos que no agregan valor de 300[s] a 210 [s].	Shoninka.
OP16	Reducir los tiempos que no agregan valor a lo mínimo posible. Incrementar el lote de transferencia a 40 unidades. Reducir los tiempos de transporte de 36 [s] a 10 [s]. Reducir los tiempos de preparación de 50 [s] a 20 [s].	Eficiencia. Tackt time. Retiro constante. Shoninka.
OP2	Reducir los tiempos que no agregan valor de 100 [s] a 75 [s]. Reducir el lote de transferencia a 40 unidades.	Shoninka. Kanban.
OP9	Reducir los tiempos que no agregan valor de 100 [s] a 96 [s].	Shoninka

Una vez determinados y reducidos los desperdicios, el proceso se representará en la tabla 38, donde quedan representados los puestos de trabajo y asignación de tareas.

Hay que tomar en cuenta que mientras más juntas se encuentran las operaciones, disminuirán en la mayoría de puestos de trabajo, lo que eliminará a su vez los desperdicios y ayudará a que se procesen más unidades en los puestos que se beneficien de esta mejora.

Tabla 38: Determinación de los puestos de trabajo y asignación de tareas, nuevo diseño.

DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA PRODUCTIVO:		Convenc. - masa		Producción diaria planificada: 100		Duración jornada (h.): 8		Seg. ¿Preparación sin paro proc S/N: n																					
Producto:		Modelo: <i>p1-2005</i>		Lote producción (uds.): 20		Paros programados jorn. (h.): 0,5		Duración neta (h.): 7,5																					
Tiempos en Segundos																													
PROCESOS Y OPERACIONES POR PUESTO				TIEMPOS DE PROCESO			TIEMPOS ADICIONALES POR			PARÁMETROS DISEÑO SISTEMA				AGRUPACIÓN PUESTOS Y CICLOS			PRODUCCIÓN												
Puesto	Operaciones asignadas				Proc.	Trabajo	Maquinas	Rechazos	Transporte	Tiempo	Cantidad	Lote (1)	Tiempo jornada	Puesto agrupado	TIEMPOS DE CICLO		diana (uds.)												
Nº Denom	<< Instrucciones en cabeceras de columnas >>				sigue	VA	NVA	Proceso	Paro n.p.	no recuperat	persona	preparacion	Trabaj	Máq. transferencia	H extra (*)	Seg paro lote	Orden(2)Nº trabaj.	Trabajo	Maquina	por puesto									
1	OP1	1	2	3	4	OP2	459	20	201		1,0%	8	10	2	1	20		36	1	2	243,2	205,3	111						
2	OP2	5	6	7	8	9	10	OP20	201	75	133		1,0%	1	120	1	1	20		42	2	1	286,9	142,4	94				
3	OP3	11	12	13	14	15	16	OP4	583		127	50	1,0%	8	110	2	2	20		36	3	2	298,3	93,0	91				
4	OP4	17	18	19	20	21	22	OP5	180	80	35		0,1%	1	360	1	1	20		45	4	1	280,6	55,3	96				
5	OP5	23						OP20	56	100	15		0,3%	123	300	1	1	20		36	5	1	179,4	31,8	150				
6	OP6	24	25	26	27			OP7	410	35	314	50	0,1%	8	400	2	2	20		34	6	2	233,8	193,0	115				
7	OP7	28	29	30	31	32	33	OP20	338	35	223	10	0,1%	1	300	2	2	20		23	7	2	194,8	124,7	139				
8	OP8	34	35	36				OP15	430	1	434	7	0,1%	35	100	2	2	20		21	8	2	219,6	223,7	121				
9	OP9	37	38					OP13	184	96	39		0,1%	6	120	1	1	20		24	9	1	287,8	46,2	94				
10	OP10	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	OP13	713	1	113		0,1%	5	100	3	2	20		36	10	3	240,4	60,0	112
11	OP11	49						OP14	76	200	72	7	0,1%	42	220	1	1	20		45	11	1	291,6	92,3	93				
12	OP12	50						OP14	94	105	102		0,5%	5	300	1	1	20		36	12	1	217,0	119,3	124				
13	OP13	51						OP14	64	210	72		0,1%	4	300	1	1	20		28	13	1	290,9	88,5	93				
14	OP14	52	53					OP15	196	87	68		0,2%	4	200	1	1	20		34	14	1	295,5	79,8	91				
15	OP15	54						OP16	83	200	14		0,1%	6	100	1	1	20		36	15	1	290,4	20,8	93				
16	OP16	55	56	57				OP17	301		7		0,1%	20	10	1	1	20		36	16	1	304,6	9,3	89				
17	OP17	58	59					OP18	71	100	35		0,1%	6	300	1	1	20		36	17	1	188,3	51,8	143				
18	OP18	60	61					OP19	169	30	98		0,1%	34	120	1	1	20		34	18	1	208,6	105,8	129				
19	OP19	62	63					OP20	178	20	112		0,1%	19	100	1		20		32	19	1	205,7		131				
20	OP20	64	65	66	67				354	17	67		0,1%	5	200	2	2	20		32	20	2	191,6	39,3	141				
(*) TIEMPO EXTRA en puestos agrupados: Se opera con el menor de ellos (único tiempo disponible en TODAS las tareas)						Totales >>	5.140	1.412	2281	124	0,05	341	3.770	28	25	Máximo: 20	Total ud: 34	20	puestos	Máx:304,6	Máx:223,7	Producción de producto acabado: 89							
							6.552	2.405			(fallos/ud.)	Total/ud:	Media/ud:	Medio > 20,0		Equiv.jornadas:	(Seg)	28	Nº trabajadores:	Máximos desequilibrios:	125,2	214,4	[condicionante]						
							% NVA+Paro/Total:	17,1			Med.:0,3%	17	188,5																
										Producción diaria (producto acabado): 89					Productividad media (p.a.) / hora trabajada: 0,4														

(Cuatrecasas, 2009)

5.2.3 Crear un Flujo continuo, a partir de equilibrio de cargas.

Aunque el Lean manufacturing intenta evitar en sus plantas de producción la organización de tipo funcional (talleres), no es conveniente agrupar máquinas de igual función, por la gran cantidad de despilfarros que generan. Por el alto costo que produce el movimiento de máquinas y herramientas, más los cambios que se deberían realizar en la infraestructura, se ha establecido una distribución funcional, basada en células flexibles de manufactura, lo que supone una implantación en flujo tirado (jalar), es decir pull, con el producto avanzando unidad a unidad o en lotes muy pequeños y los puestos de trabajo con las cargas equilibradas y con la posibilidad de variar el volumen de producción, alterando la cantidad de puestos de trabajo de cada célula, tal como establece la filosofía lean.

Una de las primeras cosas que se puede apreciar en el nuevo diseño tentativo figura 34, es que se han agrupado en un solo sector todas las actividades correspondientes a la elaboración de partes de madera, minimizando así los transportes, que, a diferencia de la figura 18, se han establecido células de manufactura y se ha previsto un almacén solo para productos de madera, evitando así el envío de material desde la bodega general, minimizando así los desperdicios en las operaciones OP1, OP2, OP3, OP6 y OP7, directamente vinculados con la fabricación de partes en madera.

Hay que tener en cuenta la cantidad de stock que se almacena dentro del proceso (lo que se denomina como fábrica oculta), el uso de supermercados y las tarjetas Kanban, tanto de producción como de retiro, fomentaran y ayudaran a que el proceso sea más organizado, encontrando partes que necesitan, cuando la necesitan, ajustando el modelo de producción a un sistema JUST IN TIME (Justo a tiempo).

En la figura 33, se presenta el flujo VSM_A en el cual se presenta el modelo en el cual se halla trabajando la FMT, y se asemeja a un diseño convencional en masa para después ser comparado con la propuesta de flujo en base a la metodología Lean, y a los ajustes realizados en el equilibrio de cargas, figura 34.

A esta nueva propuesta se la conoce como mapa de valor Futuro VSM_F , y contara con la aplicación y utilización de células flexibles de manufactura.

El modelo que se muestre en la implantación basada en el VSM_F , de la figura 34, es la que se diseñará en forma completa, por lo que se eliminaran la mayoría de stocks intermedios entre las 20 operaciones, con la utilización de supermercados con un pequeño stock, mayormente controlado.

Como se puede apreciar la implantación del VSM_F , está provisto de algunas células de manufactura las cuales se definirán en forma más detallada, hasta obtener el diseño más eficiente en relación a la eliminación de desperdicios de acuerdo con la metodología Lean.

Una vez establecida la implantación del mapa de valor futuro VSM_F , y en base a las soluciones a implementar planteadas en el cuadro 9, empezaremos estableciendo el mapa de valor final VSM_F , que se tomara todas las mejoras establecidas en la figura 34, y con el fin de tener claro cómo están distribuidas presentaremos una lista de las operaciones en la cuadro 10.

La figura 35, presenta el mapa de valor futuro en base a la implantación Lean en la figura 34, tomando en cuenta todos los valores establecidos en los ítems anteriores.

Como se puede apreciar en el figura 35, se han establecido algunas herramientas de la metodología Lean, tales como Heijunka, que establece la posibilidad de fabricar varios tipos de productos en lotes pequeños es decir que este mapa de valor será aplicable en varios tipos de modelos de pupitres, como se estableció en la creación de las familias de productos.

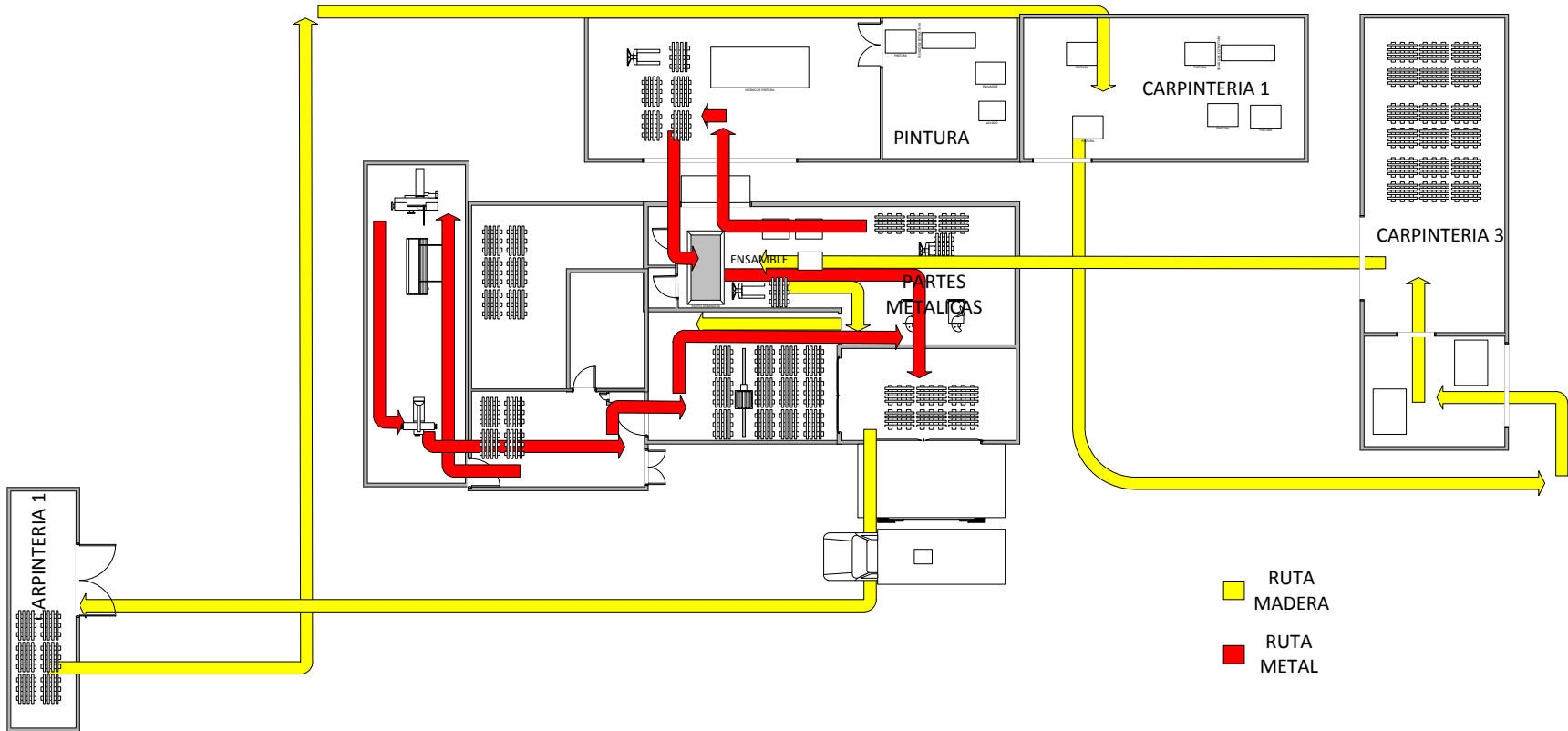


Figura 33: Flujo de Proceso, basada en el Mapa de Valor Actual VSM_A.

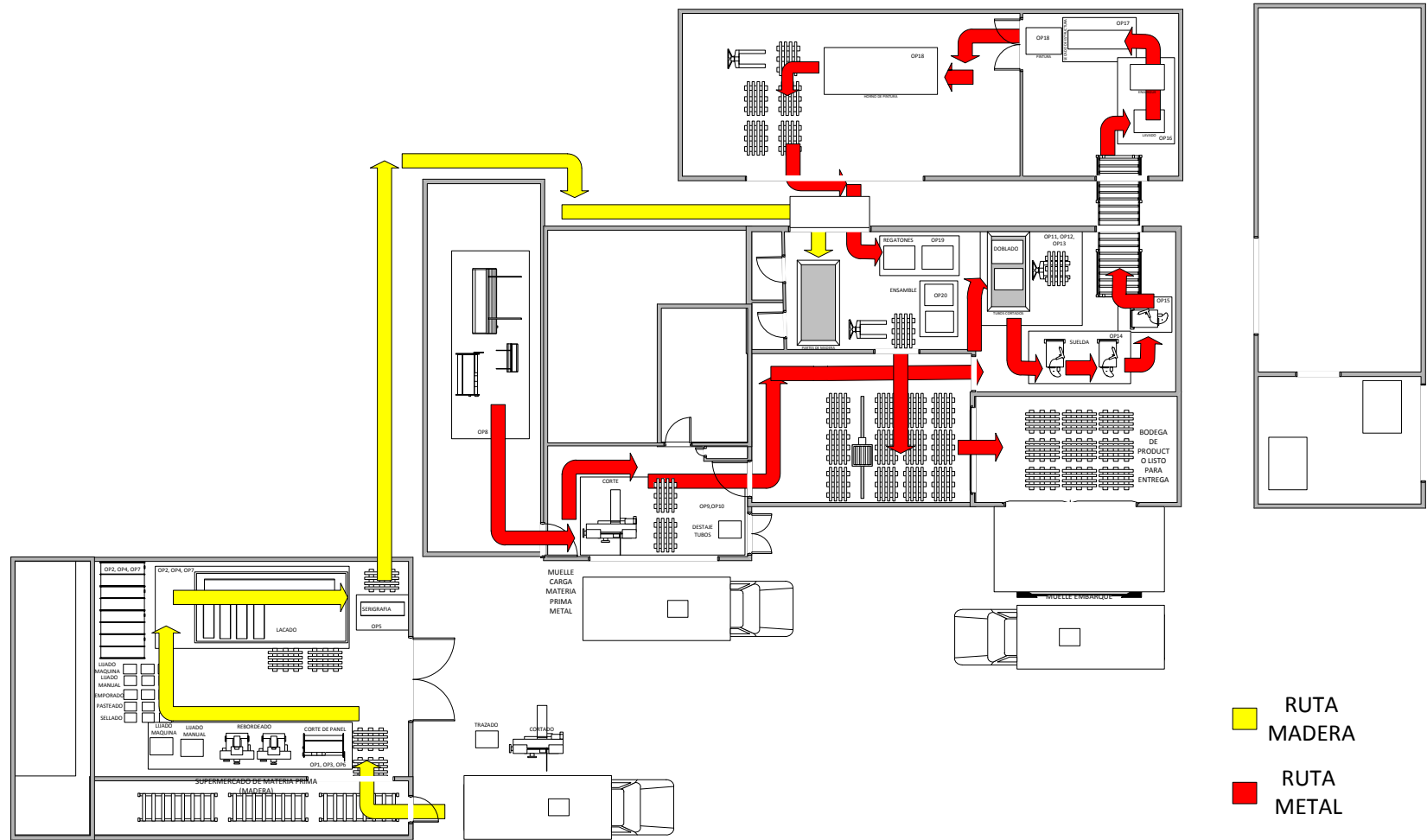


Figura 34: Implantación Lean basada en el mapa de valor futuro VSM_F, Fábrica Metalmecánica de Tabacundo.

Cuadro 10: Lista de Operaciones proceso de fabricación pupitre unipersonal P1-2005.

OPERACIÓN	DETALLE PROCESO.
OP1	Corte y preparación de asiento.
OP2	Acabados en madera tablero Asiento AS
OP3	Corte y preparación de espaldar ES
OP4	Acabados en madera espaldar ES.
OP5	Serigrafía.
OP6	Corte y preparación de tablero TA
OP7	Acabados en madera Tablero TA
OP8	Corte y preparación de portalibros
OP9	Corte y preparación de soporte inferior SI
OP10	Corte y preparación de lateral LA
OP11	Doblado de soporte lateral.
OP12	Doblado de asiento
OP13	Doblado de espaldar
OP14	Suelda de lateral LA
OP15	Ensamble de estructura
OP16	Lavado de estructura
OP17	Secado de estructura
OP18	Curado de pintura electrostática.
OP19	Colocación de regatones.
OP20	Ensamble y embalado de producto terminado.

Otro aspecto positivo que se ha tomado dentro de la metodología Lean es la utilización de tarjetas kanban, tanto para el movimientos de partes así como la producción de partes. Los administradores del supermercado administraran las tarjetas kanban de producción, mientras que las tarjetas kanban de movimiento serán administradas por las operaciones que precisen algunas partes,

asegurando así un sistema que jale la producción, además del movimiento seguido de los lotes establecidos de producción.

El sistema FIFO, primeras entrada, primeras salidas, aseguran que las primeras partes en ingresar al supermercado sean las primeras en salir para su utilización.

Se estableció algunas áreas de producto en proceso, en las operaciones que tienen un volumen de producción menor al de la operación siguiente, además de algunos factores externos, se presentara en el cuadro 11, el respectivo cálculo y formulación, para obtener el tamaño que tendrá cada uno de ellos.

Cuadro 11: Detalle de las áreas de producto en proceso establecido en VSM_F.

ÁREA DE PRODUCTO EN PROCESO.	OPERACIONES	CAUSAS
1	Entre las operaciones OP3 y OP4.	Diferencia de la producción diaria entre OP3 y OP4 de 5 unidades.
2	Área de producto en proceso entre las operaciones OP4 y OP5.	Diferencia de la producción diaria entre OP4 y OP5 de 54 unidades.
3	Área de producto en proceso seguridad entre las operaciones OP6 y OP7.	Diferencia de la producción diaria entre OP6 y OP7 de 24 unidades.
4	Área de producto en proceso entre las operaciones OP10 y OP11.	Por seguridad y en base a la experiencia adquirida en la estadía en la FMT, ya que los consumibles de la cortadora son importados, y

Continua



		a falta de estos se los hace con una tronzadora manual.
5	Área de producto en proceso entre las operaciones OP18 y OP19.	Diferencia de la producción diaria entre OP18 y OP19 de 3 unidades.

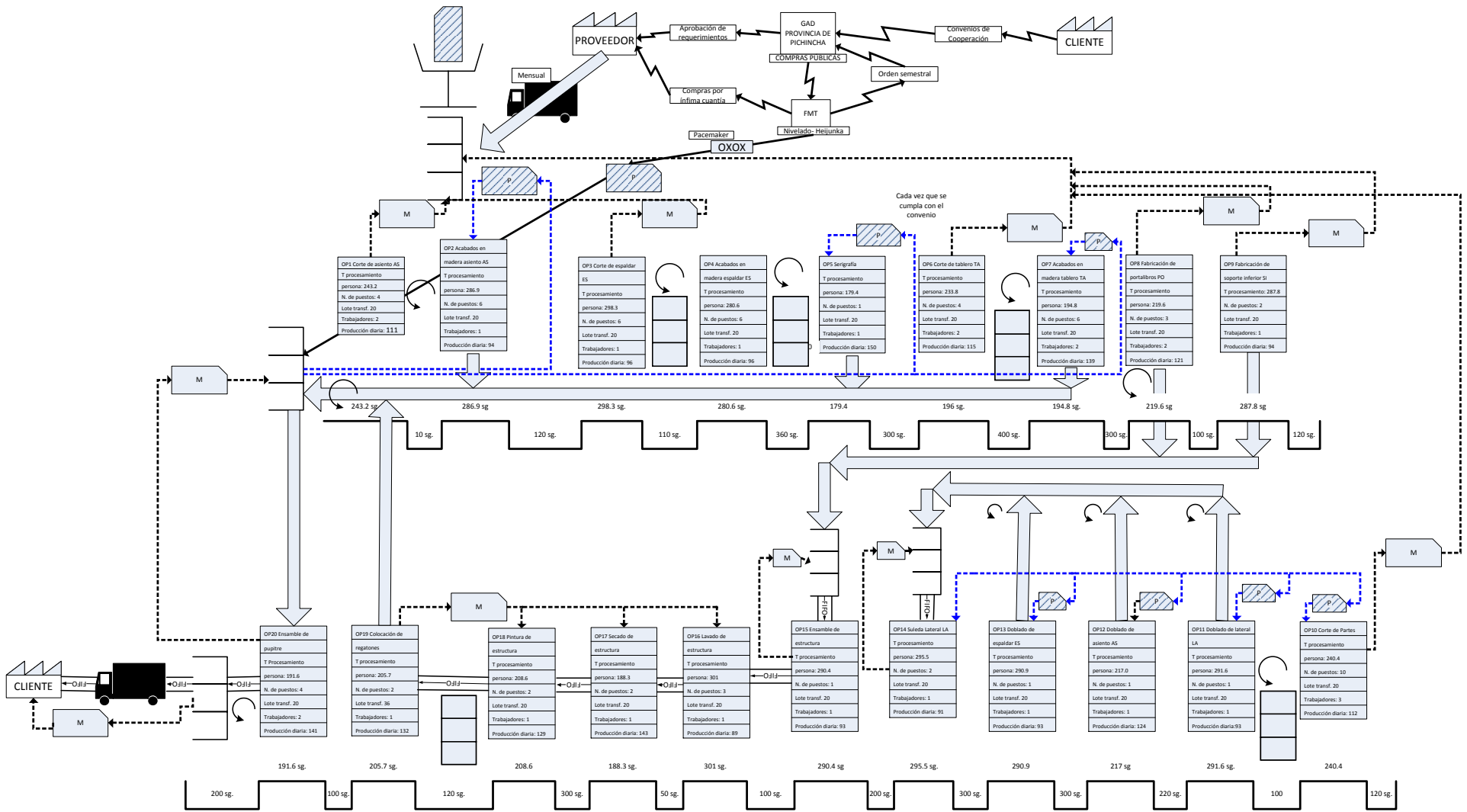


Figura 35: Mapa de Valor Futuro VSM_F, Implantación LEAN FMT.

Formulación:

El área de producto en proceso, está representada mediante las siglas SG (Stock de seguridad), y estará establecido mediante la siguiente formula:

$$SG = (PROD_{D_n} - PROD_{D_{n-1}}) \times fs.$$

Donde:

PROD_D: Producción diaria.

n: Numero de la operación.

fs: Factor de seguridad.

El valor del área de producto en proceso dependerá de la puesta en marcha en la FMT, y como punto de partida utilizaremos un valor de 2, lo cual asegura que exista el doble de partes faltantes en cada uno de las áreas de producto en proceso.

Tomaremos como ejemplo el área de producto en proceso #1, entre las operaciones OP3 y OP4.

Datos:

Producción diaria OP3: 91 unidades.

Producción diaria OP4: 96 unidades.

Factor de seguridad: 2.

$$SG = (PROD_{D_n} - PROD_{D_{n-1}}) \times fs.$$

$$SG = (96 - 91) \times 2$$

$$SG = 10 \text{ unidades.}$$

A continuación la tabla 39, presenta los valores establecidos para las áreas de producto en proceso.

Tabla 39: Tamaño de las áreas de producto en proceso establecidas en el VSM_F.

ÁREA DE PRODUCTO EN PROCESO.	OPERACIONES	PRODUCCIÓN DIARIA	VALOR
1	OP4	96	10
	OP3	91	
2	OP5	150	108
	OP4	96	
3	OP7	139	48
	OP6	115	
4	OP10	112	224
	OP11	93	
5	OP19	131	4
	OP18	129	

En la tabla 39, el área de producto en proceso número 4, no aplica a la formulación aplicada anteriormente, ya que este stock, parte de la experiencia asimilada en la permanencia en la fábrica, y se ha tomado con el doble de unidades de la OP10, es decir el área de producto en proceso #4, tendrá un valor de 224 unidades.

5.2.4 Desarrollo de los espacios necesarios dentro de la FMT.

En base a la obtenido, obtendremos datos que nos ayudara el momento de empezar a implementar la normativa Lean, además de algunos parámetros que nos servirán como patrón al momento de querer valorar la eficiencia de este sistema.

Empezaremos estableciendo las superficies que necesitará cada estación de trabajo que compone cada puesto, y está definido de acuerdo al método de Guerchet, (Cuatrecasas, 2009), que expresa que la superficie total vendrá dada por la suma de las tres superficies parciales como se muestra en la Figura 36:

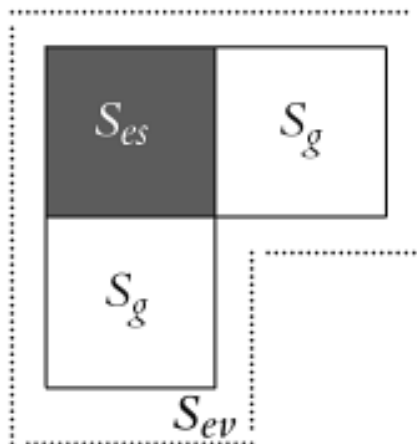


Figura 36: Superficies de Guerchet.

(Cuatrecasas, 2009)

1. *Superficie estática:* S_{es} . Es la superficie que ocupa físicamente la maquinaria que está procesando el puesto de trabajo.
2. *Superficie de gravitación:* S_g . Se trata de la superficie que está siendo ocupada por los operarios que están trabajando y por el material que se está siendo procesando en el puesto de trabajo. Esta superficie se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados (n) que deban estar operativos, es decir por el que se utilizara el equipamiento productivo.

$$S_g = S_{es} \times n$$

3. *Superficie de evolución:* S_{ev} . Contempla la superficie necesaria a reservar entre diferentes puestos de trabajo para el movimiento del personal y del

material además de los medios de transporte. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$S_{ev} = (S_{es} + S_g) \times k$$

Siendo k , un coeficiente que varía en función de la proporción entre el volumen de material, personal y equipos de mantenimiento que se muevan en los puestos de trabajo y el tamaño de las máquinas equipos e instalaciones productivas de dichos puestos, lo que se traduce en un “*pasillo*” de anchura relacionada con el coeficiente k alrededor de las superficies S_{es} y S_g . Para esto utilizaremos la tabla 40.

Tabla 40: Coeficientes para la superficie de evolución.

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	k
Gran industria, alimentación y evacuación mediante puente grúa	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transporte aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

(Cuatrecasas, 2009).

La superficie total de obtiene sumando las tres superficies establecidas:

$$S_t = S_{es} + S_g + S_{ev}$$

$$S_t = S_{es} + (S_{es} * n) + [S_{es} + (S_{es} * n)] * k$$

$$S_t = S_{es} * [1 + n + k + (n * k)]$$

Al ser la FMT es una empresa Metalmecánica, tomaremos como referencia los valores de k recomendados para una pequeña mecánica debido a

que los volúmenes de producción son pequeños, no existen grandes cantidades de maquinaria.

Una vez establecidos los parámetros necesarios para evaluar la superficie de cada actividad, se presentará un caso ejemplo, la tabla 41, representa el cuadro con los volúmenes de cada superficie, y la figura 37, representa cada una de las superficies establecidas para el puesto de trabajo.

Sección Estructuras:

Equipo: Cizalla Grande.

Dimensiones: 7,2 X 2,8 [m]

n: Lados operativos: 2

$$S_g = S_{es} \times n$$

$$S_g = (7,2 * 2,8) \times 2$$

$$S_{ev} = (S_{es} + S_g) \times k$$

$$S_{ev} = ((20,16) + 40,32) \times 1,5$$

$$S_{ev} = 90,72m^2$$

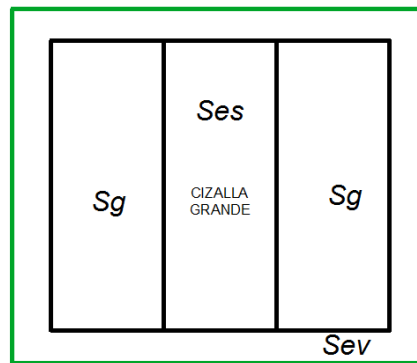
$$S_t = S_{es} + S_g + S_{ev}$$

$$S_t = 20,16 + 40,32 + 90,72$$

$$S_t = 151,2m^2$$

Tabla 41: Caso ejemplo superficie necesaria para equipo.

Cizalla grande			
S_{es}	20,16	k	1,5
S_g	40,32	n	2
S_{ev}	90,72		
S_t	151,2		

**Figura 37:** Caso ejemplo superficie necesaria para cada equipo.

Se presenta en el anexo 2, una tabla en la que se representa las superficies necesarias para cada operación, lo cual ayudara a diseñar cada una de las estaciones de trabajo, ayudando especialmente en el cálculo de la nueva área de carpintera a construir establecida en la figura 34, además que esta tabla nos ayudara a levantar una escala de las superficies del layout de la planta levantada en AUTOCAD, en escala 1:1, lo que asegurara un alto de grado de exactitud dentro del diseño e las células de manufactura a establecerse en algunas operaciones.

Además se presenta un layout levantado en AutoCAD en escala de la superficie a ser utilizada por cada una de las estaciones de trabajo.

En el anexo 5 planos, se presenta información detallada que servirá al momento de realizar la implementación.

Establecido el layout a escala real, se puede calcular las métricas y la eficiencia de esta nueva distribución a partir de la tabla 42, la cual muestra a detalle las distancias anteriores y las distancias propuestas, además de los tiempos calculados a partir de la velocidad promedio de una persona cuando camina, aproximadamente 3 km/h, o 0.83 [m/s].

Tabla 42: Mejoras en distancias de transporte.

MEJORAS EN DISTANCIAS DE TRANSPORTE				
OPERACIÓN	ACTUAL	PROPUESTO	VARIACIÓN	
			DISTANCIA	PORCENTAJE
	DISTANCIA [m]	DISTANCIA [m]	DIFERENCIA [m]	VARIACIÓN EN %
OP1	83	6,73	76,3	92%
OP2	415	0,62	414,4	100%
OP3	87,15	6,73	80,4	92%
OP4	398,4	0,62	397,8	100%
OP5	747	102,00	645,0	86%
OP6	348,6	6,73	341,9	98%
OP7	49,8	0,62	49,2	99%
OP8	49,8	28,64	21,2	42%
OP9	49,8	5,20	44,6	90%
OP10	49,8	4,00	45,8	92%
OP11	149,4	34,97	114,4	77%
OP12	28,22	4,00	24,2	86%
OP13	24,9	3,00	21,9	88%
OP14	51,46	3,00	48,5	94%
OP15	23,24	5,00	18,2	78%
OP16	29,88	17,00	12,9	43%
OP17	41,5	5,00	36,5	88%
OP18	415	28,00	387,0	93%
OP19	3,32	16,00	-12,7	-382%
OP20	87,15	4,00	83,2	95%
SUMATORIA	3132,42	281,8		

Tabla 43: Mejoras en tiempos de transporte.

MEJORAS EN TIEMPOS DE TRANSPORTE					
OPERACIÓN	ACTUAL	PROPUESTO	VARIACIÓN		
			TIEMPO		PORCENTAJE
			TIEMPO [s]	TIEMPO [s]	DIFERENCIA [s]
OP1	100	8		92,0	92%
OP2	500	1		499,0	100%
OP3	105	8		97,0	92%
OP4	480	1		479,0	100%
OP5	900	123		777,1	86%
OP6	420	8		411,9	98%
OP7	60	1		59,3	99%
OP8	60	35		25,5	42%
OP9	60	6		53,7	90%
OP10	60	5		55,2	92%
OP11	180	42		137,9	77%
OP12	34	5		29,2	86%
OP13	30	4		26,4	88%
OP14	62	4		58,4	94%
OP15	28	6		22,0	78%
OP16	36	20		15,5	43%
OP17	50	6		44,0	88%
OP18	500	34		466,3	93%
OP19	4	19		-15,3	-382%
OP20	105	5		100,2	95%
SUMATORIA	3774	340			

Los porcentajes que se presentan en las tablas 42 y 43, muestran que en la operación 19 (OP19) con valor negativo, muestra que la distancia en este puesto ha aumentado, pero si se toma en cuenta las ganancias en la eficiencia del resto de operaciones, se puede decir que es valor despreciable.

5.3 Parámetro de eficiencia del sistema.

5.3.1 Calculo del Lead Time.

El Lead Time se define como el tiempo total de proceso para obtener el primer lote de producción completo L_p . La mayoría de los ciclos de proceso están controlados por los trabajadores T_p , de manera que es posible aumentar y reducir la capacidad, únicamente disponiendo una capacidad mayor de trabajadores en cada operación, teniendo en cuenta que esto repercutirá en la maquinaria y herramientas, razón por la cual el número de trabajadores tendrá un techo.

El sistema de producción actual de la FMT, es un sistema de producción en masa, donde se prefiere la productividad (en sentido a la capacidad productiva), la cual favorece la entrega rápida, ya que cada puesto trabaja de forma independiente, de manera que no opera una sola unidad sino un lote de transferencia, lo más grande posible evitando así que las operaciones siguientes tengan que esperar que las unidades lleguen del puesto anterior.

Para el sistema de producción en masa el Lead Time se define como:

$$LT = \frac{L_p}{c} * \left[\sum_{i=1}^n (T_{P_n}) + T_{Pcon} * (c - 1) \right]$$

Dónde:

LT: Lead Time. (Tiempo de espera).

n: Número de operaciones.

L_p : Lote de producción.

T_p : Tiempo de proceso.

T_{pcon} : Tiempo de proceso de la operación condicionante.

c : Numero de lotes de transferencia.

$$c = \frac{L_P}{L_t}$$

Los datos para realizar el cálculo del Lead Time se obtiene de la tabla 19, y se resumen a continuación en la tabla 44.

Tabla 44: Lead Time sistema de producción actual.

OPERACIÓN	T_P [s/u]	L_P [u]	Lead time [s]
OP1	494	20	9880
OP2	320,9	20	6418
OP3	612,6	20	12252
OP4	288,8	20	5776
OP5	180,8	20	3616
OP6	507,9	20	10158
OP7	390	20	7800
OP8	453,2	20	9064
OP9	299,6	20	5992
OP10	512,4	20	10248
OP11	291,8	20	5836
OP12	216,4	20	4328
OP13	380,5	20	7610
OP14	449,8	20	8996
OP15	460,4	20	9208
OP16	323,3	20	6466
OP17	172,2	20	3444
OP18	200,1	20	4002
OP19	199,1	20	3982
OP20	186	20	3720
TOTAL LT			138796

Como se puede apreciar en la tabla 44, el lead time total es de:

$$138796 \text{ s} * \frac{1h}{3600 \text{ s}} = 38,55 \text{ h}$$

Este valor nos indica que el primer lote completo de 20 unidades se entregara en 38,55 h. Lo cual nos da una relación aproximada de 2 días, para que se tenga listo el lote a ser entregado.

En el caso de la aplicación de un sistema Lean, en flujo; el producto se encuentra avanzando unidad, con sincronización equilibrada y eliminando los despilfarros.

La tabla 38, presenta los valores necesarios para calcular el Lead Time de la distribución a implantar y se define mediante la fórmula:

$$LT = \sum_{i=1}^n (T_{P_n}) * L_P$$

Dónde:

LT: Lead Time. (Tiempo de espera).

n: Número de operaciones.

Lp: Lote de producción.

Los datos para el cálculo del Lead Time de la distribución a implantar se presentan en la tabla 45:

Tabla 45: Lead Time sistema de producción a implementar.

OPERACIÓN	TP	LP	Lead Time
OP1	243,2	20	4864
OP2	286,9	20	5738
OP3	298,3	20	5966
OP4	280,6	20	5612
OP5	179,4	20	3588
OP6	233,8	20	4676
OP7	194,8	20	3896
OP8	219,6	20	4392
OP9	287,8	20	5756
OP10	240,4	20	4808
OP11	291,6	20	5832
OP12	217	20	4340
OP13	290,9	20	5818
OP14	295,5	20	5910
OP15	290,4	20	5808
OP16	304,6	20	6092
OP17	188,3	20	3766
OP18	208,6	20	4172
OP19	205,7	20	4114
OP20	191,6	20	3832
TOTAL LT			98980

Transformando el Lead time a horas se obtiene lo siguiente:

$$LT = 98980 \text{ s} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 27,49 \text{ h}$$

Este valor nos indica que el primer lote completo de 20 unidades se entregara en 27,72 h. Se puede apreciar que claramente es un modelo más eficiente, el lote de producción se entrega totalmente a partir del tiempo indicado, cada estación de trabajo sede el producto al siguiente, de ahí la importancia de la filosofía **Just in Time** (Justo a tiempo).

También hay que aclarar que para el sistema nunca se detenga es necesario establecer una área de producto en proceso, después de los puestos que tienen un baja producción diaria.

Hasta ahora se han cumplido algunos de los objetivos de la metodología Lean: Productividad, rapidez y eliminación de stock, la tabla 38, indica claramente que ningún tiempo de proceso de máquina TM, supera al tiempo de proceso de persona TP, es decir que en ningún momento la persona se encuentran paradas esperando a que la máquina termine de procesar el producto.

5.3.2 Mejoras en la productividad.

A partir de la tabla 38, que establece como valor final la producción diaria por cada puesto del modelo a implementar y al compararlo con la 19, que muestra de igual manera su valor final la producción diaria, podemos establecer una métrica a partir de la diferencia en la producción y se presenta en la tabla 46.

Tabla 46: Mejores en la producción diaria.

MEJORAS EN PRODUCCIÓN DIARIA				
OPERACIÓN	ACTUAL	PROPUESTO	VARIACIÓN	
	PROD _D	PROD _D	DIFERENCIA	INCREMENTO %
OP1	55	111	56	102%
OP2	84	91	7	8%
OP3	44	90	46	105%
OP4	94	140	46	49%
OP5	149	141	-8	-5%
OP6	53	114	61	115%
OP7	69	138	69	100%
OP8	59	121	62	105%
OP9	90	94	4	4%
OP10	53	112	59	
OP11	93	92	-1	-1%

Continua 

OP12	125	125	0	0%
OP13	71	93	22	31%
OP14	60	91	31	52%
OP15	59	93	34	58%
OP16	84	89	5	6%
OP17	157	144	-13	-8%
OP18	135	125	-10	-7%
OP19	136	132	-4	-3%
OP20	145	140	-5	-3%

Se puede apreciar que en algunas operaciones existen valores y porcentajes con signos negativos, esto no significa que existan pérdidas, se debe al equilibrio de cargas planteado en el ítem 5.2.2 y significa que la producción se ha reducido en un valor máximo de un 8% en la operación 17 (OP17), que se refiere al secado de la estructura después del lavado.

5.3.3 Productividad media por hora trabajada.

La producción media por hora trabajada P_{med} , establece que cantidad de producto terminado (salida), se obtiene para diferentes factores que intervienen en el proceso de producción.

Y se define como el cociente entre la producción diaria obtenida $PROD_D$, limitada por la operación condicionante o cuello de botella, y la cantidad de trabajadores que intervienen en el proceso multiplicado por el número de horas trabajadas, y se define mediante la siguiente fórmula.

$$P_{med} = \frac{PROD_{oc}}{NT * TJ}$$

Donde:

P_{med} : Productividad medio/ hora trabajada.

PROD_{OC}: Productividad diaria de la operación condicionante.

Nt: Número de trabajadores.

TJ: Jornada base de horas de trabajo.

Una vez establecido como se define la productividad media por hora trabajada obtendremos la productividad tanto para la operativa actual tabla 19, así como la que va a ser implementada 38, y se resumen en la tabla 47, y equivale a una eficiencia del 100%, ya se su valor se eleva al doble de su valor actual.

Tabla 47: Calculo de productividad diaria por hora trabajada.

PARÁMETRO	ACTUAL	PROPUESTA
PROD _{OC}	44	89
NT	24	29
TJ	8	8
Pmed	0,2	0,4
Pmed%	20%	40%

En países como la zona europea la productividad media por hora trabajada es del 45,6 % como mínimo y con un máximo del 75%, y en países como México este índice a nivel país alcanza el 20%, razón por la cual el índice propuesto es muy favorable. (Koyos, 2009)

5.4 Definir un sistema que “Jale” (PULL).

Para la implementación de un sistema PULL, es necesario que cada actividad produzca para su “cliente” (el proceso siguiente) la cantidad y clase de producto que precise en la medida de lo posible, justo cuando se lo precise.

Por lo que se requiere un sistema de transmisión de la información de las necesidades del proceso hacia atrás llamada tarjetas **kanban**.

El sistema **kanban** es un sistema de transmisión de órdenes de producción y órdenes de recolección de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción correspondiente dentro del proceso productivo, en la clase, cantidad y momento en que se precisan. (Cuatrecasas, 2009).

El kanban, es la base de la filosofía JIT (Just in time) justo a tiempo, y es una necesidad inexcusable para atender a toda la demanda de la línea productiva, y se basa en un proceso que sigue un supermercado, donde el cliente recoge una mercancía, la cual lleva una etiqueta u otro sistema identificador, y al pasar por la caja, esta reúne los identificadores respectivos de todos los productos vendidos, y esta a su vez recoge información para realizar la reposición de todos los productos faltantes y los solicita a sus distribuidores.

Al final el kanban se resume en una tarjeta, que se utiliza para solicitar del proceso anterior, una cantidad de piezas que deben ser repuestas por haber sido ya consumidas. (Cuatrecasas, 2009).

Existen dos clases de tarjetas **kanban**:

1. Tarjeta o kanban de producción: Se utiliza para pedir al proceso anterior, un lote de producto que ya se haya consumido. El kanban de producción indica la cantidad que debe ordenarse que produzca el proceso anterior.
2. Tarjeta o kanban de movimiento o transporte: Se utiliza para solicitar el movimiento de un lote o contenedor de producto semiterminado o terminado para que sea llevada al siguiente proceso o una bodega de almacenamiento. El kanban de transporte indica la cantidad a enviar al proceso siguiente.

5.4.1 Determinación del número de tarjetas kanban necesarias.

Lo ideal es que exista un total de tarjetas que permitan cubrir el lapso de tiempo (Lead Time) existente desde que se solicita un material al principio de un proceso colocando la tarjeta T en un contenedor vacío, hasta que se obtiene el contenedor lleno situado en el mismo lugar.

Para obtener la cantidad de tarjetas kanban, se toman en cuenta las siguientes magnitudes:

- **Q:** Consumo medio previsto del material por unidad de tiempo (ejemplo, número de piezas por día).
- **T_p:** Tiempo de proceso de la operación condicionante. (El tiempo de proceso máximo, ya que va a ser la operación que más se demore.)
- **q:** Capacidad del contenedor (cantidad que figura en la tarjeta) con la que se llenara el mismo.
- **K:** Cantidad total de tarjetas kanban que podrían existir entre las de tipo de transporte y las de producción. La distribución entre las de un tipo y otro dependerá del proceso (si hay o no producción en el proceso al que se le solicite el material), el número de componentes y productos procesados y las cantidades que figuren en las tarjetas.

Por lo que debe cumplirse:

$$K = \frac{Q \times T_p}{q}$$

Es necesario considerar un stock de tarjetas de seguridad y se expresan mediante la ecuación:

$$K_e = \mu \times \frac{Q \times T_p}{q}$$

Dónde:

μ : Coeficiente de seguridad.

K_e : Tarjetas kanban extras.

Por lo que el total de tarjetas kanban serán:

$$K_T = K + K_e = \frac{Q \times T_p \times (1 + \mu)}{q}$$

Una vez que se obtuvo la expresión que se define el número de tarjetas kanban, se empezará a definir los datos para obtener el valor de las mismas:

Se empezara definiendo las operaciones que necesitaran kanban y el tamaño que tendrá el contenedor, así como la cantidad de material que podrá ser transportado en el mismo.

En base a las medidas de:

La plataforma de transporte existente: 5000 m de largo por 2400 m de ancho.

El tamaño del pupitre unipersonal P1-2005: 748.10 [mm] x 473.10 [mm].

Se ha establecido el tamaño del contenedor, el cual será estándar y servirá para la movilización de cualquiera de los productos semiterminados entre operación y operación; y tendrá las siguientes medidas: 1250 mm x 1000 mm. (figura 38).

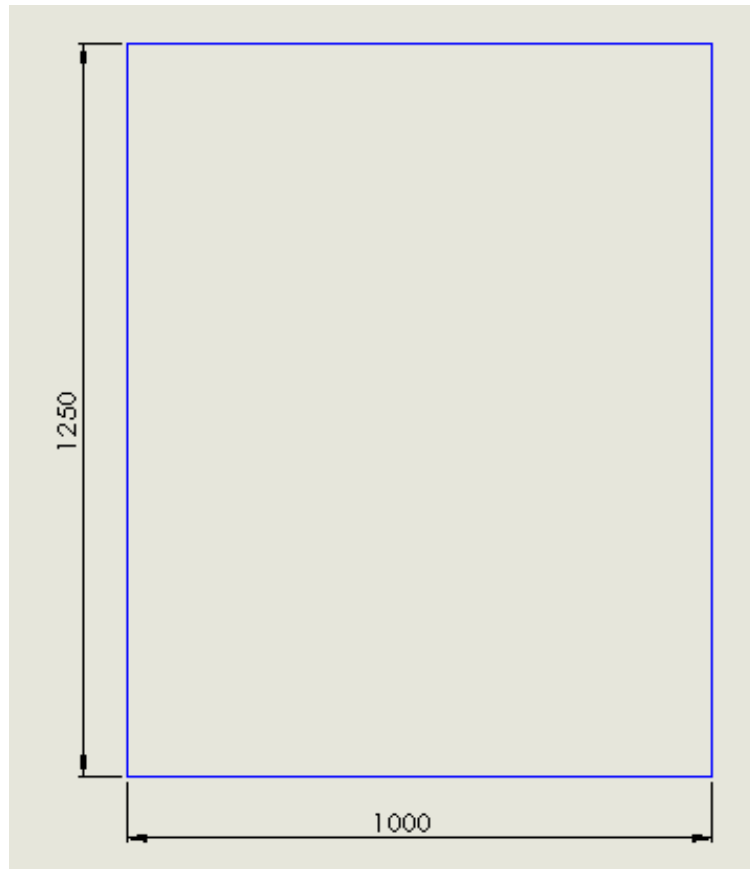


Figura 38: Tamaño del contenedor.

Una vez establecidas las medidas del contenedor procederemos a establecer el número de kanban, y las operaciones que compondrán y las actividades que las compondrán y serán representadas en el cuadro 12:

Cuadro 12: Determinación del número de kanban necesarios.

Ítem	OPERACIÓN
kanban 1	OP1-OP2
kanban 2	OP3- OP4- OP5
kanban 3	OP6-OP7
kanban 4	OP8
kanban 5	OP9

kanban 6	OP10
kanban 7	OP11
kanban 8	OP12
kanban 9	OP13
kanban 10	OP14- OP15
kanban 11	OP16-OP17-OP18
kanban 12	OP19- OP20

5.4.1.1 Ejemplo de cálculo kanban 1:

Q: 91 unidades.

Tp: 286,9 (Correspondiente a la operación 2, valor mayor.)

q: Se determinada mediante el siguiente razonamiento.

Peso del tablero de asiento: 542.79 g.

Capacidad de carga del porta contenedor: 200 kg. (Figura 39).



Figura 39: Modelo del porta- contenedor.

$$q = \frac{200000 [g]}{542.79 [g]}$$

$$q = 368 \text{ unidades.}$$

u: Utilizaremos un coeficiente de seguridad de 1,2.

Por lo tanto:

$$K = \frac{Q \times Tp \times (1 + u)}{q}$$

$$K = \frac{91 [\text{unidades}] \times 286,9 [\text{sg}] \times (1 + 1,2)}{368 [\text{unidades}]}$$

$$K = 156.$$

Determinación de la capacidad de los contenedores, de acuerdo a cada uno de los kanban:

Tabla 48: Determinación de la capacidad del contenedor.

ítem	Capacidad de carga del contenedor [kg]	Peso a cargar [gr]	Capacidad del contenedor "q" [u]
Kanban 1	200	542,79	368
Kanban 2	200	407,84	490
Kanban 3	200	806,43	248
Kanban 4	200	1180,09	169
Kanban 5	200	270,38	740
Kanban 6	1500	4618,96	260
Kanban 7	200	1196,04	167
Kanban 8	200	773,36	259
Kanban 9	200	944,66	212
Kanban 10	200	2309,48	87
Kanban 11	1500	16069,42	9
Kanban 12	1500	17151,38	9

En los kanban 11 y 12 de la tabla 48, la determinación de la capacidad del contenedor no se expresa en base al peso que puedo soportar si no en base a la capacidad de apilamiento, ya que la altura de la carga no debe superar el ancho del contenedor, para no perder estabilidad, por lo que se recomienda un máximo de 9 unidades.

Tabla 49: Determinación de las tarjetas kanban necesarias.

ítem	Consumo medio previsto "Q"	Lead Time "Tp"	Capacidad del contenedor "q" [u]	Coeficiente de seguridad "u"	Cantidad de tarjetas kanban "K"
Kanban 1	91	286,9	368	1,2	156
Kanban 2	91	298,3	490	1,2	122
Kanban 3	91	233,8	248	1,2	189
Kanban 4	91	219,6	169	1,2	259
Kanban 5	91	287,8	740	1,2	78
Kanban 6	91	240,4	260	1,2	185
Kanban 7	91	291,6	167	1,2	349
Kanban 8	91	217	259	1,2	168
Kanban 9	91	290,9	212	1,2	275
Kanban 10	91	290,4	87	1,2	671
Kanban 11	91	304,6	75	1,2	813
Kanban 12	91	205,7	70	1,2	588
Total					3854

5.4.1.2 Diseño de las tarjetas kanban.

El Kanban de producción está representado en el cuadro 13:

Cuadro 13: Diseño Kanban de producción

Kanban de producción			
Sección o Área::		Destino:	Operación:
Parte:			
Denominación de la parte:			
Modelo porta-contenedor:	Capacidad contenedor:	Fecha de emisión:	

El kanban de transporte o movimiento está representado en el cuadro 14:

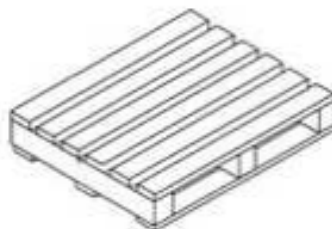
Cuadro 14: Diseño kanban de movimiento.

Kanban de movimiento			
Operación (desde):	Sección:		Operación (a):
	Pieza #:		
Responsable:	Nombre:		Responsable:
	Contenedor:		
Lugar y fecha de expedición:	Capacidad:		Lugar y fecha de expedición:

5.4.1.3 Definición del tipo de contenedor.

Una de las primeras necesidades logísticas al momento de transportar los productos y material, ya sea dentro de la FMT, y también al cliente de una manera rápida y efectiva es la paletización, ya que este lograra mitigar la demanda de transporte.

Por esta razón será necesario utilizar un “pallet”, el cual es una plataforma horizontal, con medidas definidas, y compatible con los equipos de manejo de materiales (montacargas, estibadores), utilizada como pilar para el ensamblaje, el almacenamiento, y el transporte de materiales. Su gran ventaja es que permite almacenar y manipular con un solo movimiento varios objetos, ya sean estos pesados o voluminosos.

**Figura 40: Pallet o Paleta.**

(Salazar, s.f.).

Número de pallets necesarios:

El número de contenedores necesarios estará establecido mediante el siguiente razonamiento lógico:

- Se necesitará de un pallet fijo por cada operación.
- Se deberá tener un número definido de pallets capaz de llenar el 75% del espacio de la bodega.
- Se debe manejar un stock de seguridad de aproximadamente un 20% más, del total de pallets obtenidos. (El porcentaje de seguridad variara de acuerdo a las necesidades de la FMT, se utiliza un 20% como punto de partida).

Tomando en cuenta estas observaciones se calculará el número de pallets necesarios:

Número de pallets por operación "NPO": 20.

Número de pallets necesarios en bodega "NPB":

Área de bodega de producto listo para la entrega: 91,30 m².

$$75\% \text{ Área de bogeda} = 0.75 \times 91,30 \text{ m}^2$$

$$75\% \text{ Área de bogeda} = 68,5 \text{ m}^2$$

Área del pallet o contenedor A_c :

$$A_c = 1,25 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$A_c = 1,25 \text{ m}^2$$

$$NPB = \frac{68,5 \text{ m}^2}{1,25 \text{ m}^2}$$

$$NPB = 55 \text{ unidades.}$$

Número total de pallets requeridos para la FMT "NPT":

$$NPT = (NPO + NPB) * (1,2)$$

$$NPT = (20 + 55) \times 1,2$$

$$NPT = 90 \text{ unidades.}$$

El total requerido de pallets por la FMT, es de 90 unidades, los cuales servirán para el transporte de materiales, producto semiterminado y producto terminado dentro y fuera de la FMT.


5.5 Realizar una evaluación del grado de aplicación de Lean.

Para alcanzar la perfección en un sistema “lean manufacturing”, es importante contar con un sistema de evaluación. Basado en algunas herramientas presentadas dentro de este documento, lo que permitirá evaluar el grado de implementación, además de brindar una visión de su situación de manera rápida y confiable. En el cuadro 15, se muestra un análisis de implantación del “lean”, donde 1 representa el nivel más bajo, y 3 representa el nivel más alto que puede ser alcanzado utilizando las herramientas.

Entiéndase que la FMT, en algunos puntos no alcanza ni el nivel 1, como en el caso del flujo de material, ya que como se puede apreciar en el anterior ítem recién se está planteando la utilización de pallets.

Cuadro 15: Evaluación Lean.

Herramientas	NIVELES			Calificación actual.	Calificación propuesta final implementación.
	1	2	3		
Mapa de proceso	No existe	Se mapea proceso y se elabora mapa futuro.	Se implementa mapa futuro.	1	3
Flujo de proceso	Trabajo por medio de lotes.	Producción en islas solitarias.	Manufactura celular; flujo de una sola pieza.	1	3
Flujo de material y entrega de materiales	Uso de pallets para transportar el material.	El material se entrega por uso diario, existen rutas de surtido.	El material se entrega por sistema de surtido, varias veces al día, con horarios	0	3

Continua 

			establecidos para cumplir el takt time.		
Takt Time (TP)	Ritmo de producción desconocido	Trabajo hecho a takt time.	Takt time evaluado cada cambio de orden.	1	3
Pull	Producción en sistema de empujar.	Sistema de producción en posición de jalar.	Producción de acuerdo con la demanda del cliente.	1	2
Kanban	La producción es controlada en base a empujar la misma. Kanban no existe.	Los sistemas kanban funcionan en piso, con pocas interrupciones o desviaciones.	Se maneja kanban con alta disciplina, la demanda se cumple a diario con mínimos de inventarios.	1	3
Medibles	No existen identificadores visuales en ninguna de la áreas.	Existen indicadores visuales estandarizados por área y están actualizados.	Existen indicadores visuales estandarizados por área, actualizados y los operadores son responsables de esta información.	1	3
Desempeño	No hay interés del personal, no hay trabajo en equipo.	Comunicación solo en juntas; se pueden formar equipos.	Los equipos son auto dirigido y responsable por su desempeño.	1	2
7 Desperdicios	El desperdicio es excesivo en todas las áreas de la planta.	El desperdicio es poco comentado, y se limita a ser tratado en proyectos a gran escala.	Su eliminación es una ruta normal, los niveles de desperdicios son bajos.	1	2
Total				8/27	25/27

La calificación máxima es de 27 puntos, y debería ser el valor a alcanzar por el personal y la administración de la FMT; en el análisis realizado de la calificación actual se han obtenido 8 puntos que equivale a niveles de aplicación “lean”, inexistentes los cuales serán superados al implementar las herramientas establecidas en este documento.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS FINANCIERO.

6.1 Presupuesto.

6.1.1 Presupuestos de inversión.

6.1.1.1 Activos Fijos.

En el caso que el proyecto se requerirá la utilización de maquinaria y equipo, construcciones y adecuaciones del galpón, los cuales representan un conjunto de bienes, que no son objeto de transacciones corrientes de la FMT; se adquieren una sola vez y se los utiliza durante su periodo de vida útil, o por un largo espacio de tiempo.

Tabla 50: Presupuesto de inversión activos fijos.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
MAQUINARIA				\$ 6,797.30
LIJADORAS	unidad	2	\$ 125.97	\$ 251.94
CORTADORAS DE PANEL	unidad	2	\$ 350.00	\$ 700.00
JACK PALLET 1500 LIBRAS	unidad	2	\$ 513.59	\$ 1,027.18
JACK PALLET 500 LIBRAS	unidad	40	\$ 38.00	\$ 1,520.00
TINAS DE LAVADO	unidad	2	\$ 600.00	\$ 1,200.00
PALLETS	unidad	90	\$5.00	\$450.00
TARJETAS KANBAN	unidad	3854	\$0.01	\$48.18
MUELLES DE CARGA	unidad	2	\$500.00	\$1,000.00
TRONZADORA	unidad	1	\$600.00	\$600.00
CONSTRUCCIONES Y ADECUACIONES				\$180,256.00
CONSTRUCCIÓN DEL GALPÓN	unidad	1	\$179,256.00	\$179,256.00
REFORMAS DE LA CONSTRUCCIÓN			\$1,000.00	\$1,000.00
TOTAL INVERSIONES				\$187,053.30

6.1.1.2 Capital de trabajo.

“La inversión en el capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante el ciclo productivo, para una capacidad y tamaño determinado”.

La tabla 51, presenta toda la inversión de capital de trabajo, necesarios para la operación del proyecto.

Tabla 51: Inversión en Capital de Trabajo

COSTOS	2014	
COSTOS FIJOS	\$	215.194,68
COSTOS VARIABLES	\$	147.014,40
TOTAL	\$	362.209,08

6.2 Estados Financieros.

6.2.1 Balance general o estado de la Situación inicial.

El balance general tiene como fin presentar la situación financiera y económica del proyecto, registrando las fuentes de capital y de inversión en activos, así como su composición, describiendo con claridad la estructura de cómo está compuesta sus recursos, la deuda a largo plazo y el patrimonio.

El balance o estado general de situación inicial del proyecto se presenta en la tabla 52, a continuación:

Tabla 52: Balance general.

BALANCE GENERAL	
FABRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO	
ACTIVO	
ACTIVOS FIJOS	
MAQUINARIA	\$6.797,30
CONSTRUCCIONES Y ADECUACIONES	\$180.256,00
ACTIVOS INTANGIBLES	
GASTO CONSTITUCIÓN	\$0,00
CAPITAL DE TRABAJO	\$29.770,61
ACTIVO TOTAL	\$216.823,90
PASIVOS	
CORTO PLAZO	
LARGO PLAZO	
PRESTAMOS BANCARIOS	\$0,00
TOTAL PASIVO	\$0,00
PATRIMONIO	
CAPITAL SOCIAL	\$216.823,90
TOTAL PATRIMONIO	\$216.823,90
TOTAL PASIVO + PATRIMONIO	\$216.823,90

6.2.2 Estado de Resultados (Pérdidas y Ganancias)

El estado de resultados permite establecer en qué medida los capitales invertidos rinden utilidades o en su defecto generan pérdidas; muestran las operaciones y los ingresos generados llevándonos a determinar la efectividad económica del proyecto.

Los estados de resultados del proyecto se presentan se presenta en la tabla 53, a continuación:

Tabla 53: Estado de pérdidas y ganancias.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS					
FABRICA METALMECÁNICA DE TABACUNDO					
DETALLE	2014	2015	2016	2017	2018
(+) INGRESOS	\$295.963,20	\$384.752,16	\$500.177,81	\$650.231,15	\$845.300,50
(-) COSTO	\$362.209,08	\$410.931,25	\$444.744,56	\$478.557,87	\$512.371,19
(=) UTILIDAD BRUTA	-\$66.245,88	-\$26.179,09	\$55.433,25	\$171.673,28	\$332.929,31
(-) GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$8.723,28	\$8.723,28	\$8.723,28	\$8.723,28	\$8.723,28
(-) GASTOS DE VENTAS	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
(=) UTILIDAD OPERACIONAL	-\$74.969,15	-\$34.902,37	\$46.709,97	\$162.950,00	\$324.206,03
(-) GASTOS FINANCIEROS	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
(+) OTROS INGRESOS	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
(=) UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN	-\$74.969,15	-\$34.902,37	\$46.709,97	\$162.950,00	\$324.206,03
(-) 15% PARTICIPACIÓN TRABAJADORES	-\$11.245,37	-\$5.235,35	\$7.006,50	\$24.442,50	\$48.630,91
(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	-\$63.723,78	-\$29.667,01	\$39.703,47	\$138.507,50	\$275.575,13
(-) 25% IMPUESTO A LA RENTA	-\$15.930,95	-\$7.416,75	\$9.925,87	\$34.626,88	\$68.893,78
(=) UTILIDAD NETA	-\$47.792,84	-\$22.250,26	\$29.777,61	\$103.880,63	\$206.681,35

6.2.3 Flujo de fondos.

El flujo de fondos sistematiza la información de las inversiones previas a la puesta en marcha, las inversiones durante la operación, los egresos e ingresos de operación, el valor de salvamento del proyecto y la recuperación del capital de trabajo.

El detalle de ingresos se presenta en el anexo 3.

Tabla 54: Flujo de fondos.

		FLUJO DEL PROYECTO									
		0	2014	2015	2016	2017	2018				
INGRESOS		\$	295.963,20	\$	384.752,16	\$	500.177,81	\$	650.231,15	\$	845.300,50
-	Costos Variables Totales	\$	147.014,40	\$	180.827,71	\$	214.641,02	\$	248.454,34	\$	282.267,65
-	Costos Fijos Totales	\$	215.194,68	\$	230.103,54	\$	230.103,54	\$	230.103,54	\$	230.103,54
-	Gastos Administrativos	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
-	Gastos de Ventas	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
-	Depreciaciones	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28
-	Amortizaciones	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
=	Utilidad Operacional	\$	(74.969,15)	\$	(34.902,37)	\$	46.709,97	\$	162.950,00	\$	324.206,03
-	Gastos Financieros	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-	\$	-
=	Utilidad antes de impuestos	\$	(74.969,15)	\$	(34.902,37)	\$	46.709,97	\$	162.950,00	\$	324.206,03
-	15% trabajadores	\$	(11.245,37)	\$	(5.235,35)	\$	7.006,50	\$	24.442,50	\$	48.630,91
=	Utilidad antes de impuestos	\$	(63.723,78)	\$	(29.667,01)	\$	39.703,47	\$	138.507,50	\$	275.575,13
-	25% Impuesto a la Renta	\$	(15.930,95)	\$	(7.416,75)	\$	9.925,87	\$	34.626,88	\$	68.893,78
=	Utilidad neta	\$	(47.792,84)	\$	(22.250,26)	\$	29.777,61	\$	103.880,63	\$	206.681,35
+	Depreciaciones	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28	\$	8.723,28

Continua 

+	Amortizaciones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-	Inversiones Iniciales	\$ (187.053,30)	\$ (187.053,30)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-	Reinversiones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+	Recuperación Capital de Trabajo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 512.371,19
-	Pago del Capital del préstamo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+	Valor de Desecho		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	FLUJO NETO DE FONDOS	-187053,295	\$ (226.122,85)	\$ (13.526,98)	\$ 38.500,88	\$ 112.603,90	\$ 727.775,81	

6.3 Tasa de descuento.

La tasa de descuento en un pequeño proyecto de inversión se denomina TMAR que es la Tasa Mínima Aceptable de Rentabilidad para que el proyecto sea atractivo para el inversionista.

TMAR

TMAR = % ÍNDICE INFLACIONARIO + %RIESGO PAÍS+% TASA PASIVA PROMEDIO

Índice inflacionario: 4,19 %

(BCE, Contenido Banco Central del Ecuador, 2014)

Riesgo país: 3,16%

(BCE, Contenido Banco Central del Ecuador, 2014)

Tasa pasiva promedio: 5,08%

(BCE, Contenido Banco Central del Ecuador, 2014)

$$TMAR = 4,19\% + 3,16\% + 5,08\%$$

$$TMAR = 12,43 \%$$

6.4 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto es una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil. Es un monto de dinero equivalente a la suma de los flujos de ingresos netos que generará el proyecto en el futuro. La fórmula para calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -I_0 + \frac{FF_1}{(1+i)^1} + \frac{FF_2}{(1+i)^2} + \frac{FF_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

FF= Flujo de fondos de cada periodo.

I= Inversión Inicial

N= Número de períodos considerados

t= tasa de descuento

Criterios de decisión:

Si el VAN es positivo o igual a cero, el proyecto se acepta, si el VAN es negativo el proyecto se rechaza.

Tabla 55: Valor Actual Neto.

	2014	2015	2016	2017	2018	SUMATORIA
FLUJO NETO DE FONDOS	\$ (226.122,85)	\$ (13.526,98)	\$ 38.500,88	\$ 112.603,90	\$ 727.775,81	
[FNF/(1+i)^N]	\$ (205.566)	\$ (11.179)	\$ 28.926	\$ 76.910	\$ 451.892	\$ 340.982
Inversión Inicial	\$ (187.053,30)					
VAN	\$ 153.928,93					

El resultado obtenido significa que el valor de los flujos del inversionista al valor presente es de \$ 153.928,93 a una TMAR del 12.43%.

6.5 Tasa Interna de rendimiento.

La TIR mide la magnitud de la rentabilidad esperada de una inversión.

La fórmula para el cálculo es:

$$TIR = \left[\frac{FF_1}{(1+r)^1} + \frac{FF_2}{(1+r)^2} + \frac{FF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FF_n}{(1+r)^n} \right] - I.I = 0$$

Dónde:

FF= Flujo de Caja

I.I = Inversión Inicial

r= Tasa de descuento.

n= Períodos

TIR= Tasa Interna de Retorno

De la ecuación presentada, se debe encontrar la tasa de descuento con la que el VAN sea cero.

Tabla 56: Tasa interna de retorno TIR.

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	
TIR=	18,80%

Criterios de decisión:

Si la TIR es mayor o igual a la Tasa de Descuento se acepta el proyecto, si la TIR es menor a Tasa de Descuento se rechaza

Si la TIR es \geq TMAR o costo de capital promedio ponderado, se debe aceptar el proyecto.

Se obtiene que la TIR (tasa interna de retorno) del proyecto es igual 18,80% valor que es mayor a la TMAR que es de 12,43%.

6.6 Período de recuperación de la inversión

6.6.1 Del proyecto

Tabla 57: Periodo de recuperación de la inversión

AÑOS	FLUJOS NETOS DE FONDOS	FLUJOS ACUMULADOS
1	-\$ 205.566,23	-\$ 205.566,23
2	-\$ 11.179,32	-216.745,55
3	\$ 28.926,28	-187.819,27
4	\$ 76.909,98	-110.909,29
5	\$ 451.891,52	340.982,23
CALCULO DE TIEMPO		
INVERSIÓN INICIAL NETA	\$ 187.053,30	
TOTAL		0,66
MESES		7,91
PERIODO RECUPERACIÓN	4 AÑOS	7 MESES
DÍAS		27,37230506
PERIODO RECUPERACIÓN	4 AÑOS 7 MESES 27 DÍAS	

El periodo de recuperación como se aprecia en la tabla 57, es de 4 años, 7 meses y 27 días lo cual indica un periodo razonable en el cual la empresa logra recuperar la inversión inicial.

6.6 Relación Beneficio Costo

Es un índice de rendimiento que determina cuales son los beneficios por cada dólar que se invierte en el proyecto.

La fórmula de la R B/C es:

$$R B/C = \frac{VT \text{ FLUJOS NETOS DE FONDOS}}{INVERSIÓN INICIAL NETA}$$

Criterios de decisión:

Si la RB/C > 1 Se acepta

Si la RB/C < 1 Se rechaza

Si la RB/C = 1 Indiferente

$$R B/C = \frac{340.982,23}{187.053,30}$$

$$R B/C = 1,82$$

Por cada dólar que se invierta en el proyecto se obtendrá una rentabilidad de \$0,82; siendo viable y factible su implementación.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones.

- La Fábrica Metalmecánica de Tabacundo, dispone de un sistema de producción en masa, compuesto por 67 actividades, agrupadas en 20 operaciones, con una distribución tipo taller, ya que existen grandes separaciones entre las operaciones y cantidades exorbitantes de stock en proceso que entorpece a toda la producción.
- La aplicación de herramientas “lean”, ha dado como resultado el aumento de una nueva área de trabajo, en donde se implementaran todos los procesos en madera, reduciendo así los tiempos de transporte, preparación, riesgos ocupacionales, y mejorando el ambiente en el cual se desenvuelven los trabajadores.
- Se ha elaborado un mapa de distribución de equipos y áreas en planta, logrando los resultados esperados, todos debidamente justificados en el cálculo matemático y las herramientas “lean” existentes.
- Es evidente que al aplicar el nuevo layout presentado en el mapa de valor futuro VSM_F , la producción aumentara en un 121% mejorando así los niveles de producción, ayudando a abastecer la demanda existente, y dando tiempo a la producción, mejoramiento y diseño de nuevos y mejores productos.
- Al presentar el nuevo layout se reducirá las distancias de transporte de 32132,42 metros a 281,8 metros, reduciendo así los desperdicios en transporte de 3774 segundos a 340 s.
- La distribución de células de manufactura, organizadas en secciones favorecerán, a que el transporte de material en la planta se lo haga únicamente de material semi terminado, listo para la instalación sin necesidad de realizar ningún otro proceso adicional.

- Los métodos de transporte son prácticamente caucásicos, por lo cual es necesario aplicar paulatinamente el sistema kanban, además de la implementación de pallets o contenedores, lo que minimizara en gran proporción los desperdicios obtenidos en transporte.
- La productividad media por hora trabajada aumentara de 0,2 a 0,4; se evidencia que existe un aumento, lo que implica que los trabajadores o fuerza laboral rendirán el doble en lo que respecta a productividad.
- El tiempo de proceso “lead time”, sufre una reducción de 38,35 horas a 27,72 horas, implica una reducción de 10,63 horas en la entrega del primer lote de producto terminado, lo que expresa claramente la entrega de producto en menos tiempo, y se lograra cuando toda la implementación “lean”, se encuentre aplicada completamente, por lo que dependerá mucho de la importancia que le den todas las áreas comprendidas dentro de la estructura organizacional de la planta.
- El cuadro 15, donde se muestra el grado de implementación “lean”, la FMT tiene una aplicación de 8 puntos, sobre un total de 27. Este índice muestra que la FMT, no está alineada de ninguna manera a la metodología Lean y es fácil de suponer gracias a este índice la existencia de desperdicios.
- El análisis financiero indica que desde el aspecto económico el proyecto es muy viable, ya que solo se realizaran ligeras modificaciones, y reutilizando la mayoría de materiales dentro del proceso.

7.2 Recomendaciones.

- Implementar la propuesta de aplicación de la metodología “Lean”, de acuerdo a lo planteado en el presente proyecto mediante los recursos necesarios como ha sido diseñado, sin olvidar de que para la obtención del éxito es necesario

la aceptación y aplicación a conciencia de todos los involucrados ya sea personal interno así como externo.

- La evaluación periódica y a conciencia, asegurara el éxito de la metodología, razón por la cual es necesario la socialización de esta metodología, como primer paso, para después ser aplicada de manera paulatina dentro del proceso.
- La construcción de la nueva área que reúne a todas las actividades de madera, es primordial para el éxito del proyecto, ya que este es el punto de partida para la eliminación de los desperdicios.
- Es necesario contar con una persona, que este al 100% dedicada a la aplicación y ejecución del “lean”, ya que con esta medida se está garantizando la aplicación de la misma, sin olvidar que el éxito de esta metodología depende de todos los implicados de manera indirecta o directa en el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto Villaseñor Contreras, E. G. (2007). *Lean Manufacturing (Guía Básica)*. (N. Editores, Ed.) México DF: Limusa.
- BCE. (31 de Octubre de 2014). *Contenido Banco Central del Ecuador*. Obtenido de En el anexo 3, usted puede apreciar los incrementos que ha tenido la producción.
- BCE. (s.f.). *Banco central del Ecuador*. Obtenido de http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion.
- Chang, R. Y. (1996). *Mejora Continua de Procesos*. Granica.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de PROCESOS Y PLANTAS DE PRODUCCIÓN FLEXIBLE*. Barcelona, España: Profit Editorial.
- FMT. (s.f.). Tabacundo, Pichincha, Ecuador.
- Googlemaps. (2013). *GoogleMaps*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Tabacundo/@0.0442243,-78.2048678,15z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x8e2a0bbea28bedc9:0x173d3a8c9e1ee014?hl=es>
- Hicks. (1999).
- Koyos. (10 de Julio de 2009). *Wikipedia*. Obtenido de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:OECD_Productivity_levels_2007.svg
- Luyster T., Tapping D., & Shuker T. (2003). *Gestión de flujo de valor. Ocho pasos para implementar métodos de producción "lean"*. Madrid: TGP Hoshin.
- Pichincha, G. (Septiembre de 3 de 2013). *Gobierno de Pichincha*. Obtenido de <http://www.pichincha.gob.ec/gestion/infraestructura-fisica/fabrica-metalmechanica-tabacundo/item/292-fabrica-metalmechanica-gestion-realizada-de-enero-a-diciembre-de-2013.html>
- Roberto Auliso 1, J. M. (2005). CLAVES PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS EN LAS ORGANIZACIONES. *Revista FCE*, 11.

Salazar, B. (s.f.). *Ingeniería Industrial Online*. Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/paletizaci%C3%B3n/>

Tuya, J. (2007). *Técnicas Cuantitativas para la gestión en la ingeniería de software*. Madrid: Netbiblo.

