



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



**Aumento de Productividad y
Optimización de una Línea de
Productos Metalúrgicos**

Autor

DÍAZ, Pablo Andrés

Matrícula

32.693.807

Tutor

Ing. RUÍZ, Eduardo

CÓRDOBA, Agosto de 2015



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Aumento de Productividad y
Optimización de una Línea de
Productos Metalúrgicos

DÍAZ, Pablo Andrés

Agradecimientos

Agradezco al Profesor Ingeniero Eduardo Ruíz, tutor del proyecto, por su predisposición para brindar asesoramiento y acompañamiento en todas las etapas del mismo.

A la Universidad Nacional de Córdoba por su excelencia como institución pública.

Dedicatoria

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional, así como también a todas las personas que de una u otra forma estuvieron a mi lado.

Resumen

Este Proyecto Integrador se desarrolló en una empresa metalúrgica ubicada en la localidad de Guatraché, provincia de La Pampa; perteneciente al segmento de las PyME es reconocida principalmente en el medio donde desarrolla sus actividades y en la región central de nuestro país. Dedicada al diseño, fabricación y comercialización de una amplia gama de productos metalúrgicos, entre los que se encuentran silos de base aérea de diversas capacidades para el almacenamiento de *commodities* tales como cereales y fertilizantes.

Debido a la demanda y a las exigencias crecientes del mercado, así como también un entorno altamente competitivo crean la necesidad de aumentar la productividad de todos los procesos de fabricación de manera progresiva y continuada. Considerando el escenario planteado, el presente trabajo busca nuevas soluciones para mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de silos de base aérea. Al comienzo del proyecto el proceso presentaba un flujo desorganizado tanto de materiales como de personas, sumado a las actividades improductivas que requerían una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su ejecución, generaban diversos tipos de desperdicios afectando la productividad.

Para cumplir los objetivos preestablecidos, se utilizaron diversas herramientas, tales como: exploratorias para la detección de las causas y problemas más significativos concentrando en ellos los esfuerzos; de registro y análisis con el propósito de detectar los distintos tipos de desperdicios, y finalmente se efectuó un análisis de las operaciones comprendidas en el proceso, para atacar los problemas desde la raíz y proponer mejoras.

Entre las principales causas que dieron origen a propuestas de mejora se encontraron *layout* desfavorable, métodos de trabajo que a través del estudio realizado dejaron en manifiesto tareas innecesarias que eran imperceptibles para el personal, sectores que requerían una evaluación de la necesidad real de ampliación por falta de espacio, equipos de baja productividad que generaban cuellos de botella en el área de chapistería, puestos de trabajo con fallas ergonómicas y métodos deficientes de transporte.

La elaboración de las propuestas de mejora se cimentó en la filosofía lean manufacturing, proponiéndose la implementación de la herramienta 5S para dar comienzo a la etapa de cambios. Finalmente se llegó a la solución que involucra un nuevo diseño de layout para el sector de chapistería, la modificación e incorporación de nuevas máquinas, así como también el agregado de carros logísticos para efectuar diversos transportes, cuyo funcionamiento en conjunto derivó en la mejora de productividad y optimización de los puestos de trabajo.

Abstract

This comprehensive project was developed in a metallurgical company located in Guatraché, province of La Pampa. This SME is known mainly in this area and in the central region of our country. This plant designs, manufactures and sells a wide range of metal mechanic products; among them, tower silos to store commodities such as grains and fertilizers.

Due to the growing demand and requirements of the market, and a highly competitive environment, productivity of all manufacturing processes must be increased gradually and continuously. Based on this scenario, this project seeks for new solutions to improve tower silo manufacturing process efficiency. At the start of this project, the process flow both in terms of materials and workers was disorganized; in addition to non-productive activities which consumed a great deal of time and effort and created different sorts of waste which eventually impacted on productivity.

In order to meet the objectives, different tools were used to detect significant causes and problems; record and analysis tools to detect different sorts of waste. Finally, all process operations were analyzed to attack the roots of the problems and come up with improvements.

Among the main causes which gave rise to improvement opportunities we found: unfavorable layout, work methods involving unnecessary activities to the staff, areas which needed to be enlarged as they lacked space, low productivity equipment which created bottlenecks in the bodyshop, workstations with ergonomic issues and inefficient methods of transportation.

Improvement solutions were based on the lean manufacturing philosophy. They comprised the implementation of 5S as a preliminary activity. As a result, a new layout was implemented in the bodyshop, equipment was modified and new equipment was added, new logistic carts were brought in. All of this contributed to productivity improvement and workstation optimization.

Índice

Capítulo 1. La empresa.....	1
1.1 Introducción	2
1.2 Presentación de la organización y reseña histórica	3
1.3 Situación Organizacional actual. Oportunidades de mejora	4
1.4 Estructura organizativa	5
1.5 Proceso productivo	8
1.5.1 Sector de chapistería	8
1.5.2 Sector de corte, punzonado y curvado	10
1.5.3 Sector de soldadura	11
1.5.4 Sector de pintura	12
1.5.5 Sector de pre-ensamble de componentes	12
Capítulo 2. Diagnóstico del estado actual de la empresa.....	17
2.1 Metodología utilizada	18
2.2 Tiempos globales de procesamiento y relevamiento de AV, NAV y NNAV	19
2.2.1 Marco teórico	19
2.2.2 Análisis de los datos obtenidos	20
2.2.3 Conclusiones del análisis	25
2.3 Estudio de tiempos y movimientos	25
2.3.1 Marco teórico	25
2.3.2 Análisis de los datos obtenidos	27
2.3.3 Conclusiones del análisis	33
Capítulo 3. Estudio del flujo de materiales y personas	34
3.1 Marco teórico	35
3.2 Diagramas de flujo	35
3.2.1 Flujo de materiales	35
3.2.2 Flujo de personas	43
3.3 Análisis de los diagramas obtenidos	43

3.4 Conclusiones del análisis	44
Capítulo 4. Detección de los principales cuellos de botella y desperdicios ...	45
4.1 Principales puestos cuello de botella	46
4.1.1 Marco teórico	46
4.1.2 Análisis de los puestos cuello de botella	47
4.1.3 Conclusiones del análisis	49
4.2 Principales desperdicios	49
4.2.1 Marco teórico	49
4.2.2 Análisis de los desperdicios	51
4.2.3 Conclusiones del análisis	53
Capítulo 5. Propuestas de mejora	54
5.1 Marco teórico	55
5.1.1 La filosofía <i>Lean Manufacturing</i> como cimiento de la mejora	56
5.2 Propuestas para la optimización del flujo productivo	62
5.3 Propuestas para mejorar la situación de los puestos cuellos de botella	76
5.3.1 Generación y evaluación de propuestas de mejora para puestos cuello de botella	78
5.3.2 Análisis económico para la compra de nuevos equipos de producción..	86
5.4 Propuestas para la eliminación o reducción de desperdicios	87
Capítulo 6. Conclusiones finales	90
Bibliografía	93

Capítulo 1. La empresa



1.1 Introducción

Debido a que la empresa donde se realizó el presente trabajo desea reservar su identidad, en adelante se hará mención a la misma cuando se hable de “la empresa”.

Situada en la localidad de Guatraché, provincia de La Pampa, la empresa se encuentra abocada al diseño, producción y comercialización de una amplia gama de productos del rubro metalúrgico, entre ellos se encuentran silos de base aérea sobre los cuales se hará foco en este trabajo. Debido a la existencia de diversas versiones dentro de la línea de este producto, se ha seleccionado para el análisis la más representativa en cuanto a la cantidad de procesos y operaciones que comparte con las demás versiones, es decir, el silo de base aérea de 50 Tn. para almacenamiento de cereal.

Al momento de la realización del proyecto, la empresa enfrentaba la problemática de no contar con capacidad suficiente para satisfacer la demanda en tiempo y forma, teniendo que alargar los plazos de entrega ante nuevos pedidos o en caso extremo rechazarlos ante la imposibilidad de no poder cumplir con lo demandado por los clientes. En vista de que la empresa pertenece al grupo de las PyME se presenta un escenario desafiante donde la mano de obra es escasa y todos los recursos disponibles deben ser aprovechados al máximo.

Teniendo en consideración lo anteriormente planteado, este trabajo busca desde su comienzo lograr el aumento de la productividad para que la empresa pueda satisfacer la creciente demanda de sus clientes, mejorar su rentabilidad, así como también conseguir un ambiente de trabajo con mejores condiciones para que los colaboradores puedan desarrollar sus actividades de manera eficiente y con un mínimo de esfuerzo.

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizó un relevamiento de todas las actividades desarrolladas en los distintos sectores de la fábrica, con el propósito de poder clasificarlas según su adición de valor al producto. A posteriori se efectuó un análisis de Pareto, el cual permitió identificar aquellos sectores y procesos que presentaban mayores inconvenientes y así concentrar esfuerzos en los problemas más relevantes. Además se utilizaron diversas herramientas exploratorias en busca de los factores que favorecían la aparición de eventos no deseados, atacándolos desde la raíz. Por medio del estudio de tiempos y movimientos se analizaron las actividades desempeñadas en los puestos identificados como cuello de botella, con el fin de obtener posibles soluciones para incrementar el ritmo de producción local y favorecer el proceso de producción a nivel global. Finalmente, se investigó el flujo de materiales y personas empleando la metodología de las 5 preguntas básicas (¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cómo?, ¿Dónde? y ¿Cuándo?) así como también se confeccionaron y analizaron los diagramas de recorrido del proceso procurando mejorar el layout productivo.

La elaboración de las propuestas de mejora se cimentó en la metodología Lean Manufacturing, con el propósito de reducir todos los despilfarros existentes e incrementar la capacidad productiva de los puestos cuello de botella, mejorando de ésta forma la productividad y optimizando los puestos de trabajo.

1.2 Presentación de la Organización y reseña histórica

...1981... parque industrial de Guatraché, La Pampa y un desafío, la empresa hacía una propuesta: CRECER junto a su ciudad y el país.

Su actividad fundamental desde los comienzos, es la fabricación de: silos de base aérea, silos comederos y de cono desplazable, galpones, tinglados, hangares, estructuras especiales, estructuras para tambos, estaciones de servicio, acoplados, tanques de combustible, sinfines (chimangos), comederos batea y comederos vagón entre otros.

El continuo crecimiento está íntimamente ligado al esfuerzo y responsabilidad de la empresa.

La empresa se caracteriza por la calidad, servicio y precios competitivos de sus productos. Avalan su prestigio las firmas y clientes que depositan total confianza en ella a la hora de invertir.

Fiel a sus convicciones, la empresa ha entrado en el segundo milenio, apostando a la modernización y a la interacción lógica, que a través de sus inversiones, le permita atender consecuentemente, un mercado cada vez más grande y exigente, contando con los recursos humanos indispensables para tal fin.



Figura 0 – De izquierda a derecha: diversos productos elaborados por la empresa y silo de base aérea de 50 Tn.

1.3 Situación Organizacional actual. Oportunidades de mejora.

Análisis FODA:

CONTROLABLES	NO CONTROLABLES
F	O
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calidad del producto. ✓ Servicio post-venta. ✓ Predisposición del personal hacia la mejora continua. ✓ Prestaciones del producto (silo base aérea vs. silo bolsa). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Demanda creciente de silos de base aérea. ✓ Contexto macroeconómico favorable para la situación financiera de las empresas agrícolas. ✓ Incremento en los rindes de cosecha.
D	A
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitada capacidad de producción. ▪ Equipamiento con bajo nivel de productividad. ▪ Despilfarro y obsolescencia en el proceso productivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estacionalidad del producto. ▪ Disposiciones viales vigentes. ▪ Escasez mano de obra calificada dentro del mercado local. ▪ Oferta de productos más económicos (silo bolsa). ▪ Problemas climáticos (inundaciones de zonas agrícolas).
INTERNAS	EXTERNAS

La empresa enfrenta una creciente demanda que data desde los últimos años, especialmente en su línea de productos silos de base aérea, dado que este tipo de bienes presenta una notoria estacionalidad la mayor parte de los pedidos se concentran en determinados periodos, por lo que resulta imposible para la organización lograr satisfacer a la totalidad de los consumidores en tiempo y forma con el sistema de producción actual. La situación se torna aún más compleja debido a que la empresa además de dedicarse al diseño, producción y comercialización de todas sus mercancías, también brinda el servicio de entrega y ensamble de aquellos productos que por su gran porte y debido a disposiciones viales vigentes no pueden ser transportados completamente ensamblados desde fábrica. Lo antes mencionado redobla el esfuerzo de todo su capital humano, donde la logística debe ser estudiada minuciosamente y la presencia del personal se requiere tanto en planta para ejecutar las actividades del proceso productivo de las nuevas órdenes de trabajo, como en la localización del cliente para llevar adelante la entrega y ensamble del producto final.

Haciendo foco en las actividades que se desarrollan durante el proceso productivo de la línea de silos de base aérea, se evidencian despilfarros y obsolescencia en los métodos empleados para llevar adelante ciertos procedimientos. La Dirección de la empresa ha tomado conciencia de la necesidad de mejorar el sistema productivo, procurando incrementar la productividad y mejorar las condiciones de trabajo actuales, en mira a la solución de sus dificultades.

1.4 Estructura organizativa

La empresa se caracteriza con una estructura organizativa simple, siendo una compañía familiar, de pequeño tamaño y donde se observa una importante centralización de poder en una sola persona, quien dirige, coordina y toma todas las decisiones.

El principal mecanismo de coordinación empleado por la dirección para organizar el trabajo en la empresa es la supervisión directa, que a su vez se combina con el ajuste mutuo entre los integrantes del núcleo operativo debido al reducido tamaño de la organización, permitiendo utilizar un simple proceso de comunicación informal para lograr la coordinación del trabajo, al mismo tiempo que el encargado de producción toma la responsabilidad por la labor del resto de los integrantes del grupo de trabajo emitiendo instrucciones y supervisando acciones.

Con respecto a la especialización del puesto, en el núcleo operativo se observa que es medianamente alta tanto a nivel vertical como horizontal, principalmente en el personal con poca antigüedad en la empresa, a quienes se les asigna tareas simples que van aumentando su diversidad y complejidad de manera paulatina. Las personas con mayor experiencia dentro de la organización son capaces de realizar prácticamente la totalidad de las operaciones que se desarrollan en el proceso productivo, lo que los convierte en trabajadores polivalentes, siendo su especialización reducida.

En lo referido a capacitación del personal, en el núcleo operativo la misma es baja, siendo común niveles de estudios secundarios incompletos. Las diversas actividades que involucra el proceso productivo son enseñadas a medida que la persona se desenvuelve en su puesto, comenzando con tareas simples y de bajo impacto, para luego ir aumentando progresivamente la complejidad bajo la supervisión del líder. En lo que refiere a vendedores la empresa selecciona especialistas en un determinado tipo de clientes y mercados, para lograr así el alto nivel de atención que brinda a sus consumidores.

Respecto al adoctrinamiento, se observó que está orientado principalmente a la calidad del producto y al servicio brindado al cliente. Dado que la empresa tiene una estrategia de diferenciación a través de elevados niveles de calidad y servicio, es tarea permanente de la dirección enseñar y transmitir estos y otros valores al personal, tanto en el ámbito productivo como en el comercial.

Dentro de la organización no se manifiesta la formalización del comportamiento por escrito, al no contar con ningún tipo de procedimientos e instructivos, por lo que la figura del encargado de producción y del director resulta fundamental a la hora de ejercer control sobre los individuos y su trabajo. A pesar de esto y debido a que la mayor parte del núcleo operativo posee gran experiencia dentro de la empresa, las actividades tienden a realizarse siempre siguiendo el mismo procedimiento.

Observando cómo se efectúa la división del trabajo, se divisa que la agrupación de unidades se corresponde con el sistema de autoridad formal, agrupando los diversos

puestos en base a los procesos de trabajo dentro del área productiva (chapistería, corte y punzonado, soldadura, pintura y pre-ensamble de componentes) y por función en un nivel superior.

En cuanto al sistema de planificación y control, la empresa no cuenta con uno definido, pero en ocasiones, suelen planificar acciones puntuales que no están contempladas en las actividades rutinarias del personal.

No se detecta ningún dispositivo de enlace, esto se debe en parte a la sencillez de la estructura organizativa y a la gran centralización en la toma de decisiones por parte del ápice estratégico, lo cual facilita la coordinación por medio de la comunicación informal.

En referencia a la descentralización en la toma de decisiones, se puede visualizar claramente que se centraliza tanto vertical como horizontalmente en el ápice estratégico, ya que éste concentra todo el poder de la empresa. Sin embargo, es importante señalar un punto clave en la toma de decisiones, referido a la retroalimentación existente entre la dirección con el núcleo operativo, los vendedores y los clientes, lo cual permite a la empresa orientarse hacia la mejora continua.

Partes constitutivas de la estructura de la empresa:

Ápice estratégico: como se ha mencionado con anterioridad se trata de una empresa familiar, donde uno de sus miembros es el encargado de la dirección. En concordancia con el tipo de descentralización, es quien se encarga de tomar todas las decisiones de la empresa. Como actividades principales que desarrolla se pueden mencionar el planteo de objetivos y metas; la supervisión directa de todas las actividades de la empresa, desde la fabricación hasta la venta de los productos; la resolución de conflictos tanto internos como externos; el tratamiento de cualquier aspecto que influya de forma directa o indirecta sobre los objetivos de la organización; entre otras.

Tecnoestructura: la empresa no cuenta con tecnoestructura.

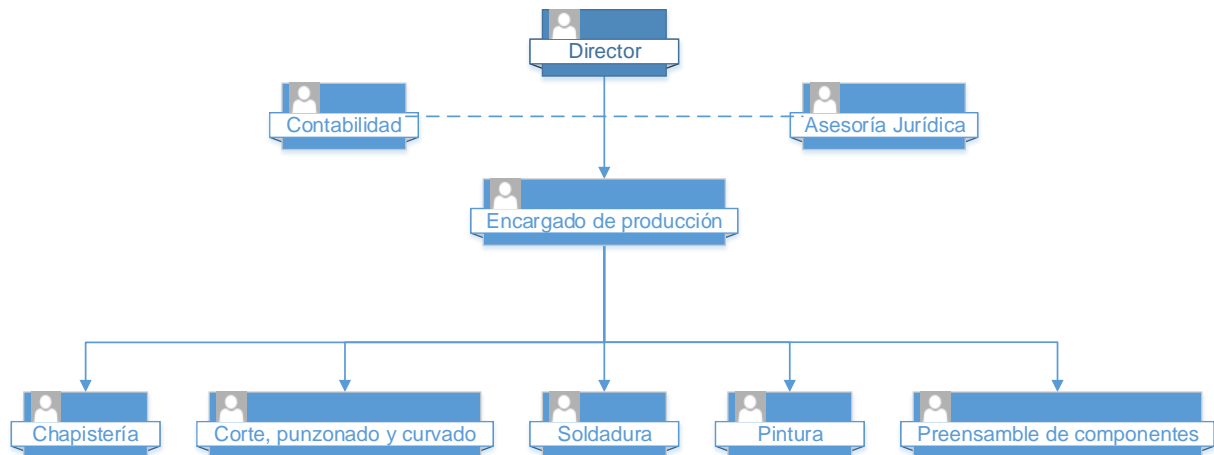
Staff de apoyo: como era de esperar en una organización cuya estructura es simple, la empresa contrata de forma externa los servicios contables y de asesoría jurídica.

Línea media: la estructura organizativa de la empresa carece de línea media, siendo el ápice estratégico el que, de alguna manera, absorbe sus funciones. Esto se ve evidenciado claramente en los flujos de información y de autoridad, donde el director tiene contacto directo con los operarios y el personal de ventas. Sin embargo, existe la figura del encargado de producción quien desempeña el rol de supervisor de contacto, controlando y coordinando el trabajo de los operarios, éste igualmente es considerado como miembro perteneciente al núcleo operativo.

Núcleo operativo: constituido por un grupo de siete operarios, forma parte de los sectores de chapistería (2); corte, punzonado y curvado (1); soldadura (1); pintura (1) y pre-ensamble de componentes (2). Como se mencionó con anterioridad existe la figura del encargado de producción quien pertenece al núcleo operativo pero en un

nivel de autoridad superior, colaborando en la coordinación y control del trabajo gracias a su antigüedad en la empresa y su vasta experiencia en los procesos. Así como también es quien junto a otros operarios con amplia experiencia se encarga de la formación de las nuevas incorporaciones en los diversos sectores de la organización.

Organigrama



Misión, visión y valores de la empresa

Visión:

Ser una empresa líder en el diseño, fabricación y comercialización de productos metalúrgicos de calidad, logrando la satisfacción total de nuestros clientes.

Misión:

Proporcionar soluciones, productos y servicios que satisfagan eficientemente las necesidades de nuestros clientes y superen sus expectativas, basándonos en la calidad y en la mejora continua.

Valores:

Orientación al cliente:

En nuestra Organización estamos involucrados en conocer y entender las necesidades de nuestros clientes, para que, basados en nuestra experiencia, podamos desarrollar las soluciones técnico económicas más adecuadas, cumpliendo con sus expectativas y esforzándonos por superarlas. Reconocemos que la satisfacción de nuestros clientes es el motor propulsor de crecimiento y mejora para nuestra Organización.

Excelencia:

Somos lo que hacemos y estamos comprometidos con una filosofía de mejora continua en el cumplimiento de nuestras obligaciones. Esto se traduce en elevados niveles de satisfacción de nuestros clientes.

Compromiso:

Trabajamos comprometidos en pro de los objetivos de la empresa y los clientes. Somos conscientes de que el aporte de cada uno de nosotros conduce al éxito de todos. Tenemos presente nuestra responsabilidad hacia la sociedad, el país y el medio ambiente.

Integridad:

La lealtad, honestidad y respeto son principios que nos definen e impulsan las acciones para que el actuar de la Organización obedezca a una estrategia de ética y transparencia.

Respeto a la persona:

Valoramos los intereses y necesidades de las personas, acompañándolas hacia el logro de sus objetivos personales.

Trabajo en equipo:

Fomentamos la participación de todos los integrantes de nuestro equipo de colaboradores, conscientes de que las nuevas ideas, el espíritu de servicio, el respeto y el aprendizaje colaborativo son generadores de un ambiente adecuado para el desarrollo de las personas y los negocios.

1.5 Proceso productivo

A continuación se detallará el actual proceso productivo de la empresa. Para su mayor entendimiento, el autor decidió proceder a la explicación agrupando las actividades que se desarrollan en cada uno de los sectores.

La actividad en la planta comienza con la llegada de la materia prima, la cual según sea su tipo es descargada de los camiones mediante un autoelevador, luego es contabilizada y acopiada en los diversos almacenes para su posterior procesamiento. La empresa cuenta con tres áreas principales de almacenamiento, una destinada a hierro, otra a chapa y la última para bulonería, masilla y demás componentes de menor volumen.

1.5.1 Sector de chapistería

Dentro de este sector se desarrollan un conjunto de acciones, todas referidas al procesamiento de chapas de diversos espesores y características. Se llevan a cabo las actividades de marcado, corte, perforado, curvado y plegado de chapas para la obtención de diversos componentes que formarán parte del producto final, tales como,

gajos de base, guillotina para boquilla de descarga, boquilla de embolsado, chapas para cilindros, pasa hombre, boquilla de carga y gajos de techo.

Comenzando en el depósito de chapas un par de operarios las transportan desde la estantería hasta una mesa ubicada próxima a ésta, allí son marcadas para su posterior corte por medio de una cizalla manual. Este proceso se repite tanto para gajos de base como para gajos de techo, sin embargo, estos últimos continúan en el proceso donde se marcan pequeñas tarjas por medio de tijeras para metal, que servirán como guía para efectuar el plegado. Este proceso consiste en 6 pliegues que otorgan resistencia a los gajos y es llevado adelante en una prensa plegadora de accionamiento manual. Finalmente, empleando un taladro eléctrico y una plantilla de referencia se realizan las perforaciones correspondientes a un conjunto de 20 gajos en forma simultánea.



Figura 1 – De izquierda a derecha: cizalla manual y prensa plegadora de accionamiento manual.

Las chapas para cilindros siguen otro flujo productivo, donde las chapas sinusoidales tal como se adquieren del proveedor se posicionan sobre una mesa de agujereado, se las fija mediante pinzas grip para evitar su desplazamiento y utilizando un taladro de banco el operario procede a realizar dos hileras de perforaciones en ambos extremos, además de otros agujeros requeridos según diseño. Una vez agujereadas, un par de operarios pasan las chapas por la curvadora cilindradora de rodillos sinusoidales, obteniendo el curvado necesario para el armado del cilindro correspondiente.



Figura 2 – Taladro de banco.



Figura 3 – Curvadora cilindradora de rodillos sinusoidales.

1.5.2 Sector de corte, punzonado y curvado

Como su nombre lo indica, este espacio dentro de la planta está destinado a las actividades de corte, punzonado y curvado de barras de acero de diversas geometrías, espesores y longitudes. Siendo requeridas por el sector de soldadura para la elaboración de cabriadas para base aérea, aros, boquilla de descarga y escaleras. Además en este sector se elaboran los parantes internos los cuales no exigen procesos posteriores.

Desde el área de almacenamiento de acero, las barras a procesar son seleccionadas y posicionadas sobre caballetes con rodillos que facilitan su avance hacia la cizalla eléctrica para corte de perfiles de acero, en donde ingresarán hasta hacer tope con un elemento metálico fijado a una medida predefinida por el operador, en un paso posterior y tras el accionamiento de una palanca, se efectúa el corte. Luego la sección es retirada de la cama de corte y apilada en el piso junto a las demás de acuerdo a su longitud. Esta operación se repite hasta obtener la cantidad deseada de secciones con cada una de las barras requeridas para la elaboración del producto.

Aquellas barras que según diseño requieran ser agujereadas, se trasladan hasta la punzonadora manual, donde el operario posiciona la barra, de a una por vez, y acciona la máquina mediante una palanca. De forma análoga, las barras que requieren ser curvadas son transportadas hasta la curvadora de perfiles, donde el operario pasa la sección metálica por la máquina hasta obtener el arco de curvatura deseado.



Figura 4 – De izquierda a derecha: cizalla eléctrica para corte de perfiles de acero, punzonadora manual y curvadora de perfiles.

1.5.3 Sector de soldadura

Esta área está destinada a la ejecución de todas las operaciones de soldadura, requeridas para elaborar a partir de elementos simples componentes que luego serán ensamblados formando el producto final del sector. Los métodos de soldadura empleados son: soldadura de arco metálico con gas (GMAW, *Gas Metal Arc Welding*) más conocida como MIG/MAG, soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, *Shielded Metal Arc Welding*) y soldadura por puntos. Los subproductos que se proveen a las áreas subsiguientes del proceso son base aérea con boquilla de descarga y escaleras.



Figura 5 – De izquierda a derecha: soldadora MIG/MAG, soldadora de punto y soldadora de electrodo revestido.

1.5.4 Sector de pintura

El trabajo de pinturería comienza al recibir los diversos componentes del producto que requieren protección adicional contra la corrosión, como en el caso de base aérea con boquilla de descarga, boquilla de embolsado, pasa hombre, boquilla de carga, aro exterior superior y escaleras. Todos estos elementos son tratados con antióxido mediante la pulverización con pistolas de pintura por aspiración. Además de lo antes mencionado, este sector se encarga de pintar sobre una de las chapas para cilindros del tanque superior el nombre de la empresa mediante una plantilla diseñada para tal fin.

1.5.5 Sector de pre-ensamble de componentes

Debido al gran porte de los productos y a disposiciones viales vigentes para su transporte, los mismos no pueden ser ensamblados en su totalidad antes de abandonar la planta de producción, es por esta razón que se debe procurar pre-ensamblar en fábrica la mayor parte de componentes que sea posible a fin de evitar actividades en un terreno más hostil desde el punto de vista productivo.

En este sector se realiza el enchapado de bases aéreas las cuales se conforman de dos mitades, esta actividad consiste en la fijación de los gajos del piso mediante su abulonamiento a la base, de manera que cubran la totalidad de la superficie del plano cónico. Además se realiza la colocación de la boquilla de embolsado sobre el piso de la base y la instalación del pasa hombre en la correspondiente chapa para cilindro del tanque inferior.

El ensamble total del producto se lleva a cabo por parte del personal de fábrica en la ubicación del cliente.

A continuación, para un mayor entendimiento del proceso productivo se presentan los flujogramas correspondientes a cada sector.

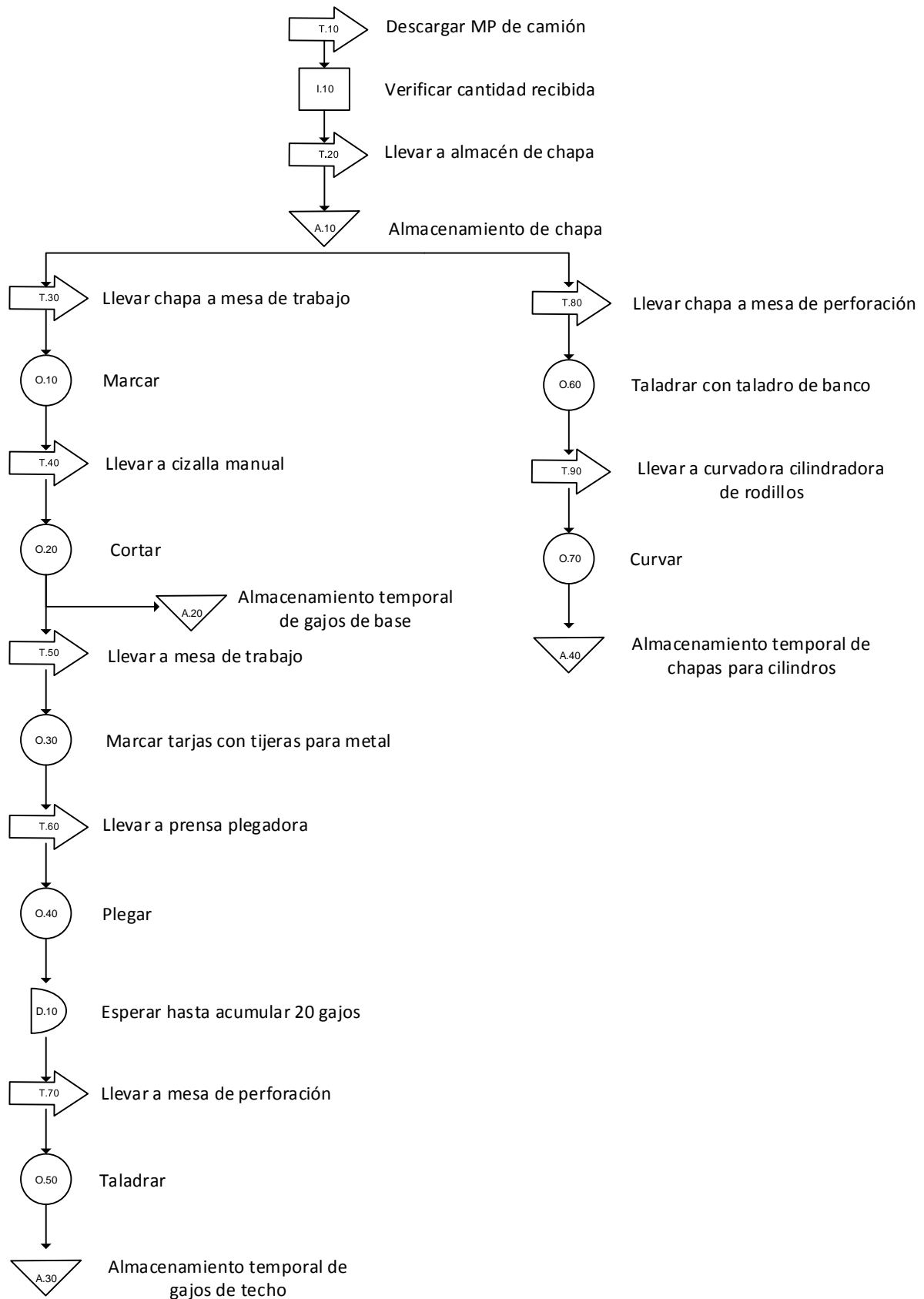


Figura 6 - Flujograma sector chapistería.

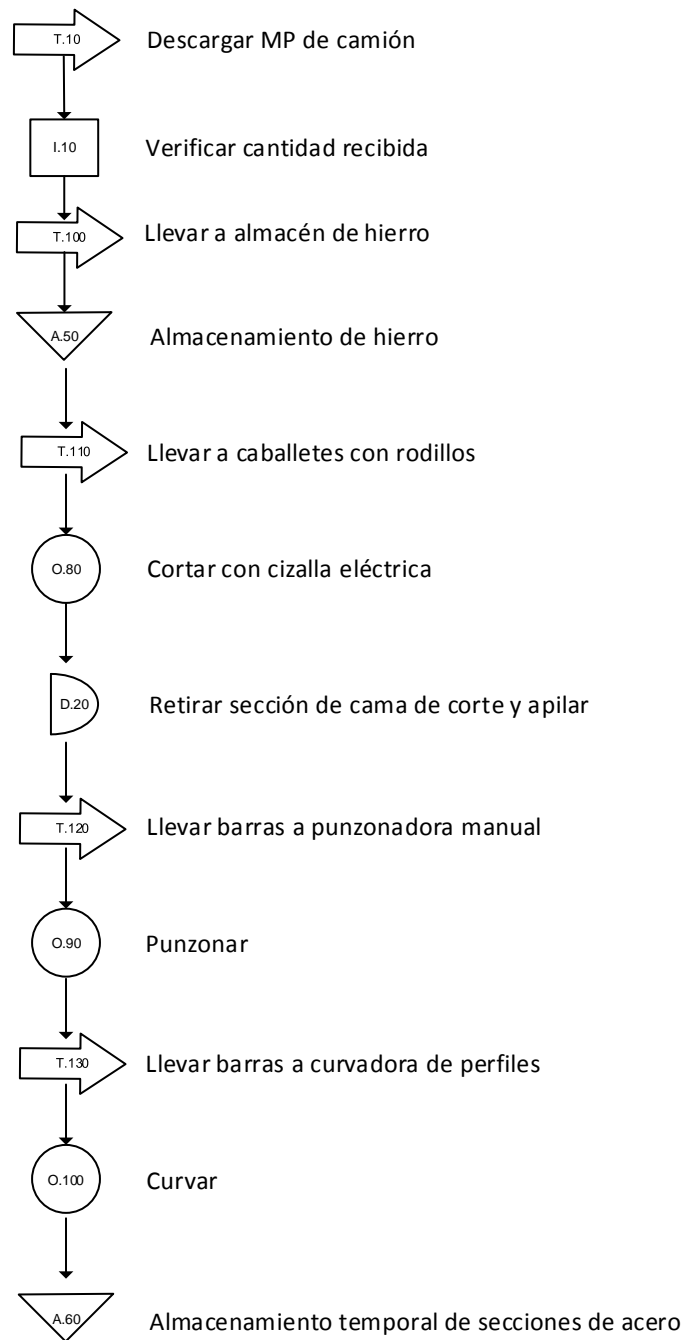


Figura 7 – Flujograma sector de corte, punzonado y curvado.

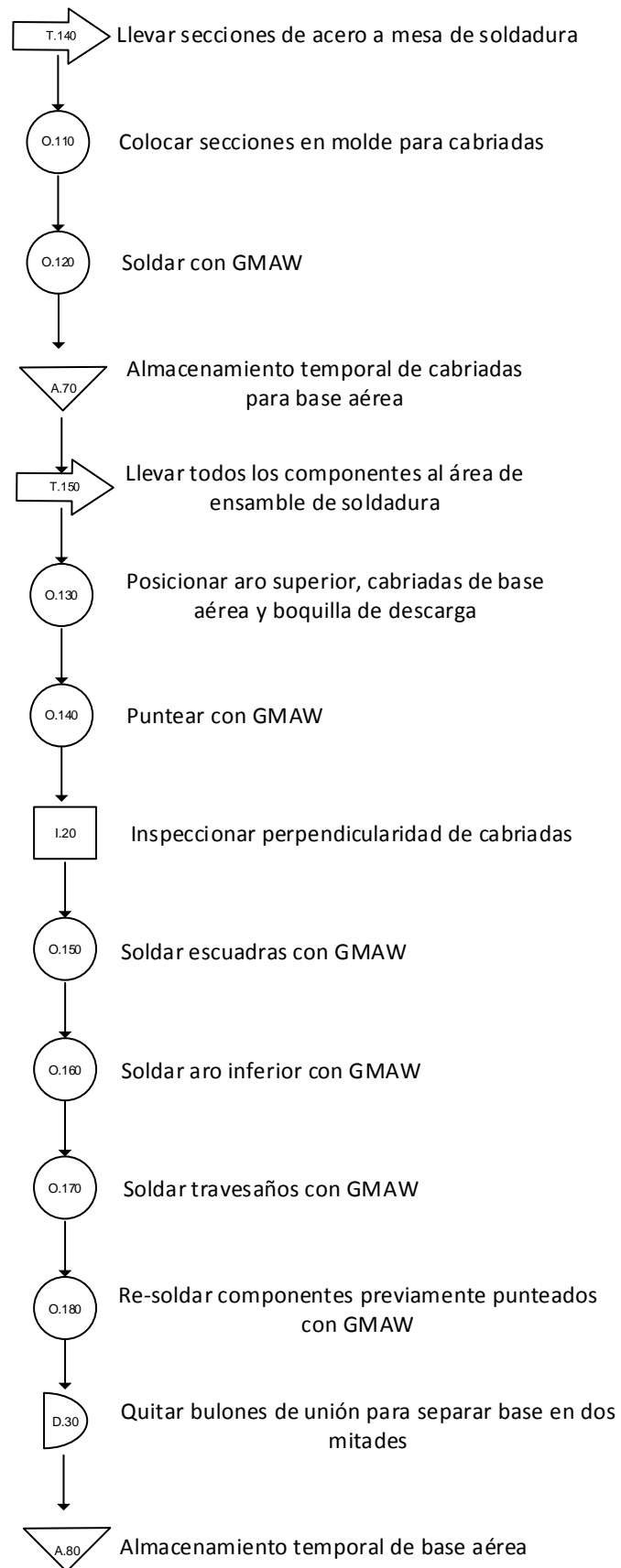


Figura 8 – Flujograma sector de soldadura.

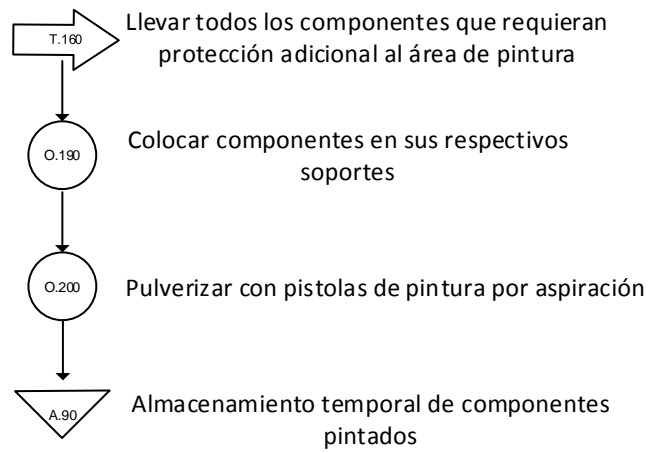


Figura 9 – Flujograma sector de pintura.

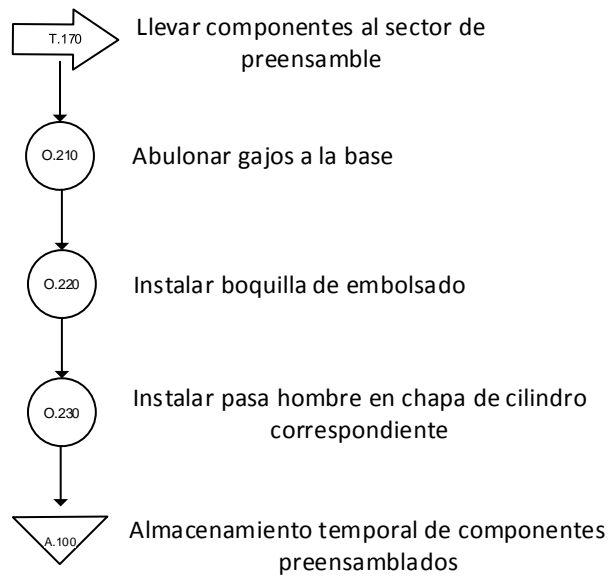


Figura 10 – Flujograma sector de pre-ensamble.

Capítulo 2: Diagnóstico del estado actual de la empresa



2.1 Metodología utilizada

Para dar comienzo a la etapa de diagnóstico de la situación actual de la empresa, el autor consideró los tiempos globales requeridos por cada uno de los sectores para la ejecución de las actividades correspondientes a la fabricación de los componentes que constituyen el silo de base aérea de 50 Tn, para luego clasificarlos en orden descendente. Este análisis es fundamental para lograr establecer una secuencia de acción, que permita priorizar aquellos sectores que requieren más atención.

Además de lo anteriormente mencionado, se realizó un relevamiento de las actividades ejecutadas en cada sector de la planta, clasificándolas según su adición de valor en: actividades que agregan valor (AV), actividades que no agregan valor (NAV) y actividades que son necesarias pero no agregan valor (NNAV). El propósito de ésta clasificación radica en poder establecer en qué sectores se generan mayores despilfarros, es decir, en cuales existe un mayor porcentaje de actividades NAV.

Por medio de un análisis de Pareto, se logra visualizar la información de forma clara y contundente, consiguiendo seleccionar el primer sector sobre el cual se deben concentrar los esfuerzos para lograr una mejora en la productividad.

Posteriormente se realizó un estudio de tiempos y movimientos que permitió definir el tiempo estándar para la ejecución de las actividades del sector de chapistería, además de la posibilidad de establecer un patrón de comparación que será de gran utilidad a la hora de evaluar las propuestas de mejora que surjan en el futuro.

Mediante la elaboración de diagramas de flujo se brindó una clara imagen de toda la secuencia de acontecimientos del proceso, valiendo además como herramienta de comparación de métodos, dando lugar a la oportunidad de mejorar la distribución de máquinas, puestos y puntos de almacenamiento de materiales dentro del sector chapistería en busca de la reducción del tiempo improductivo.

La detección de los cuellos de botella permitió en primer lugar determinar el tipo de restricciones al que se enfrenta el proceso productivo y sus causas, brindando información para posteriormente establecer un plan de acción que en principio se enfoque sobre la principal restricción del sistema y luego continuar con las restantes.

De igual forma, la detección de los tipos de despilfarros presentes en el proceso dio lugar a la búsqueda de las causas que los originan, las que a su vez brindaron la información necesaria para el planteo de propuestas de mejora.

Contemplando lo analizado hasta el momento se sugirió la implementación de 5S dentro del sector de chapistería, conjuntamente se planteó una distribución más conveniente para dicho sector. Posteriormente se presentaron y analizaron diferentes alternativas de mejora referidas a la incorporación de máquinas cuya implementación progresiva originaría un incremento de la productividad al atacar los cuellos de botella. Finalmente se expusieron las sugerencias para el tratamiento de los despilfarros hallados y los estudios que deberían llevarse adelante para estimular el proceso de mejora continua.

2.2 Tiempos globales de procesamiento y relevamiento de AV, NAV y NNAV

La consideración de los tiempos globales de cada sector brinda una perspectiva inicial de su situación, consiguiendo detectar en que parte del proceso productivo los tiempos requeridos son más significativos.

El relevamiento de actividades se lleva a cabo mediante la observación minuciosa de las tareas que se realizan en cada uno de los sectores y teniendo en cuenta los flujogramas previamente presentados. Esto permite la realización de un análisis de Pareto para priorizar los sectores sobre los cuales se debe comenzar a trabajar.

2.2.1 Marco teórico

A continuación el autor presenta los principales temas emprendidos en la investigación bibliográfica para el desarrollo de la presente sección.

Clasificación de actividades según su adición de valor:

En toda organización existen actividades que:

- Agregan valor (AV).
- No agregan valor (NAV).
- No agregan valor pero son necesarias (NNAV).

Las actividades AV son aquellas que transforman la materia prima o información para satisfacer las necesidades del cliente, y por las cuales el mismo está realmente dispuesto a pagar. Mientras que las actividades NAV son aquellas que no brindan ninguna ventaja al producto o servicio, ya que no añaden ningún valor para el cliente. Finalmente, las actividades NNAV son aquellas que no adicionan valor al producto pero que de todas formas deben ser realizadas, lo que hace dificultosa su remoción.

El propósito de identificarlas y clasificarlas radica en el objetivo de reducir o eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, consiguiendo un mejor aprovechamiento de los recursos.

Análisis de Pareto:

Diagrama de Pareto: es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y

el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. Fuente: Gutierrez Pulido (2009), p.140.

2.2.2 Análisis de los datos obtenidos

Observando los tiempos globales de cada sector se puede establecer un orden de prioridad que permita trabajar sobre aquellas áreas que presentan mayores dificultades para el logro de los objetivos proyectados por la empresa. Este análisis es necesario ya que detectar las actividades NAV y trabajar sobre ellas no alcanza, debido a que éstas a pesar de que no agregan valor al producto pueden no ser lo suficientemente significativas como para generar una mejoría notoria en la productividad.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos globales que presenta cada sector y sus porcentajes relativos.

Sector	Tiempo global de producción (min.)	Porcentaje (%)
Chapistería	245	23,91
Corte, punzonado y curvado	240	23,41
Soldadura	240	23,41
Pintura	240	23,41
Pre-ensamble	60	5,86
TOTAL	1025	100

Tabla 1 – Tiempos globales correspondientes a cada sector y porcentajes relativos.

Al observar los porcentajes relativos en la Tabla 1, se manifiesta que el sector chapistería es quien actualmente demanda mayor cantidad de tiempo dentro del proceso productivo, superando en solo un 0,5% a los sectores de corte, punzonado y curvado, soldadura y pintura, los cuales presentan el mismo tiempo global de producción, siendo el sector de pre-ensamble el que menor tiempo requiere.

Considerando la simbología utilizada en los flujogramas se lleva a cabo la clasificación de las actividades implicadas en cada sector obteniendo de esta forma la cuantificación de actividades NAV.

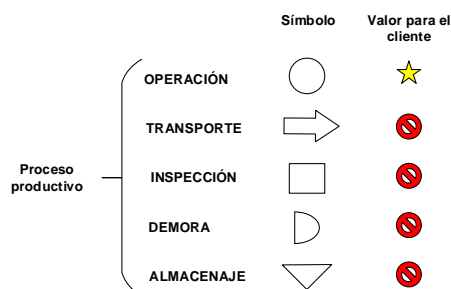


Figura 11 – Actividades AV y actividades NAV desde la percepción del cliente.

El relevamiento de las actividades se exhibe en forma de tablas para una mejor visualización de la información.

Sector: Chapistería				
Nº Op.	Descripción de la operación	Clasificación		
		AV	NNAV	NAV
T.10	Descargar MP de camión		X	
I.10	Verificar cantidad recibida		X	
T.20	Llevar a almacén de chapa			X
A.10	Almacenamiento de chapa		X	
T.30	Llevar chapa a mesa de trabajo			X
O.10	Marcar	X		
T.40	Llevar a cizalla manual			X
O.20	Cortar	X		
A.20	Almacenamiento temporal de gajos de base		X	
T.50	Llevar a mesa de trabajo			X
O.30	Marcar tarjetas con tijeras para metal	X		
T.60	Llevar a prensa plegadora			X
O.40	Plegar	X		
D.10	Espera hasta acumular 20 gajos		X	
T.70	Llevar a mesa de perforación			X
O.50	Taladrar	X		
A.30	Almacenamiento temporal de gajos de techo		X	
T.80	Llevar chapa a mesa de perforación			X
O.60	Taladrar con taladro de banco	X		
T.90	Llevar a curvadora cilindradora de rodillos			X
O.70	Curvar	X		
A.40	Almacenamiento temporal de chapas para cilindros		X	
TOTALES		7	7	8

Tabla 2 – Relevamiento de actividades del sector chapistería.

Sector: Corte, punzonado y curvado				
Nº Op.	Descripción de la operación	Clasificación		
		AV	NNAV	NAV
T.10	Descargar MP de camión		X	
I.10	Verificar cantidad recibida		X	
T.100	Llevar a almacén de hierro			X
A.50	Almacenamiento de hierro		X	
T.110	Llevar a caballetes con rodillos			X
O.80	Cortar con cizalla eléctrica	X		
D.20	Retirar sección de cama de corte y apilar			X
T.120	Llevar barras a punzonadora manual			X
O.90	Punzonar	X		
T.130	Llevar barras a curvadora de perfiles			X
O.100	Curvar	X		
A.60	Almacenamiento temporal de secciones de acero		X	
TOTALES		3	4	5

Tabla 3 – Relevamiento de actividades del sector corte, punzonado y curvado.

Sector: Soldadura				
Nº Op.	Descripción de la operación	Clasificación		
		AV	NNAV	NAV
T.140	Llevar secciones de acero a mesa de soldadura			X
O.110	Colocar secciones en molde para cabriadas	X		
O.120	Soldar con GMAW	X		
A.70	Almacenamiento temporal de cabriadas para base aérea		X	
T.150	Llevar todos los componentes al área de ensamble de soldadura			X
O.130	Posicionar aro superior, cabriadas de base aérea y boquilla de descarga	X		
O.140	Puntear con GMAW	X		
I.20	Inspeccionar perpendicularidad de cabriadas		X	
O.150	Soldar escuadras con GMAW	X		
O.160	Soldar aro inferior con GMAW	X		
O.170	Soldar travesaños con GMAW	X		
O.180	Re-soldar componentes previamente punteados con GMAW	X		
D.30	Quitar bulones de unión para separar base en dos mitades		X	
A.80	Almacenamiento temporal de base aérea		X	
TOTALES		8	4	2

Tabla 4 – Relevamiento de actividades del sector soldadura.

Sector: Pintura				
Nº Op.	Descripción de la operación	Clasificación		
		AV	NNAV	NAV
T.160	Llevar todos los componentes que requieran protección adicional al área de pintura			X
O.190	Colocar componentes en sus respectivos soportes	X		
O.200	Pulverizar con pistolas de pintura por aspiración	X		
A.90	Almacenamiento temporal de componentes pintados		X	
TOTALES		2	1	1

Tabla 5 – Relevamiento de actividades del sector pintura.

Sector: Pre-ensamble				
Nº Op.	Descripción de la operación	Clasificación		
		AV	NNAV	NAV
T.170	Llevar componentes al sector de pre-ensamble			X
O.210	Abulonar gajos a la base	X		
O.220	Instalar boquilla de embolsado	X		
O.230	Instalar pasa hombre en chapa de cilindro correspondiente	X		
A.100	Almacenamiento temporal de componentes pre-ensamblados		X	
TOTALES		3	1	1

Tabla 6 – Relevamiento de actividades del sector pre-ensamble.

Se presentan a continuación las tablas de resultados correspondientes al relevamiento y clasificación de las diversas actividades según su adición de valor al producto.

Sector	Nº de actividades NAV	Porcentaje
Chapistería	8	47,06
Corte, punzonado y curvado	5	29,41
Soldadura	2	11,77
Pintura	1	5,88
Pre-ensamble	1	5,88
Total	17	100

Tabla 7 – Actividades NAV correspondientes a cada sector y porcentajes relativos.

Al ver los porcentajes expuestos en la tabla 7, se puede advertir que los sectores chapistería y corte, punzonado y curvado son los que aportan al proceso productivo la mayor cantidad de actividades NAV, alcanzando en conjunto cerca del 80%, el porcentaje restante se distribuye entre las áreas de soldadura, pintura y pre-ensamble.

Sector	Nº de actividades NNAV	Porcentaje
Chapistería	7	41,18
Corte, punzonado y curvado	4	23,53
Soldadura	4	23,53
Pintura	1	5,88
Pre-ensamble	1	5,88
Total	17	100

Tabla 8 – Actividades NNAV correspondientes a cada sector y porcentajes relativos.

En la tabla 8, se percibe un comportamiento similar, donde el sector chapistería encabeza la lista de actividades NNAV, seguido por los sectores de corte, punzonado y curvado y soldadura, siendo estos tres sectores los responsables por poco del 90% de las actividades NNAV.

Sector	Nº de actividades AV	Porcentaje
Soldadura	8	34,78
Chapistería	7	30,44
Corte, punzonado y curvado	3	13,04
Pre-ensamble	3	13,04
Pintura	2	8,70
Total	23	100

Tabla 9 – Actividades AV correspondientes a cada sector y porcentajes relativos.

Las actividades AV se pueden analizar observando la tabla 9, cuya distribución se efectúa en 3 grandes grupos, el primero con poco más del 65% conformado por los sectores soldadura y chapistería, seguidos por pre-ensamble y corte, punzonado y curvado con idénticos porcentajes individuales, que superan escasamente el 26% en forma conjunta, mientras que el sector de pintura es quien complementa el porcentaje restante.

Considerando los porcentajes relativos de tiempos globales de tabla 1 y el número de actividades NAV de cada sector de tabla 7 se confeccionó el siguiente diagrama de Pareto.

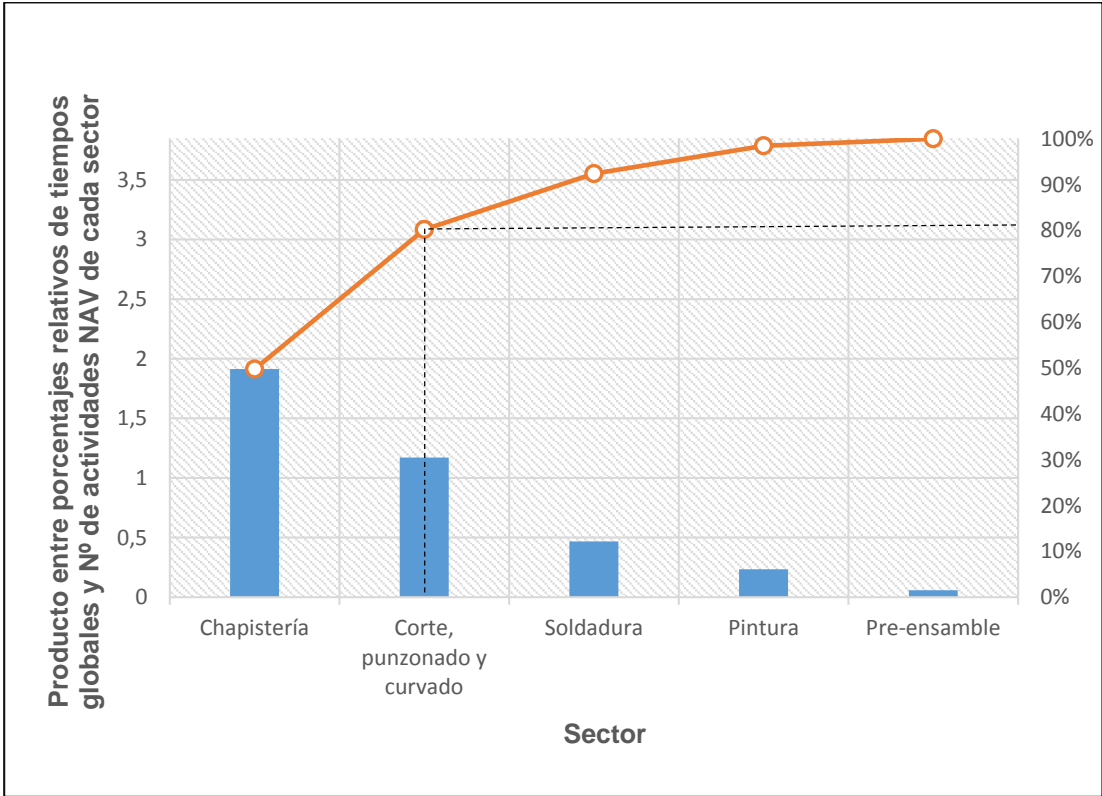


Figura 12 – Diagrama de Pareto para actividades NAV.

Dicho diagrama demuestra que dos de los cinco sectores que participan en el proceso (chapistería y corte, punzonado y curvado), acumulan cerca del 80% de las actividades NAV.

Cabe aclarar, que para mejorar el análisis se debería efectuar la toma de tiempos de las actividades realizadas en cada uno de los sectores que intervienen en el proceso, de manera de cuantificar el tiempo invertido en las actividades NAV y así poder confeccionar un diagrama de Pareto que refleje dichos tiempos para cada uno de los sectores. La toma de tiempos para cada una de las tareas dentro de cada sector excede el alcance del proyecto por lo cual no se realizará.

2.2.3 Conclusiones del análisis

Se puede concluir que todos los esfuerzos deben concentrarse en el sector de chapistería, debido a que presenta mayores dificultades que los restantes, en primer lugar por la superior demanda de tiempo para desarrollar sus actividades, que si bien no manifiesta una diferencia significativa, supera a los demás sectores. En segundo lugar, denota una considerable cantidad de actividades NAV.

A lo anterior se suma que el personal perteneciente al sector chapistería desempeña las tareas de armado fuera de planta, lo que genera demoras extras.

Por consiguiente, en este proyecto se considerará el sector de chapistería para continuar con el desarrollo del mismo, no obstante, una vez optimizado dicho sector, el próximo paso sería trabajar sobre el área de corte, punzonado y curvado. De esta forma, nos habremos ocupado del 80% de los problemas, trabajando solo sobre dos de cinco sectores, para luego continuar con los restantes.

2.3 Estudio de tiempos y movimientos

En los tiempos actuales se evidencia una creciente necesidad de aprovechar mejor la mano de obra y reducir los costos de la producción, siendo necesaria una mejor utilización de los recursos humanos y materiales.

Como punto de partida para mejorar un proceso o una actividad, lo primero es conocer de qué forma se realiza y cuánto tiempo insume actualmente. Sin esta información, resulta dificultoso proponer mejoras, ya que no se cuenta con un patrón contra el cual comparar los resultados obtenidos de las propuestas realizadas, y por ende se desconoce qué tan beneficiosa o no sería su implementación.

Por consiguiente, la medición del trabajo satisface los objetivos de incrementar la eficiencia del trabajo, y además proporcionar estándares de tiempos que servirán de información a otros sistemas de la empresa como costos, programación de la producción, etc.

2.3.1 Marco teórico

Estudio de tiempos:

En general, un día de trabajo justo es aquel que es equitativo tanto para la compañía como para el empleado. Esto significa que el empleado debe proporcionar un día de trabajo completo por el salario que recibe, con suplementos u holguras razonables por retrasos personales, inevitables y por fatiga. Se espera que el trabajador opere con el método prescrito a un paso que no es rápido ni lento, sino uno que pueda considerarse representativo del desempeño durante todo el día, por el empleado experimentado y

cooperativo. El estudio de tiempos es un método que sirve para determinar un día de trabajo justo. Fuente: Niebel (2009), p.328.

Tiempo estándar:

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga. Fuente: García Criollo (2005), p.179.

El tiempo estándar se obtiene mediante el siguiente cálculo:

$$T_t = T_n (1 + \text{tolerancias})$$

Donde:

T_t: Tiempo estándar.

T_n: Tiempo normal.

Tolerancias: tolerancias por suplementos concedidos.

Las tolerancias se pueden calcular mediante:

1. Suplementos constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		
	Hombres	Mujeres	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplemento		
Suplementos por necesidades personales	5	7	Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
Suplementos base por fatiga	4	4	16	0	
2. Suplementos variables			14	0	
	Hombres	Mujeres	12	0	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	10	3	
B. Suplemento por postura anormal			8	10	
Ligeramente incómoda	0	1	6	21	
Incómoda (Inclinado)	2	3	5	31	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	4	45	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			3	64	
Peso levantado por kilogramo			2	100	
2.5	0	1	F. Concentración Intensa		
5	1	2	Hombres Mujeres		
7.5	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
10	3	4	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
12.5	4	6	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
15	5	8	G. Ruido.		
17.5	7	10	Continuo		
20	9	13	Intermitente y fuerte		
22.5	11	16	Intermitente y muy fuerte		
25	13	20 (máx)	Estridente y fuerte		
30	17	-	H. Tensión mental		
33.5	22	-	Proceso bastante complejo		
D. Mala iluminación			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada			Muy complejo		
Bastante por debajo			Trabajo algo monótono		
Absolutamente insuficiente			Trabajo bastante monótono		
			Trabajo muy monótono		
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido		
			Trabajo aburrido		
			Trabajo muy aburrido		

Figura 13 - Sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales. Fuente: García Criollo (2005), p.228.

El tiempo normal se obtiene de la siguiente forma:

$$T_n = T_e (\text{valoración en } \%)$$

Donde:

T_n : Tiempo normal.

T_e : Tiempo promedio.

Valoración en %: factor de desempeño del operario.

La valoración del desempeño del operario se puede obtener mediante el sistema de calificación *Westinghouse*:

+0.13	A1	Excesivo	+0.15	A1	Superior
+0.12	A2	Excesivo	+0.13	A2	Superior
+0.10	B1	Excelente	+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno	+0.06	C1	Buena
+0.02	C2	Bueno	+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable	-0.05	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable	-0.10	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo	-0.16	F1	Mala
-0.17	F2	Malo	-0.22	F2	Mala

Figura 14 - De izquierda a derecha: Sistema *Westinghouse* para calificar habilidades y para calificar el esfuerzo. Fuente: Niebel (2009), p.359.

+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Bueno	+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Malo	-0.04	F	Mala

Figura 15 - De izquierda a derecha: Sistema *Westinghouse* para calificar las condiciones y para calificar la consistencia. Fuente: Niebel (2009), p.359.

2.3.2 Análisis de los datos obtenidos

El autor realizó el estudio de tiempos sobre tres puestos correspondientes al sector de chapistería, donde se elaboran diversos componentes para el silo de base aérea de 50 Tn., dichos puestos son ocupados por operarios masculinos, previo a dar comienzo a la observación de las operaciones y a la toma de tiempos, se explicó detenidamente a cada uno la finalidad e importancia de la actividad, señalando lo fundamental que resulta el desarrollo de sus tareas como habitualmente lo hacen.

A continuación se presenta la información recopilada:

Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio	Cant.	Clasificación		
				AV	NNAV	NAV
T.30	Llevar chapa a mesa de trabajo	24,00	6			X
O.10	Marcar	48,40	6	X		
T.40	Llevar a cizalla manual	20,60	6			X
O.20	Cortar	86,10	12	X		
A.20	Almacenamiento temporal de gajos de base	6,00	12		X	

Tabla 10 – Hoja de cronometraje sector chapistería, piso base S.50.

Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio	Cant.	Clasificación		
				AV	NNAV	NAV
T.30	Llevar chapa a mesa de trabajo	24,00	10			X
O.10	Marcar	48,40	10	X		
T.40	Llevar a cizalla manual	20,60	10			X
O.20	Cortar	86,10	20	X		
A.20	Almacenamiento temporal de gajos de base	6,00	20		X	
T.50	Llevar a mesa de trabajo	7,70	20			X
O.30	Marcar tarjetas con tijeras para metal	39,40	20	X		
T.60	Llevar a prensa plegadora	8,60	20			X
O.40	Plegar	87,20	20	X		
D.10	Espera hasta acumular 20 gajos	8,90	20		X	
T.70	Llevar a mesa de perforación	11,50	20			X
O.50	Taladrar	19,20	20	X		
A.30	Almacenamiento temporal de gajos de techo	9,30	20		X	

Tabla 11 – Hoja de cronometraje sector chapistería, techo S.50.

	Hoja de cronometraje	Fecha: 17/09/15	Sector: Chapistería	Componente: Cilindro S.50	Tpo. Total (min.)	104,160
	Realizado por: Díaz Pablo Andrés		NAV:	AV	NAV	NNAV
			7,42%	93,920	7,733	2,507
Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio	Cant.	Clasificación		
				AV	NNAV	NAV
T.80	Llevar chapa a mesa de perforación	12,40	16			X
O.60	Taladrar con taladro de banco	210,00	16	X		
T.90	Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	16,60	16			X
O.70	Curvar	47,40	48	X		
A.40	Almacenamiento temporal de chapas para cilindros	9,40	16		X	

Tabla 12 – Hoja de cronometraje sector chapistería, cilindro S.50.

Posteriormente se efectuó un desglose de la información para obtener el tiempo que insume la fabricación de cada componente, facilitando el cálculo del número de piezas por hora y la cantidad de piezas a producir en una jornada laboral de 8 horas.

	Hoja de cronometraje	Fecha: 17/09/15	Sector: Chapistería	Componente: Gajo de base	Tpo. Total (min.)	2,310
	Realizado por: Díaz Pablo Andrés		NAV:	AV	NAV	NNAV
			16,09%	1,838	0,372	0,100
Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio (s)	Clasificación			
			AV	NNAV	NAV	
T.30	Llevar chapa a mesa de trabajo	12,00			X	
O.10	Marcar	24,20	X			
T.40	Llevar a cizalla manual	10,30			X	
O.20	Cortar	86,10	X			
A.20	Almacenamiento temporal de gajos de base	6,00		X		

Tabla 13 – Hoja de cronometraje sector chapistería, gajo de base.

	Hoja de cronometraje	Fecha: 17/09/15	Sector: Chapistería	Componente: Gajo de techo	Tpo. Total (min.)	5,507
	Realizado por: Díaz Pablo Andrés		NAV:	AV	NAV	NNAV
			15,16%	4,268	0,835	0,403
Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio	Clasificación			
			AV	NNAV	NAV	
T.30	Llevar chapa a mesa de trabajo	12,00			X	
O.10	Marcar	24,20	X			
T.40	Llevar a cizalla manual	10,30			X	
O.20	Cortar	86,10	X			
A.20	Almacenamiento temporal de gajos de base	6,00		X		
T.50	Llevar a mesa de trabajo	7,70			X	
O.30	Marcar tarjas con tijeras para metal	39,40	X			
T.60	Llevar a prensa plegadora	8,60			X	
O.40	Plegar	87,20	X			
D.10	Espera hasta acumular 20 gajos	8,90		X		
T.70	Llevar a mesa de perforación	11,50			X	
O.50	Taladrar	19,20	X			
A.30	Almacenamiento temporal de gajos de techo	9,30		X		

Tabla 14 – Hoja de cronometraje sector chapistería, gajo de techo.

	Hoja de cronometraje	Fecha: 17/09/15	Sector: Chapistería	Componente: Chapa p/ cilindro	Tpo. Total (min.)	6,510
	Realizado por: Díaz Pablo Andrés		NAV:	AV	NAV	NNAV
			7,42%	5,870	0,483	0,157
Nº Op.	Descripción de la operación	Tiempo promedio	Clasificación			
			AV	NNAV	NAV	
T.80	Llevar chapa a mesa de perforación	12,40			X	
O.60	Taladrar con taladro de banco	210,00	X			
T.90	Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	16,60			X	
O.70	Curvar	142,20	X			
A.40	Almacenamiento temporal de chapas para cilindros	9,40		X		

Tabla 15 – Hoja de cronometraje sector chapistería, chapa para cilindro.

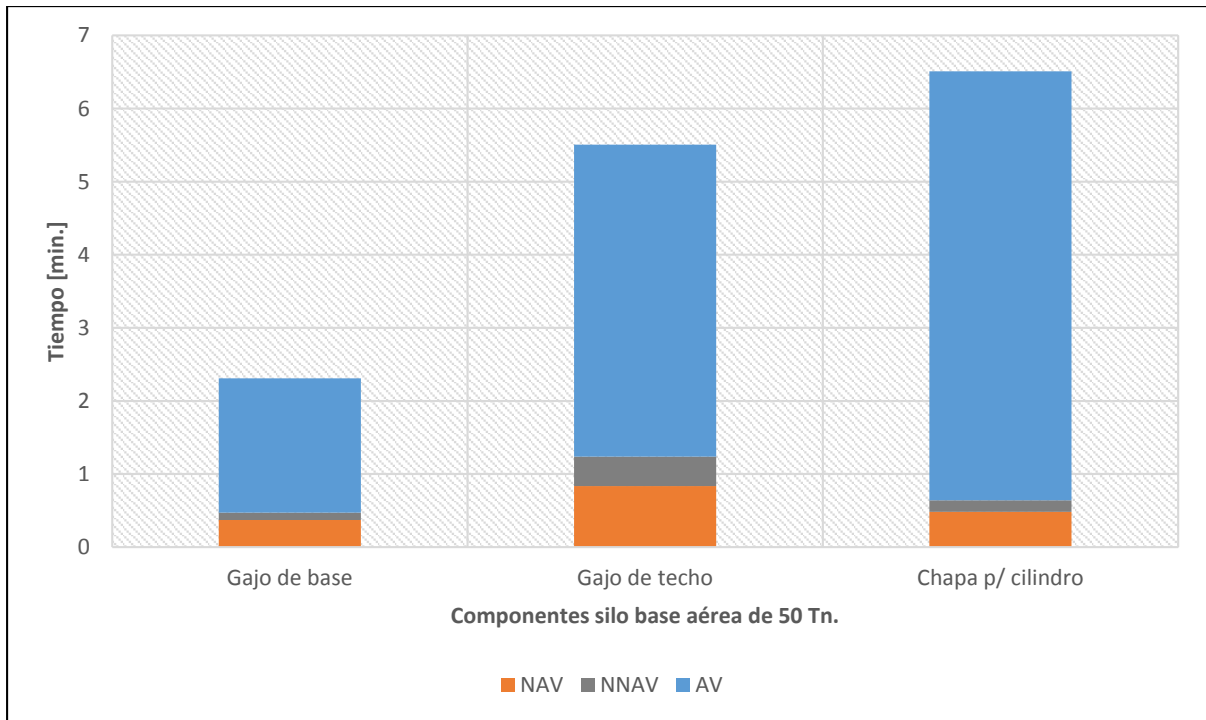


Figura 16 – Desagregación de los tiempos de los diversos componentes del sector chapistería correspondientes al silo de base aérea de 50 Tn.

La valoración de desempeño fue definida empleando el sistema de calificación *Westinghouse*, obteniéndose los siguientes resultados:

Componente: gajo de base.

Operario 1:

Habilidad	Excelente B2 (+0,08)
Esfuerzo	Excelente B2 (+0,08)
Consistencia	Buena C (+0,01)
Condiciones	Promedio D (0)
Total	+0,17

El factor de desempeño del operario 1 resulta: $100 + 17 = 117\% = 1,17$

Componente: gajo de techo.

Operario 2:

Habilidad	Excelente B2 (+0,08)
Esfuerzo	Excelente B2 (+0,08)
Consistencia	Buena C (+0,01)
Condiciones	Promedio D (0)
Total	+0,17

El factor de desempeño del operario 2 resulta: $100 + 17 = 117\% = 1,17$

Componente: chapa para cilindro.

Operario 3:

Habilidad	Buena C1 (+0,06)
Esfuerzo	Buena C1 (+0,05)
Consistencia	Buena C (+0,01)
Condiciones	Promedio D (0)
Total	+0,12

El factor de desempeño del operario 3 resulta: $100 + 12 = 112\% = 1,12$

Calculando el tiempo normal para cada componente, se obtiene:

Componente	$T_n = T_e * (\text{valoración en } \%) \text{ [min.]}$
Gajo de base	$T_n = 2,310 * 1,17 = 2,703$
Gajo de techo	$T_n = 5,507 * 1,17 = 6,443$
Chapa para cilindro	$T_n = 6,510 * 1,12 = 7,291$

Utilizando la información que brinda la Figura 13, se calcula la tolerancia:

Hombre	9%
Trabaja de pie	2%
Uso de fuerza	2%
Ruido intermitente	2%
Trabajo bastante monótono	1%
Total	16%

La tolerancia resultante es del 16%, la cual es considerada equivalente para los tres puestos analizados dado que las operaciones que se llevan adelante en cada uno de ellos son de similares características y se efectúan bajo condiciones semejantes.

Se obtienen los tiempos estándar para los tres componentes estudiados:

Componente	$T_t = T_n * (1 + \text{tolerancia}) \text{ [min.]}$
Gajo de base	$T_t = 2,703 * 1,16 = 3,135$
Gajo de techo	$T_t = 6,443 * 1,16 = 7,474$
Chapa para cilindro	$T_t = 7,291 * 1,16 = 8,457$

Conociendo el tiempo estándar, se puede determinar la productividad de un solo factor, al considerar la cantidad de unidades producidas de cada componente por cada hora de trabajo empleada:

Componente	Productividad
Gajo de base	19,14 [gajos de base / h]
Gajo de techo	8,03 [gajos de techo / h]
Chapa para cilindro	7,09 [chapas para cilindro / h]

Por consiguiente para una jornada laboral de 8 horas, se tiene:

Componente	Productividad
Gajo de base	153,12 [gajos de base / jornada]
Gajo de techo	64,24 [gajos de techo / jornada]
Chapa para cilindro	56,72 [chapas para cilindro / jornada]

Considerando la cantidad necesaria de cada uno de los componentes para la obtención de un silo de base aérea de 50 Tn., se calcula la cantidad de pisos, techos y cilindros que se pueden obtener en una jornada diaria de 8 horas:

Componente	Cant. requerida	Cantidad
Gajo de base	12	12,76 [pisos / jornada]
Gajo de techo	20	3,21 [techos / jornada]
Chapa para cilindro	16	3,54 [cilindros / jornada]

2.3.3 Conclusiones del análisis

Con el estudio de tiempos realizado dentro del sector chapistería, se puede observar que el componente que posee la mayor proporción de tiempo destinado a actividades NAV es el gajo de base, representado por el 16,09% del tiempo total, seguido por el gajo de techo con el 15,16%, siendo la chapa para cilindro la que presenta la menor proporción de tiempo invertido en actividades NAV con el 7,42%. Cabe destacar que todas las actividades NAV corresponden a transportes, los cuales deberían ser reducidos. Suponiendo el caso ideal de reducir todas las operaciones que no agregan valor en los tres puestos analizados, se obtendría aproximadamente un 12% de ahorro de tiempo en el sector.

Asimismo, es necesario considerar el tiempo que insume la ejecución de las actividades AV, con el objetivo de minimizarlo ya sea a través de la implementación de mejores métodos de trabajo, como también mediante la incorporación de máquinas con mayor eficiencia en aquellos puestos que permitan su optimización.

La determinación del tiempo estándar permitió establecer los valores de productividad actuales de la empresa, con ellos en mente, se podrá formular propuestas de mejora que permitan acrecentarlos.

Capítulo 3: Estudio del flujo de materiales y personas



3.1 Marco teórico

Diagrama de flujo o recorrido:

Un diagrama de proceso de flujo es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis; por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etc. Fuente: García Criollo (2005), p.53.

Diagrama de circulación:

El diagrama de circulación es una modalidad del diagrama del proceso del recorrido que se utiliza para completar el análisis del proceso. Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas; sobre este plano se dibuja la circulación del proceso, utilizando los mismos símbolos empleados en el diagrama del proceso de recorrido. Fuente: García Criollo (2005), p.57.

3.2 Diagramas de flujo o recorrido

La elaboración de diagramas de flujo y circulación permitirá principalmente conocer y estudiar los movimientos de los operarios, el manejo de los materiales y la distribución de la maquinaria y equipo dentro del sector chapistería, con dicha información se facilitará el desarrollo de propuestas de mejora para lograr el deseado incremento de productividad a través de la configuración ideal del sector.

3.2.1 Flujo de materiales

El autor elaboró tres diagramas de flujo, cada uno de los mismos correspondiente a un componente particular del silo de base aérea de 50 Tn., cuya fabricación se realiza en el sector de chapistería.

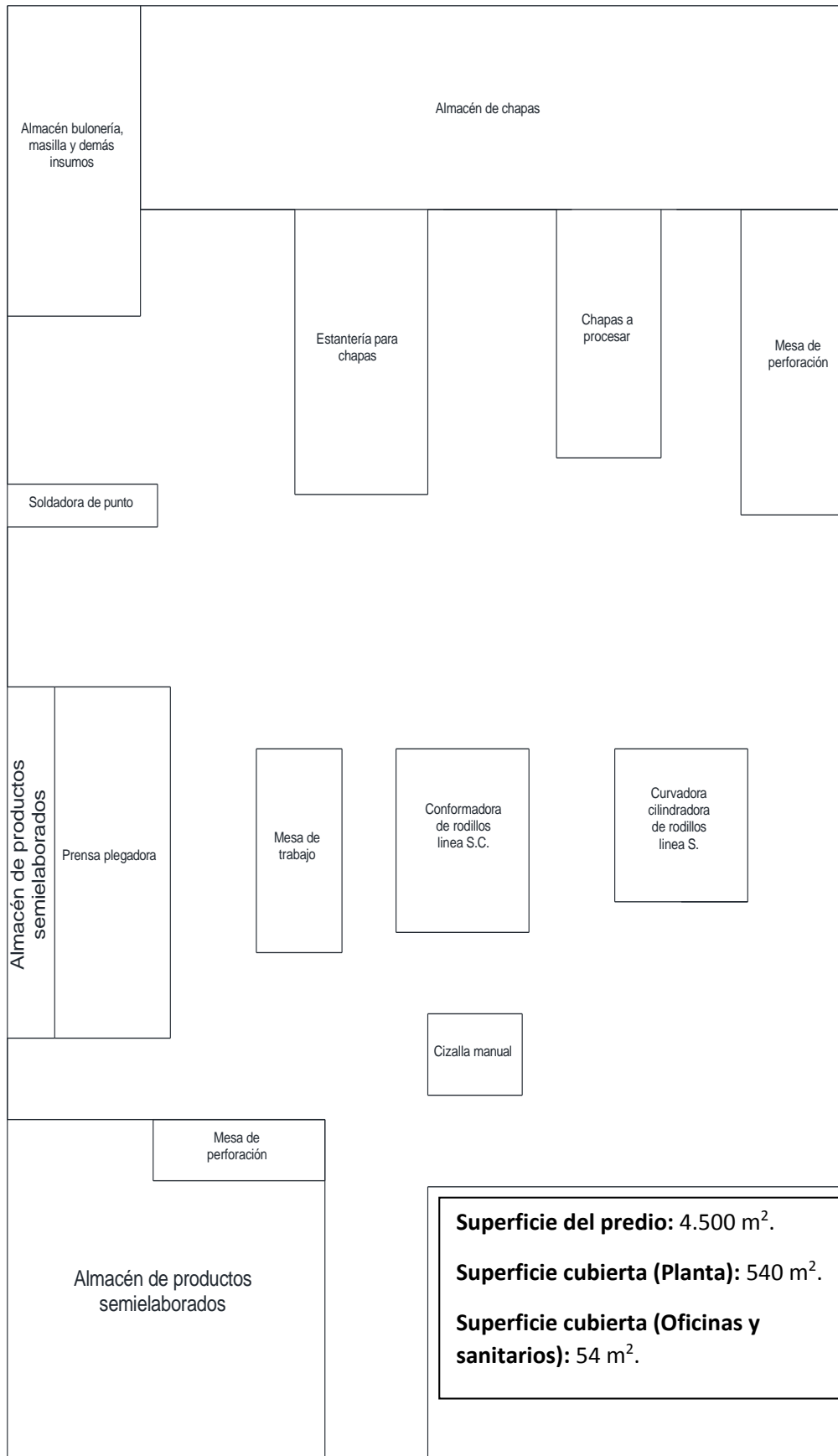


Figura 17 – Layout del sector chapistería al inicio del proyecto.

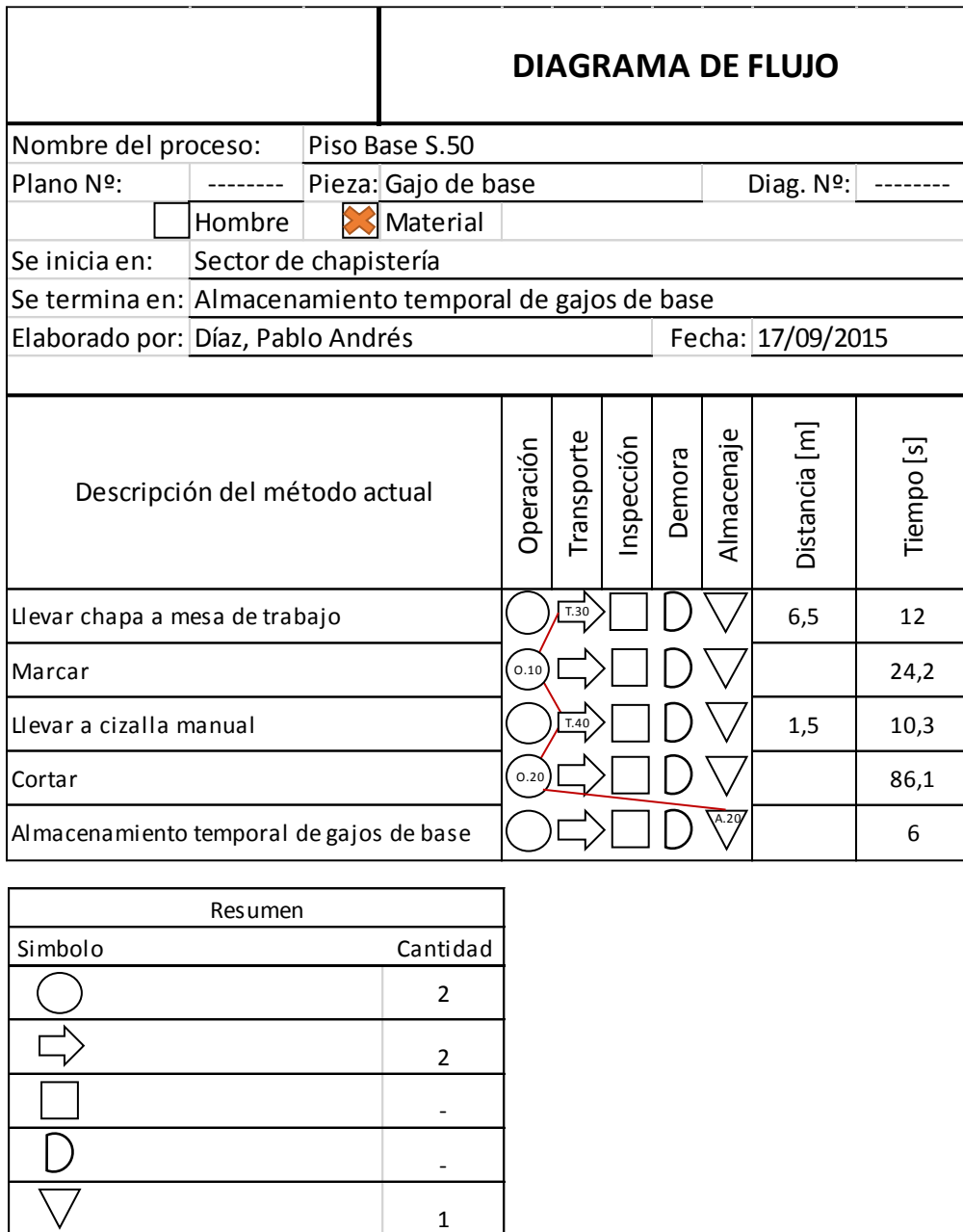
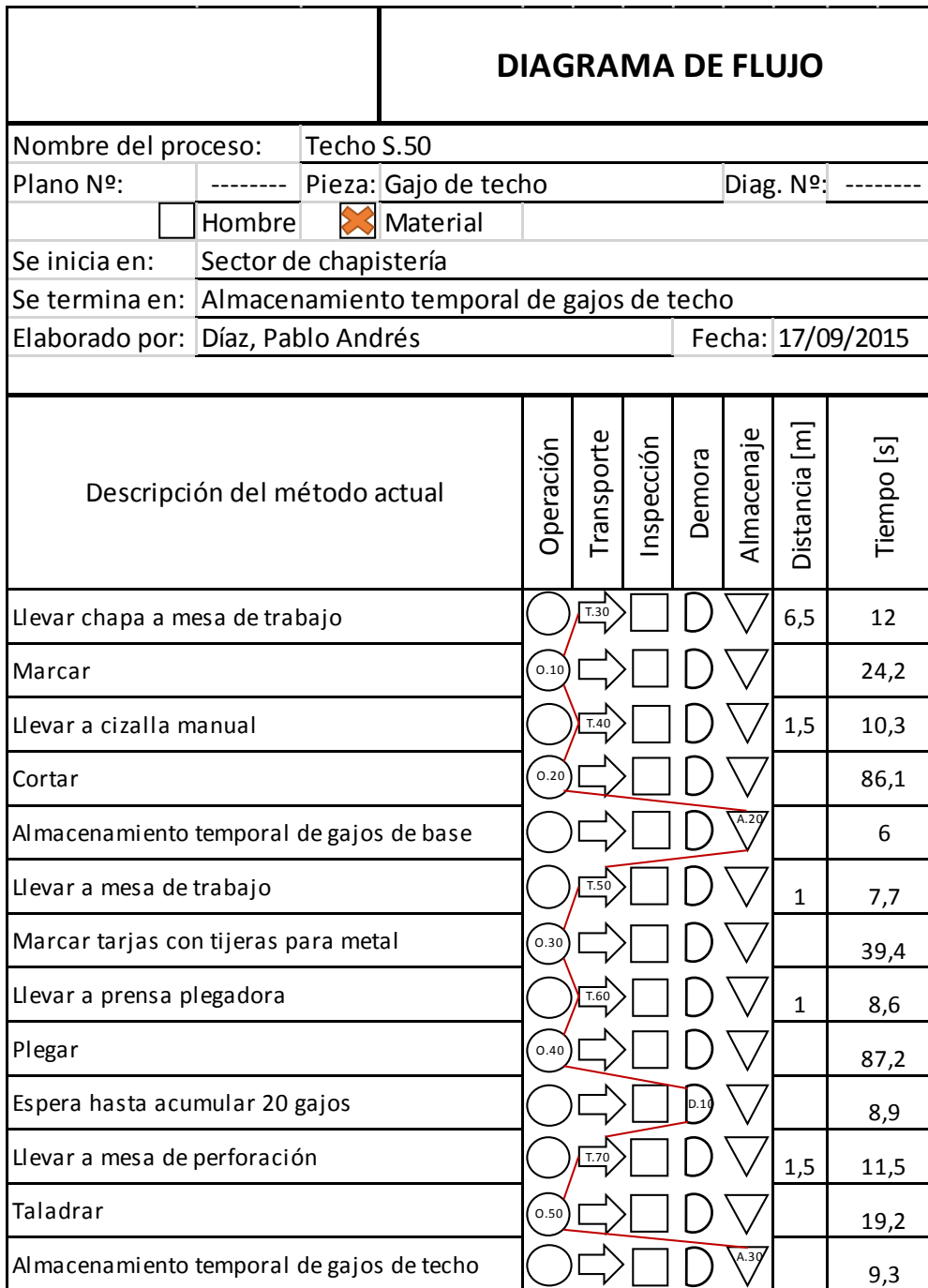
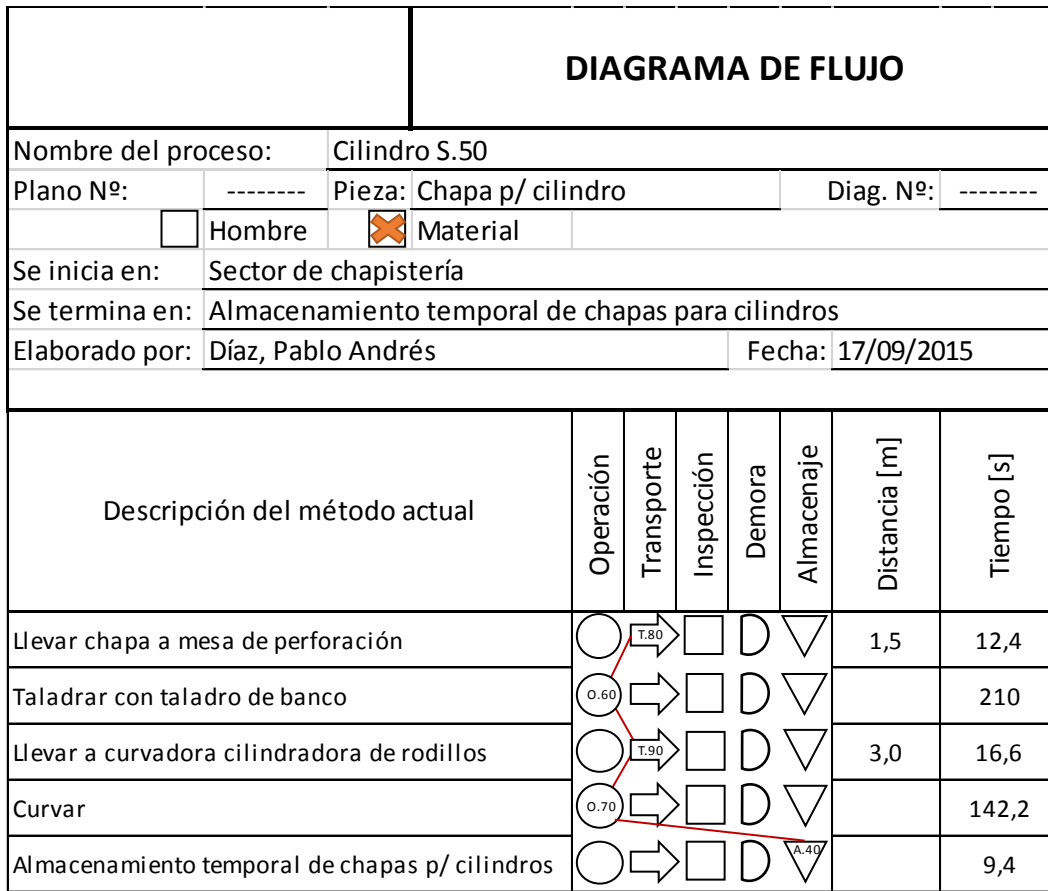


Figura 18 - Diagrama de flujo del componente gajo de base para piso base S.50.



Resumen	
Símbolo	Cantidad
○	5
→	5
□	-
D	1
▽	2

Figura 19 - Diagrama de flujo del componente gajo de techo para techo S.50.



Resumen	
Símbolo	Cantidad
○	2
→	2
□	-
D	-
▽	1

Figura 20 - Diagrama de flujo del componente chapa para cilindros S.50.

Diagramas de circulación

A continuación se presentan los diagramas de circulación del sector chapistería, detallándose en éstos los transportes que actualmente tienen lugar dentro del proceso de fabricación, además, se señalaron los almacenamientos temporales de los productos semielaborados obtenidos de dicho proceso.

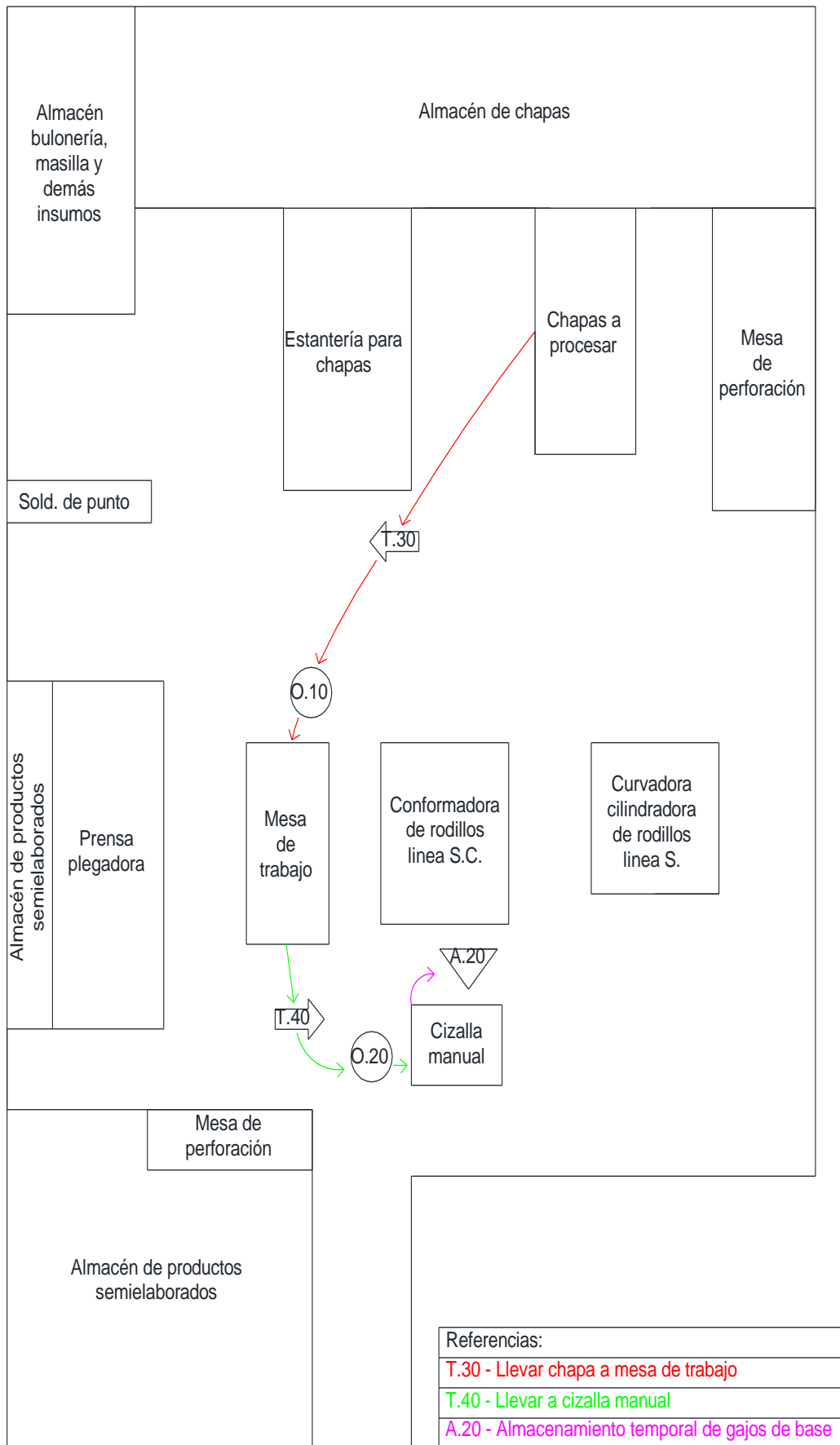


Figura 21 – Diagrama de circulación del gajo de base para piso base S.50.

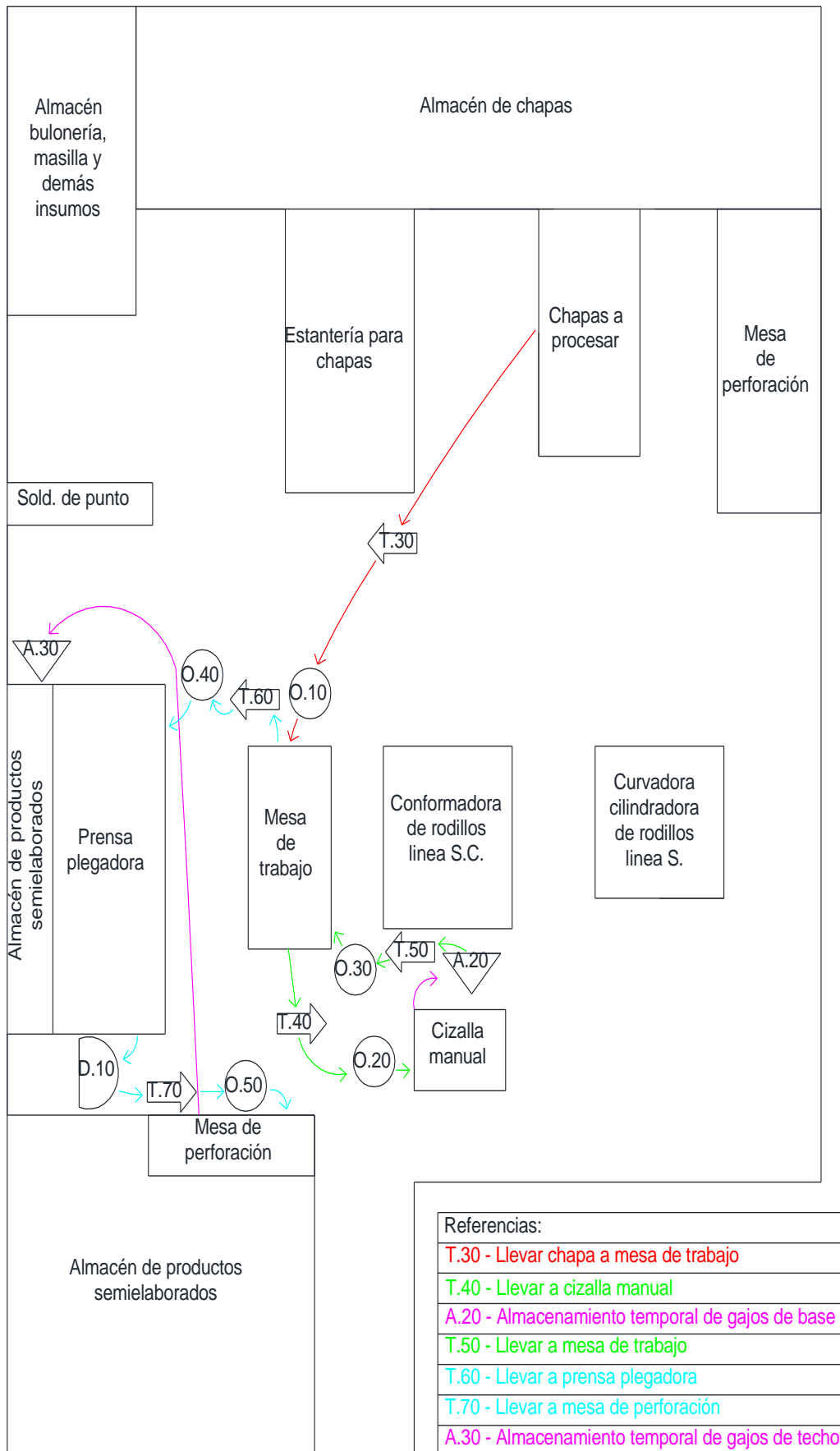


Figura 22 – Diagrama de circulación del gajo de techo para techo S.50.

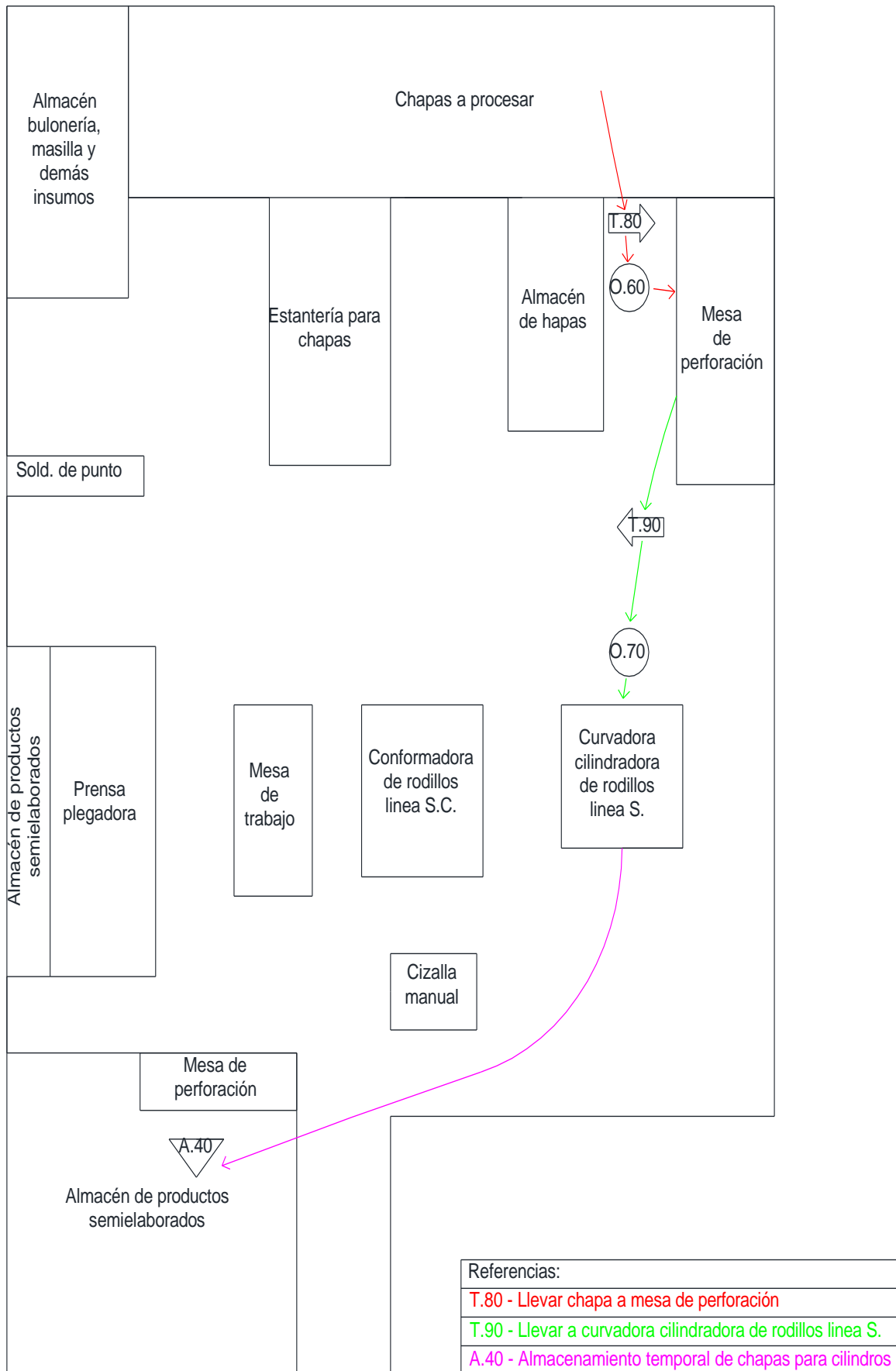


Figura 23 – Diagrama de circulación de chapa para cilindros S.50.

3.2.2 Flujo de personas

Dado que el movimiento de materiales es llevado adelante por personas, ambos flujos resultan equivalentes.

3.3 Análisis de los diagramas obtenidos

Con la información detallada en los diagramas de flujo fue posible establecer la distancia recorrida por los operarios para llevar a cabo las diversas actividades durante la fabricación de los componentes a lo largo de una jornada de 8 horas de trabajo, a continuación se presentan los valores obtenidos:

Gajo de base		Cantidad: 153 gajos / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de trabajo	6,50	153	994,50
Llevar a cizalla manual	1,50	153	229,50
TOTAL			1224,00

Tabla 16 – Distancia recorrida en jornada de 8 hs. para gajos de base.

Gajo de techo		Cantidad: 64 gajos / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de trabajo	6,50	64	416,00
Llevar a cizalla manual	1,50	64	96,00
Llevar a mesa de trabajo	1,00	128	128,00
Llevar a prensa plegadora	1,00	128	128,00
Llevar a mesa de perforación	1,50	64	96,00
TOTAL			864,00

Tabla 17 – Distancia recorrida en jornada de 8 hs. para gajos de techo.

Chapa para cilindro		Cantidad: 56 chapas / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de perforación	1,50	112	168,00
Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	3,00	112	336,00
TOTAL			504,00

Tabla 18 – Distancia recorrida en jornada de 8 hs. para chapas p/ cilindro.

Los diagramas de circulación revelan falencias en el layout actual del sector chapistería, observándose importantes e innecesarias distancias a ser recorridas, zonas de almacenamiento de materia prima que dificultan el flujo de personas, materiales y el normal reabastecimiento, dado que el mismo no puede ser realizado mediante el uso de autoelevador. Del mismo modo, las zonas estipuladas para el almacenamiento temporal de productos semielaborados obstaculizan el flujo productivo de otras líneas de productos, se encuentran apartadas del puesto donde finaliza la operación y en algunos casos el acceso a las mismas resulta dificultoso.

En el caso particular del gajo para techo se observa que el flujo productivo es bidireccional, lo cual imposibilita realizar una producción continua debido a que al concentrarse operaciones en un mismo puesto como sucede en la mesa de trabajo, se debe interrumpir la operación que se está ejecutando para poder efectuar otra, siendo necesario producir componentes por lotes.

3.4 Conclusiones del análisis

Los valores relevados sobre las distancias recorridas serán de gran utilidad como patrón de comparación a la hora de diseñar el nuevo layout del sector.

Un reordenamiento de las estaciones de trabajo, máquinas y puntos de almacenamiento dentro del sector chapistería permitiría adecuar los flujos de materiales y personas, evitando movimientos excesivos de materia prima al acortar las distancias existentes, lográndose asimismo una disminución en el tiempo de fabricación, brindando además una secuencia intuitiva en la ejecución de operaciones para los operarios con menos experiencia al trabajar con flujos unidireccionales y un ambiente laboral más seguro al evitar el agrupamiento de personal y productos semielaborados.

La tarea de reabastecimiento de materiales se agilizaría y requeriría menor esfuerzo al permitir el acceso del autoelevador a todas las zonas de almacenamiento y no solo para determinados ítems, lográndose una reducción del personal demandado para dicha actividad, y una mayor disponibilidad del mismo para la ejecución de otras tareas productivas.

La asignación de nuevas zonas de almacenamiento para productos semielaborados permitiría un acceso más rápido a éstos, evitando maniobras y demoras innecesarias. Así como también remediaría la problemática de obstaculización de otros procesos como sucede con la línea S.C. para la fabricación de silos comederos.

El análisis de los flujos brindó información significativa que permitirá formular un reordenamiento de la distribución del sector chapistería al momento de elaborar las propuestas de mejora.

Capítulo 4: Detección de los principales cuellos de botella y desperdicios



4.1 Principales puestos cuello de botella

4.1.1 Marco teórico

Teoría de las restricciones (TOC, del inglés *theory of constraints*):

La teoría de restricciones es una extensión y mejora al OPT, del inglés *optimized production technology*. Otros nombres para TOC son manufactura sincrónica o producción sincronizada. TOC puede verse como una filosofía construida alrededor de una guía y diseñada para crear un proceso de mejora continua.

La premisa básica de TOC es que la salida del sistema está determinada por sus restricciones. La definición de restricción sugiere que TOC tiene una aplicación más amplia que la planeación y control de la producción. Se identifican tres grandes categorías de restricciones:

- **Restricción de recursos interna:** éste es el clásico cuello de botella: máquina, trabajador o incluso una herramienta.
- **Restricción de mercado:** la demanda del mercado es menor que la capacidad de producción. En este caso el mercado dicta el ritmo de producción.
- **Restricción de política:** una política dicta la tasa de producción (por ejemplo, una política de no trabajar horas extra). Fuente: Sipper, Bulfin (1998), p.593.

Cuello de botella:

Un cuello de botella se define como cualquier recurso cuya capacidad sea menor que su demanda. Un cuello de botella es una restricción en el sistema que limita la producción. En el proceso de manufactura, es el punto donde el caudal se adelgaza hasta ser una corriente flaca. Un cuello de botella puede ser una máquina, falta de trabajadores capacitados o una herramienta especial. Fuente: Chase, Jacobs, Aquilano (2009), p.686.

Técnica TAC:

Tambor-amortiguador-cuerda (TAC) es una técnica de control de producción para implementar los pasos de explotación, supeditación y elevación de TOC. Fuente: Sipper, Bulfin (1998), p.623.

4.1.2 Análisis de los puestos cuello de botella

El autor ha considerado como punto de partida para la detección de los cuellos de botella analizar los tiempos estándar obtenidos de cada componente procesado desde principio a fin, con el objetivo de averiguar cuál de ellos insume mayor tiempo total.

Componente	T _t [min.]
Gajo de base	T _t = 3,135
Gajo de techo	T _t = 7,474
Chapa para cilindro	T _t = 8,457

Se observa que el proceso para la obtención del componente chapa para cilindro, es el que presenta mayor tiempo total por unidad procesada, sin embargo, no se considera éste hallazgo como suficiente para afirmar que se trata del cuello de botella del sector chapistería, ya que para la obtención del producto terminado es necesario disponer de distintas cantidades de cada uno de estos tres componentes. Por lo tanto, teniendo en cuenta la cantidad requerida de cada uno de los componentes del sector chapistería para la obtención de un silo de base aérea de 50 Tn. se obtienen los siguientes tiempos:

Componente	Cant. requerida por silo	Tiempo req. [min.]
Gajo de base	12	37,62
Gajo de techo	20	149,48
Chapa para cilindro	16	135,31
TOTAL		322,41

Con esta información se está en condiciones de afirmar que el cuello de botella que afecta al sector en cuestión se encuentra en el proceso productivo del gajo de techo, y la presencia del mismo restringe la capacidad de producción de la empresa retrasando el cumplimiento del programa de entregas.

En segunda instancia, se ha considerado conveniente la detección de los cuellos de botella dentro de cada proceso de fabricación, analizando los tiempos relevados de cada operación para la obtención de los diversos componentes fabricados dentro del sector, obteniéndose los siguientes resultados:

Gajo de base	
Operación	Tiempo [s]
O.10 Marcar	24,20
O.20 Cortar	86,10

Se observa que el cuello de botella en la fabricación del componente gajo de base se encuentra en la operación O.20 Cortar, éste puede atribuirse a la herramienta utilizada para llevar a cabo dicha tarea, dado que la cizalla manual de 400 mm de corte efectivo obliga al operario a efectuar 11 movimientos de accionamiento de la palanca de corte para lograr concluir la operación, así como también demanda la manipulación de la chapa reflejando una incómoda posición de trabajo para el operario.

Gajo de techo	
Operación	Tiempo [s]
O.10 Marcar	24,2
O.20 Cortar	86,10
O.30 Marcar tarjas con tijeras para metal	39,40
O.40 Plegar	87,20
O.50 Taladrar	19,20

En lo que respecta al gajo de techo, se observa en su proceso de elaboración un cuello de botella en la operación O.40 Plegar, pudiéndose imputar el mismo a la prensa plegadora de accionamiento manual que interviene en la operación, dado que la ejecución de los seis pliegues que se requieren por gajo demanda el mismo número de movimientos para finalizar la operación. Observándose además que una parte considerable del tiempo se utiliza para la manipulación de la chapa, ya que con cada pliegue la misma debe ser reubicada para posibilitar el próximo. Otro contratiempo percibido en ocasiones tiene que ver con la dificultad para colocar la chapa en la abertura de la máquina.

Chapa p/ cilindro	
Operación	Tiempo [s]
O.60 Taladrar con taladro de banco	210,00
O.70 Curvar	142,20

El componente chapa para cilindro, posee en su proceso un cuello de botella en la operación O.60 Taladrar con taladro de banco, también debido a la herramienta empleada. En este caso el taladro de banco dificulta la tarea en primer lugar debido a que cada agujero debe realizarse de a uno por vez, otra dificultad que presenta está referida con su desplazamiento, ya que el operario debe cambiar la posición con cada agujero a realizar y el sistema de transporte por medio de ruedas fijas impide una rápida y precisa puesta a punto.

La decisión de considerar para el análisis a todos los procesos de los distintos componentes y no solo el correspondiente al gajo de techo (cuello de botella), se fundamenta en que la empresa cuenta con capital humano limitado, siendo la mayoría de sus operarios polivalentes, en consecuencia todo ahorro de tiempo obtenido aún

en procesos que no sean el cuello de botella del sector, puede ser utilizado para la ejecución de operaciones en otra línea de productos.

4.1.3 Conclusiones del análisis

El proceso productivo de la línea silos de base aérea se enfrenta a restricciones de recursos internas, dado que las máquinas existentes son las causantes de los cuellos de botella en el sistema. En lo que respecta a las demás categorías de restricciones se puede decir que la situación actual por la que transita la empresa es una oferta inferior a lo que el mercado demanda, por lo que no existe restricción de mercado, así como tampoco se detectaron restricciones de política.

La detección de las restricciones que limitan al sistema productivo permitirá proponer medidas para administrarlas minimizando su repercusión. En primera instancia la atención deberá centrarse en el proceso de fabricación del gajo de techo que es el cuello de botella que marca el ritmo de producción, una vez tomadas las medidas correctivas sobre esta restricción se debe determinar si la elaboración de este componente sigue siendo una restricción para el sistema, de ser así deberán tomarse decisiones que incrementen la capacidad del cuello de botella. Caso contrario, será necesario repetir todo el proceso para la identificación y administración del nuevo conjunto de restricciones.

Atacando uno a uno los cuellos de botella se logrará maximizar la producción permitiendo cumplir con las fechas de entrega programadas.

4.2 Principales desperdicios

4.2.1 Marco teórico

Tipos de despilfarros:

En general los tipos de despilfarros son los siguientes:

- Defectos.
- Exceso de producción.
- Transportes.
- Esperas.
- Stocks.
- Operaciones inútiles.
- El proceso en sí.

Despilfarro por defectos:

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez.

Despilfarro por exceso de producción:

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria.

Despilfarro por transporte:

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un layout mal diseñado.

Despilfarro por esperas:

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.

Despilfarro por stocks:

Los stocks son la forma de despilfarro más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. Como consecuencia de sus relaciones con estos problemas, los directores japoneses han denominado al stock la “raíz de todos los males”.

Despilfarro por operaciones inútiles:

Este tipo de desperdicio es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles.

Despilfarro por el proceso en sí:

Desperdicios que tienen lugar con la existencia de procesos que no agregan valor.
Fuente: Rajadell Carreras, Sánchez García (2010), p.22.

4.2.2 Análisis de los desperdicios

Durante el estudio del sistema productivo del silo de base aérea de 50 Tn., se detectaron diversos tipos de despilfarros que afectan la productividad. El autor explicará a continuación cada uno de ellos:

El tipo de despilfarro observado en mayor proporción fue el debido al transporte y movimientos innecesarios, éstos tuvieron ocurrencia en casi la totalidad de los sectores que intervienen en el proceso de fabricación. Comenzando desde la llegada del camión con materia prima a la planta, durante su descarga y almacenamiento se han observado transportes y movimientos innecesarios debidos a una sumatoria de causas, partiendo de que la zona donde debe maniobrar el autoelevador se encuentra ocupada con mercadería la cual no posee un punto de almacenamiento asignado, otra causa es que el diseño del layout en el sector de almacenamiento impide el acceso del autoelevador a los distintos puntos de acopio de materia prima, por estas razones la descarga de materiales debe realizarse fuera de la zona asignada para luego trasladarlos a su posición establecida de forma manual lo cual además de conllevar mayor tiempo en la actividad, requiere de mayor esfuerzo por parte de los operarios, al mismo tiempo que el número de colaboradores que deben intervenir en la actividad es significativo, resignando la realización de operaciones productivas por transportes y movimientos innecesarios.

El sector chapistería es otro sitio donde se encontró éste tipo de despilfarros, la principal causa del problema en este sector es el deficiente diseño de layout existente, el cual obliga a los operarios a recorrer importantes distancias entre operaciones a lo largo de la jornada laboral. Adicionalmente, los métodos empleados durante la realización de ciertas operaciones requieren que el operario efectúe maniobras que podrían ser evitadas, lo que denota manipulación excesiva de la materia prima en proceso. Un ejemplo de lo antes mencionado tiene lugar durante el almacenamiento temporal de los gajos de base, los cuales se depositan de forma transitoria junto a la cizalla manual a medida que se van cortando y luego deben ser recolectados para su transporte hasta la zona de almacenamiento de productos semielaborados, pudiéndose evitar las tareas de depositar y recolectar para efectuar el transporte. Otro ejemplo es el que ocurre durante el almacenamiento temporal de los gajos de techo, los cuales a medida que son cortados se apilan junto a la cizalla manual, finalizada la operación de corte el operario recoge uno a uno los mismos para transportarlos hasta la mesa de trabajo donde marcará las tarjas requeridas para la operación posterior de plegado. Se puede advertir que existe manipulación excesiva, ya que los gajos podrían posicionarse de forma directa sobre la mesa de trabajo, evitándose tanto el apilado como la recolección posterior para efectuar el movimiento. El mismo caso se presenta luego de la operación de plegado, donde los gajos ya plegados se almacenan temporalmente en las cercanías de la prensa plegadora de accionamiento manual, para posteriormente ser transportados hasta la mesa de perforación.

Dentro del sector de corte, punzonado y curvado los despilfarros por transporte no estuvieron ausentes, detectándose que la cizalla eléctrica para corte de perfiles de acero, la punzonadora manual y la curvadora de perfiles se encuentran ubicadas entre

sí a distancias excesivas, exigiendo a los operarios a realizar un recorrido extenso durante el proceso. Al mismo tiempo, se detectaron movimientos excesivos en la operación de corte de perfiles de acero, donde el operario debe extraer cada sección de acero de la cama de corte y apilarla en el piso junto a las demás hasta la obtención de todas las secciones requeridas para el producto, a continuación dichas secciones se recolectan y transportan de forma manual al puesto de soldadura donde se elaboran las cabriadas que conforman la base aérea del silo. Como puede percibirse, la tarea quitar sección de cama de corte y apilar genera demoras, al mismo tiempo que requiere de una posterior recolección para efectuar el transporte, lo cual podría evitarse mejorándose no solo la productividad generada por el ahorro de tiempo improductivo, sino también las condiciones laborales al reducirse el esfuerzo necesario por parte del personal.

Al observar las operaciones del sector de soldadura, se divisó que una vez obtenida la cabriada, ésta es retirada del molde y ubicada a un costado de la mesa de soldadura hasta alcanzar la cantidad requerida para la elaboración de una base aérea completa, luego cada una es transportada de forma manual por un operario hasta la ubicación correspondiente para ser fusionada mediante la operación de punteo con GMAW al aro superior y a la boquilla de descarga. Una modificación en el método de transporte de estas cabriadas podría minimizar distancias recorridas, tiempo y esfuerzo del operario.

El transporte de componentes hacia el sector de pinturería se puede subdividir en dos grupos, uno correspondiente a los componentes de mayor tamaño como es el caso de la base aérea con boquilla de descarga, y otro cuyos componentes poseen un tamaño más reducido como ser boquilla de embolsado, pasa hombre, boquilla de carga, aro exterior superior y escaleras. Se puede destacar que en el caso que involucra al primer grupo respectivamente, el transporte es eficiente y práctico, esto se debe a que se realiza mediante la utilización de un carro diseñado para tal fin que permite maniobrar media base a un solo operario. Caso contrario ocurre con el segundo grupo de componentes los cuales deben ser transportados manualmente y en cantidades reducidas hasta el sector de pintura.

Se detectó que el sector de pre-ensamble y la zona de almacenamiento de productos semielaborados donde se disponen los gajos de base se encuentran considerablemente apartadas y el acceso a ésta última resulta restringido debido a su ubicación dentro del sector chapistería, siendo necesario efectuar el transporte de forma unitaria y manual, lo cual trae aparejado tiempos improductivos de los que se podría prescindir. El mismo caso ocurre con los gajos de techo que deben ser trasladados desde la zona de almacenamiento de productos semielaborados hasta la zona de carga y despacho de productos.

El segundo tipo de despilfarros hallado fue por operaciones inútiles, éste tuvo lugar dentro del sector chapistería en operaciones que deben realizarse previamente a otras ya que de lo contrario no podrían obtenerse los componentes necesarios con las máquinas existentes. Las actividades señaladas como generadoras de este tipo de pérdidas son: el marcado de la chapa previo a la operación de corte y el marcado de tarjas con tijeras para metal de los gajos de techo previo a la operación de plegado, la

cual a su vez insume un transporte hasta la mesa de trabajo que puede obviarse. Debe entenderse que si bien estas operaciones actualmente agregan valor al producto y resultan necesarias para su obtención, pueden ser minimizadas o directamente suprimidas representando una oportunidad de mejora en el flujo productivo, para esto, es necesario tenerlas presente a la hora de evaluar reformas o incorporaciones de máquinas que coincidentemente son cuellos de botella del proceso.

El tercer tipo de desperdicio que se descubrió pertenece al grupo de despilfarros por defectos, siendo detectado en el sector de pinturería y cuya causa es el secado de piezas a la intemperie debido a la falta de espacio físico disponible en el sector, esto da lugar a las inclemencias del tiempo a entrar en contacto con productos que no se encuentran en condiciones para ser expuestos a determinados factores climáticos como la lluvia, generando la necesidad de repetir el proceso de protección con todo lo que esto implica, mayor tiempo de mano de obra, materia prima, y todos aquellos costos de la no calidad como el no cumplimiento de la entrega programada con el cliente.

Dentro del sector chapistería también fue hallado este tipo de despilfarros por defectos, teniendo lugar de forma esporádica en el proceso de fabricación de chapas para cilindro, la causa de este defecto es en general el mal posicionamiento de la chapa en el ingreso a la curvadora cilindradora de rodillos sinusoidales lo que ocasiona una impronta longitudinal en la chapa, así como también suele deberse a variaciones en la ondulación de la chapa que proviene desde el proveedor con respecto a los rodillos de la curvadora.

4.2.3 Conclusiones del análisis

La detección de los desperdicios facilita la determinación de las causas que los originan, permitiendo focalizar la atención en éstas para el arribo hacia la alternativa de mejora más favorable.

Los despilfarros detectados, se deben en gran medida a deficiencias en el layout actual, a métodos de trabajo que a través del estudio realizado manifiestan tareas innecesarias que antes eran imperceptibles, a sectores que requieren una evaluación para considerar la necesidad real de ampliación por falta de espacio, a máquinas cuyos diseños y accesorios deben considerarse para reducir el número de operaciones del proceso, y a equipos que requieren ser evaluados en su funcionamiento en busca de la tolerancia cero a errores.

Teniendo en consideración toda la información recopilada hasta el momento se pueden elaborar propuestas de mejora sólidas para el cumplimiento de los objetivos perseguidos tanto de incremento de la productividad así como la optimización de la línea de silos de base aérea.

Capítulo 5: Propuestas de mejora



5.1 Marco teórico

Productividad:

La productividad es el cociente entre la producción (bienes y servicios) y los factores productivos (recursos como el trabajo o el capital). Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia. Fuente: Heizer; Render (2007), p.16.

Análisis de operaciones:

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

Cuando se utiliza adecuadamente, el análisis de métodos desarrolla un mejor método para hacer el trabajo mediante la simplificación de procedimientos operativos y manejo de materiales y la utilización del equipo de una manera más eficaz. Fuente: Niebel (2009), p.57.

Lean manufacturing:

Entendemos por *lean manufacturing* (en castellano “producción ajustada”), la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada *Toyota Production System*), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas en parte, en los principios de Williams Edwards Deming. Fuente: Rajadell Carreras, Sánchez García (2010), p.2.

Herramienta Lean: 5S

La implementación de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Se pueden resumir los principios básicos de las 5S en forma de cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya fonética empieza por “s”: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shitsuke*; que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse). Fuente: Rajadell Carreras, Sánchez García (2010), p.50.

Ordenar (*seiton*): esta fase comprende la asignación de una ubicación a cada elemento necesario, con la finalidad de facilitar la búsqueda y el retorno a su posición establecida. Para asegurar la disponibilidad de lo que se necesita, en el momento en que se necesita y en condiciones de correcto funcionamiento, deberá determinarse dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas en función de la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia.

Dentro del sector chapistería se proponen las siguientes mejoras enfocadas a lograr el ordenamiento del mismo:

- Definir niveles de stock (máximo y mínimo) en estantería para chapa y asignar un estante para cada tipo de chapa almacenada mediante etiquetas. De esta forma se logra un rápido control visual del stock y se reduce la posibilidad de confundir o mezclar la materia prima existente.
- Delimitar claramente las zonas de almacenamiento, de trabajo, de circulación de personas y de autoelevadores por medio de señalización de pisos. Lográndose ordenar el flujo de personas y materiales minimizando la probabilidad de ocurrencia de accidentes.
- Asignar a cada puesto de trabajo las herramientas de mano necesarias y ubicarlas en paneles con siluetas de manera que siempre se encuentren en la misma posición. Eliminando la necesidad de buscar las herramientas en el tablero general.

Limpiar e inspeccionar (*seiso*): este paso consiste en la limpieza e inspección del entorno con la finalidad de detectar defectos y eliminarlos evitando la ocurrencia de fallas.

Para cumplir con esta fase dentro del área piloto definida se sugiere:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario. Esto facilita la tarea al dedicar diariamente un breve periodo de tiempo a la limpieza y genera un hábito que conlleva a mantener el ambiente de trabajo siempre en buenas condiciones.
- Centrarse en la eliminación de las causas de la suciedad. Lo anterior permite atacar el problema de raíz, al detectar y eliminar las causas que generan suciedad se requerirá menor cantidad de tiempo para las actividades de limpieza.
- Colocar un contenedor para *scrap* cercano a la cizalla de corte de chapas. Esta simple acción evita la acumulación de recortes de chapa en la zona de trabajo y la ocurrencia de accidentes.
- Incorporar bandeja de contención de viruta a la mesa de perforación. Con la instalación de una bandeja de contención extraíble se evitaría la dispersión de viruta generada durante la operación de agujereado de chapas, obteniéndose un ambiente de trabajo más limpio y seguro.
- Colocar un contenedor para alambres cercano a la estantería para chapas. Evitándose la dispersión por el suelo de los alambres extraídos de los paquetes de chapas que llegan desde el proveedor, los cuales podrían generar accidentes o averías en los neumáticos del camión o autoelevador.

Estandarizar (*seiketsu*): la estandarización permite fortalecer las metas alcanzadas durante las tres primeras S, asegurando efectos que perduren en el tiempo mediante la utilización de un método para aplicar un procedimiento o una tarea de manera práctica y sencilla.

Para implementar la estandarización dentro del sector de chapistería se sugiere:

- Incorporar en los puestos de trabajo documentos que faciliten a los operarios la ejecución de las tareas de orden, limpieza e inspección. Mediante una fotografía de cada puesto de trabajo en condiciones de orden y limpieza esperadas se podrá determinar si la situación del puesto es normal o anormal y actuar en consecuencia. Además deberá contener la siguiente información: acción/es a realizar, elemento/s a utilizar, equipo/s de protección, frecuencia de uso, tiempo de operación y posible documentación asociada. En caso de no ser posible colocar fotografía o dibujo, se deberá escribir la información de forma breve, sintética y clara. De esta manera los operarios estarán informados de que hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.

Disciplina (*shitsuke*): el objetivo de esta fase es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada.

Para lograr cumplir con el objetivo planteado en esta fase, se sugiere:

- Establecer una planificación en la que se determinen las actividades de limpieza que deberán realizarse cada día de la semana, indicándose además los elementos necesarios para efectuar dicha tarea.
- Realizar mensualmente una auditoria 5S a cargo del encargado de producción y el ingeniero de planta en la que se verificará que las acciones pendientes sean realizadas y se mantenga el nivel 5S.
- Instalar un tablero de comunicación en la planta donde se presenten los resultados de la evaluación estimulando el compromiso del personal sobre los problemas detectados.

A continuación se presentan las listas de chequeo para seguimiento, así como también se establece una escala de medición que permitirá medir el avance del proceso de implementación.

ESCALA DE MEDICIÓN		
A	91 - 100	Excelente
B	71 - 90	Muy Bueno
C	51 - 70	Promedio
D	31 - 50	Por debajo del promedio
E	0 - 30	Insatisfactorio

Tabla 19 – Escala de medición del avance de implementación de 5S.

LISTA DE CHEQUEO 5S LIMPIEZA			Auditor _____ Sector _____ Fecha ____/____/____		
Ítem	Nº	Puntos de chequeo	SI	NO	Acción correctiva (incluir fecha límite)
EXISTENCIAS	1	¿Ha sido removido el polvo y suciedad de partes y materiales?			
	2	¿Ha sido removida la suciedad de los estantes de almacenamiento?			
EQUIPOS	3	¿Ha sido removido el polvo y aceite de las estructuras de máquinas, equipos y sus alrededores?			
	4	¿Ha sido removida la suciedad de los paneles de control y/o interruptores?			
	5	¿Han sido desmontadas las protecciones de los equipos para eliminar la suciedad interna de las mismas?			
	6	¿Ha sido removido el polvo y suciedad de los cables?			
	7	¿Ha sido removido el polvo y suciedad pegado en las lámparas?			
	8	¿Ha sido removida la viruta generada en las mesas de perforación?			
	9	¿Han sido desechados los recortes de chapas en los contenedores de scrap?			
	10	¿Ha sido removida la suciedad de herramientas, moldes, etc.?			

Tabla 20 – Lista de chequeo 5S de limpieza.

LISTA DE CHEQUEO 5S ORGANIZACIÓN			Auditor _____ Sector _____ Fecha ____/____/____		
Ítem	Nº	Puntos de chequeo	SI	NO	Acción correctiva (incluir fecha límite)
EXISTENCIAS	1	¿Se pueden ver los indicadores de stock a simple vista?			
	2	¿Están los artículos correctamente almacenados?			
	3	¿Se pueden ver los indicadores de identificación para cada artículo a simple vista?			
	4	¿Se usa almacenamiento tridimensional para el mejor aprovechamiento del espacio?			
	5	¿Se está usando el sistema PEPS / FIFO?			
	6	¿Están las áreas libres de artículos almacenados directamente sobre el piso?			
	7	¿Se pueden ver claramente las líneas de señalización del piso que delimitan el área de almacenamiento?			
HERRAMIENTAS	8	¿Están las herramientas de uso frecuente cerca del lugar de uso?			
	9	¿Se pueden identificar fácilmente artículos almacenados en lugares equivocados?			
	10	¿Es corregido inmediatamente el almacenamiento incorrecto?			
	11	¿Se busca identificar equivalencia de herramientas a fin de reducir el inventario de ellas?			
	12	¿La organización actual favorece el retorno de las herramientas a su lugar de origen?			
	13	¿Se encuentran los artículos de uso regular cerca del lugar de uso?			
	14	¿Están las herramientas de uso regular al alcance del operario?			
	15	¿Se utilizan figuras y siluetas para facilitar la organización de herramientas?			
	16	¿Se utiliza código de colores para facilitar la organización?			
	17	¿Están las herramientas de uso no regular almacenadas en el tablero general para uso común?			

Tabla 21 – Lista de chequeo 5S de organización.

La implementación de esta herramienta de lean manufacturing como primer paso hacia la mejora proporcionará resultados tangibles y cuantificables para todos en el corto plazo. El personal percibirá la importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad comienza por cosas muy inmediatas, lográndose una actitud positiva ante el puesto de trabajo. Además de lo antes mencionado, la implementación de 5S tiene por objetivo erradicar los síntomas disfuncionales que afectan la eficiencia de la empresa, como ser: movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes; falta de espacio; falta de instrucciones sencillas de operación; número de averías más frecuentes de lo normal; aspecto sucio; desorden y elementos rotos.

Una vez concluida la implementación de 5S dentro del área piloto, la misma se deberá extender hacia el resto de los sectores de la empresa, de manera que no quede ninguno excluido de esta mejora.

5.2 Propuestas para la optimización del flujo productivo

El autor ha contemplado el rediseño de layout del sector chapistería con la finalidad de favorecer el flujo de materiales, personas e información, acrecentar la productividad y obtener un ambiente laboral acorde a las necesidades actuales de la empresa. Para lograr este objetivo, durante el proceso de diseño fue necesario estudiar una serie de consideraciones las cuales se detallan seguidamente:

El aumento de la seguridad fue uno de los puntos que se consideró dentro de los más relevantes, por lo que el nuevo diseño evita la concentración de personas y productos semielaborados, reduciéndose de esta forma la probabilidad de caídas o tropiezos. Lo anterior se logró asignando carriles de tráfico para personas y carros logísticos, así como también fueron establecidas nuevas áreas para el almacenamiento de productos semielaborados, lográndose la optimización del empleo del espacio disponible.

La reducción en el manejo de materiales y maximización de la utilización de las máquinas fue otro de los puntos tomados en cuenta durante la elaboración del layout. Para conseguirlo se disminuyeron las distancias entre las áreas de almacenamiento de materias primas y los puestos de trabajo, así como también se dispusieron áreas de almacenamiento para productos semielaborados cercanas a los puestos que realizan la última operación para su obtención, evitándose el congestionamiento de materiales en zonas inapropiadas y garantizando el fácil acceso a las mismas. Los flujos productivos fueron modificados maximizando la utilización de las máquinas y permitiendo su funcionamiento de manera simultánea sin afectar a los procesos de fabricación de otros productos.

La implantación de una supervisión más fácil y eficaz fue otro de los objetivos logrado con la nueva distribución. Las estaciones de trabajo, máquinas y zonas de almacenamiento fueron distribuidas estratégicamente, logrando obtener un flujo productivo en el cual resulta fácil e intuitivo realizar el seguimiento, no solo para los operarios sino también para el supervisor, favoreciendo la rápida detección ante la aparición de problemas y brindando un panorama de la evolución del trabajo en proceso.

El aumento de la moral y satisfacción de los trabajadores fue otra cuestión contemplada en el diseño del layout. Un ambiente laboral cómodo, organizado y seguro genera buena predisposición, vuelve más agradable el trabajo diario e incrementa los niveles de productividad.

A continuación se presenta la nueva distribución propuesta, en la misma se pueden observar modificaciones en la ubicación de máquinas, puestos de trabajo y áreas de almacenamiento. Cabe señalar que los cambios realizados no demandaron la utilización de una mayor superficie a la empleada actualmente por el sector, pese a la incorporación de un mayor número de mesas de trabajo, algunas de las cuales fueron extendidas respecto a sus dimensiones originales debido a que se detectó un modelo de silo de base aérea que así lo requería.

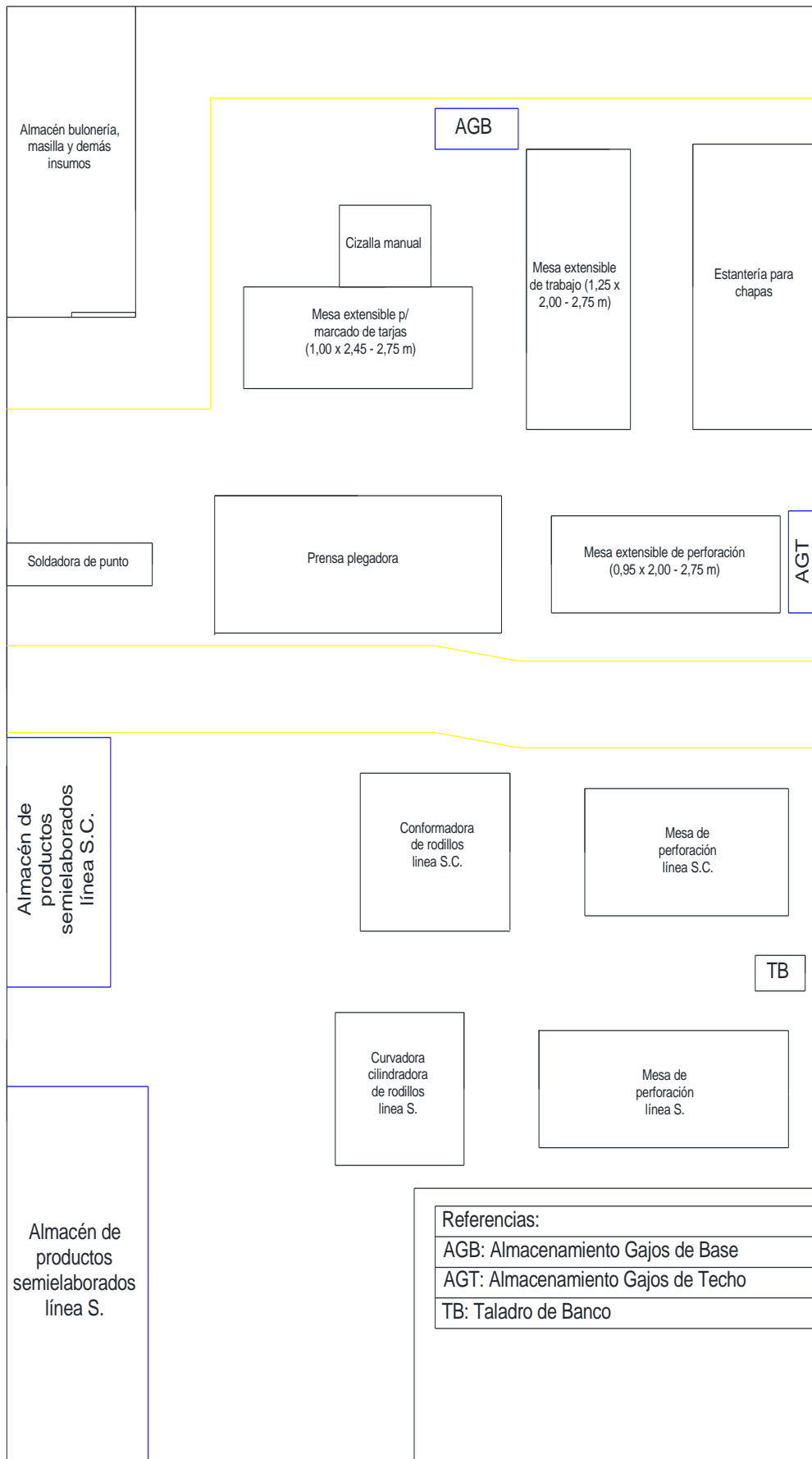


Figura 25 – Rediseño de layout sector chapistería.

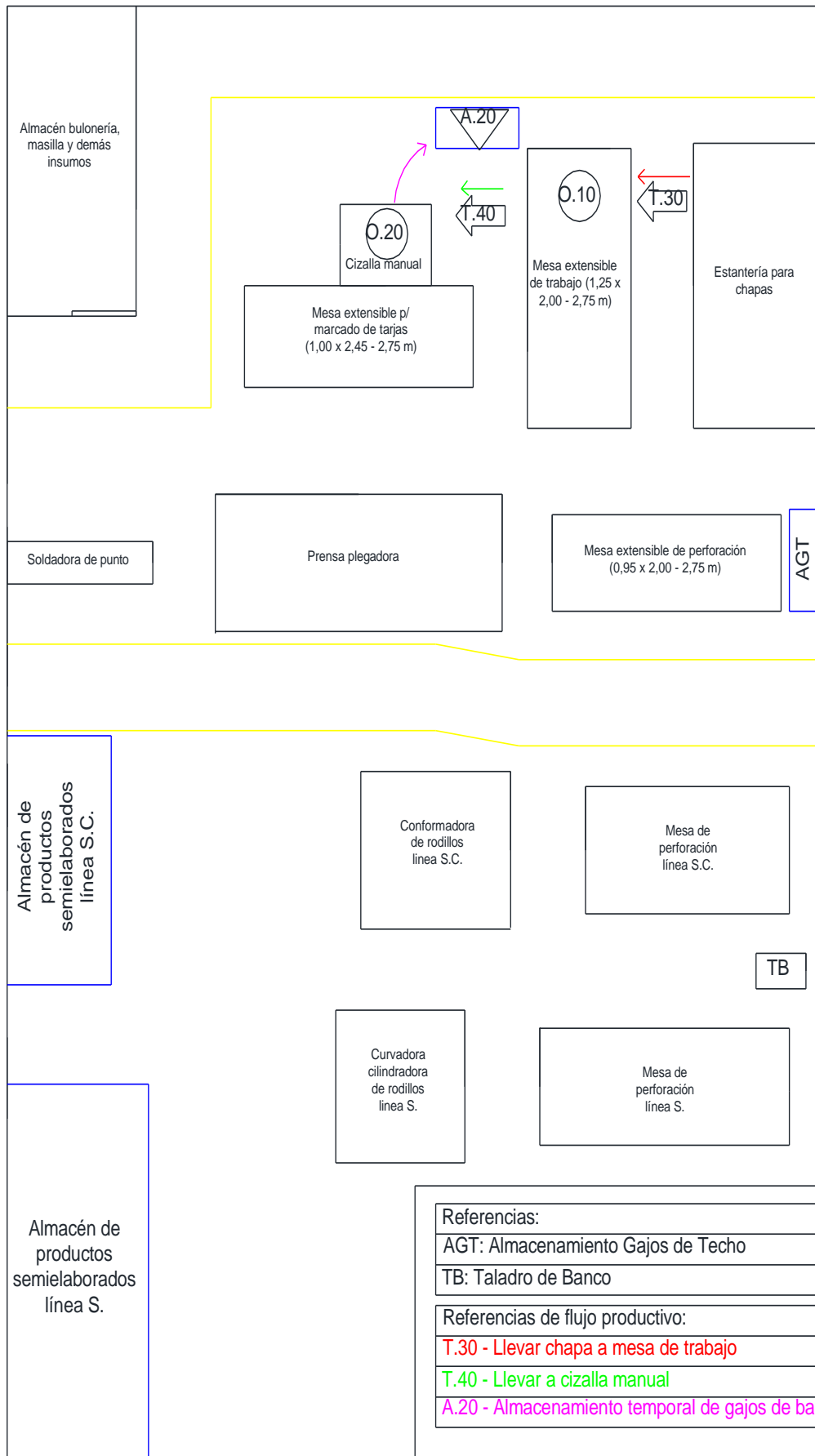


Figura 26 – Diagrama de circulación del gajo de base para S.50 con nuevo layout.

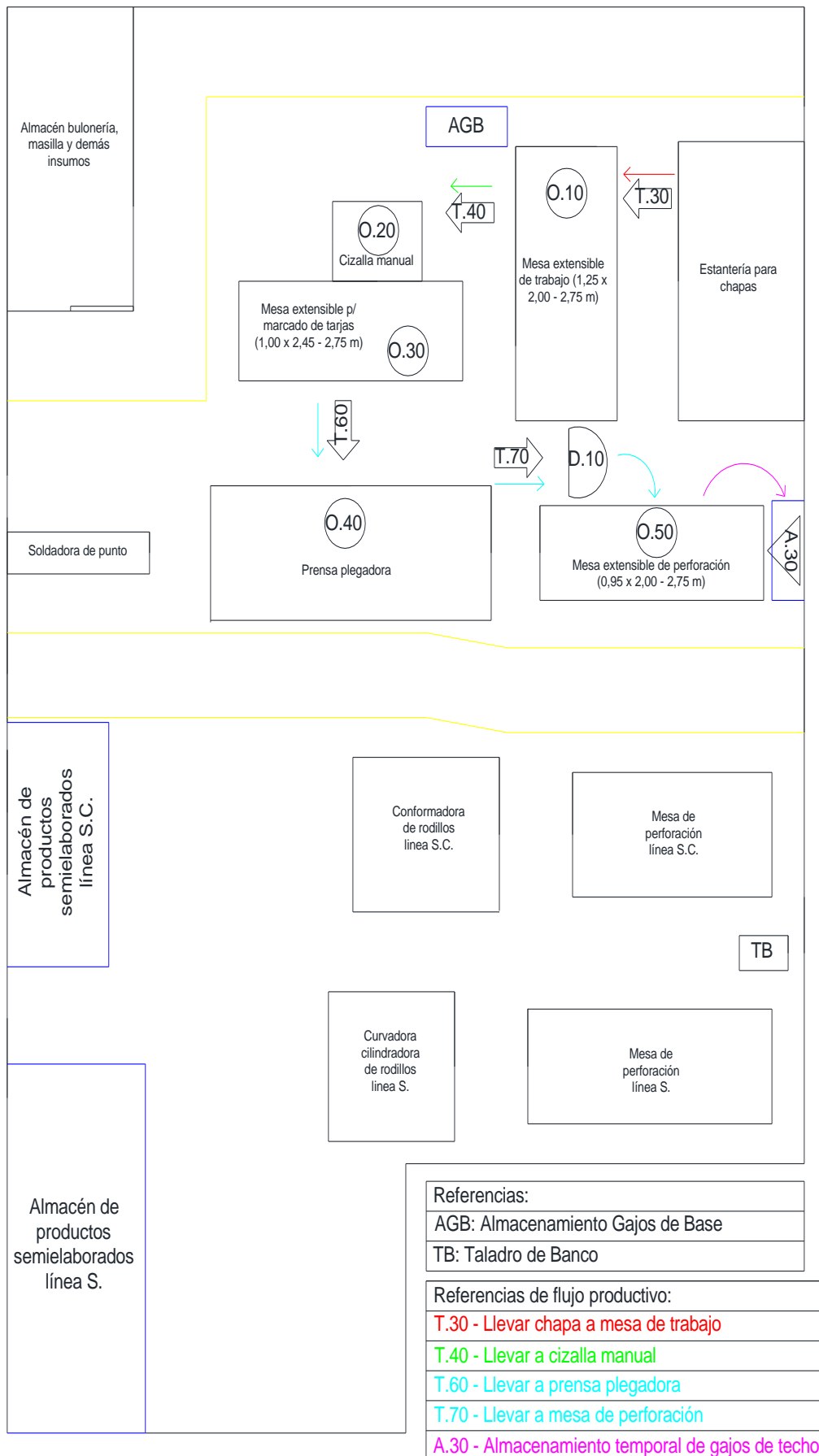


Figura 27 – Diagrama de circulación del gajo de techo para S.50 con nuevo layout.

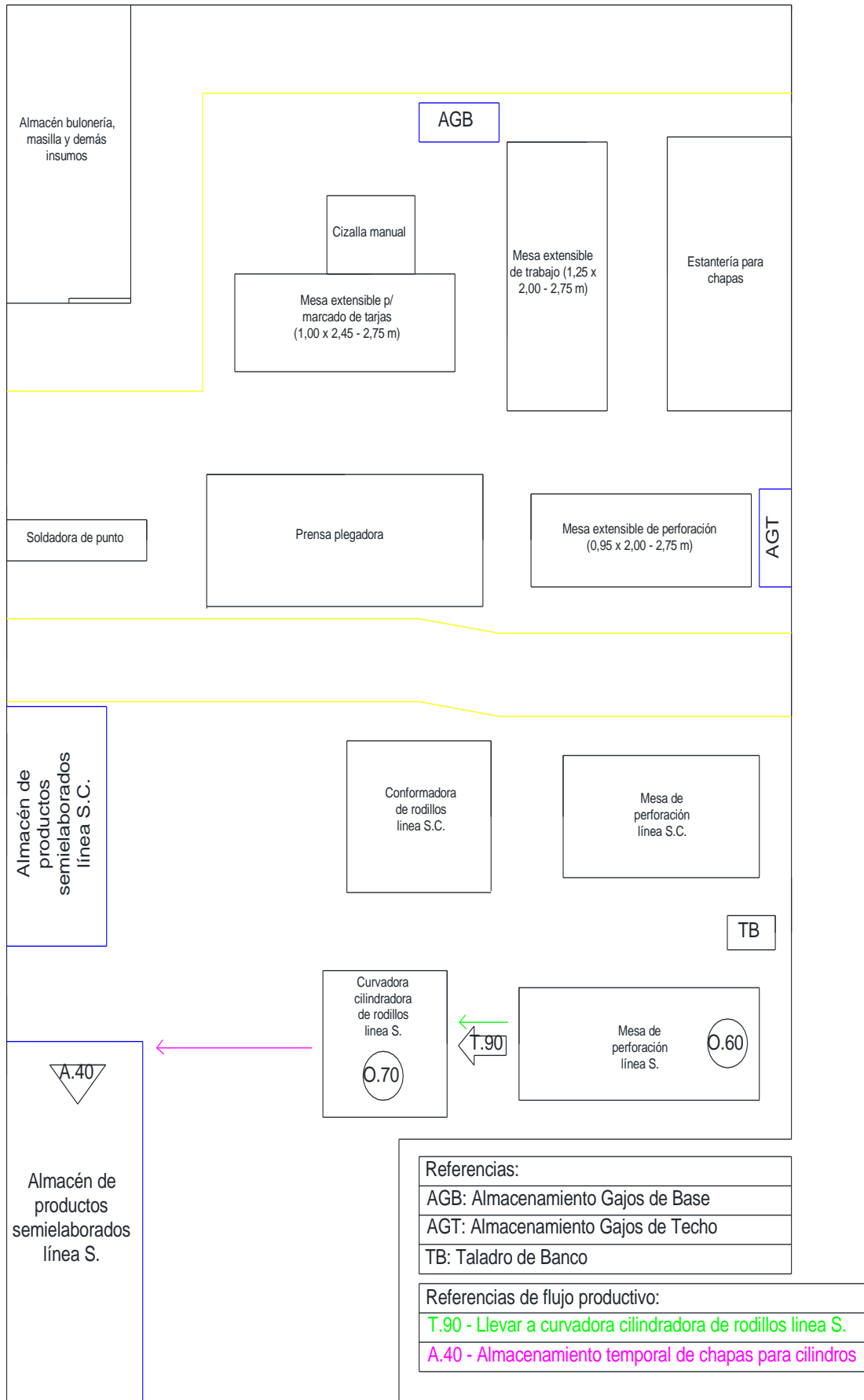


Figura 28 – Diagrama de circulación de chapa para cilindros S.50 con nuevo layout.

En el nuevo diseño de layout se puede apreciar que tanto la célula de trabajo con flujo en “U” como los puestos alineados de flujo lineal pueden ser reabastecidos mediante autoelevador, revirtiéndose la situación anterior con los ahorros que esto comprende, como por ejemplo: economía de movimientos, tiempo y cantidad de mano de obra involucrada en la descarga y disposición de materiales, entre otros.

Con la celda de trabajo propuesta se elimina el flujo bidireccional que existía durante la elaboración del componente gajo de techo, descartando la incomodidad que se generaba ante la demanda del mismo espacio de trabajo para la ejecución de diversas operaciones.

Seguidamente se presenta la distancia estimada a recorrer por los operarios durante una jornada laboral de 8 horas de trabajo teniendo en cuenta la nueva distribución propuesta para el sector de chapistería y considerando la fabricación de cada uno de los componentes que fueron valorados anteriormente.

Gajo de base		Cantidad: 153 gajos / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de trabajo	0,75	153	114,75
Llevar a cizalla manual	1,15	153	175,95
TOTAL			290,70

Tabla 22 – Distancia recorrida en una jornada para gajos de base con nuevo layout.

Gajo de techo		Cantidad: 64 gajos / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de trabajo	0,75	64	48,00
Llevar a cizalla manual	1,15	64	73,60
Llevar a mesa de trabajo	0	128	0
Llevar a prensa plegadora	1,00	128	128,00
Llevar a mesa de perforación	1,20	64	76,80
TOTAL			326,40

Tabla 23 – Distancia recorrida en una jornada para gajos de techo con nuevo layout.

Chapa para cilindro		Cantidad: 56 chapas / jornada	
Operación	Dist. [m]	Repeticiones / jornada	Distancia / jornada [m / jornada]
Llevar chapa a mesa de perforación	0	112	0
Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	0,90	112	100,80
TOTAL			100,80

Tabla 24 – Distancia recorrida en una jornada para chapas p/ cilindro con nuevo layout.

En primera instancia se puede apreciar que la nueva distribución permite obviar por completo dos transportes que anteriormente resultaban necesarios. El primero es el T.50 Llevar a mesa de trabajo, perteneciente al proceso de elaboración del gajo de techo, el cual se desprecia debido a que al efectuar la operación de corte el material queda instantáneamente ubicado sobre la mesa de trabajo sin requerir su posterior transporte hacia la misma. El segundo ahorro generado por esta distribución referido a transporte es el T.80 Llevar chapa a mesa de perforación, éste pertenece al proceso de fabricación de chapas para cilindro y se logra evitar al establecer como área de almacenamiento de chapas sinusoidales la mesa de perforación línea S, descargándose la materia prima del camión directamente sobre dicha mesa por medio del autoelevador.

Al mismo tiempo se logró disminuir las distancias a recorrer por el personal durante la ejecución de las diversas operaciones dentro del sector chapistería, presentando los siguientes valores:

Gajo de base		Cantidad: 153 gajos / jornada		
Operación	Distancia / jornada [m/jornada]		Dif. [m/jornada]	[%]
	Antes	Después		
Llevar chapa a mesa de trabajo	994,50	114,75	879,75	88,46
Llevar a cizalla manual	229,50	175,95	53,55	23,33
TOTAL	1224,00	290,70	933,30	76,25

Tabla 25 – Tabla comparativa de distancias recorridas en una jornada para la obtención de gajos de base.

Para el componente gajo de base, se obtuvo una notoria disminución de las distancias a recorrer, pasando de 1224,00 metros originalmente a 290,70 metros, lo que representa una disminución del 76,25%.

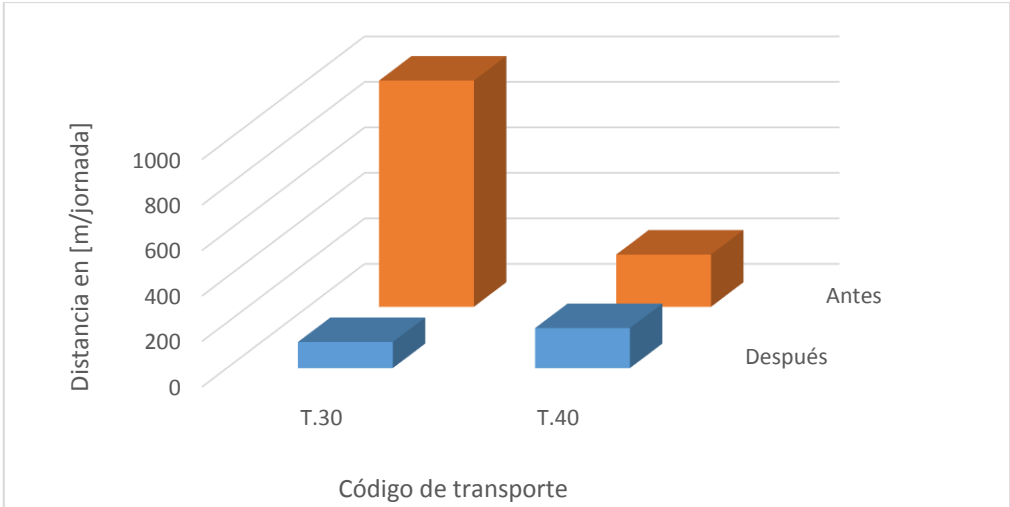


Figura 29 – Gráfico comparativo de las distancias recorridas en cada transporte para la elaboración de gajos de base.

Gajo de techo		Cantidad: 64 gajos / jornada		
Operación	Distancia / jornada [m/jornada]		Dif. [m/jornada]	[%]
	Antes	Después		
Llevar chapa a mesa de trabajo	416,00	48,00	368,00	88,46
Llevar a cizalla manual	96,00	73,60	22,40	23,33
Llevar a mesa de trabajo	128,00	0	128,00	100,00
Llevar a prensa plegadora	128,00	128,00	0	0
Llevar a mesa de perforación	96,00	76,80	19,20	20,00
TOTAL	864,00	326,40	537,6	62,22

Tabla 26 – Tabla comparativa de distancias recorridas en una jornada para la obtención de gajos de techo.

Para el componente gajo de techo, también se logró una disminución significativa de las distancias a recorrer, pasando de 864,00 metros iniciales a 326,40 metros, lo que significa una disminución del 62,22%.

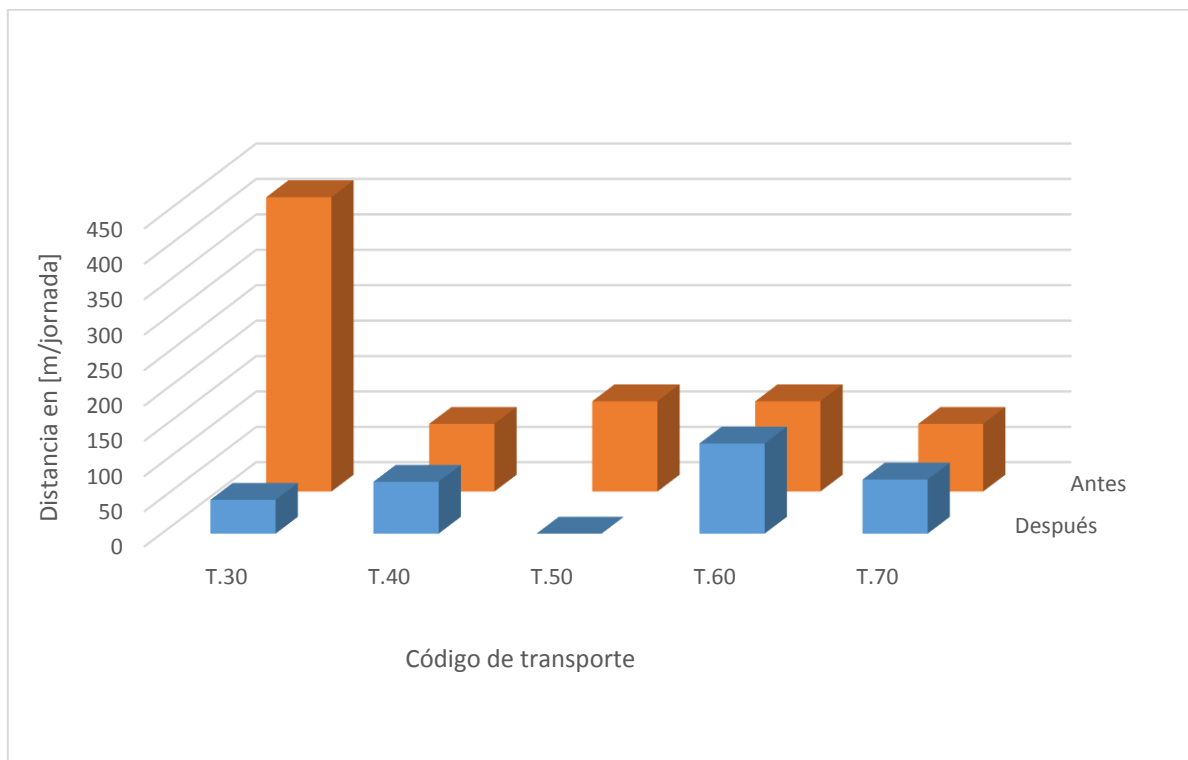


Figura 30 – Gráfico comparativo de las distancias recorridas en cada transporte para la elaboración de gajos de techo.

Chapas para cilindro		Cantidad: 56 chapas / jornada		
Operación	Distancia / jornada [m/jornada]		Dif. [m/jornada]	[%]
	Antes	Después		
Llevar chapa a mesa de perforación	168,00	0	168,00	100
Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	336,00	100,80	235,20	70,00
TOTAL	504,00	100,80	403,20	80,00

Tabla 27 – Tabla comparativa de distancias recorridas en una jornada para la obtención de chapas para cilindro.

Finalmente, la disminución alcanzada en el caso del componente chapas para cilindro representa el 80,00%, pasando de 504,00 metros anteriormente a 100,80 metros.

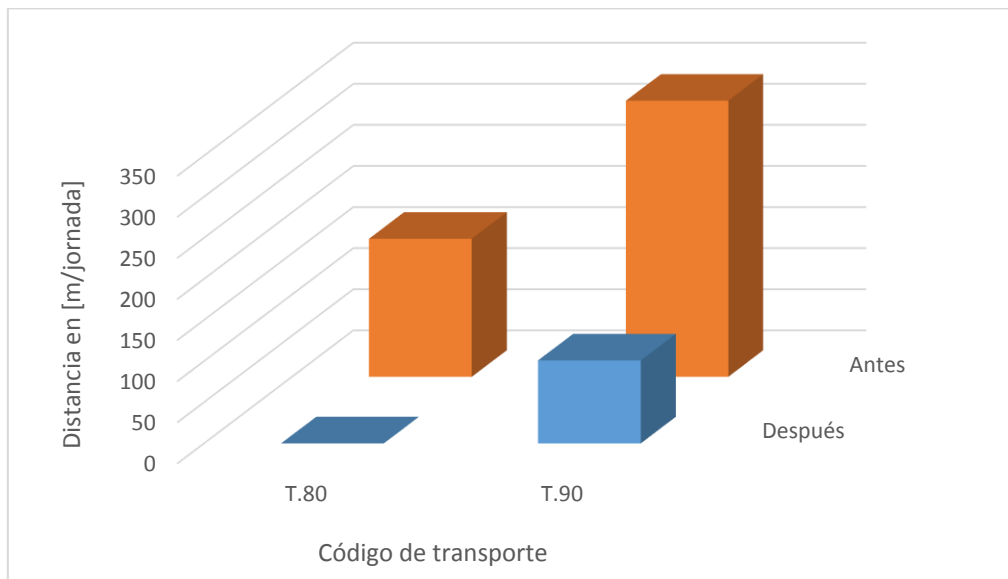


Figura 31 – Gráfico comparativo de las distancias recorridas en cada transporte para la elaboración de chapas para cilindro.

El autor estimó el ahorro de tiempo unitario que se obtiene gracias a la reducción de las distancias alcanzada con el nuevo ordenamiento del sector.

Gajo de base			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
Llevar chapa a mesa de trabajo	12,00	1,39	10,61
Llevar a cizalla manual	10,30	7,90	2,40
TOTAL	22,30	9,29	13,01

Tabla 28 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de base.

Gajo de techo			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
Llevar chapa a mesa de trabajo	12,00	1,39	10,61
Llevar a cizalla manual	10,30	7,90	2,40
Llevar a mesa de trabajo	7,70	0	7,70
Llevar a prensa plegadora	8,60	8,60	0
Llevar a mesa de perforación	11,50	9,20	2,30
TOTAL	50,10	27,09	23,01

Tabla 29 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de techo.

Chapas para cilindro			
Operación	Tiempo / chapa [s/chapa]		Dif. [s/chapa]
	Antes	Después	
Llevar chapa a mesa de perforación	12,40	0	12,40
Llevar a curvadora cilindradora de rodillos	16,60	4,98	11,62
TOTAL	29,00	4,98	24,02

Tabla 30 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de chapas para cilindro.

Gajo de base:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
2,310 [min]	2,093 [min]	0,217 [min]	9,39%

Gajo de techo:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
5,507 [min]	5,023 [min]	0,384 [min]	6,97%

Chapa para cilindro:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
6,510 [min]	6,11 [min]	0,4 [min]	6,14%

Tiempo normal estimado de cada componente:

Componente	$T_n = T_e * (\text{valoración en \%})$ [min.]
Gajo de base	$T_n = 2,093 * 1,17 = 2,448$
Gajo de techo	$T_n = 5,023 * 1,17 = 5,877$
Chapa para cilindro	$T_n = 6,11 * 1,12 = 6,843$

Tiempo estándar estimado de cada componente:

Componente	$T_t = T_n * (1 + \text{tolerancia})$ [min.]
Gajo de base	$T_t = 2,448 * 1,16 = 2,839$
Gajo de techo	$T_t = 5,877 * 1,16 = 6,817$
Chapa para cilindro	$T_t = 6,843 * 1,16 = 7,937$

Cantidad estimada de unidades producidas de cada componente por hora de trabajo empleada:

Componente	Productividad estimada
Gajo de base	21,13 [gajos de base / h]
Gajo de techo	8,80 [gajos de techo / h]
Chapa para cilindro	7,56 [chapas para cilindro / h]

Por consiguiente para una jornada laboral de 8 horas, se tiene:

Componente	Productividad estimada
Gajo de base	169,04 [gajos de base / jornada]
Gajo de techo	70,40 [gajos de techo / jornada]
Chapa para cilindro	60,48 [chapas para cilindro / jornada]

Teniendo en cuenta la cantidad necesaria y el tiempo estándar requerido para la obtención de cada componente de chapistería que conforma al silo de base aérea de 50 Tn., resultan necesarios 297,40 minutos en contraste con los 322,41 minutos requeridos anteriormente.

Por medio de esta economía de tiempos se adquiere un incremento de la productividad, considerando un mes laboral de 21 días se logra una producción extra mensual de 31 gajos de base, 52 gajos de techo y 42 chapas para cilindro. Lo que equivale a poder producir los componentes de chapistería necesarios para más de 2 silos de base aérea de 50 Tn.

A continuación se exponen los diagramas de flujo resultantes del nuevo layout planteado:

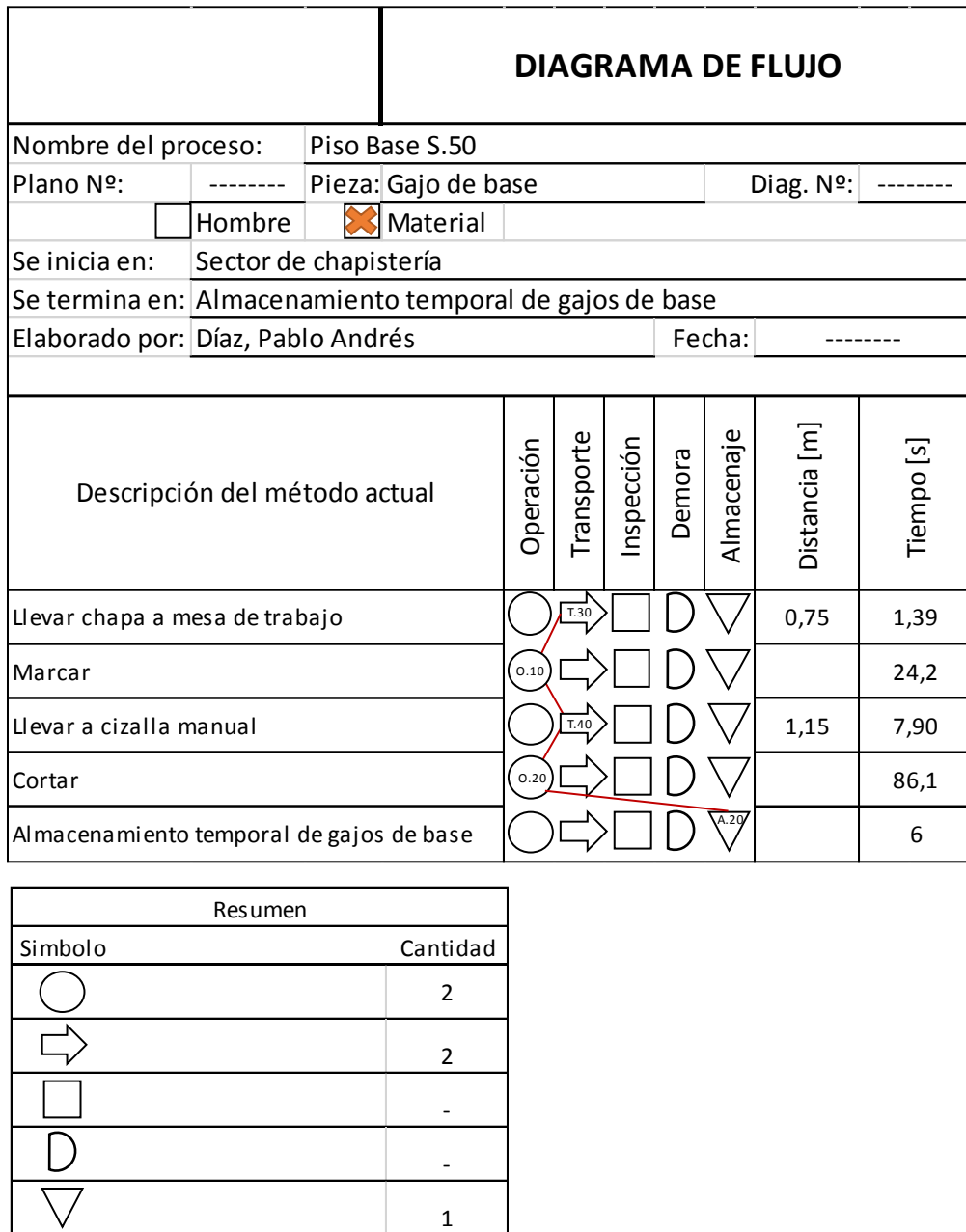


Figura 32 – Nuevo diagrama de flujo del componente gajo de base para piso base S.50.

		DIAGRAMA DE FLUJO						
Nombre del proceso:		Techo S.50						
Plano Nº:	-----	Pieza:	Gajo de techo			Diag. Nº:	-----	
	<input type="checkbox"/> Hombre	<input checked="" type="checkbox"/> Material						
Se inicia en:		Sector de chapistería						
Se termina en:		Almacenamiento temporal de gajos de techo						
Elaborado por:		Díaz, Pablo Andrés				Fecha:	-----	
Descripción del método actual	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Distancia [m]	Tiempo [s]	
	○	→	□	D	▽			
Llevar chapa a mesa de trabajo	○	→ T.30	□	D	▽	0,75	1,39	
Marcar	○ 0.10	→	□	D	▽		24,2	
Llevar a cizalla manual	○	→ T.40	□	D	▽	1,15	7,90	
Cortar	○ 0.20	→	□	D	▽		86,1	
Marcar tarjas con tijeras para metal	○ 0.30	→	□	D	▽		39,4	
Llevar a prensa plegadora	○	→ T.60	□	D	▽	1,00	8,6	
Plegar	○ 0.40	→	□	D	▽		87,2	
Espera hasta acumular 20 gajos	○	→ T.70	□	D	▽		8,9	
Llevar a mesa de perforación	○	→	□	D 0.10	▽	1,20	9,20	
Taladrar	○ 0.50	→	□	D	▽		19,2	
Almacenamiento temporal de gajos de techo	○	→	□	D	▽ A.30		9,3	

Resumen	
Símbolo	Cantidad
○	5
→	4
□	-
D	1
▽	1

Figura 33 – Nuevo diagrama de flujo del componente gajo de techo para techo S.50.

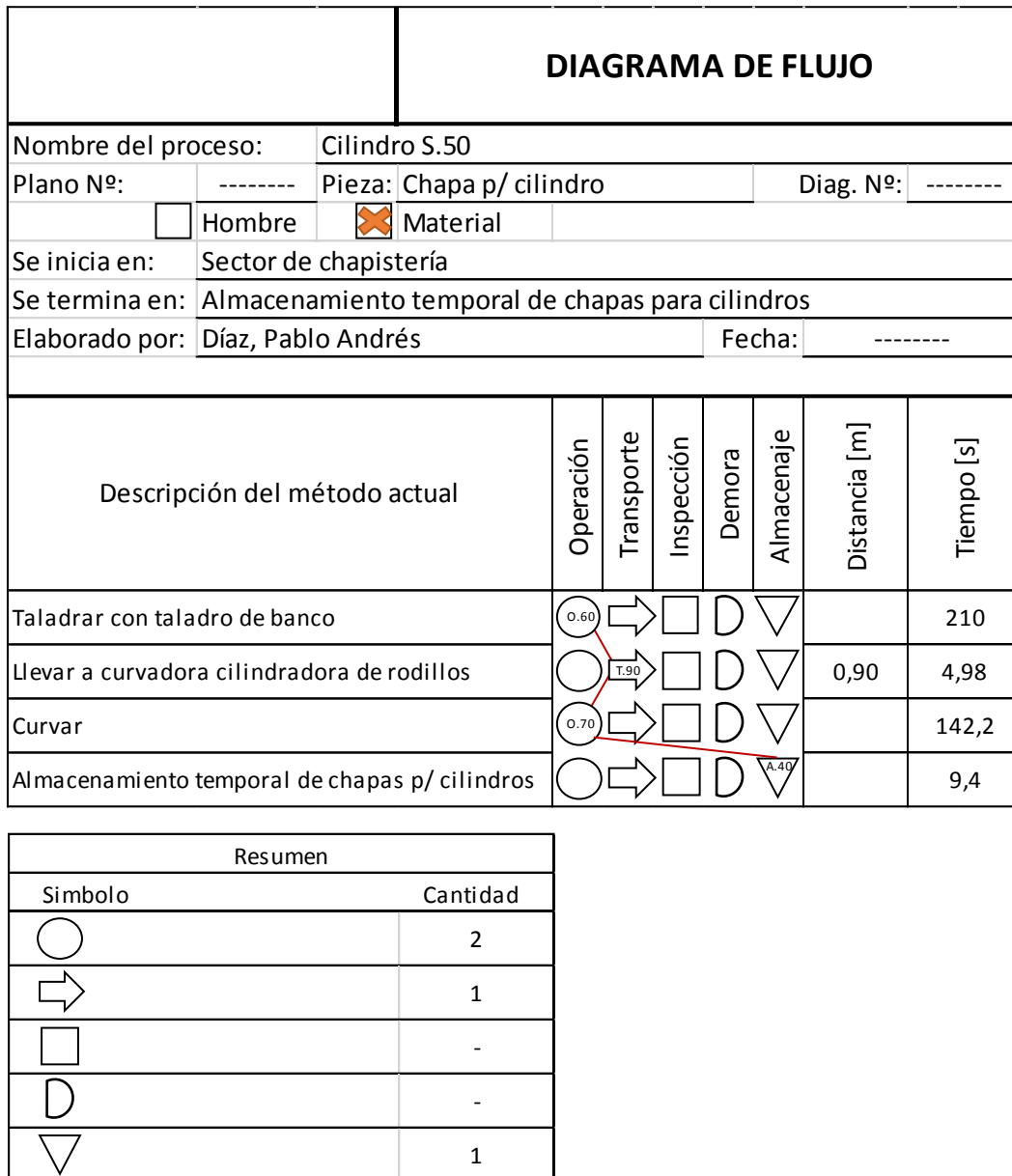


Figura 34 – Nuevo diagrama de flujo del componente chapa para cilindros S.50.

5.3 Propuestas para mejorar la situación de los puestos cuellos de botella

El principal motivo para estudiar la productividad en la empresa es encontrar las causas que la deterioran y, una vez conocidas, establecer las bases para incrementarla. Durante la detección y análisis de los principales cuellos de botella mostrados anteriormente se determinó que el proceso productivo se encuentra sometido a restricciones de recursos internas, siendo las máquinas existentes las causantes de éstos.

Simultáneamente se pudo observar que las actividades que añaden valor al producto insumen una cantidad de tiempo considerable, existiendo una oportunidad de mejora que puede ser abordada mediante la implementación de métodos superiores de trabajo, como también por medio de la incorporación de máquinas más eficientes en los puestos que así lo requieran y/o permitan. Por consiguiente el autor investigó diversas alternativas para lograr optimizar los cuellos de botella conquistando niveles superiores de productividad, las mismas se detallan a continuación:

En lo que respecta a la fabricación de los componentes gajo de techo y gajo de base, se observó que la operación de corte demanda un tiempo significativo desde su comienzo hasta su finalización, la causa de esto radica en la herramienta utilizada, ya que una cizalla manual de 400 mm de corte efectivo no es la más apropiada para éste trabajo, por lo tanto formular alternativas que ayuden a disminuir el tiempo de ejecución de ésta operación resulta conveniente. Actualmente existen diversas alternativas en el mercado, tales como guillotinas manuales de 3000 mm de corte efectivo, guillotinas mecánicas o hidráulicas de corte vertical de 3200 mm que cumplen con los requerimientos exigidos para la actividad, permitiendo efectuar el corte velozmente y en un paso. Otra ventaja con la que cuentan ambas alternativas propuestas es la posibilidad de reducir el tiempo de la operación de marcado longitudinal que se realiza previo al corte, ya que dichas máquinas poseen mesa de soporte incorporada lo que admitiría establecer por medio de topes la posición en la que debe ser colocada la chapa para ser cortada.



Figura 35 – De izquierda a derecha: Cizalla manual de 400 mm de corte (método actual); Guillotina manual de 3000 mm de corte; Guillotina hidráulica de corte vertical de 3200 mm.

La operación de plegado es otra de las actividades que demandan un valor de tiempo significativo y que puede ser minimizado dentro del proceso para obtención de gajos de techo. Algunas de las alternativas para lograrlo, son: confeccionar una matriz que pueda adaptarse a la prensa plegadora de accionamiento manual existente, de modo tal que con el accionamiento de la misma, se efectúen en un solo paso los 3 pliegues por lateral que deben generarse a los gajos de techo; otra alternativa mediante la que puede mejorarse la situación actual es incorporar una plegadora hidráulica adicional, lo cual desde el punto de vista productivo permitiría evitar el cambio de matriceria ahorrando tiempo, además brindaría versatilidad al poder utilizarse para la fabricación de otros productos, sin embargo esta opción conlleva un mayor costo debido a la inversión, así como también exige la modificación del layout actual del sector. Con cualquiera de las opciones anteriores por la que se opte, se obtiene un ahorro de tiempo indirecto al no tener la necesidad de transportar el material a la mesa de trabajo para realizar la operación de marcado de tarjas con tijeras previo al plegado, esto se logra gracias a un tope regulable que impide el avance excesivo de la chapa.

La operación de taladrado efectuada sobre los gajos de techo puede optimizarse mediante la modificación de la mesa de perforado existente, se observó que un incremento en la altura de la misma brindaría al operario una posición de trabajo más favorable, así como también, la incorporación de topes regulables permitirían un ahorro de tiempo en la alineación de los gajos a perforar, quedando alineados de forma inmediata al momento de ser posicionados sobre la mesa.

El taladrado de chapas para cilindro es la operación que mayor tiempo requiere dentro del sector chapistería, en base a lo observado se pueden efectuar sugerencias que permitirán reducir el tiempo de ejecución. Como primera medida paliativa sin necesidad de una gran inversión, se plantea montar el taladro de banco existente sobre un brazo articulado permitiendo el desplazamiento del husillo con mayor velocidad y facilidad; Otra alternativa, es la incorporación de una prensa excéntrica con matriz de perforación, la cual proporcionaría con un golpe la totalidad de los agujeros para cada uno de los extremos de la chapa, esta última propuesta requiere de una mayor inversión.



Figura 36 – De izquierda a derecha: Taladro montado sobre brazo articulado; Prensa excéntrica (Balancín).

En lo que respecta al curvado de las chapas para cilindro, si bien el tiempo requerido es relevante esta operación requiere ser efectuada con una velocidad de avance que permita obtener la curvatura deseada sin ocasionar daños o deformaciones excesivas en la materia prima, se sugiere la incorporación de un variador de velocidad que admita modificar la velocidad con la que giran los rodillos pudiéndose reducir la misma durante la entrada del material a la máquina (momento crítico de la operación) para una vez garantizada la correcta inserción del material poder incrementarla, obteniendo una mayor velocidad de operación y restringiendo la probabilidad de ocurrencia de errores.

5.3.1 Generación y evaluación de propuestas de mejora para puestos cuello de botella

A continuación se presentan dos posibles alternativas de mejora con sus respectivos tiempos estimados que se obtendrían mediante su implementación. Resulta importante señalar que estas mejoras involucran a los procesos de fabricación de componentes que se desarrollan dentro del sector chapistería.

1) Optando por:

- Guillotina manual de 3000 mm de corte efectivo.
- Modificación de plegadora de accionamiento manual existente.
- Modificación de mesa de perforado.
- Montaje del taladro de banco existente sobre brazo articulado.

Operación	Tiempo Req. Actual [s]	Tiempo Estimado [s]	Dif. [s]	[%]
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20	46,28%
O.20 Cortar	86,10	15,00	71,10	82,58%
T.50 Llevar a mesa de trabajo	7,70	0	7,70	100%
O.30 Marcar tarjas con tijeras para metal	39,40	0	39,40	100%
O.40 Plegar	87,20	35,00	52,20	59,86%
O.50 Taladrar	19,20	10,00	9,20	47,92%
O.60 Taladrar con taladro de banco	210,00	168,00	42,00	20,00%
TOTAL	473,8	241,00	232,80	49,13%

El autor estimó el ahorro de tiempo que se obtendría en la fabricación de cada componente con la implementación de las máquinas y modificaciones sugeridas.

Gajo de base			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20
O.20 Cortar	86,10	15,00	71,10
TOTAL	110,30	28,00	82,30

Tabla 31 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de base por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 1).

Gajo de techo			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20
O.20 Cortar	86,10	15,00	71,10
T.50 Llevar a mesa de trabajo	7,70	0	7,70
O.30 Marcar tarjas con tijeras para metal	39,40	0	39,40
O.40 Plegar	87,20	35,00	52,20
O.50 Taladrar	19,20	10,00	9,20
TOTAL	263,80	73,00	190,80

Tabla 32 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de techo por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 1).

Chapas para cilindro			
Operación	Tiempo / chapa [s/chapa]		Dif. [s/chapa]
	Antes	Después	
O.60 Taladrar con taladro de banco	210,00	168,00	42,00
TOTAL	210,00	168,00	42,00

Tabla 33 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de chapas para cilindro por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 1).

Gajo de base:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
2,310 [min]	0,938 [min]	1,371 [min]	59,38%

Gajo de techo:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
5,507 [min]	2,327 [min]	3,18 [min]	57,74%

Chapa para cilindro:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
6,510 [min]	5,81 [min]	0,7 [min]	10,75%

Tiempo normal estimado de cada componente:

Componente	$T_n = T_e * (\text{valoración en \%})$ [min.]
Gajo de base	$T_n = 0,938 * 1,17 = 1,097$
Gajo de techo	$T_n = 2,327 * 1,17 = 2,722$
Chapa para cilindro	$T_n = 5,810 * 1,12 = 6,507$

Tiempo estándar estimado de cada componente:

Componente	$T_t = T_n * (1 + \text{tolerancia})$ [min.]
Gajo de base	$T_t = 1,097 * 1,16 = 1,272$
Gajo de techo	$T_t = 2,722 * 1,16 = 3,157$
Chapa para cilindro	$T_t = 6,507 * 1,16 = 7,548$

Cantidad estimada de unidades producidas de cada componente por hora de trabajo empleada:

Componente	Productividad estimada (1)
Gajo de base	47,17 [gajos de base / h]
Gajo de techo	19 [gajos de techo / h]
Chapa para cilindro	7,95 [chapas para cilindro / h]

Por consiguiente para una jornada laboral de 8 horas, se tiene:

Componente	Productividad estimada (1)
Gajo de base	377,36 [gajos de base / jornada]
Gajo de techo	152 [gajos de techo / jornada]
Chapa para cilindro	63,60 [chapas para cilindro / jornada]

Teniendo en cuenta la cantidad necesaria y el tiempo estándar requerido para la obtención de cada componente de chapistería que conforma al silo de base aérea de 50 Tn., efectuando las modificaciones explicadas resultan necesarios 199,17 minutos en contraste con los 322,41 minutos requeridos originalmente.

Esta economía de tiempos genera un incremento de la productividad, considerando un mes laboral de 21 días se logra una producción extra mensual de 232 gajos de base, 386 gajos de techo y 309 chapas para cilindro. En otras palabras, el equivalente a poder producir los componentes de chapistería necesarios para más de 19 silos de base aérea de 50 Tn.

2) Optando por:

- Guillotina hidráulica de corte vertical de 3200 mm.
- Plegadora hidráulica adicional.
- Modificación de mesa de perforado.
- Incorporación de prensa excéntrica con matriz de perforación.

Operación	Tiempo Req. Actual [s]	Tiempo Estimado [s]	Dif. [s]	[%]
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20	46,28%
O.20 Cortar	86,10	10,00	76,10	88,38%
T.50 Llevar a mesa de trabajo	7,70	0	7,70	100%
O.30 Marcar tarjetas con tijeras para metal	39,40	0	39,40	100%
O.40 Plegar	87,20	25,00	62,20	71,33%
O.50 Taladrar	19,20	10,00	9,20	47,92%
O.60 Taladrar con taladro de banco	210,00	40,00	170,00	80,95%
TOTAL	473,8	98,00	375,80	79,31%

De igual forma se estimó el ahorro de tiempo que se obtendría en la fabricación de cada componente con la implementación de las máquinas y modificaciones sugeridas en esta segunda opción.

Gajo de base			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20
O.20 Cortar	86,10	10,00	76,10
TOTAL	110,30	23,00	87,30

Tabla 34 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de base por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 2).

Gajo de techo			
Operación	Tiempo / gajo [s/gajo]		Dif. [s/gajo]
	Antes	Después	
O.10 Marcar	24,20	13,00	11,20
O.20 Cortar	86,10	10,00	76,10
T.50 Llevar a mesa de trabajo	7,70	0	7,70
O.30 Marcar tarjas con tijeras para metal	39,40	0	39,40
O.40 Plegar	87,20	25,00	62,20
O.50 Taladrar	19,20	10,00	9,20
TOTAL	263,80	58,00	205,80

Tabla 35 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de gajos de techo por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 2).

Chapas para cilindro			
Operación	Tiempo / chapa [s/chapa]		Dif. [s/chapa]
	Antes	Después	
O.60 Taladrar con taladro de banco	210,00	40,00	170,00
TOTAL	210,00	40,00	170,00

Tabla 36 – Ahorro de tiempo unitario en la fabricación de chapas para cilindro por implementación de máquinas y modificaciones sugeridas (opción 2).

Gajo de base:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
2,310 [min]	0,855 [min]	1,455 [min]	62,99%

Gajo de techo:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
5,507 [min]	2,077 [min]	3,43 [min]	62,28%

Chapa para cilindro:

Tiempo Req. Actual	Tiempo Estimado	Dif.	[%]
6,510 [min]	3,68 [min]	2,83 [min]	43,47%

Tiempo normal estimado de cada componente:

Componente	$T_n = T_e * (\text{valoración en } \%) \text{ [min.]}$
Gajo de base	$T_n = 0,855 * 1,17 = 1,000$
Gajo de techo	$T_n = 2,077 * 1,17 = 2,430$
Chapa para cilindro	$T_n = 3,680 * 1,12 = 4,121$

Tiempo estándar estimado de cada componente:

Componente	$T_t = T_n * (1 + \text{tolerancia}) \text{ [min.]}$
Gajo de base	$T_t = 1,000 * 1,16 = 1,160$
Gajo de techo	$T_t = 2,430 * 1,16 = 2,784$
Chapa para cilindro	$T_t = 4,121 * 1,16 = 4,780$

Cantidad estimada de unidades producidas de cada componente por hora de trabajo empleada:

Componente	Productividad estimada (2)
Gajo de base	51,72 [gajos de base / h]
Gajo de techo	21,55 [gajos de techo / h]
Chapa para cilindro	12,55 [chapas para cilindro / h]

Por consiguiente para una jornada laboral de 8 horas, se tiene:

Componente	Productividad estimada (2)
Gajo de base	413,76 [gajos de base / jornada]
Gajo de techo	172,40 [gajos de techo / jornada]
Chapa para cilindro	100,40 [chapas para cilindro / jornada]

Considerando la cantidad necesaria y el tiempo estándar requerido para la obtención de cada componente de chapistería que conforma al silo de base aérea de 50 Tn., efectuando las modificaciones explicadas resultan necesarios 146,08 minutos en contraste con los 322,41 minutos requeridos originalmente.

Este ahorro de tiempo se traduce en un incremento de productividad, considerando un mes laboral de 21 días se logra una producción extra mensual de 452 gajos de base, 754 gajos de techo y 603 chapas para cilindro. En otras palabras, el equivalente a poder producir los componentes de chapistería necesarios para más de 37 silos de base aérea de 50 Tn.

Para sintetizar el análisis realizado, a continuación se presentan los valores de productividad obtenidos en formato de tabla:

Componente	Productividad Actual	Productividad estimada (1)	Productividad estimada (2)
Gajo de base (*)	19,14	47,17	51,72
Gajo de techo (**)	8,03	19	21,55
Chapa para cilindro (***)	7,09	7,95	12,55

Tabla 37 – Tabla comparativa de productividad actual y estimada con opciones sugeridas.

NOTA:

(*) Productividad expresada en [gajos de base / h].

(**) Productividad expresada en [gajos de techo / h].

(***) Productividad expresada en [chapas para cilindro / h].

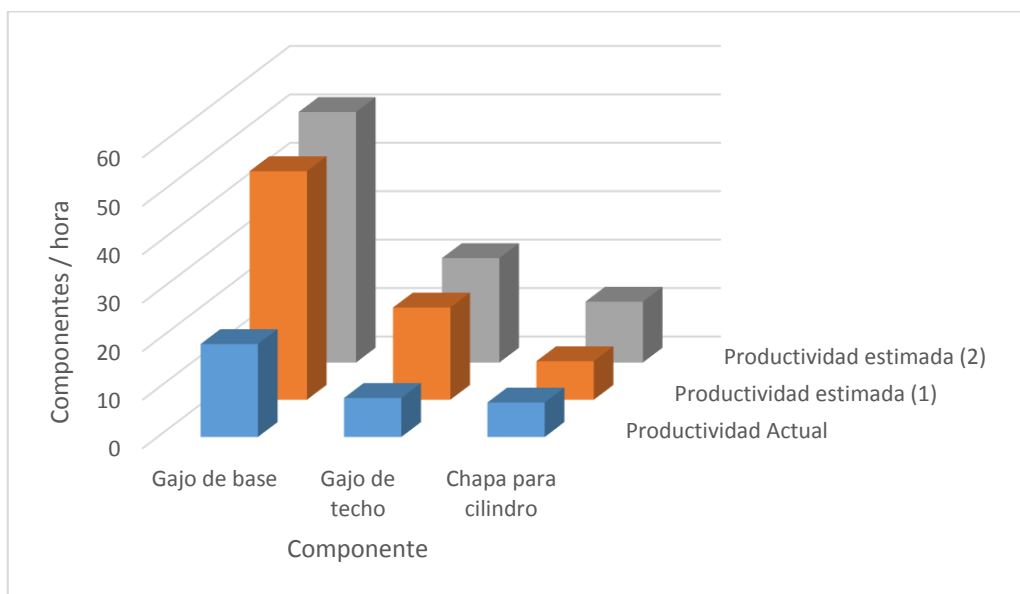


Figura 37 – Gráfico comparativo entre la productividad actual y la estimada con las mejoras sugeridas para los diversos componentes del sector chapistería.

A continuación se expone el incremento porcentual de la productividad estimada:

Componente	Productividad estimada (1)	Productividad estimada (2)
Gajo de base	146,45 %	170,22 %
Gajo de techo	136,61 %	168,37 %
Chapa para cilindro	12,13 %	77,00 %

Tabla 38 – Incremento de productividad estimada para ambas opciones planteadas.

Considerando que con los valores de productividad actual se logra obtener mensualmente los componentes del sector chapistería necesarios para poco más de 31 silos de base aérea de 50 Tn. el autor evalúa el impacto de las alternativas planteadas con relación a esta situación, obteniéndose los siguientes resultados:

Con la primera alternativa expuesta se logran conseguir mensualmente los componentes de chapistería requeridos para poco más de 50 silos de base aérea de 50 Tn., lo que representa un incremento del 61,87% respecto del valor actual. Mientras tanto, con la segunda alternativa se acrecienta aún más esta diferencia, llegándose a producir mensualmente los componentes de chapistería demandados para 69 silos de las mismas características que los anteriormente mencionados, en otras palabras, el incremento porcentual alcanzado llega al 120,73% con respecto al valor de productividad existente.

Teniendo presente lo anterior, resulta prudente efectuar una implementación progresiva de las alternativas evaluadas, adquiriendo un incremento gradual de la productividad, dado que si bien la demanda de los productos es creciente, la misma no se encuentra exenta de fluctuaciones que pueden tener lugar ante situaciones climáticas desfavorables a las cuales la producción agrícola se encuentra ligada. Asimismo los valores de producción que se lograrían en la primera etapa mediante la implementación de la opción 1 serían significativos, en sumatoria con la nueva distribución que optimiza el flujo productivo del sector chapistería generarían un incremento de la productividad del 70,28%, siendo necesarias inversiones menores comparadas con las requeridas por la opción 2.

Con la implementación de las mejoras propuestas en la opción 1, el cuello de botella ya no se encontraría en el proceso productivo del gajo de techo, trasladándose al proceso de elaboración de chapa para cilindro, esto puede verificarse mediante el siguiente análisis:

Componente	Cant. requerida por silo	Tiempo req. Actualmente [min.]	Tiempo req. Opción 1 [min.]	Tiempo req. Opción 2 [min.]
Gajo de base	12	37,62	15,26	13,92
Gajo de techo	20	149,48	63,14	55,68
Chapa para cilindro	16	135,31	120,77	76,48
TOTAL		322,41	199,17	146,08

Donde puede apreciarse que la reducción de tiempo requerido para el componente gajo de techo resulta más significativa que la alcanzada en el componente chapa para cilindro, convirtiéndose este último en la nueva restricción. Además se puede advertir que este cuello de botella permanecerá en el proceso de elaboración de chapas para cilindro luego de la implementación de las mejoras propuestas en la opción 2, no obstante presentará mejoras en el tiempo requerido.

5.3.2 Análisis económico para la compra de nuevos equipos de producción

A continuación se presentan los valores estimados de los equipos de producción considerados en las diversas alternativas antes expuestas.

1) Optando por:

- Guillotina manual de 3000 mm de corte efectivo	\$103.400,00.-
- Montaje del taladro de banco existente sobre brazo articulado	\$ 34.500,00.-
	<u>AR\$137.900,00.-</u>

2) Optando por:

- Guillotina hidráulica de corte vertical de 3200 mm nueva	\$813.800,00.-
- Plegadora hidráulica de 3200 mm y 125 Tn nueva	\$718.300,00.-
- Prensa excéntrica de 40 Tn nueva	\$348.000,00.-
	<u>AR\$1.880.100,00.-</u>

3) Optando por:

- Guillotina hidráulica de corte vertical de 3200 mm usada	\$560.000,00.-
- Plegadora hidráulica de 3200 mm y 125 Tn usada	\$575.000,00.-
- Prensa excéntrica de 40 Tn usada reparada a nueva	\$120.000,00.-
	<u>AR\$1.255.000,00.-</u>

Fuentes consultadas: Canavese máquinas S.R.L. y Defante y CIA..

Se puede observar que existe una gran diferencia monetaria entre las diversas alternativas presentadas, en especial de la opción 1 con respecto a las restantes, por lo cual resulta recomendable efectuar un análisis económico más detallado considerando cada opción como un proyecto de inversión individual y así poder definir cuál de las alternativas es económicamente la más conveniente para la empresa. Lo antes mencionado no se realizará dado que excede el alcance del presente proyecto.

5.4 Propuestas para la eliminación o reducción de desperdicios

Por medio del análisis sobre los desperdicios elaborado anteriormente, se consiguió identificar las causas que los generan, conociéndolas resulta posible plantear propuestas para eliminarlas y así reducir los despilfarros.

El principal despilfarro identificado fue el transporte y movimientos innecesarios, con la implementación del nuevo layout presentado se lograría acotar en gran proporción las distancias a recorrer por el personal, así como también se generaría el ahorro de algunos movimientos de manipulación del material que no resultan necesarios. Para lograrlo se ha asignado una zona de almacenamiento a cada tipo de mercadería perteneciente al sector de chapistería, logrando así liberar la zona de descarga para la libre circulación con autoelevador. También se han dispuesto las zonas de almacenamiento de forma que su reabastecimiento pueda efectuarse mediante el uso del autoelevador, lo que implica un ahorro de tiempo, recursos y esfuerzo.

Para erradicar la manipulación excesiva de productos semielaborados dentro del sector chapistería, se propone implementar la utilización de carros logísticos adecuados a las necesidades de la empresa para los siguientes componentes: gajos de base, gajos de techo y chapas para cilindro, los mismos cumplirán dos funciones principales, en primera instancia su ubicación será coincidente con la zona de almacenamiento de productos semielaborados asignada, de esta forma se logra que una vez finalizadas las operaciones sobre la materia prima, el producto obtenido se posicione sobre el carro logístico evitando su acopio en otro sitio. En segunda instancia contar con los productos semielaborados sobre un carro logístico otorga flexibilidad y eficiencia al sistema durante el transporte hacia otros sectores como pinturería o pre-ensamble para aquellos componentes que así lo requieran o bien hacia la zona de carga y despacho para ser enviados al cliente.



Figura 38 – De izquierda a derecha: Carro logístico para gajos de base y gajos de techo; Carro logístico destinado a chapas para cilindro.

Se sugiere analizar el layout actual del sector de corte, punzonado y curvado en busca de minimizar las distancias existentes entre las diversas máquinas que intervienen en el proceso (cizalla eléctrica para corte de perfiles de acero, punzonadora manual y curvadora de perfiles de acero), dado que las mismas se encuentran distribuidas en el sector a gran distancia unas de otras obligando al personal a recorrer trayectos significativos durante la jornada laboral.

La operación D.20 retirar sección de la cama de corte y apilar, realizada en el sector de corte, punzonado y curvado implica una demora debida a la manipulación excesiva de material. Para eliminar este despilfarro, se sugiere la incorporación de un plano inclinado que admita el deslizamiento de la sección cortada, sin que el operario tenga la necesidad de desplazarse de su posición de trabajo. Además, con el agregado de un carro logístico con elevación de tijeras ubicado en el extremo del plano inclinado se agilizaría y aliviaría el traslado de las secciones a los siguientes puestos de trabajo, mejorando al mismo tiempo la ergonomía del puesto.

Se propone dotar al sector de soldadura con carros logísticos para el almacenamiento de cabriadas de base aérea, con lo cual se facilitaría y agilizaría el transporte de las mismas hasta el área de ensamble de soldadura, minimizando distancias recorridas y ahorrando tiempo ya que dicha incorporación permitiría trasladar varias cabriadas simultáneamente, y la reducción de esfuerzo por parte de los operarios al evitar el transporte manual.



Figura 39 – De izquierda a derecha: Carro logístico con elevación hidráulica de tijeras para secciones de acero (debe añadirse barandas de contención); Carro logístico para cabriadas de base aérea.

Para el transporte de componentes de tamaño reducido destinados al sector de pintura se plantea la adición de carros logísticos con perchas sobre las cuales los componentes queden posicionados para la operación de pintado sin necesidad de reubicarlos para llevar adelante dicha tarea. Obteniéndose no solo una reducción en la manipulación al eliminar la operación O.190 colocar componentes en sus respectivos soportes, debido a que fueron colocados en su percha cuando culminó el

proceso de fabricación, sino que también se logra un transporte más eficiente al desplazar en forma conjunta un mayor número de componentes que el que puede conseguirse mediante el transporte manual.



Figura 40 – Carro logístico con perchas para componentes que requieren protección adicional contra corrosión.

Por otra parte los despilfarros por sobreproceso dentro del sector de chapistería fueron considerados cuando se generaron las propuestas de mejora para los puestos cuello de botella mediante las alternativas de modificación y/o incorporación de máquinas, reduciéndose los tiempos en la operación O.10 Marcar y eliminando la operación O.30 Marcar tarjetas con tijeras para metal lo que conlleva a la eliminación del transporte T.50 Llevar a mesa de trabajo ya que el mismo deja de ser ineludible.

Para mejorar la situación que generan los despilfarros por defectos que se hallaron tanto en el sector de chapistería como en el de pintura, se recuerda la propuesta de instalación de un variador de velocidad en la curvadora cilindradora de rodillos sinusoidales, con esta mejora disminuye la posibilidad de realizar un incorrecto posicionamiento de la chapa durante el ingreso a la máquina resultando posible reducir la velocidad de avance en el inicio de la operación y luego incrementarla. Para tratar el despilfarro por defecto del sector de pintura se recomienda en una primera etapa analizar la posibilidad de ampliación del sector, dado que dicho desperdicio se encuentra relacionado con la falta de espacio físico disponible. En una segunda etapa se propone evaluar la factibilidad de adquisición de una cabina de pintura que permitirá optimizar aún más el proceso de pintado.

El autor recomienda realizar un estudio de tiempos como el llevado adelante en el sector de chapistería, para cada uno de los sectores restantes que intervienen en el proceso productivo, lo que permitiría identificar las actividades que insumen mayor tiempo para su ejecución y detectar las causas que generan dichos excesos.

Otra recomendación cuya aplicación mejoraría la flexibilidad ante cambios en el layout consiste en la instalación de ruedas giratorias con frenos en las máquinas del sector chapistería. También deberían instalarse este tipo de ruedas en las mesas de perforación permitiendo su desplazamiento hacia la zona de carga logrando el reabastecimiento eficiente de chapas.

Capítulo 6. Conclusiones finales



En el marco de un mercado cada vez más exigente y competitivo donde el cumplimiento de los plazos y requerimientos del cliente son premisas fundamentales para lograr el crecimiento y la mejora continua de la empresa, se deben generar las condiciones para alcanzar los niveles de productividad demandados con la suficiente flexibilidad que permita adaptarse a cambios repentinos.

Por medio de la implementación de diversas herramientas para la detección de causas y problemas, como también, de registro y análisis se puede obtener información para generar soluciones que garanticen el uso eficiente de los recursos disponibles.

El objetivo de este trabajo se centra en adquirir un aumento de la productividad en el proceso de fabricación de silos de base aérea, permitiéndole a la empresa satisfacer la creciente demanda de sus clientes, mejorar su rentabilidad, así como también conseguir un ambiente de trabajo con mejores condiciones para que los colaboradores puedan desarrollar sus actividades eficientemente y con un mínimo de esfuerzo.

Primeramente se efectuó la descripción del proceso productivo actual, detallando la secuencia de actividades que se desarrollan en cada uno de los sectores intervinientes mediante la elaboración de flujogramas. Seguidamente se procedió a la clasificación de cada operación según su adición de valor al producto detectando los despilfarros existentes, lo que a posteriori facilitó mediante el análisis de Pareto la definición del sector chapistería como área sobre la cuál debería comenzarse a trabajar.

Luego se realizó el estudio de tiempos sobre tres puestos correspondientes al sector de chapistería, donde se elaboran diversos componentes para el silo de base aérea de 50 Tn., modelo que resulta representativo de toda la línea al tener gran parte de los componentes en común con modelos de menor y mayor capacidad, determinándose el tiempo estándar de fabricación para cada componente del sector, como así también el tiempo invertido en actividades NAV.

Mediante la elaboración de diagramas de flujo y de circulación fue posible identificar las falencias en el layout actual del sector chapistería que afectan la productividad, las condiciones técnicas que dificultan tanto la flexibilidad productiva como la ergonomía del puesto.

Se logró detectar los cuellos de botella existentes en el proceso de fabricación de los diversos componentes de chapistería, hallando las causas que los generan. Al mismo tiempo durante el estudio del sistema productivo del silo de base aérea de 50 Tn., se detectaron y clasificaron los diversos tipos de despilfarros que perjudican la productividad.

En función de los problemas y causas detectados se formularon propuestas de mejora sólidas para lograr el cumplimiento de los objetivos perseguidos. Fue importante y enriquecedora la participación del personal de la empresa de todos los niveles jerárquicos, abarcando desde puestos gerenciales hasta puestos de línea, quienes demostraron predisposición en la búsqueda de las mejores soluciones posibles, surgiendo propuestas prácticas y eficientes en base a la experiencia de los trabajadores quienes mejor conocen las tareas del puesto.

La elaboración de las propuestas de mejora se cimentó en la metodología Lean Manufacturing, proponiéndose la implementación de 5S para dar comienzo a esta etapa de cambios. Finalmente se llegó a la solución que involucra un nuevo diseño de layout para el sector de chapistería mediante el cual se logró reducir las distancias recorridas en el proceso de fabricación de gajos de base, gajos de techo y chapas para cilindro en un 76,25%; 62,22% y 80% respectivamente, la modificación e incorporación de nuevas máquinas permite la obtención de los componentes antes mencionados con un ahorro de tiempo del 59,38%; 57,74% y 10,75% respectivamente al considerar la primer opción de mejora, obteniéndose valores aún más optimistas con la implementación de la segunda alternativa propuesta, así como también el agregado de carros logísticos para efectuar diversos transportes, cuyo funcionamiento en conjunto deriva en la mejora de productividad y optimización de los puestos de trabajo.

Definido el nuevo método se evaluaron diferentes alternativas, sobre las que se proyectaron los resultados estimados factibles de alcanzar mediante su progresiva implementación, observándose un incremento en la productividad debido a la reducción y eliminación de actividades que no agregan valor, la reorganización de puestos y las mejoras en los métodos y medios tanto de producción como de abastecimiento.

En lo personal, a través de este proyecto he profundizado los conocimientos de Estudio del Trabajo, dada la necesidad del estudio de nuevos métodos de trabajo, de tiempos y movimientos, como también análisis de las operaciones y puestos de trabajo. Conjuntamente con la utilización de herramientas exploratorias, de registro y análisis.

También me ha permitido profundizar conocimientos de Planificación y Control de la Producción, al aplicar herramientas de análisis para el proceso y flujos productivos, la detección de las causas que afectan la productividad, la optimización de la producción, diseño del layout y filosofía lean manufacturing entre otras.

He profundizado mis conocimientos de Gestión de la Calidad, al analizar los costos de la no calidad y los pasos hacia la mejora continua.

Fue enriquecedor en mis conocimientos de Logística, permitiéndome investigar y aprender acerca de mejores métodos para el abastecimiento interno de materias primas y productos semielaborados.

He profundizado mis conocimientos en Relaciones Industriales, gracias a la oportunidad de trabajar con un grupo de personas con amplia experiencia para el desarrollo de las soluciones planteadas y por ser clave el recurso humano frente a la necesidad del cambio en el método de trabajo para la obtención de los resultados esperados.

La realización de este proyecto integrador me permitió desarrollar habilidades, destrezas y competencias en la industria metalúrgica, adquiriendo conocimientos de diversas fuentes y por medio de vivencias de personas con amplia experiencia en el rubro, al mismo tiempo posibilitó poner en práctica el conocimiento adquirido durante la formación académica a lo largo de los años de estudio en la facultad.

Bibliografía:

CHASE, Richard; JACOBS, Robert; AQUILANO, Nicholas. 2009. *Administración de operaciones*. Duodécima edición. México D.F.: McGraw-Hill.

GARCÍA CRIOLLO, Roberto. 2005. *Estudio del trabajo*. Segunda edición. McGraw-Hill.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. 2009. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Segunda edición. México D.F.: McGraw-Hill.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. 2007. *Dirección de la producción y de operaciones*. Octava edición. Madrid: Prentice Hall.

NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. 2009. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Duodécima edición. México D.F.: McGraw-Hill.

RAJADELL CARRERAS; Manuel; SÁNCHEZ GARCÍA, José Luis. 2010. *Lean manufacturing*. Madrid: Díaz de Santos.

SIPPER, Daniel; BULFIN, Robin. 1998. *Planificación y control de la producción*. México D.F.: McGraw-Hill.