



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



Búsqueda de mejoras en una pyme metalúrgica bajo
lineamientos propios del Lean Manufacturing

Ceballos, Luciano
Matricula: 39.935.814



Agradecimientos

A mis Padres y hermanos por acompañarme en todo este trayecto a pesar de todas las dificultades y ser un pilar fundamental a lo largo de estos años.

A Soledad y Marcos que me abrieron las puertas de su organización, por su tiempo y buena predisposición.

A la Ing. Mónica Gomez por su paciencia y acompañamiento en este proyecto.

A la Faculta de Ciencias Exactas Físicas y Naturales en general, por brindarme las herramientas y oportunidad de desarrollarme como profesional.



Resumen

El objetivo de este trabajo es estudiar el proceso productivo de una pyme que se dedica al galvanizado por inmersión en caliente y mediante la metodología propuesta por el sistema de gestión denominado Lean Manufacturing formular diferentes alternativas para eliminar los desperdicios encontrados en el análisis realizado. Tal sistema propone una serie de herramientas que permiten analizar y diseñar planes de acción con la finalidad de eliminar ciertos factores identificados en las operaciones bajo estudio que atentan con el desempeño del sistema productivo.

Para ello en primer lugar se han estudiado las tareas realizadas y se estableció el lead time del proceso con el fin de obtener conclusiones objetivas que sirvan de base para futuras aplicaciones, en esta etapa se emplearon herramientas principalmente de diagnóstico, como cursograma analítico, Value Stream Mapping o estudio de tiempos. El análisis finaliza con la identificación de las principales causas de desperdicios presentes en la organización, obtenidas mediante el análisis de causa-efecto y que evitan el cumplimiento del tiempo estándar definido inicialmente. Por último para mitigar los desperdicios encontrados se formularon diferentes propuestas de acción, que además tienen la intención de establecer las bases de un sistema Lean, con la finalidad de lograr la excelencia mediante la mejora continua.

Las diferentes etapas en que se realizó el proyecto han permitido aplicar un amplio conjunto de herramientas de la Ingeniería Industrial, permitiendo este trabajo integrar gran cantidad de conocimientos y aportar al desarrollo de la empresa donde se realizaron las actividades.



Abstract

The aims of this project is to study the production process of an SME that is dedicated to hot dip galvanizing and following the methodology proposed by the management system called Lean Manufacturing propose different alternatives to eliminate the waste found in the analysis carried out. Such a system proposes a series of tools that allow the analysis and design of action plans that aim to eliminate these wastes identified in the operations under study.

To do this, in the first place, the tasks carried out have been studied and the standard time of the process was established in order to obtain objective conclusions that serve as a basis for future applications. In this stage, mainly diagnostic tools were used, such as an flowchart, Value Stream Mapping or time study. The analysis ends with the identification of the main causes of waste present in the organization, obtained through the cause-effect analysis and that prevent compliance with the initially defined standard time. Finally, to mitigate the waste found, different action proposals were formulated, which also intend to establish the bases of a Lean system, in order to achieve excellence through continuous improvement.

The different stages in which the project was carried out have made it possible to apply a wide range of industrial engineering tools, allowing this work to integrate a large amount of knowledge and contribute to the development of the company where the activities were carried out.



Índice

1.Introducción.....	7
Contexto.....	7
Justificación del proyecto	7
Objetivos generales	8
Objetivos Específicos	8
2.Presentación de la empresa y descripción del proceso	10
Ubicación	10
Recursos Humanos.....	10
Servicio de galvanizado en caliente	11
El proceso productivo	12
Venta del servicio	14
3.Marco Teórico y metodológico	16
Lean Manufacturing	16
Orígenes y antecedentes	16
Estructura del sistema Lean	17
Principios del sistema Lean	19
Desperdicios en el Lean Manufacturing.....	20
Mejora continua y kaizen	23
Aplicación de las técnicas Lean	25
Herramientas de análisis del proceso.....	26
Herramientas para eliminar desperdicios	34
Marco metodológico.....	42
4.Análisis de la situación Actual.....	43
Presentación de los productos galvanizados.....	48
Estudio de tiempos	50
Cursograma analítico y diagrama de recorrido	62
Cursograma Analítico	63
Diagrama de recorrido	65
Value Stream Mapping	66
Análisis de la situación relevada	67
Diagrama Causa Efecto	68
5.Propuestas de acción	70
Manual de diseño y adecuación	70



Kanban:Control de trabajos pendientes, en curso y finalizados	71
Seguimiento y control	82
Ficha de operaciones en puesto de trabajo.....	85
Implementación 5´S	92
6.Conclusiones	107
7.Bibliografía.....	109
8.Anexo 1	110



1.Introducción

Contexto

La empresa en la que se va a desarrollar el presente trabajo, Galflux de nombre de fantasía, se trata de una pyme liderada por la segunda generación familiar que ha logrado consolidar a la organización como el líder de su rubro en el interior del país y que actualmente se encuentra atravesando un cambio significativo como organización. Este trabajo se plantea como un complemento a este crecimiento que implican modificaciones en las instalaciones y profundos cambios organizacionales, con la intención de aportar a la empresa con conocimientos adquiridos durante la carrera y que puedan ser implementados en la misma considerando la particular situación en la que ésta se encuentra.

Justificación del proyecto

El contexto actual de las Pymes en Argentina exige a estas una constante búsqueda de mejoras en sus procesos, identificación y cuantificación de pérdidas dadas en sus operaciones e incorporación de metodologías implementadas con éxito en otras regiones para conservar la competitividad de la industria nacional.

Es bajo esta premisa bajo la cual se plantea el presente proyecto, establecer cuál es la situación actual desde la óptica de la Ingeniería Industrial y establecer las bases necesarias para comenzar a generar conocimiento y habilidades que le permita una sólida implementación de una cultura de mejora continua, para ello se plantea una revisión general de sus procesos, identificación de pérdidas actuales y una formalización a sus metodologías en la búsqueda de responder a las incógnitas de *“Como debe hacerse determinada operación”* y *“Como puede mejorarse dicha actividad”*.

Siendo conscientes que la solución propuesta muchas veces es una mayor capacidad de la maquinaria o mayor necesidad de personal para aumentar la producción y que no se amplía el estudio a una identificación rigurosa de las pérdidas generadas en el proceso y su consecuente reducción en la capacidad de producción. Y es en este sentido hacia dónde se orienta el presente trabajo, en generar conocimiento sobre el estado actual de la empresa, plantear determinadas situaciones referidas a esta temática y proponer una solución a tales problemas; teniendo como guía las herramientas provistas por la filosofía del Lean Manufacturing.

Particularmente la empresa está atravesando una situación de gran cambio, se están modificando sus instalaciones para instalar una batea de inmersión de gran magnitud, consolidando una ventaja competitiva que le permitirá galvanizar piezas que los competidores no pueden galvanizar o que dilatan mucho el tiempo del proceso de galvanizado. Es aquí donde surge el perfil del Ingeniero Industrial como un profesional con las competencias adecuadas para realizar un estudio en detalle de la situación operativa de la empresa, haciendo muy oportuno el estudio metodológico sobre los procesos, la puesta en evidencia de los desperdicios que puedan llegar a existir y la propuesta de implementación de diferentes soluciones para erradicar los mismos. En consideración a lo anteriormente mencionado se desarrolla el trabajo en cuestión, como una primera implementación de diferentes herramientas que son propias de la Ingeniería Industrial y que permitirán entender los desperdicios presentes, pudiendo en consecuencia establecer procedimientos estandarizados a los fines de lograr unas primeras aproximaciones a la mejora continua.



Objetivos generales

El desarrollo del trabajo se plantea como una aplicación de las técnicas del Lean Manufacturing en pos del establecimiento de un sistema de mejora continua en los procesos operativos de la empresa; con ese fin se establecen 3 objetivos principales a considerar.

En primer lugar se busca analizar la situación actual del proceso productivo para identificar oportunidades de mejora en el mismo, con ello se busca obtener conclusiones objetivas partiendo de la observación en el lugar donde se llevan a cabo las operaciones en conjunto con el aporte que permite la utilización de las diferentes herramientas aplicadas.

En segundo lugar, se intenta colaborar con el establecimiento de la filosofía de la mejora continua en la empresa en cuestión, desarrollando metodologías de trabajo estandarizadas. El propósito de esto es formalizar los métodos propuestos para lograr una implementación exitosa en el largo plazo que perdure y acompañe el crecimiento de la organización.

Por último, es necesario destacar que este trabajo se desarrolla siguiendo las directrices que propone el sistema Lean Manufacturing, planteando el objetivo de adaptar las soluciones propuestas en este modelo de gestión a la situación particular de la empresa.

Objetivos Específicos

En base a lo anterior surgen ciertos objetivos particulares necesarios para lograr los objetivos anteriormente mencionados:

- Analizar el flujo de trabajo dentro de las instalaciones de la empresa: Permitirá conocer al detalle el proceso productivo y obtener conclusiones objetivas sobre la situación real de la empresa a nivel operacional;
- Establecer el lead time actual de la empresa para un determinado tipo de producto: Se utilizarán las conclusiones que se obtengan en el análisis del proceso para establecer cuál es el tiempo de respuesta al cliente generando una base para el establecimiento de la mejora continua;
- Analizar la implementación de un sistema Kanban adaptado a las necesidades de la empresa: Como propuesta de acción se estudiará la implementación de un sistema Kanban que sea adecuado a las necesidades de la organización para contrarrestar ciertas cuestiones surgidas del análisis del proceso;
- Establecer una hoja de trabajo estándar para un determinado proceso: Estableciendo un método adecuado se propondrá una forma de describir las operaciones con el fin de formalizar el conocimiento generado dentro de la empresa.
- Analizar y proponer la implementación de la metodología 5'S: Permitirá esta metodología generar un ámbito de trabajo que favorezca el cambio organizacional hacia la mejora continua.

En cuanto a la composición del trabajo, en el primer capítulo se describe brevemente las cuestiones que motivan la elaboración del trabajo, luego se explica el contexto organizacional en el que se llevan a cabo las actividades y se concluye con el planteamiento de los objetivos a lograr.

En el capítulo siguiente se describe la empresa donde se desarrolla el trabajo, el proceso productivo en cuestión y se presenta el proceso de venta del servicio de galvanizado. El trabajo continúa en el capítulo 3 con la inclusión en el marco teórico de las diferentes herramientas que se emplearon durante el desarrollo de las actividades finalizando con la descripción de la metodología empleada para el abordaje del proyecto. En el capítulo 4 se desarrolla el análisis de las operaciones, empleando



diferentes herramientas para establecer el lead time y el tiempo estándar de las tareas que abarca el galvanizado concluyendo con el planteamiento de las diferentes causas que generan el incumplimiento del anteriormente definido tiempo estándar de producción. A continuación en el capítulo 5 denominado “Propuestas de acción” se desarrollan las medidas a implementar para eliminar los factores generadores de desperdicios identificados en el capítulo 4. Por último en el capítulo 6 se desarrollan conclusiones obtenidas sobre el desarrollo del trabajo retomando los objetivos propuestos y destacando ciertas cuestiones surgidas durante el desarrollo del proyecto.



2. Presentación de la empresa y descripción del proceso

Galflux es una empresa cordobesa con más de 15 años de trayectoria en el mercado dedicada al servicio de galvanizado por inmersión en caliente, surgida con el propósito de brindar soluciones para el sector metalúrgico.

Los clientes demandan el mencionado servicio en materiales que son utilizados en una gran variedad de sectores de la economía, como por ejemplo el agro -equipos de riego, instalaciones de ganado intensivo, entre otros-; la construcción -barandas, postes de iluminación, mobiliario urbano-; telecomunicaciones -soportes, herrajes-; obra pública; sector minero y las energías renovables - soporte para paneles solares-.



Figura 2.1: Logo de la empresa

Según se exhibe en la página web la política empresarial de la organización se fundamenta en los siguientes aspectos:

- *Nos comprometemos con nuestros empleados, clientes, proveedores y otros actores, trabajando con ética, transparencia y verdadero compromiso.*
- *Nos aseguramos de tener responsabilidad social ambiental.*
- *Cooperamos en el bienestar de la comunidad donde nos involucramos.*

Por el mismo medio la empresa presenta algunos de sus atributos diferenciales de la siguiente forma:

Por que Galflux:

- *Confiabilidad en el tratamiento del galvanizado por inmersión en caliente y porque contamos con la batea de mayor longitud del mercado local. Las piezas pequeñas como burlerías, grampas o arandelas se galvanizan mediante centrifugado.*
- *Ubicación Estratégica: En Córdoba Capital, a metros de la circunvalación, en zona industrial; entre los puentes Vélez Sarsfield y Av. Valparaíso, a 500 metros de la Ruta Nacional 36.*
- *Atención personalizada: Todo cliente tiene contacto con el responsable de producción.*
- *Seguimiento del material en proceso: Todo cliente puede consultar el estado en el que se encuentra su pedido, incluso el día y hora en el que puede retirarlo.*

Ubicación

La empresa está emplazada a metros del tramo sur de la Avenida Circunvalación de la ciudad de Córdoba, su ubicación en zona industrial cercana a una gran cantidad de clientes y a la Ruta Nacional 36 le permiten una atención ágil a sus clientes.

Dispone de una superficie cubierta de 950,5 m², allí se depositan los materiales a trabajar, se galvanizan y se los deposita para la entrega al cliente.

Recursos Humanos

Actualmente la empresa la componen 2 gerentes, uno que realiza las tareas comerciales, de compra y planificación de la producción y otro que se encarga de la administración. Por otro lado son 10 los operarios que trabajan actualmente en la empresa, en convenio laboral según la Unión Obrera



Metalúrgica bajo distintas categorías, que realizan las tareas de producción. Dejando tareas de higiene y seguridad, calidad y laboratorio en responsabilidad de asesores externos.

Se presenta a continuación un organigrama a los fines de representar las relaciones formales dentro de la estructura organizativa de la organización en cuestión:

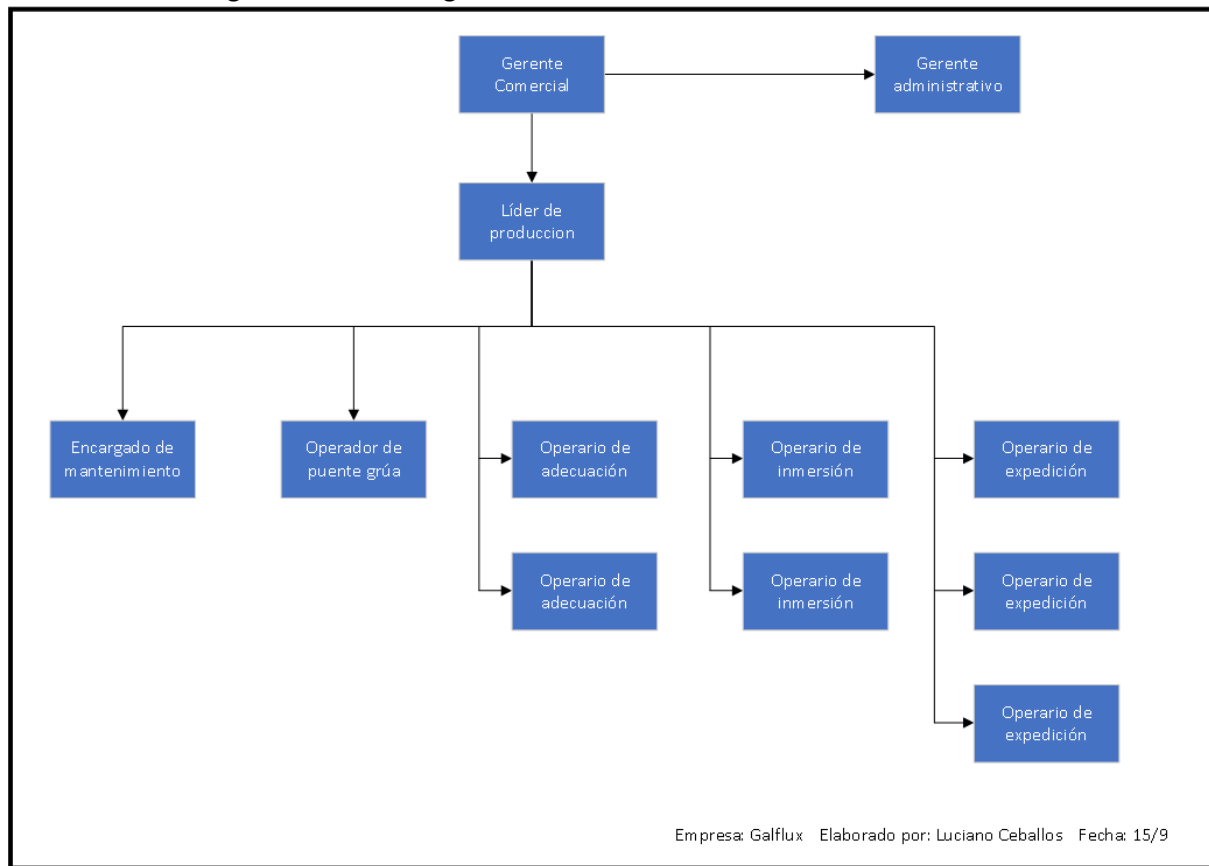


Figura 2.2: Organigrama de la organización

Servicio de galvanizado en caliente

La actividad principal de la empresa es el servicio de galvanizado por inmersión en caliente, requerido por sus clientes para proteger determinadas piezas o estructuras de la corrosión, especialmente cuando estas a lo largo de su vida útil estarán a la intemperie o en condiciones desfavorables donde el ataque del medio produzca que la corrosión provoque la disfuncionalidad en estas piezas o estructuras.

Definición (American Galvanizers Association, 2021):

El galvanizado por inmersión en caliente se trata del recubrimiento de zinc producido luego de una inmersión de componentes de acero en zinc fundido, produciendo una cobertura de aleación hierro-zinc con zinc puro sobre la superficie.

Antes de la inmersión en zinc el acero se limpia químicamente para eliminar todos los aceites, grasas, suciedad y óxidos; esta limpieza previa es fundamental ya que el zinc fundido solo reacciona con el acero que se encuentre químicamente libre de impurezas. Después de la preparación de la superficie el acero es sumergido en el zinc fundido (450°C), el baño está compuesto en un 98% de zinc puro y el restante 2% lo componen aditivos -comúnmente aluminio, níquel y bismuto- que facilita la fluidez, el consumo de zinc, apariencia de recubrimiento entre otros. Mientras se encuentra el lote de inmersión



en la batea el zinc fundido reacciona metalúrgicamente con el hierro en el acero para formar el recubrimiento obteniendo una capa de recubrimiento que varía de 35 a 100 micrones.

La utilización de los recubrimientos galvanizados abarca un amplio espectro en sectores de la construcción, desde servicios de telecomunicaciones hasta esculturas artísticas. Los tamaños de las piezas van desde piezas pequeñas como tuercas, pernos y clavos hasta formas estructurales grandes y los materiales que han sido galvanizados se utilizan con gran frecuencia en aplicaciones de acero expuesto a la atmosfera; sin embargo también es muy utilizado en materiales en contacto con agua dulce o salada o incrustado en cemento.

Ventajas y limitaciones (Nordic Galvanizers, 2019):

Las principales ventajas del proceso en cuestión son:

- Bajo costo inicial,
- Recubrimiento de larga duración, que ofrece muy a menudo libre mantenimiento para toda la vida útil de la estructura,
- El revestimiento se lleva a cabo en instalaciones fijas, de acuerdo a un proceso definido. Esto otorga elevados niveles de confiabilidad,
- La calidad del revestimiento es independiente de las condiciones prevalentes durante su aplicación,
- Recubrimientos uniformes son aplicados, aun en superficies de difícil acceso,
- Iguales espesores son logrados tanto en bordes o esquinas como en superficies planas,
- El recubrimiento raramente se daña durante su transporte, descarga y erección; lo que implica que el recubrimiento rara vez necesita ser reparado al momento de poner en servicio el elemento.
- Si ocurren daños en forma de agujeros o arañazos el recubrimiento de zinc protege catódicamente el acero de la corrosión,
- El acero galvanizado por inmersión puede ser soldado usando todas los métodos de soldadura usuales,
- Inspección simple y rápida.

Principales desventajas:

- Solo puede realizarse en instalaciones permanentes y específicas para tal proceso,
- El color de la cobertura solo puede ser modificado mediante pintura,
- Las dimensiones de los elementos a trabajar están limitados a la dimensión de la cuba de zinc fundido,
- Existe riesgo de deformación en estructuras planas y largas, a causa de los efectos del calor en la batea de zinc.

Proceso productivo

Adecuación inicial

De ser necesario deberán eliminarse de la superficie de acero marcas de pintura o escoria de soldadura antes de iniciar con el proceso de galvanizado, si esto ocurre se deberán emplear medios mecánicos como granallado o rejillas de acero. Además puede ocurrir que deban realizarse sobre los elementos a galvanizar modificaciones para permitir el correcto drenaje de los químicos o el adecuado amarre en los elementos de soporte. Una vez que se asegura el cumplimiento de estos aspectos se puede iniciar con el preparado de la superficie, proceso mandatorio antes de la inmersión de los elementos a galvanizar en el zinc fundido.



Preparación de la superficie

El preparado de la superficie es una etapa crítica en la aplicación de cualquier cobertura, en la mayoría de los casos donde el recubrimiento falla antes del final de la vida útil esperada es debido a un incorrecto o inadecuado preparado de la superficie. Podríamos decir que este tipo de proceso tiene el control de calidad integrado ya que el zinc no reacciona con la superficie de acero sucia, cualquier falla o deficiencia en la preparación de la superficie será evidente cuando el acero sea retirado de la batea de zinc y existan áreas que permanecen sin recubrimiento debido a que no se han limpiado de forma correcta permitiendo tomar acciones correctivas de forma inmediata.

La preparación de la superficie para el galvanizado en caliente se consiste en 4 etapas:

1.Desengrase: Una solución alcalina caliente, un baño ácido leve o un baño de limpieza biológica elimina los contaminantes orgánicos como tierra, grasa o aceite de la superficie del acero.

2.Decapante: Una solución de ácido sulfúrico o ácido clorhídrico eliminan el óxido presente en las piezas; al finalizar este proceso se obtiene una superficie del acero químicamente limpia. Esta tarea se lleva a cabo típicamente entre 10 a 40 minutos, dependiendo del estado de las piezas y para ello es necesario que los elementos estén totalmente limpios de polvo, pintura e impurezas como anteriormente se ha descrito.

3.Enjuague: En la anterior fase quedan una serie de ácidos adheridos al material, por lo tanto, es necesario enjuagar el material para lograr una superficie más limpia y evitar que dichos ácidos lleguen a las demás etapas del proceso.

4.Solución flux: Es la etapa final en el proceso de preparación para el galvanizado, se sumerge el lote en proceso en una solución de cloruro de amonio y zinc, que tiene doble propósito. Remueve cualquier óxido remanente y deposita una capa protectora en el acero que previene que cualquier óxido se forme sobre la superficie antes de la inmersión en el zinc fundido.

Inmersión en zinc

Durante esta etapa previo a la inmersión el lote se deposita sobre la batea para eliminar toda humedad que pueda contener, además se aclimata el material para prevenir un cambio de temperatura brusco que pueda deformar la pieza. Luego el lote es completamente inmerso en el zinc fundido; este es especificado en al menos un 98% de zinc puro y se encuentre en un rango que varía entre los 435 y 455°C.

Mientras es inmerso el zinc reacciona con el hierro presente en el material y forma una serie de capas inter-metalizadas de aleación zinc/hierro. Una vez cumplido el tiempo suficiente se retiran las piezas y se golpean levemente sobre la batea o centrifugan (en piezas de pequeñas dimensiones) para eliminar excesos de zinc.

Enfriamiento

Después de galvanizar el material es necesario enfriarlo a temperatura ambiente para así poder eliminar rebabas de zinc y prepararlo para la expedición al cliente.

Expedición

En esta última etapa las piezas se inspeccionan y se eliminan rebabas de zinc mediante una lima o soplete. Luego se depositan en pallets, contenedores o bien tarimas donde se entregarán las piezas galvanizadas al cliente.

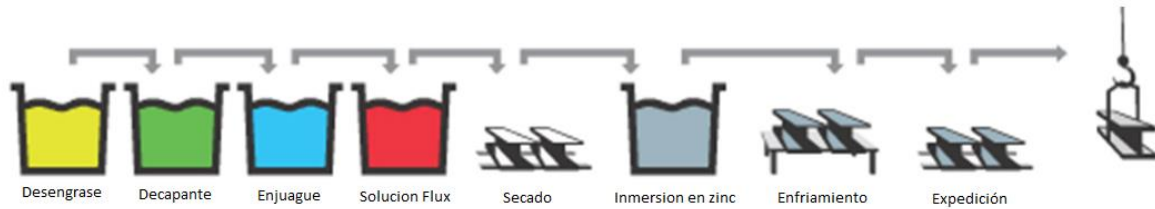


Figura 2.3: Componentes del proceso.

Venta del servicio

Antes de analizar el proceso productivo es necesario describir cómo se articula el contacto con el cliente, la cotización del trabajo a realizar y el galvanizado de los materiales.

La solicitud del cliente es recibida por el Área comercial, en ella se analiza la factibilidad de realizar el galvanizado, en base a las magnitudes de la pieza o la forma de la misma; pudiendo ocurrir que sea necesario una doble inmersión o realizar determinados orificios/modificaciones necesarias para la inmersión; definida la posibilidad de aceptar el trabajo y comunicadas las necesidades de modificar la pieza (si existiesen) se le comunica al cliente la cotización del trabajo a realizar.

Con esta información el cliente decide si va a realizar el galvanizado y de ser afirmativo se confecciona el contrato con las condiciones acordadas; el cliente envía el material a tratar a la planta, donde se lo deposita en el depósito de trabajos pendientes. Allí aguarda hasta que se ejecuta la orden de producción para ese lote e ingresa al proceso de galvanizado. Cuando el lote se encuentra en condiciones de ser entregado al cliente se le comunica al mismo y luego de recibir el pago se lo entrega.

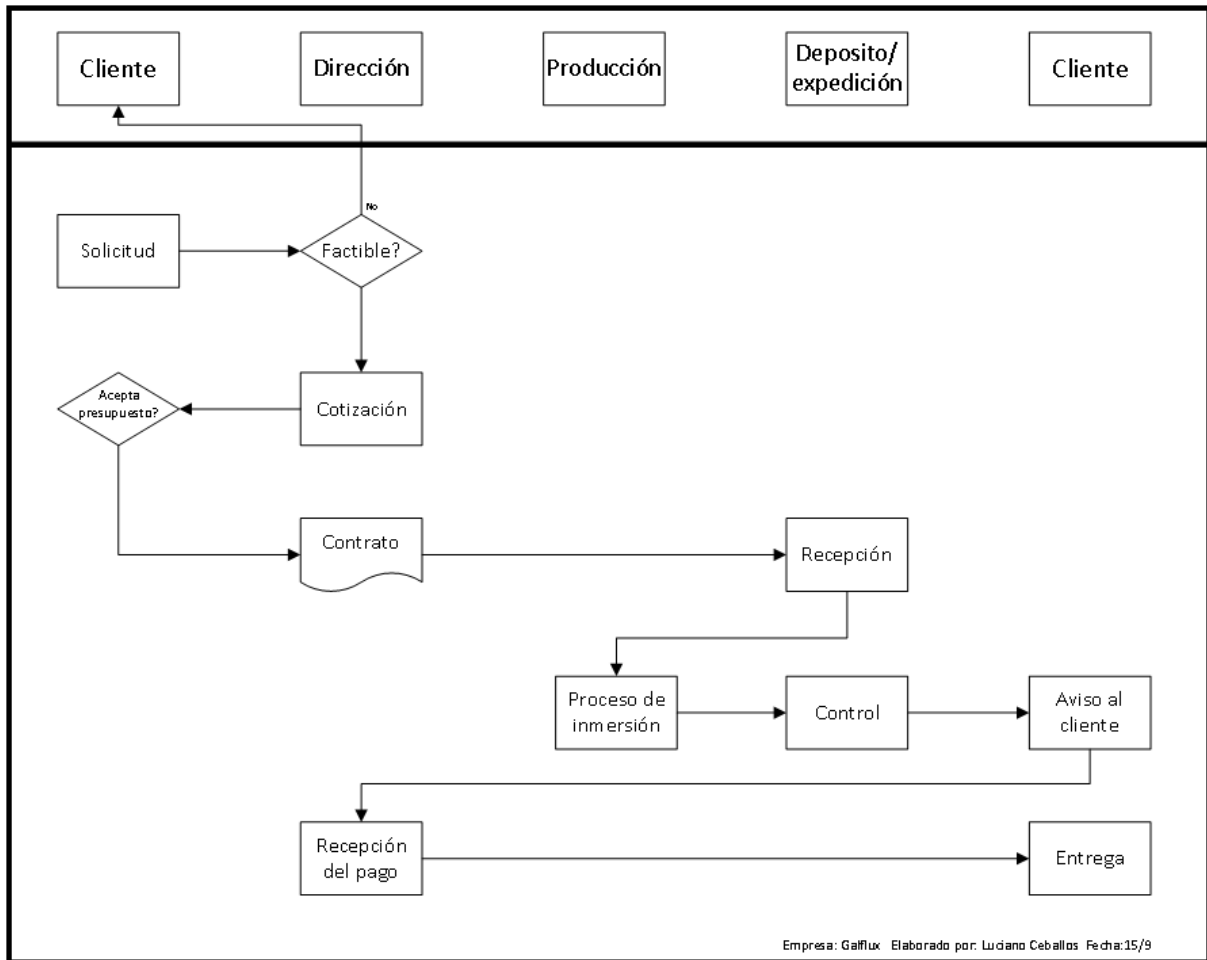


Figura 2.4: Proceso de venta.



3.Marco Teórico y metodológico

Lean Manufacturing

En la bibliografía tomada como referencia (HERNANDEZ y VIZAN IDOPE;2013) se lo define como una filosofía de trabajo basada en las personas, que orienta la mejora y optimización de un sistema de producción con el foco en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios; definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan mas recursos de los estrictamente necesarios. La metodología identifica varios tipos de desperdicios que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, defectos y tiende a eliminarlos. Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la totalidad de las áreas de fabricación, por mencionar algunas: Organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento ó gestión de la cadena de suministro.

La implementación del Lean Manufacturing en una organización se puede considerar como lograda cuando se genera una cultura de la mejora basada en la comunicación en todos los niveles y el trabajo en equipo multidisciplinario, para lograrlo con éxito es necesario adaptar el método propuesto a cada caso particular, esto es desarrollar un sistema de gestión Lean propio para cada empresa. Esta filosofía-cultura empresarial implica buscar continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica y por ello no es un concepto estático, que se pueda definir de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompe todo lo conocido. Su novedad consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie de máquina apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. Requiere que la empresa defina la adopción de nuevos enfoques, selección de técnicas específicas y principios que mejor se adapten a su sistema productivo, producto y equipo humano.

Orígenes y antecedentes

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W Taylor y Henry Ford que formalizan los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX. Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científicos a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles donde perfeccionó la normalización de los productos, la especialización del trabajo y la formación especializada, permitiendo la intercambiabilidad de los componentes y de los trabajadores; para ello fué necesario la utilización de máquinas que podían producir solo una cosa, limitando consecuentemente la variedad del producto ofrecido. En definitiva, el desarrollo de la producción en masa surge y evoluciona en una época en donde era posible la producción rígida con grandes cantidades de producto.

La primer ruptura con estas técnicas se produce en Japón, donde por diversos factores circunstanciales el paradigma que propone la producción en masa no podía obtener resultados exitosos. El reto para



los japoneses era lograr beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala. Los directivos de la empresa Toyota comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos, con especial atención a las prácticas productivas de Ford, al control estadístico desarrollado por W. Shewart y a las técnicas de calidad de Deming, Juran e Ishikawa y concluyeron que solo serían aplicables suprimiendo los stocks y toda una serie de desperdicios, incluyendo el desaprovechamiento de las capacidades humanas.

A partir de estas consideraciones surge una primer premisa del Lean Manufacturing: *“producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”*. Esto derivó en la necesidad por parte de Toyota en transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente lo que únicamente requería. Sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED (Single minute Exchange of die). Luego con el transcurso del tiempo el sistema se fue enriqueciendo con diferentes técnicas surgidas como el sistema Kanban, Jidoka, o Poka-yoke.

Este sistema de gestión de la producción ganó notoriedad con la crisis del petróleo de 1973 y la entrada en pérdidas de muchas empresas japonesas. Toyota se destacaba por encima de las demás compañías y el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo a otras empresas. Fue a partir de ese momento que la industria japonesa empieza a tomar una ventaja competitiva con occidente y es en la década de los 90 cuando el modelo japonés tiene un gran eco en occidente al publicarse la obra de Womack, Jones y Roos denominada *“La máquina que cambió el mundo”* (1992); en esta publicación es donde se exponen las características de un nuevo sistema de producción *“capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad; utilizable en cualquier lugar del mundo”*. Es en esta obra donde por primera vez se utilizó el término Lean Manufacturing, que se puede interpretar como una forma de etiquetar al conjunto de técnicas que ya se llevaban utilizándose desde hacía décadas en Japón.

En definitiva, Lean Manufacturing hace referencia a una cultura organizacional surgida en empresas japonesas, que se mantiene hasta la actualidad y consiste en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación, todo ello en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración, involucración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios. En esa búsqueda adoptaron plenamente los principios de la calidad total y mejora continua logrando un cambio de mentalidad que no se produciría hasta décadas después en las fábricas de occidente.

Estructura del sistema Lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que supone un cambio profundo en la cultura organizacional de la empresa y debe adaptarse a la situación particular de cada organización, es por esto que es complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla, con el agregado de que no siempre son homogéneos, ya que muchas veces diferentes términos o conceptos varían según la fuente consultada. De forma tradicional se ha recurrido al esquema de la *“Casa del Sistema de Producción Toyota”* para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el sistema Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. Esquemáticamente es utilizada una casa porque esta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema.



Figura 3.1: Estructura del sistema Lean

El “techo” de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con el aumento de la calidad, el mínimo costo, el menor tiempo de entrega (Lead time). Soportando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT (Just in time) y Jidoka. Just in time consiste en un sistema de producción que es capaz de producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta; Jidoka por otro lado, consiste en dar a los operadores la capacidad para determinar cuándo se produce una condición anormal y la facultad para detener el proceso inmediatamente. Este sistema evita que los defectos no pasen a las estaciones siguientes.

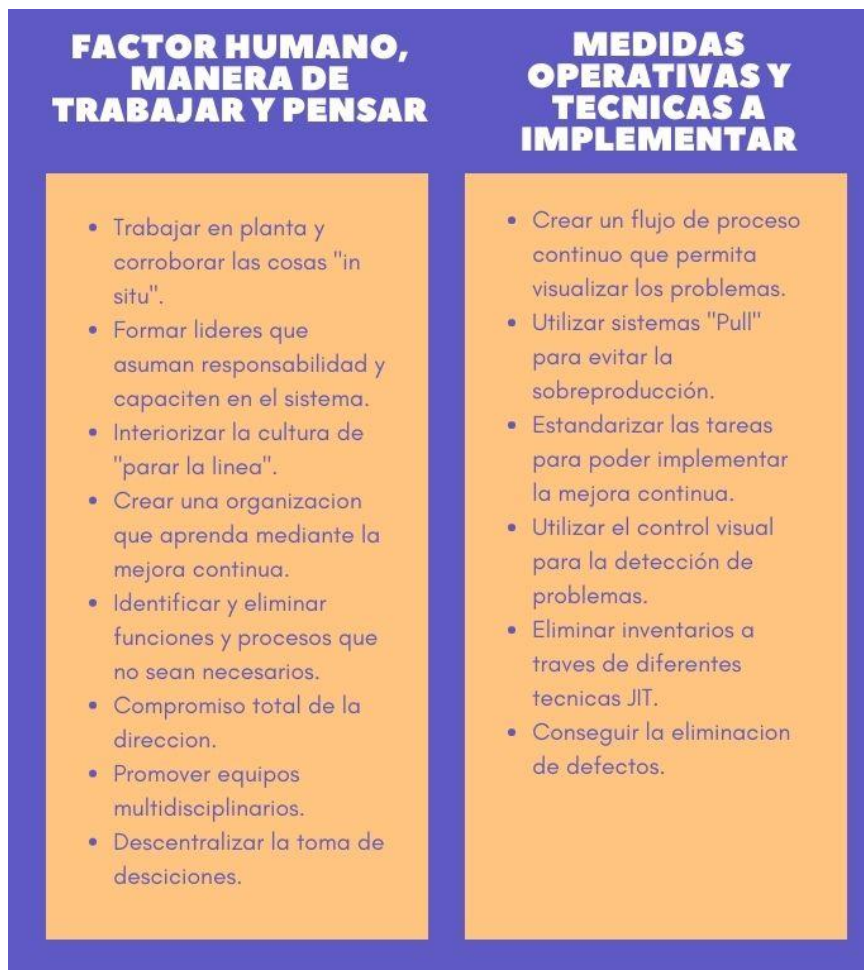


La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el Heijunka o nivelación de la producción cuyo fundamento es reducir al mínimo las fluctuaciones de las cantidades en la cadena de producción y por otro lado la aplicación sistemática de la mejora continua. A estos cimientos tradicionales se les ha agregado el factor humano en las implementaciones lean, presente en el compromiso de la dirección, formación y capacitación del personal, mecanismos de motivación y sistemas de recompensa.

Todos los elementos de esta casa se construyen a través de la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema (Value Stream Mapping), a nivel operativo (5S, SMED, Total Productive Maintenance) o como técnicas de seguimiento (Gestión Visual y KPIs).

Principios del sistema Lean

Además de la forma esquemática de representar el sistema Lean mediante la “Casa Lean”, es frecuente recurrir a la identificación de los principios sobre los que se fundamenta el Lean Manufacturing. Estos principios se definen desde dos aspectos, desde la perspectiva del “factor humano” y los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar.



Cuadro 3.1: Principios Lean



Desperdicios en el Lean Manufacturing

Lo propuesto por la filosofía Lean implica un cambio de la cultura empresarial, analizando y midiendo de manera constante la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “desperdicio”.

La forma propuesta de llevar a cabo la eliminación de desperdicios propuesta por Lean es el recurrente planteó sobre si determinada operación agrega o no valor. El valor se añade cuando las operaciones convierten las materias primas recibidas al inicio del proceso a otro estado superior de acabado que algún cliente esté dispuesto a comprar. Entender este planteo es muy importante a la hora juzgar cómo está compuesto determinado flujo productivo, el valor añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva. En contraposición, se define el desperdicio como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo, sin caer en el error de confundir desperdicio con lo necesario, no todas las operaciones que no agregan valor deben o son posibles de eliminar; existen actividades que existen necesariamente para el sistema aunque no tengan un valor añadido.

Bajo el pensamiento Lean, las empresas actúan en la línea de la eliminación de los desperdicios para mejorar sus costos y la estructura de precios se fundamenta en la ecuación siguiente:

$$\text{Costo} = \text{Precio de mercado} - \text{Beneficio}$$

El planteamiento parte del precio que el mercado está dispuesto a pagar y el beneficio que se desea obtener, para luego afrontar la minimización de costes combinando, reduciendo o eliminando tantas actividades sin valor añadido como sea posible.

En el entorno lean la eliminación sistemática del desperdicio se realiza a través de tres pasos que tienen como objetivo la eliminación sistemática de todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido:

- Reconocer el desperdicio y valor añadido dentro de nuestros procesos;
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada;
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente iniciar el ciclo de mejora.

El reconocimiento de los desperdicios de cada empresa y firme convencimiento de la necesidad de afrontarlos debe ser el primer paso para la selección de las técnicas más adecuadas.

El sistema Lean propone la constante identificación y eliminación de una serie de desperdicios, siendo estos los siguientes:

Desperdicio por exceso de almacenamiento

El almacenamiento de productos innecesario esconde ineficiencias y problemas crónicos, desde la perspectiva Lean los inventarios se contemplan como los síntomas de una fábrica ineficiente porque:

- Ocultan productos muertos como por ejemplo insumos y elementos obsoletos, defectuosos, averiados, caducados, etc. que erróneamente se los considera como inventario.
- Demandan de vigilancia, gestión o cuidados.
- Desvirtúan las partidas de los activos de los balances. La expresión inversión en stock es errónea, porque no ofrecen retribución sobre las inversiones y por lo tanto es incorrecto considerarlas como tales.



- Generan costes difíciles de contabilizar como deterioros en la manipulación, obsolescencia de materiales, tiempo empleado en la detección de errores, incremento del lead time con posible insatisfacción para clientes, etc.

El desperdicio por almacenamiento es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades inmediatas, en una planta industrial el hecho de que se acumule material antes y después del proceso indica que el flujo de producción no es continuo.

CARACTERISTICAS	CAUSAS POSIBLES	ACCIONES LEAN POSIBLES
<ul style="list-style-type: none"> • Excesivo espacio del almacén; • Contenedores o cajas demasiado grandes; • Rotación baja de existencias; • Costes elevados de almacén; • Excesivos medios de manipulación 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos con poca capacidad; • Cuellos de botella no identificados o fuera de control; • Tiempos de cambio de máquina o de reparación de trabajos excesivamente largos; • Previsiones de ventas erróneas; • Sobreproducción; • Reprocesos por defectos de calidad del producto; • Problemas e ineficiencias ocultas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelación de la producción; • Distribución del producto en una sección específica; • Fabricación en células. • Sistema JIT de entregas de proveedores; • Monitorización de tareas intermedias; • Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

Cuadro 3.2: Desperdicio por almacenamiento.

Desperdicio por “sobreproducción”

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la estrictamente necesario o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la requerida. Es un desperdicio crítico porque “mantener siempre en funcionamiento una máquina” no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente. Producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada, representa un consumo inútil de material que a su vez provoca un incremento en los transportes y niveles de almacenes.

Este tipo de desperdicio abre las puertas a otro tipo de desperdicios, en muchos casos la causa se puede encontrar en un exceso de capacidad de las máquinas. Los operarios preocupados por no disminuir las tasas de producción, emplean el exceso de capacidad fabricando materiales en exceso.

CARACTERISTICAS	CAUSAS POSIBLES	ACCIONES LEAN POSIBLES
<ul style="list-style-type: none"> • Gran cantidad de stock; • Equipos sobredimensionados; • Tamaño grande de lotes de fabricación; • Falta de equilibrio de la producción; • Equipamiento obsoleto; • Necesidad de mucho espacio para almacenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos no capaces y poco fiables; • Reducida aplicación de la automatización; • Tiempos de cambio y de reparación elevados; • Respuesta a las provisiones no a las demandas; • Falta de comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo pieza a pieza; • Implementación del sistema Pull mediante kanban; • Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED; • Nivelación de producción; • Estandarización de las operaciones.

Cuadro 3.3: Desperdicio por sobreproducción.



Desperdicio por “tiempo de espera”

Este desperdicio hace referencia al tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Es preciso estudiar concienzudamente como reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación.

CARACTERISTICAS	CAUSAS POSIBLES	ACCIONES LEAN POSIBLES
<ul style="list-style-type: none"> El operario espera a que la máquina termine; Exceso de colas de material dentro del proceso; Paradas no planificadas; Tiempo de ejecutar reproceso; La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente; Un operario espera a otro operario. 	<ul style="list-style-type: none"> Métodos de trabajo no estandarizados; Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos; Desequilibrios de capacidad; Producción en grandes lotes; Baja coordinación entre operarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea; Layout específico del producto. Fabricación en células en U; Automatización con un toque humano; Cambio rápido de técnicas y utillaje; Adiestramiento polivalente de operarios; Sistema de entrega de proveedores; Mejorar mantenimiento de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

Cuadro 3.4: Desperdicio por espera.

Desperdicio por “movimientos innecesarios” y “transporte”

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores.

CARACTERISTICAS	CAUSAS POSIBLES	ACCIONES LEAN POSIBLES
<ul style="list-style-type: none"> Los contenedores son demasiado grandes, o pesados; Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales; Los equipos de manutención circulan vacíos por la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> Layout obsoleto; Gran tamaño de los lotes; Procesos deficientes y poco flexibles; Programa de producción no uniformes; Tiempos de preparación elevados; Excesivos almacenes intermedios; Baja eficiencia de los operarios y las máquinas; Reprocesos frecuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles; Cambio a la producción en flujo según el tiempo de ciclo fijado; Trabajadores polivalentes o multifuncionales; Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

Cuadro 3.5: Desperdicios por transporte.

Desperdicio por defectos, reprocesos y rechazos

El desperdicio 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.



Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajo.

CARACTERISTICAS	CAUSAS POSIBLES	ACCIONES LEAN POSIBLES
<ul style="list-style-type: none">• Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.• Planificación inconsistente;• Calidad cuestionable;• Flujo de proceso complejo;• Recursos adicionales necesarios para inspección y reprocesos;• Espacio y técnicas extra para el reproceso.• Maquinaria poco fiable;• Baja motivación de los operarios.	<ul style="list-style-type: none">• Movimientos innecesarios;• Proveedores o procesos no capaces;• Errores de los operarios;• Formación o experiencia de los operarios inadecuada;• Técnicas o utillajes inapropiados;• Proceso productivo deficiente o mal diseñado.	<ul style="list-style-type: none">• Estandarización de las operaciones;• Mecanismos o sistemas anti-error, aseguramiento de la calidad en puesto;• Incremento de la fiabilidad de las máquinas;• Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo;• Control visual: Kanban. 5S y andón.• Mejora del entorno del proceso.

Cuadro 3.6: Desperdicio por reprocesos.

Mejora continua y kaizen

El concepto de mejora continua es considerado central en la filosofía Lean, se basa en la lucha persistente contra el desperdicio, y el pilar fundamental para lograr una reducción constante de éste es el trabajo en equipo, denominado espíritu Kaizen.

Kaizen significa “*cambio para mejorar*”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Representa el cambio en la actitud de las personas hacia la mejora, implica la utilización de las capacidades de todo el personal para hacer avanzar a todo el sistema hacia el éxito. Este espíritu lleva aparejado un modo de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio continuo para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se alude con la denominación de “*mejora continua*”. La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos que pueden parecer muy sencillos pero en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organizacional radical que perdure en el tiempo.

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “*siempre hay un método mejor*” y consiste en pequeñas mejoras o innovaciones incrementales que se van acumulando y obtienen como resultado un muy elevado grado de calidad, constante reducción de costes y cumplimiento de las entregas al cliente. Un proceso de este tipo aplicado en determinada empresa exige que ante la detección de determinado problema el proceso productivo se debe detener para analizar las causas y tomar las medidas correctas.

El valor otorgado a las personas que componen la organización es otro aspecto clave en el sistema Lean, son los operarios quienes están en permanente contacto con el medio de trabajo y son quienes están mejor situados para percibir la existencia de un problema y en la mayoría de las ocasiones son los más capacitados para imaginar soluciones de mejora.



Los 10 puntos clave de Kaizen

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas: La realidad se encuentra en constante movimiento, por lo que es necesario replantearse la situación actual frecuentemente.
2. En lugar de explicar por qué no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo: ¿Se enfoca la atención en ver los problemas o en buscar las posibles soluciones?;
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora: Las buenas ideas despiertan la inquietud de ponerlas en marcha de manera urgente creando gran motivación por ejecutarlas;
4. No buscar la perfección, ganar un 60% desde ahora: La clave es empezar con lo básico para luego ir mejorando, la perfección no existe porque estamos en constante movimiento y por lo tanto en constante mejora continua.
5. Corregir inmediatamente e in situ: Al igual que las buenas ideas los errores encontrados deben corregirse inmediatamente in situ. Observar que pasa, experimentar y compartir el problema con las personas que se ven afectadas por sus consecuencias.
6. Encontrar las ideas en la dificultad: Las adversidades son el combustible del espíritu Kaizen, lo importante son las actitudes que se toman frente a las circunstancias que nos invitan al cambio y al avance.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución: No conformarse con la primer respuesta encontrada, si ante una circunstancia la elección se da solo entre 2 opciones no se llegará a la mejor solución ni a la causa real de la situación. Preguntarse por cada respuesta 5 porqués.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola: Trabajar en equipo, compartir, facilitar la escucha activa; el todo es más importante que la suma de las partes.
9. Probar y después validar: Es fácil poner en marcha soluciones, aunque la disciplina y responsabilidad de la implantación de ciertas acciones, deben validarse para evitar el mal funcionamiento o posibles errores.
10. La mejora es infinita: El camino de mejora que tome una organización no tiene un estado final definitivo, es infinito y acompaña a la organización para toda su existencia.

Oportunidades de mejora

Al momento de analizar determinada situación dentro de una organización es útil comenzar con la identificación de ciertas oportunidades que presentan a modo general los sistemas productivos. Las oportunidades más comunes corresponden mayoritariamente a desperdicios que dependen de la propia organización en determinadas circunstancias particulares; para identificar estas oportunidades puede ser útil la formulación de preguntas como las que se presentan a en la el cuadro 3.7.



<p>GESTIÓN DE OPERACIONES Y FLUJO DE TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué operaciones pueden ser integradas o reducidas? • ¿Cuál es el lead time actual y por lo tanto el tiempo de respuesta ante el cliente? • ¿Existe un flujo continuo de materiales? • ¿Que transporte y/o movimientos son necesarios? • ¿Pueden los operarios parar la línea de producción si se detecta un problema? • ¿Las maquinas, instalaciones o equipos están sucios? • ¿Se puede considerar que existe una falta de organización en la planta? 	<p>PUESTO DE TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué cosas no son necesarias tener a mano? • ¿Como se mejoraría si aumentase el grado de limpieza de la línea de producción? • ¿Qué tipo de carteles, o procedimientos falta? • ¿Las piezas, componentes o materiales son fáciles de encontrar? • ¿Todos los productos o materiales están identificados? • ¿Se puede decir que hay un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar? 	<p>CONTROL DE RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Se puede conocer visualmente el nivel de gestión diaria, semanal y de urgencias? • ¿Se utilizan indicadores para evaluar la eficiencia de la gestión? ¿Conocen los operarios los indicadores y su significado? • ¿Se utilizan técnicas de gestión de problemas y están bien utilizadas? • ¿Existen evidencias de la evolución de la mejora?
<p>ALMACENES</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Dónde está localizado el stock y en que cantidades? • ¿Que podríamos tirar o vender de todo lo que tenemos? • ¿Los niveles de stock están claramente marcados? 	<p>ESTANDARIZACION DE PROCESOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Están definidos, son públicos y se modifican los métodos de trabajo? • ¿Se hacen revisiones del estándar de trabajo, se encuentran en un formato único? • ¿Se utilizan los estándares de trabajo para formar al personal nuevo? 	<p>FACTOR HUMANO</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Se aprovecha la capacidad de proponer mejoras por parte de los operarios? • ¿Participan los operarios en grupos de trabajo para generación/implantación de mejoras?

Cuadro 3.7: Oportunidades de mejora.

Aplicación de las técnicas Lean

El Lean Manufacturing por naturaleza se materializa mediante la aplicación progresiva o simultánea de una gran variedad de técnicas muy diferentes entre sí. Tales técnicas pueden implementarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso y su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea.

El número de técnicas es muy elevado, no existe un consenso generalizado de su forma de clasificarlas y es frecuente la discusión sobre si pertenecen al ecosistema Lean, a las técnicas de Calidad Total o a nuevas técnicas organizativas. Lo verdaderamente importante es tener los conceptos claros y la firme voluntad abordada desde el punto de vista estratégico.

Para tener una representación ordenada y coherente de las técnicas más importantes es útil agruparlas en tres grupos distintos. En un primer grupo se encuentran las que por tener un enfoque pragmático y en muchas ocasiones de sentido común para la mayoría de las industrias; se permiten sugerir como de “obligado cumplimiento” en cualquier empresa que pretenda competir en un entorno actual, independientemente de si tiene formalizada la aplicación del Lean como sistema de gestión.

Este primer grupo está formado por las siguientes técnicas:

- Las 5’S: Metodología implementada para lograr la estabilización de los procesos mediante una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- SMED (Single Minute Exchange of Die): Sistematización de métodos para que los tiempos de preparación o cambio de herramientas sean de un solo dígito de minuto.
- Estandarización: Técnica que persigue determinar el mejor método para hacer determinada operación y plasmarlo en instrucciones escritas o gráficas.



- TPM (Total Productive Maintenance): Conjunto de múltiples acciones de mejora que permite la continuidad de la operación de los equipos y plantas.
- Control visual: Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

Un segundo caso estaría formado por aquellas técnicas que, aunque aplicables a cualquier situación, exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas, tanto directivos, mandos medios y operarios:

- Jidoka: Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a los empleados la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
- Técnicas de calidad: Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- Sistema de participación del personal: Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean.

En un último grupo se encuadraría técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. Precisamente son aquellas que se han asociado al éxito de las técnicas JIT en la industria del automóvil y que, de a poco dependiendo de la tipología del producto y sistema productivo, se han aplicado a otros sectores. En comparación con las técnicas anteriores son técnicas más avanzadas, por lo que exigen recursos especializados para llevarlas a cabo y suponen la máxima aplicación del paradigma JIT:

- Heijunka: Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.
- Kanban: Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

La aplicación gradual de esas técnicas debe sustentarse en el compromiso de la empresa de invertir en su personal y promover la cultura de la mejora continua ya que como se mencionó anteriormente el pensamiento lean implica una transformación cultural profunda, de manera que empezar con un planteamiento modesto basado en pocas técnicas, incluso una, para generar un mini-éxito es la manera de desarrollar la habilidad que requiere un sistema lean dentro de la organización y que genere un cambio cultural que pase a formar parte del saber hacer de la empresa.

Herramientas de análisis del proceso

Cursograma analítico

Este tipo de representación utiliza símbolos, tiempo y distancias para proporcionar una forma estructurada y objetiva de registrar y analizar las actividades que constituyen un proceso (KANAWATY, 1996). Permiten centrar la atención en las actividades que si agregan valor y distinguirlas de las que representan pérdidas o desperdicio de recursos.

Para ello hace uso de una serie de símbolos que permiten una clara y rápida identificación del tipo de actividad o tarea que se realiza en cada operación. Estos símbolos son:

- Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo general la pieza, material o producto se modifica o cambia durante la operación.



- Inspección: Implica verificar el cumplimiento de la calidad o cantidad establecida. Sirve para comprobar si una operación se ejecutó correctamente en lo referido a los parámetros establecidos.
- Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, material o equipo de un lugar a otro.
- Deposito provisional o espera: Indica demora en el desarrollo de los hechos, por ejemplo abandono momentáneo o no registrado de cualquier objeto hasta que se necesite.
- Almacenamiento permanente: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se lo guarda con fines de referencia.

Estudio de tiempos

La técnica de medición del trabajo mediante el cronometraje de las tareas consiste en cronometrar una muestra de la actividad de un empleado y utilizarla para fijar un estándar (HEIZER y RENDER; 2007). El establecimiento de un estándar de tiempo permite definir el tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos u holguras por fatiga y por retrasos, personales e inevitables. La fijación de este estándar se realiza siguiendo los siguientes 4 pasos:

1. Definir la tarea a estudiar.
2. Dividir la tarea en elementos precisos: Para facilitar la medición, la operación debe dividirse en grupos de movimientos denominados elementos. Es necesario preestablecer “*puntos de quiebre*” de los elementos que permitan congruencia en las lecturas del cronometro de un ciclo al siguiente.
3. Definir cuantas veces se va a medir la tarea: Al tratarse de un estudio a realizar en base a una muestra es necesario establecer el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben obtenerse para cada elemento, dado un nivel de confianza determinado.
4. Cronometrar y anotar los tiempos de los elementos y las valoraciones del ritmo de trabajo de las actividades desarrolladas. Mediante esta valoración se ajusta el tiempo observado a lo que un empleado en condiciones normales podría realizar. Si bien existen numerosas referencias empleadas para la valoración, gran parte de esta tarea depende de la experiencia y capacidad de juicio del analista que realice el estudio. El cuadro 3.8 contiene los valores de la bibliografía de referencia (KANAWATY,1996,p.318) donde se indican las diferentes escalas que pueden aplicarse al momento de valorar el ritmo de trabajo.



Cuadro 17. Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Escalas				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable ¹	
60-80	75-100	100-133	0-100 (norma británica)		(mi/h)	(km/h)
0	0	0	0	Actividad nula		
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	2	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	3	4,8
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	4	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	5	8,0
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	6	9,6

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.
 Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association, Department of Work Study.

Cuadro 3.8: Escalas de valoración del ritmo de trabajo.

- Calcular el tiempo observado (real) medio, que es la media aritmética de los tiempos anotados para cada elemento cronometrado ajustada eliminando los tiempos “anormales” de cada elemento.

$$\text{Tiempo observado medio} = \frac{\text{Suma de los tiempos registrados de cada elemento}}{\text{Número de observaciones}}$$

- Calcular el tiempo normalizado de cada elemento. De la siguiente forma:

$$\text{Tiempo normalizado (TN)} = \text{Tiempo cronometrado} \times \text{Valoración del ritmo de trabajo}$$

- Calcular el tiempo estándar de cada elemento. Que es un ajuste de cada tiempo normalizado, y comprende además, ciertos suplementos como las necesidades personales, fatiga de los empleados o inevitables demoras en los trabajos. Los valores tomados como referencia



corresponden a los propuestos en la bibliografía de referencia (NIEBEL,2009,p.318). Y el método de cálculo es mediante la formula presentada a continuación:

$$\text{Tiempo estandar (TE)} = TN + TN \times \text{suplementos} = TN \times (1 + \text{suplementos})$$

Tabla 11.9 Holguras recomendadas por ILO

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica.....	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.....	0
b) Incómoda (flexionado).....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.....	2
c) Muy inadecuada.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.....	0
b) Trabajo fino o exacto.....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.....	0
b) Intermitente: fuerte.....	2
c) Intermitente: muy fuerte.....	5
d) De tono alto: fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.....	4
c) Muy complejo.....	8
9. Monotonía:	
a) Baja.....	0
b) Media.....	1
c) Alta.....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.....	0
b) Tedioso.....	2
c) Muy tedioso.....	5

Tabla 3.1: Suplementos a considerar.

Value Stream Mapping (VSM)

Un mapa de la cadena de valor es una representación gráfica, mediante símbolos específicos, del flujo de materiales y del flujo de información a lo largo de la corriente de valor de una familia de productos dentro de la fábrica, puerta a puerta desde la recepción hasta la expedición al cliente (MADARIAGA; 2013). Tiene como objetivo plasmar en un papel de forma sencilla todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar a nivel global donde se producen los mayores desperdicios del proceso. Esta herramienta facilita de forma visual la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio a fin de eliminarlas y ganar eficiencia. Es una herramienta



sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor considerando que ésta se compone de actividades que aportan valor (VA), actividades que no aportan valor pero son necesarias (NVAN) y actividades que no aportan valor y son innecesarias (NVAI).

El VSM (Value Stream Mapping) es considerado una metodología de alto nivel que debe ser liderada desde la dirección industrial de la planta y aplicada sobre las diferentes familias de productos/ corrientes de valor por el equipo de trabajo más adecuado para cada caso. Es una metodología muy útil para construir la visión industrial de la fábrica y la representación generada en ella no hace referencia a la ubicación física de los procesos/máquinas dentro de la planta haciendo que la tradicional representación gráfica de los flujos de materiales sobre el layout de la planta sean un buen complemento al VSM.

Entre los beneficios obtenidos destacan la mayor visualización del proceso, la vinculación del flujo de información y materiales en un esquema mediante un único lenguaje, la obtención de un sistema estructurado para implementar mejoras y la visión de como tendría que ser el esquema.

El VSM se elabora para cada familia de productos y los datos se recogen sobre el terreno en base a la realidad. Al tratar de descubrir como cada proceso sabe lo que debe producir para su cliente y cuando fabricarlo se descubre el flujo real del material. En el VSM se representa también el flujo de información, como pedidos o previsiones y su frecuencia. Análogamente se recogen los pedidos de la empresa a sus proveedores e incorpora la manera en que se comunica el programa de producción a los programas operativos.

Un aspecto clave es que VSM recoge una línea de tiempo, tiempos “VA”, en los que se genera valor añadido, y el resto tiempos “NVA” o de no valor añadido. La comparación entre tiempos totales de valor añadido y no valor añadido es esclarecedora y un buen indicador de potencial de mejora.

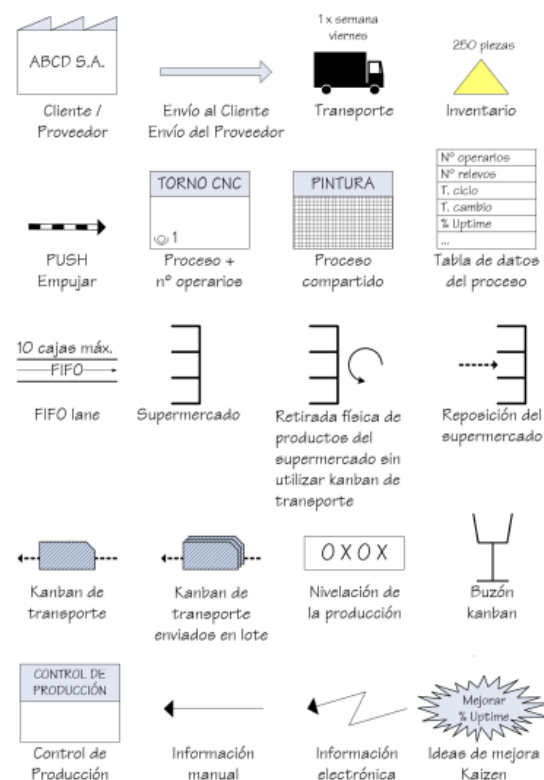


Figura 3.2: Simbología del VSM.



Diagrama causa-efecto

Se lo define como la representación de los diversos elementos (causas) que puedan contribuir a un problema (efecto); es considerado de gran utilidad para detectar las posibles causas de un problema específico (Beale,2019). La naturaleza gráfica del diagrama permite que el grupo de trabajo organice grandes cantidades de información sobre el problema y de esa manera pueda determinar las posibles causas; permitiendo incluir la opinión que han formado los operarios sobre las causas de determinado problema.

El desarrollo de esta herramienta es más efectivo después de que el proceso se ha descrito y el problema esté bien definido; generalmente es concebida como un vehículo para ayudar a los equipos a formar una concepción común de un problema complejo.

Utilización de la herramienta

Paso 1: Identificar el problema

El problema debe ser algo que querramos controlar o mejorar, por lo tanto debe ser definido de forma específica y concreta; y debe ser definido de tal forma que todo el grupo de trabajo lo comprenda correctamente.

Paso 2: Registrar la frase que resume el problema

Se traza una flecha gruesa que representa el proceso y a la derecha se escribe el problema a analizar, sobre el extremo derecho de la flecha.



Figura 3.3: Definición del problema

Paso 3: Indicar los factores causales más importantes y generales que pueden causar el problema

Inicialmente se trazan flechas inclinadas de izquierda a derecha que terminan en la flecha principal. Estas espinas representan el input principal o factores causales, no existen reglas sobre qué categorías considerar pero las más usuales son: materiales, métodos, máquinas, mano de obra y medio.

Así se hace evidente la combinación de factores a los que queda condicionado el efecto y ocasionan la variabilidad del proceso.

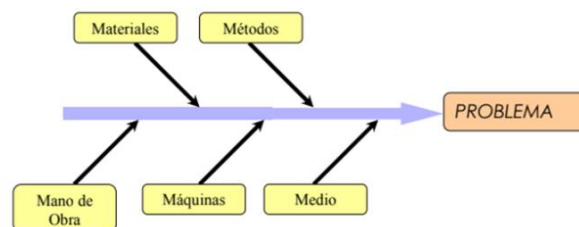


Figura 3.4: Factores causales.

Paso 4: Indicar factores más detallados

Se realiza una lluvia de ideas sobre las causas identificadas del problema, las ideas generadas contribuirán a la selección de la causa raíz. Cada causa será colocada dentro de una de las categorías previamente definidas.

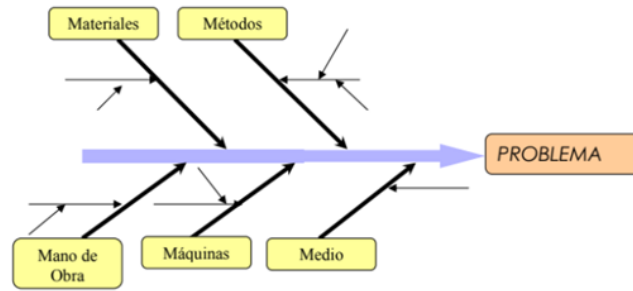


Figura 3.5: Detalle de los factores.

Paso 5: Selección de las causas más probables.

Se deberán establecer las causas más probables, que serán consideradas como las más importantes y suele resultar interesante continuar el análisis profundizando específicamente sobre estas causas.

Este método es de gran utilidad para identificar las causas cuyos efectos ya se conocen y no siempre es tan fácil llegar a esas causas en las primeras oportunidades.

Teoría de las Limitaciones

Domínguez Machuca (1995) considera esta teoría como una herramienta de programación y control de la producción con un enfoque basado principalmente en el equilibrado del flujo de producción y en la gestión en base a los recursos cuello de botella, lo que la convierte también en un recurso útil para el establecimiento de prioridades en base a los recursos que limitan la producción de una organización.

E. Goldratt, autor de este enfoque, define que el único fin que tiene una organización con ánimo de lucro es la de ganar dinero, considerando los demás objetivos como simples medios para ese fin; bajo ese criterio el autor indica que será productivo para la empresa todo aquello que contribuya a conseguir el mencionado objetivo.

El autor plantea que el grado de cumplimiento de la meta de una empresa debe ser evaluado en base a una serie de variables financieras a las que denomina *parámetros de gestión*. Estos son el beneficio neto, la rentabilidad y la liquidez; el primero como medida absoluta del dinero ganado durante un determinado periodo de tiempo; la segunda como medida relativa que complementa a la anterior en el sentido de medir la *"productividad del dinero invertido"*, y la tercera tomada en el sentido tradicional la cual puede convertirse en el factor determinante del éxito o del fracaso de la empresa.

En síntesis, cualquier aumento del beneficio neto que sea acompañado de un incremento paralelo de la tasa de rentabilidad y de la liquidez acerca a la empresa al cumplimiento de su objetivo, aunque por desgracia los tres parámetros no siempre incrementan simultáneamente. En este punto Goldratt rompe con el paradigma clásico al afirmar que el *"puente"* utilizado hasta hoy para enlazar estas decisiones operativas o locales con los parámetros de gestión de toda la compañía, el concepto de coste, es erróneo ya que no conduce eficientemente a la consecución de la meta, generando frecuentes ocasiones en las cuales los directivos ignoran las recomendaciones del análisis de costos y toman decisiones en base a la intuición.

Para suplir estos inadecuados métodos plantea otros tres parámetros, denominados de explotación, que no son de gestión ni de costes; pero ayudan a establecer una serie de procedimientos operativos para dirigir las plantas productivas, pues permiten evaluar fácilmente el impacto de una decisión sobre la meta de la empresa. Estos parámetros, que según reconoce el propio Goldratt eran ya utilizados en la gestión convencional son definidos utilizando la misma unidad que la meta, el dinero.



- Ingreso neto (Throughput): Dinero generado a través de las ventas; es decir, todo el dinero que ingresa al sistema.
- Inventario: Todo el dinero que el sistema invierte en adquirir bienes que luego pretende vender; es decir, el conjunto de dinero que por algún motivo es retenido en el sistema.
- Gastos de operación: Todo el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en ingresos netos, es decir todo el dinero que sale del sistema.

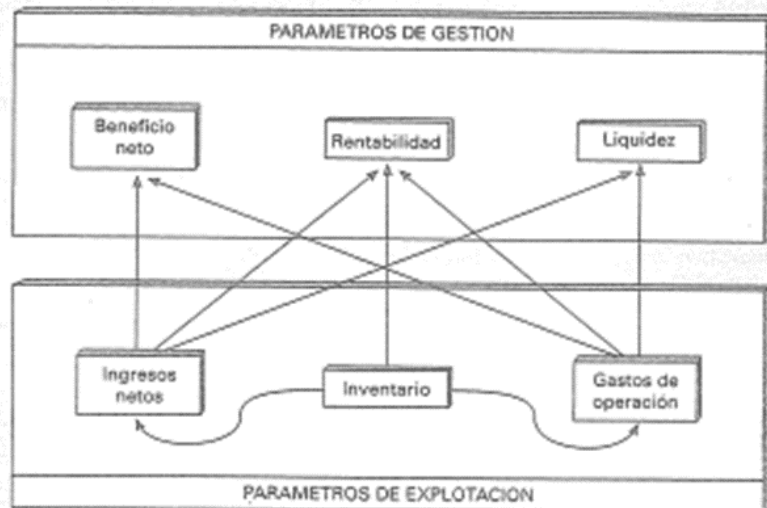


Figura 3.6: Parámetros de la TOC.

Bajo esta perspectiva la empresa podrá decidir si una acción local contribuirá o no al cumplimiento de la meta global de la empresa, evaluando la repercusión de una determinada acción sobre cada uno de los tres parámetros anteriores. Así un efecto positivo sobre uno solo de los parámetros y negativo sobre los otros dos podría dar lugar a resultados indeseables para la empresa.

En cuanto al orden de importancia de los parámetros de explotación, Goldratt está en contra de lo que se estipula convencionalmente, es decir de dar una clara preponderancia a los gastos operativos y situar detrás a los ingresos netos y a los inventarios. Para dicho autor cualquier organización que pretenda desarrollar un proceso de mejora continua debe situar como primera elemento de referencia lo ingresos netos ya que si incremento no está limitado por nada, al revés de los que sucede con las posibles disminuciones de los gastos operativos y los inventarios. En relación con los inventarios, debido a las consecuencias negativas que pueden ocasionar un alto nivel de inventario sobre los demás parámetros Goldratt aconseja situar a estos en un segundo orden de importancia, colocando en último lugar a los gastos operativos.

Aplicación de la teoría de las restricciones

La teoría formulada parte de la premisa de que el rendimiento de toda cadena productiva, donde existe una sucesión de acciones en cadena, está determinado por el recurso más débil, por lo que el encargado de gestionar tal sistema deberá dedicar sus esfuerzos en localizarlos y enfocar la dirección global de la firma en base a ellos. A estos eslabones la TOC (Theory of constraints) los denomina limitaciones del sistema y las define como aquellas partes débiles de la organización que le impiden acercarse a la meta.

Según la TOC, todo sistema que quiera lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda de sus metas globales, debería seguir los pasos que se comentan a continuación:



1. Identificar las limitaciones del sistema: La base sobre la que se parte es localizar aquellos recursos que, por su escasa disponibilidad limitan el rendimiento global del sistema, debiendo ser estos explotados al máximo. La prioridad debe ser explotar su capacidad al máximo ya que muchas veces no es posible eliminarlas de inmediato.
2. Decidir cómo explotar las limitaciones: Identificada la limitación en determinado centro de trabajo, el siguiente paso es eliminar cualquier causa de tiempo improductivo que pueda afectar ese recurso.
3. Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior: El recurso limitante debe ser el que determine el ritmo de producción de los demás recursos, evitar que los recursos no limitantes dejen de proveer al limitante o en sentido contrario suministran con mayor capacidad a la que este puede procesar; debe ser la regla a la hora de tomar decisiones.
4. Elevar la limitación: Esto implica superar las restricciones marcadas por su falta de capacidad. El fin de este punto es indicar que no se debe tomar una decisión correspondiente a elevar la limitación sin antes realizar el paso dos propuesto, es decir, primero explotar al máximo esta limitación.
5. Si en los pasos previos se ha roto una limitación hay que volver al primer paso: Con este enunciado el autor indica que la teoría propone un proceso continuo y que cada eliminación de un recurso limitante impactará en los otros componentes de la cadena.

Herramientas para eliminar desperdicios

Kanban

Se define como un sistema de arrastre basado en la utilización de una serie de tarjetas (pudiendo ser otro tipo de señales), normalmente rectangulares y enfundadas en plástico, que dirigen y controlan la producción entre los distintos centros de trabajo (DOMINGUEZ MACHUCA; 1995). La idea de fondo es sencilla, basada en un sistema de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y por lotes; haciendo uso de tarjetas; que puede añadir complejidad según los requisitos de cada caso en particular. Es considerada esta técnica como una herramienta útil para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

Cuando la implementación del sistema se encuentra en un estado avanzado cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor.

De esta forma se convierte la herramienta en una sistematización de la comunicación de las órdenes de fabricación entre las diferentes estaciones de trabajo. Estas tarjetas concentran la información necesaria para producir solo lo que se necesita en ese momento, como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la denominación y el emplazamiento del centro de trabajo de procedencia de las piezas, el lugar donde se fabricará, la cantidad de piezas a producir, el lugar donde se almacenarán los artículos elaborados, etc.

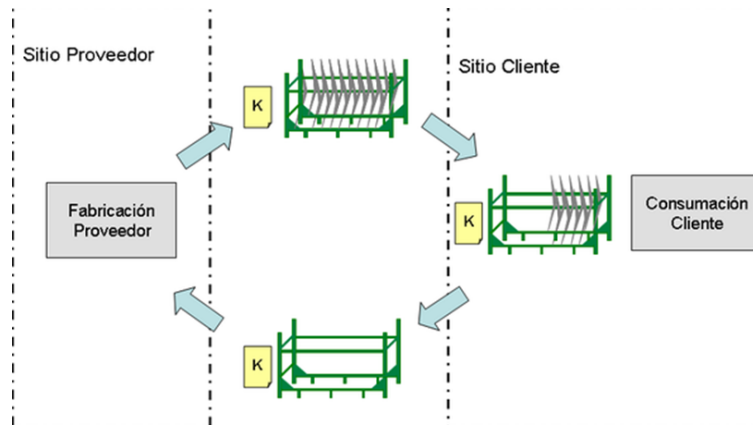


Figura 3.7: Funcionamiento del Kanban.

Se distinguen dos tipos de kanban:

- Kanban de producción: Funciona como orden de producción e indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
- Kanban de transporte: Indica que y cuanto material se retirará del proceso anterior, la información que contenga debe ser tal que facilite la ubicación y transporte de los elementos.

Descripción de producto				ID de producto	
Tarjeta Kanban				1/3	
Cantidad	250	Lead time	6 días	Fecha de pedido	
Proveedor	Soluciones Industriales SA			Fecha de entrega	
Solicitado por	J. Pérez		Tarjeta 2 de 3		
			Ubicación	Estantería R8	

Figura 3.8: Tarjeta Kanban.

El principal aporte del uso de estas tarjetas es conseguir únicamente el reaprovisionamiento del material vendido, reduciéndose de este modo los stocks no deseados.

Estandarización

La “estandarización” representa otra de las herramientas que establece los cimientos del sistema de gestión Lean, es sobre los aportes realizados por este recurso que deben fundamentarse el resto de las técnicas aplicables a la organización. Hernández y Vizán Idoipe (2013) proponen una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contempla todos los aspectos de la filosofía lean:

“Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre las personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

La estandarización en el entorno de fabricación Lean, cumple tanto como punto de partida como de culminación de la mejora continua y es imprescindible para el éxito de la mejora sostenida en la organización. El establecimiento de un ciclo de mejora parte del establecimiento del estándar a condiciones corrientes, a continuación se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo si el método propuesto ha demostrado su eficacia; la mejora continua es la repetición constante de este ciclo.



Este concepto de estándar como precursor del ciclo de mejora continua es opuesto a los sistemas rígidos compuesto por documentos desactualizados y de poca o nula utilización, debe la organización velar por el cumplimiento y la actualización de los estándares definidos.

Los estándares afectan a todos los procesos de la empresa de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información debe existir un estándar. Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes:

1. Se descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas;
2. Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles para cada caso;
3. Garantizar su cumplimiento;
4. Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

Con estas características son muchos los estándares que deberían desarrollarse en una empresa. A continuación se exhibe una aproximación de los estándares de producción que se consideran:

<p>ESTANDARIZACIÓN PARA LA GESTIÓN DE OPERACIONES Y OFICINA TÉCNICA</p> <ul style="list-style-type: none">• Análisis de operaciones para establecimiento de tiempos estándares.• Procedimientos de detección de desperdicio.• Acciones de mejora continua (Listas de mejora, hojas de planificación de mejoras, resultados de la mejora, informes temporales de mejoras).• Procedimiento de definición de operaciones y procesos (hojas, gráficos, diagramas, etc.)• Especificaciones de equipos con datos de capacidad.	<p>ESTANDARIZACIÓN PARA LA GESTIÓN DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none">• Seguimiento de trabajo y ordenes de producción.• Seguimiento de averías e interrupciones de máquina.• Paneles de información visual de planificación.• Progreso de los procesos y estado de la planta.
<p>ESTANDARIZACIÓN PARA LA GESTIÓN DE EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none">• Procedimientos de inspección de equipo.• Análisis de averías.• Gestión visual de mantenimiento.• Procedimientos de intervención de mantenimiento.• Programas de mantenimiento general.	<p>ESTANDARIZACIÓN PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD</p> <ul style="list-style-type: none">• Inspección en proceso.• Análisis de problemas.• Operaciones estándares.• Estándares de seguimiento y análisis de defectos mediante herramientas de control y calidad (diagrama causa-efecto, hojas de chequeo, cuadros de control).

Cuadro 3.9: Aplicación de la estandarización.



El establecimiento de un estándar de trabajo implica definir el método más apropiado para la realización de determinada tarea, para ello es necesario implementar recursos propios del diseño del trabajo que permiten especificar las tareas que constituyen el trabajo de un individuo o de un grupo.

Se consideran las siguientes componentes a la hora de abarcar este tema:

- Especialización del trabajo: Contribuye a la reducción de los costes de mano de obra, desarrollando habilidades y un aprendizaje más rápido como consecuencia de la repetición; menor pérdida de tiempo debido a que el operario no cambia de tarea ni de herramientas; desarrollo de herramientas especializadas y reducción de la inversión, debido a que cada empleado necesita solo unas pocas herramientas para desempeñar una tarea correcta. La principal limitación de la especialización del trabajo es que no permite emplear todas las capacidades de la persona en el trabajo, aspecto importante en la implementación del Lean Manufacturing.
- Diversificación del trabajo: Aumenta la calidad de vida en el trabajo y para lograrlo se hace uso de varias dimensiones. El primer enfoque es la ampliación del trabajo, que se produce cuando a un trabajo le añadimos tareas que requieren habilidades similares a las ya existentes. La rotación de puestos es una versión de la ampliación del trabajo, que se produce cuando se permite al empleado pasar de un trabajo especializado a otro. Otro enfoque es el enriquecimiento del trabajo, que añade aspectos de planificación y control del trabajo, también definido como diversificación vertical. La diversificación tiene aspectos negativos que deben ser considerados como una relación costo-beneficio dependiendo la situación particular de cada empresa, algunos de estos aspectos son: mayor costo de capital; diferencias individuales -existen empleados que prefieren realizar tareas simples y repetitivas-; menor disponibilidad de mano de obra -requieren más habilidad y compromiso por parte de los operarios-; tecnología limitante; etc.
- Componentes psicológicos del diseño del trabajo: Es una práctica eficaz en el diseño del trabajo la consideración de los componentes psicológicos en el puesto de trabajo. Estos componentes se centran en como diseñar trabajos que alcancen un mínimo de requisitos psicológicos y consideran cinco características deseables: Variedad de habilidades -que requiera del empleado la utilización de diferentes habilidades y conocimientos-; identidad del trabajo -que permita al trabajador percibir el trabajo como un todo y reconocer un comienzo y un fin- ; significado del trabajo -que proporcione la sensación de que el trabajo realizado tiene un impacto sobre la organización y la sociedad- ; autonomía -que ofrezca libertad, independencia y criterio propio- ; y por último retroalimentación -que proporcione claramente una información periódica sobre su realización-.
- Ergonomía y entornos de trabajo: Contemplar las diferentes capacidades y limitaciones que tienen las personas para realizar una determinada tarea es otro aspecto a considerar al momento de proponer un método de realizar una operación. La ergonomía permite incluir estas consideraciones desde la perspectiva de la interacción hombre-máquina, permitiendo ayudar a mejorar el rendimiento humano y pudiendo afectar en el grado de dificultad del trabajo. Evaluar la capacidad de respuesta y acción de los operarios al momento de operar/interactuar con las máquinas y equipos es importante; los operarios deben tener la fuerza, reflejos, agudeza y capacidad mental adecuadas para efectuar el control necesario. Considerar la retroalimentación que reciben los operarios a través de la vista, sonido y tacto abarca factores necesarios a tener en cuenta; lo operarios deben poder comprender que es



lo que determinado equipo o maquina está indicando para poder tomar las medidas necesarias. Contemplar en este análisis el entorno físico en el que trabajan los empleados es otra dimensión necesaria, estas condiciones afectan su rendimiento, seguridad y calidad de vida en el trabajo. La iluminación, el ruido y la vibración, la temperatura, la humedad y la calidad del aire, son factores del entorno de trabajo bajo control de la empresa y deben considerarse como controlables.

5'S

Surge como una herramienta para mantener organizada, limpia, segura y por sobre todo productiva una determinada área de trabajo, de una manera metodológica y disciplinada (SOCCONINI y BARRANTES; 2020). El acrónimo corresponde a 5 palabras de origen japonés que definen la herramienta y son:

Seiri (seleccionar): Retirar del área de trabajo todo lo que no necesitamos para realizar las operaciones productivas.

Seiton (organizar): Es ordenar los artículos que se necesitan para facilitar su uso e identificación en forma adecuada pudiendo localizarlos y, posteriormente, regresarlos a su lugar de origen.

Seiso (limpiar): Quiere decir mantener en buenas condiciones el equipo de trabajo y conservar limpio el entorno laboral.

Seiketsu (estandarizar): Es definir una manera consistente de llevar a cabo las actividades de selección, organización y limpieza.

Shitsuke (Seguimiento): Significa crear las condiciones que fomenten el compromiso de los miembros de la organización para formar un hábito con las actividades relacionadas con las 5'S.

Aplicarlos en un determinado ámbito de trabajo es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo y que la calidad comienza en cosas muy pequeñas, logrando una actitud positiva ante el puesto de trabajo.

Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten síntomas disfuncionales en la empresa y que afecten a la eficiencia de la misma, como puede ser desorden (pasillos ocupados, embalajes, etc), elementos rotos (mobiliario, topes, señales), falta de instrucciones sencillas de operación, desinterés de los empleados por su área de trabajo, movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes, falta de espacio en general, entre otros.

La aplicación de los principios consta de un proceso de 5 pasos que implican la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Además se debe preparar un material didáctico para explicar a los operarios la importancia de las 5'S y los conceptos básicos de la metodología.

Seleccionar (Seiri)

La primera de las 5'S requiere observar detenidamente el lugar de trabajo y preguntarse:

- ¿Necesita todo lo que ahí se encuentra?
- ¿Hay objetos que no utiliza?



Figura 3.9: Las 5'S.



Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen incrementos de manipulaciones, transporte o pérdida de tiempo en localizar cosas.

Y entre los objetos que realmente se utilizan considerar:

- ¿Están en la cantidad adecuada?
- ¿Son los que usa con mayor frecuencia?
- ¿Están siempre al alcance de su mano?

Para retirar los artículos innecesarios se debe seguir los siguientes pasos:

1. **Reconocer el área de oportunidad:** Dentro del área donde se implantará dicha metodología es necesario identificar cuáles son los objetos que están ubicados en esta zona, con la atención puesta en elementos que por su naturaleza pasan desapercibidos en el día a día.
2. **Definir los criterios de selección:** En este paso se debe establecer un estándar que ayude a diferenciar los que es necesario de los que no lo es. Por ejemplo, sobre la base del tiempo (lo necesario a utilizar en un mes de trabajo) o sobre la base de frecuencia de uso (definir solo lo necesario como aquello que solo se utiliza una vez al mes).
3. **Identificar los objetos seleccionados:** Los objetos seleccionados como no necesarios deben ser identificados y colocados en un área de cuarentena.
4. **Evaluar los objetos seleccionados:** En esta etapa se debe decidir qué hacer con los objetos que fueron seleccionados como no necesarios, cuestionando si estos objetos definitivamente están de más o están obsoletos o dañados.

Al implementar este primer paso será evidente que al tener en el espacio de trabajo solo los elementos necesarios se obtienen los siguientes beneficios:

- Mas espacio y menos estorbo de cosas innecesarias;
- Menor costo de inventario por no tener objetos de más (solo la cantidad que se requiere).

Organizar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, estableciendo un lugar específico para cada cosa de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al lugar de origen luego de su utilización. La implantación del Seiton implica:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado para cada cosa, evitando duplicidades; y ubicar cada cosa en su lugar.
- Documentar el método de organización y asegurarse que las personas tengan acceso a su conocimiento.

Con tal motivo hay que decidir dónde colocar cada elemento y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y criterios de seguridad y eficacia. Posiblemente utilizando pinturas de diferentes colores o señales en tableros o etiquetas para identificar apropiadamente cada área.

Al finalizar esta etapa se podrá observar que los nuevos beneficios se suman a los obtenidos durante la fase de selección son:

- Uso más eficiente de los recursos al ubicar rápidamente lo que se necesita;
- Menos accidentes por contar con ayudas visuales;
- Menos equivocaciones en uso de componentes.



Limpiar (Seiso)

Seiso significa observar cuidadosamente y eliminar la suciedad del espacio de trabajo, pisos, pasillos y maquinarias; luego investigar los defectos y finalmente eliminarlos, es decir para prevenir defectos.

Su aplicación comprende:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario y como tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.

Mantener los equipos e instalaciones ayuda a conservarlos en buenas condiciones, con ello es posible obtener un mejor aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la empresa.

Proceso de limpieza:

Estos son los pasos a seguir para limpiar y mantener un área de trabajo siempre en buenas condiciones:

1. **Elaborar un programa de limpieza:** Para comenzar primero es necesario definir acabadamente que se debe limpiar, pudiendo ser un área de trabajo (Almacenes de materia prima, producto terminado, producto en proceso, componentes de repuesto, etc); equipo (Maquinaria, herramientas, equipo de prueba, etc); área de uso común (Pasillos, techos, paredes, ventanas, etc). Se debe definir qué es lo que se requiere limpiar, con qué frecuencia, como se debe llevar a cabo y asignar responsables de las actividades de limpieza. Una vez recabada esta información se deberá documentar el programa de limpieza. Al asignar las actividades de limpieza, tener en cuenta que mantener el área de trabajo limpia es responsabilidad de las personas que trabajan en ella.
2. **Definir los métodos de limpieza:** Definido que es lo que se debe limpiar, cuando y quien lo va a realizar, solo falta establecer cómo se va a ejecutar esta actividad. Con ese fin puede ser útil enlistar cada una de las actividades a realizar, los artículos y equipos que se necesitarán y determinar un procedimiento de limpieza.
3. **Crear disciplina:** Todos los esfuerzos invertidos hasta ese momento se pueden venir abajo si no existe disciplina y no se logra hacer que las actividades se lleven a cabo día a día. Al implementar el programa de limpieza es importante no olvidar dar el entrenamiento adecuado y proporcionar la comunicación suficiente para que todo el personal involucrado en la operación entienda el que, porqué, para qué y cómo de las actividades de limpieza.

Una manera de favorecer que la limpieza se convierta en un hábito es informar al personal de cada área de trabajo que es lo que se espera de cada uno de ellos. A través del entrenamiento la organización se asegura que los detalles específicos de los procedimientos de limpieza hayan sido bien entendidos.

Además de estas actividades, la herramienta más poderosa es el seguimiento. Se debe verificar que las actividades programadas sean ejecutadas y eliminar las barreras que obstaculicen el progreso.

Algunas ventajas de trabajar en un lugar donde la limpieza es una norma de conducta:

- Amplía la vida útil de las herramientas, los equipos y la maquinaria y reduce las interrupciones por fallos en los equipos y la maquinaria;
- Menor índice de accidentes y mejor ambiente de trabajo.

Estandarizar (Seiketsu)

Todos los esfuerzos invertidos y resultados obtenidos hasta ese momento, pueden venirse abajo si no existe disciplina y no se logra hacer un hábito de las actividades definidas en nuestro proyecto de las 5'S. Seiketsu es lograr que los procedimientos, las prácticas y las actividades se ejecuten consistente



y regularmente para asegurar que la selección, organización y limpieza, sean mantenidas en las áreas de trabajo. El proceso de estandarización comprende 2 pasos:

1. Integrar las actividades de las 5'S en el trabajo regular: Existen diversas prácticas mediante las cuales es posible integrar las actividades de las 5'S en la rutina laboral.
 - Establecer procedimientos: Hay que documentar las actividades establecidas e integrar estos procedimientos a los sistemas de trabajo.
 - Implementar auditorías de revisión: Para verificar que se mantengan los resultados en las áreas de trabajo donde se implementaron las primeras 3'S. Para implementar en forma adecuada un programa de auditorías de las 5'S, se recomienda formar un grupo pequeño de auditores; generar una lista de verificación para determinar el grado de cumplimiento de cada área de trabajo y desarrollar un programa de auditorías mensuales.
2. Evaluar los resultados: Hay que utilizar los resultados de las auditorías para evaluar cuantitativamente el nivel de implementación del programa de las 5'S en cada área de trabajo. Es recomendable agregar una columna de evaluación en la lista de verificación para que de acuerdo al criterio definido se califique el grado de cumplimiento alcanzado en el elemento específico que se está evaluando.

El gran beneficio obtenido al estandarizar las actividades es lograr que el área de trabajo mantenga los resultados obtenidos con las 3'S anteriores.

En esta etapa de la implementación será evidente que la mejor manera de conservar los resultados obtenidos es tomar medidas preventivas para cada una de las primeras 3'S:

- Seleccionar: Hay que encontrar métodos para evitar la acumulación de objetos innecesarios, la clave para lograrlo es controlar el ingreso de objetos al área de trabajo.
- Organizar: Implica eliminar la necesidad de retomar un artículo a su lugar de origen, evitando colocar artículos en un lugar equivocado.
- Limpiar: Hay que evitar que nuestras áreas de trabajo se ensucien y la clave para lograrlo es contener o de ser posible eliminar la fuente donde se genera la suciedad.

Seguimiento (Shitsuke)

La verificación de los resultados permite eliminar cualquier barrera que se interponga a la obtención de los resultados esperados y proporcionar a la organización la dirección adecuada para alcanzar sus metas; en otras palabras, permite dar seguimiento. En ese sentido el seguimiento es hacer un hábito de las actividades de las 5'S, manteniendo correctamente los procesos generados a través del compromiso de todos. Para crear cultura en la organización se debe fomentar la participación en conjunto, todas las personas que realizan tareas en determinada área de trabajo deben:

1. Fomentar el conocimiento de las 5'S: Para que las personas conozcan lo que son las 5'S es necesario entrenar a todo el personal de la empresa, y hacer que esta instrucción sea un requerimiento básico en el programa de capacitación para personal de nuevo ingreso. Es muy útil en este aspecto difundir activamente la metodología mediante posters, eslógans y folletos.
2. Generar motivación para querer participar: Para fomentar la participación entusiasta de las personas en el programa de las 5'S es necesario reconocer la participación en el sistema, dar ejemplo con la participación de la administración en proyectos o en campañas de las 5'S y formar equipos para implementar proyectos de las 5'S en las áreas de trabajo.



3. Proporcionar recursos para poder participar: Para poder asegurar que cada persona que participa en los proyectos de 5'S cuenta con los recursos que necesita para trabajar es necesario:
 - Definir y dar a conocer la estructura organizacional que soporta los equipos.
 - Crear canales de comunicación entre la gerencia y los equipos que trabajan en proyectos de 5'S.
 - Presentación de proyectos por parte de los equipos a la gerencia.
 - Reuniones periódicas de seguimiento entre gerencias de departamento y los líderes de equipo.

A modo de conclusión es importante no pasar por alto el seguimiento que se le debe dar a los proyectos para evitar que sean solamente iniciativas fugaces, sin permanencia en la organización. Para lograr esto es fundamental el compromiso de la dirección así como los mecanismos que se instituyen para promover el conocimiento de las 5'S. Promover su aplicación a través de programas que motiven al personal a participar de forma entusiasta y asignar los recursos que se necesiten para su aplicación son las bases sobre las cuales se constituye un programa exitoso de 5'S.

Marco metodológico

Para el desarrollo del presente trabajo en primer lugar se relevó la situación actual de la empresa utilizando diversas herramientas del sistema Lean Manufacturing, el análisis se inició con la identificación de los desperdicios y actividades que no agregan valor utilizando herramientas como el Value Stream Mapping, cursograma de material y diagrama de recorrido, continuó con un estudio de tiempos con el fin de establecer el lead time y tiempo estándar de un lote de producción representativo; esto para definir la capacidad de producción de la empresa en estudio. La etapa de análisis concluyó con la identificación y análisis de los factores que afectan el tiempo de proceso establecido con anterioridad y que constituyen la base para el diseño de acciones que tendrán el fin de mitigar estos desperdicios identificados en la etapa inicial del estudio.

Luego con las conclusiones obtenidas en el análisis del proceso se formularon planes de acción o propuestas de mejora que permitan eliminar los desperdicios identificados; para el diseño de estas propuestas de mejora se debió considerar la situación actual de la empresa.



4. Análisis de la situación Actual

En el siguiente capítulo se describirá la situación actual de la empresa en detalle con el fin de comprender acabadamente el proceso y poder plantear con posterioridad acciones de mejora que puedan ser aplicadas al proceso productivo bajo estudio.

Primero se describen las operaciones que se llevan a cabo, con la intención de identificar y comprender detalladamente los diferentes procesos a los cuales el lote de trabajo es sometido; con ello se intentara esclarecer algunas cuestiones como las diferentes variables que puedan existir dentro del proceso, las interrelaciones internas que existen, la incidencia de las habilidades, capacitación y experiencia de los operarios en el desarrollo del proceso, como y cuando se transportan los diferentes lotes en proceso, el tratamiento de los productos en proceso no conformes, entre otros.

Posteriormente, para continuar con el análisis, se selecciona un lote de inmersión y se estudia y define el lead time, para el tipo de trabajo seleccionado. Se deberá considerar que sea representativo para los fines propuestos en este trabajo.

A continuación, se realiza un diagrama de recorrido, para describir cuál es la distribución en planta de las instalaciones de la empresa, con énfasis en los depósitos de materiales por galvanizar, tinas de inmersión, medios de transporte (puentes grúas), centro de trabajo y depósitos de materiales ya galvanizados; y cuál es el recorrido del lote de producción a través de las instalaciones anteriormente nombradas. La realización de un diagrama de este tipo permitirá fácilmente conocer si existen recorridos ineficientes que generen desperdicios por transporte innecesario, de espera o riesgosos desde el punto de vista de la seguridad de los operarios.

Este diagrama se complementará con un cursograma analítico, en el que se clasifican las tareas anteriormente presentadas en operación, espera, inspección, almacenamiento y transporte. La elaboración de un diagrama de este tipo implica cuestionarse, ya con un grado avanzado de conocimiento del proceso, si las tareas descritas en este diagrama agregan o no valor; y de no hacerlo, plantearse si son necesarias o no para el desarrollo del proceso en las condiciones actuales de la empresa. Elaborar un diagrama de este tipo deberá esclarecer las siguientes cuestiones:

- Existencia de un flujo continuo de materiales: El establecimiento de un flujo de producción continuo debería ser una prioridad en la gestión de las operaciones que se dan dentro del centro de producción, de no existir se generan desperdicios por sobreproducción, incrementando el inventario en proceso, movimientos innecesarios y/o defectos ocultos;
- Qué movimientos y/o transporte son necesarios: Plantearse acabadamente si los movimientos y/o transportes son necesarios y como pueden eliminarse en caso de no serlo será el primer paso para eliminar desperdicios de este tipo;
- Qué operaciones pueden ser integradas o reducidas: Identificar tareas de este tipo para eliminar sobreprocesos, que generan además traslados o esperas innecesarios.

Por último se finaliza el estudio con la presentación de un Value stream mapping, que permite la introducción en el análisis de algunos aspectos que no se han contemplado con las herramientas anteriores, uno de ellos es la definición del lead time, como una forma de medir la respuesta ante el cliente. Además se permitirá identificar como se comunican entre si los distingos clientes internos y como se comunica el sistema general con el cliente y proveedores.



Como anteriormente se mencionó, para tener una noción general sobre el proceso de producción se propone un flujograma general del proceso en complemento con una descripción de cada una de las operaciones que compone el proceso, donde se evidencian los clientes internos de cada etapa del proceso, así como las diferentes variables que puede tomar cada pieza dependiendo de la condición en la que la entrega el cliente.

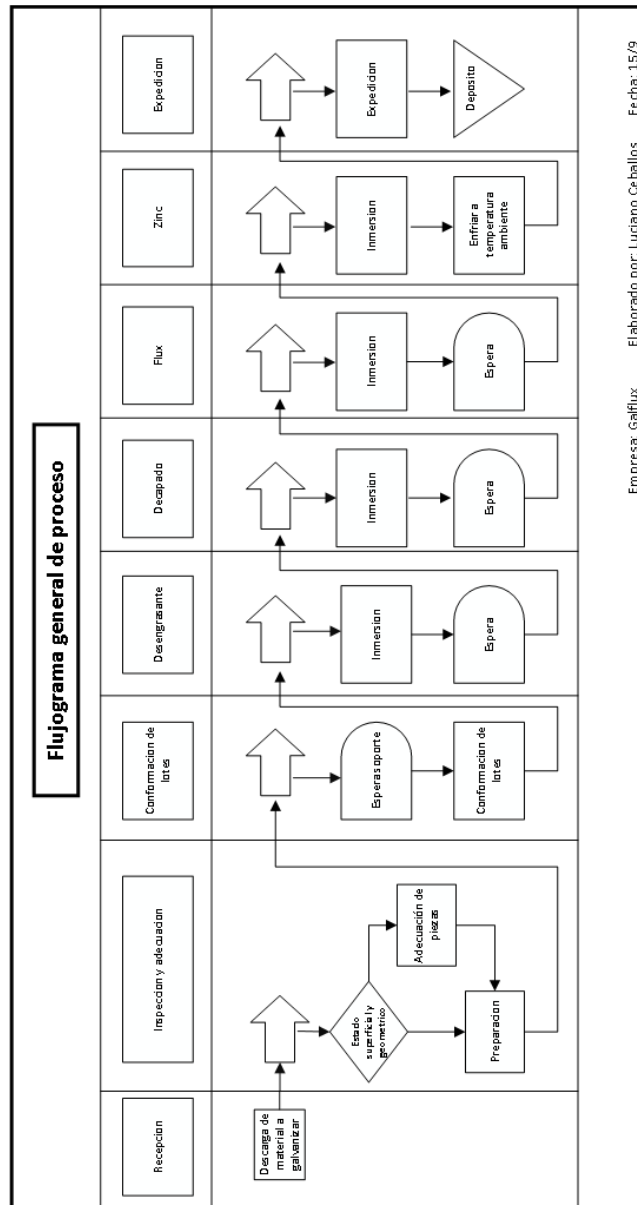


Figura 4.1: Flujograma General.

El flujograma presenta el proceso a nivel general, evidenciando que existen demoras dentro del proceso, que se dan ante la falta de disponibilidad del puente grúa para trasladar el lote o porque la tina a la cual tienen que ser transportados los lotes todavía no se ha liberado. La determinación de las causas de estos tiempos de espera se realizará a medida que se desarrolle el trabajo.

Para comprender mejor el proceso productivo se propone realizar una descripción de cada una de las operaciones relevadas:



Flujograma General Operativo		
N°	Actividad	Descripción de Actividades en Línea de Galvanizado en caliente
1	Descarga de material a tratar	El cliente desciende los materiales a galvanizar dentro de las instalaciones de la empresa.
2	Transporte a zona de inspección y acondicionamiento	Se transportan las piezas a trabajar a la zona donde se inspeccionan y acondicionan de ser necesario.
3	Inspección	Se inspeccionan y se clasifican según el estado en que se encuentren.
4	Adecuación de las piezas	Si las piezas lo requieren se acondicionan eliminando marcas de pintura o rebabas de soldadura.
5	Transporte hacia zona de conformación de lotes de inmersión	Se conforma el lote de inmersión depositando las piezas en la zona donde se inicia la producción, las piezas se encuentran ya listas para comenzar el colgado en soportes tipo "gancheras".
6	Conformación del lote de inmersión.	Se colocan las piezas sobre soportes de 8 metros de largo, mediante alambres o ganchos que están ya preparados en la zona de trabajo.
7	Traslado hacia Tina Desengrasante	Se desplazan hacia la tina contigua, para ello deben liberarse tanto la tina como el puente grúa.
8	Inmersión en Desengrasante	Inmersión del lote en desengrasante hidro clean, utilizado para eliminar grasa u otra suciedad superficial que pueda contener la pieza.
9	Traslado hacia Decapado Ácido Clorhídrico	Se trasladan hacia una de las 3 tinas operativas. Debe liberarse alguna de las 3 tinas y el puente grúa.
10	Inmersión en Decapado	Inmersión del lote en ácido clorhídrico, este agente es el encargado de dejar la superficie químicamente limpia para la inmersión en el zinc.
11	Traslado hacia tina de Enjuague	Se traslada hacia la tina de enjuague de restos de ácido clorhídrico. Debe liberarse la tina y el puente grúa.
12	Inmersión en Enjuague de restos de ácido clorhídrico	Para eliminar restos de ácido clorhídrico.
13	Traslado hacia Baño de Flux	Debe liberarse la tina de flux y el puente grúa.
14	Inmersión en tina de flux	Actúa como fundente, facilitando la adherencia del zinc fundido sobre el material a galvanizar.



15	Traslado hacia zona de galvanizado.	El lote se deposita sobre soportes donde otro operario encargado de la inmersión en zinc lo retira con el puente grúa que atiende exclusivamente la cuba de zinc.
16	Depósito sobre cuba de inmersión	El lote se deposita sobre la cuba de inmersión ya que es necesario, para la inmersión, que la superficie este totalmente seca.
17	Preparación para sumergir en Cuba	Los operarios se colocan los elementos de protección personal, uno de ellos elimina el zinc oxidado depositado sobre la superficie y otro toma el control del puente grúa.
18	Inmersión en zinc fundido	Se sumergen las piezas en el zinc fundido.
19	Preparación para retirar las piezas	Antes de iniciar el retiro de las piezas se elimina el zinc oxidado depositado sobre la superficie del zinc fundido.
20	Retiro de las piezas	Mientras se retiran las piezas se evita el exceso de zinc fundido golpeando y moviendo levemente las piezas.
21	Traslado hacia zona de enfriamiento	Se trasladan las piezas hacia zona de enfriamiento.
22	Enfriado	Se depositan las piezas sobre la superficie a temperatura ambiente para que se enfríen y luego poder alistarlas para la expedición.
23	Traslado a zona de expedición	Se depositan próximos a la zona de expedición.
24	Expedición	Se acondicionan las piezas en una mesa de trabajo; se eliminan rebabas o excedentes de zinc y se alistan para ser enviados al cliente, colocando sobre pallets o contenedores.
25	Traslado a zona de finalizados	Se depositan las piezas en la zona de productos finalizados.

Tabla 4.1: Detalle de las operaciones del proceso.

Es necesario aclarar algunas observaciones que surgen de la tabla anteriormente presentada:

1. Op 1: El cliente envía los materiales a galvanizar a las instalaciones de la empresa, allí los operarios reciben el material y lo depositan a la espera de ser ingresado a la producción.
2. Op. 2: Cuando determinada orden de trabajo es iniciada el operario busca las piezas a galvanizar y las traslada a la zona donde inspeccionan y acondicionan.
3. Op. 3: El supervisor es el encargado de verificar que la forma y diseño de la pieza sea adecuado para la inmersión. Estos requisitos -principalmente referidos a la posibilidad de escurrimiento de ácidos y zinc- son comunicados al cliente por el área comercial y el cliente las contempla en el diseño; pero en ciertas ocasiones son necesarias modificaciones en las instalaciones por parte de los operarios de la empresa, previa notificación al cliente.
4. Op. 4: El operario elimina restos de pintura o escoria de soldadura que tienen las piezas, dejando la superficie adecuada para ser sumergida. De ser necesario también realizan orificios o adecuaciones similares sobre las piezas para poder sumergirlo en los distintos baños; siempre en comunicación con el cliente.



5. Op. 5: Cuando las piezas ya están listas para ingresar al proceso se conforman los lotes de producción, los operarios trasladan las piezas al lugar donde se colocan las piezas en soportes que serán manipulados a través de todo el proceso de galvanizado mediante un puente grúa.
6. Op. 6: Se coloca el lote de producción en los soportes utilizando ganchos o alambres, es importante en esta etapa el conocimiento y la experiencia del operario para obtener una buena inclinación en las piezas.
7. Op. 7: Ya conformado el lote de producción y disponible la tina de desengrasante hidroclean el operario encargado del puente grúa transporta el lote a sumergir hacia la primera tina.
8. Op. 8: Este primer baño tiene la finalidad de eliminar componentes como tierra, grasa o aceite antes de sumergir el lote en el ácido clorhídrico.
9. Op. 9: Cumplido el tiempo estipulado en el desengrasante y liberada una de las 3 tinas de decapado el operario deberá mover el lote en proceso hacia una de estas tinas.
10. Op. 10: Al sumergir el lote de producción en la tina de decapado -ácido clorhídrico- se elimina de la superficie de las piezas principalmente el óxido existente sobre la misma, permitiendo una superficie químicamente limpia apta para la inmersión en el zinc. En esta operación es el mismo operario el encargado de evitar que continúe con el proceso alguna pieza donde no haya actuado con suficiencia el ácido.
11. Op. 11: Si el operario verifica que está en condiciones lo traslada hacia la tina de restos de ácido clorhídrico.
12. Op. 12: Se sumerge el lote en proceso en la tina que elimina restos de ácido clorhídrico que contiene la pieza.
13. Op. 13: Finalizada la inmersión en la tina de enjuague de restos de ácido clorhídrico y liberada la tina que contiene el fundente se traslada el lote hacia esta última.
14. Op. 14: El lote de producción es sumergido dentro de una solución de cloruro de amonio, la finalidad de este último baño es la de facilitar la adherencia del zinc fundido en la pieza, además provee una capa que evita la formación de óxido en la pieza ya lista para ser sumergida.
15. Op. 15: Finalizada la preparación del lote para sumergirlo en zinc, el operario realiza una inspección antes de liberar el lote de producción a la siguiente etapa, se asegura visualmente que no existan zonas donde el zinc no pueda adherirse. Si el estado es el correcto deposita el lote en una zona intermedia donde los operarios encargados de la cuba de inmersión retiran dicho lote con un puente grúa que atiende exclusivamente la cuba de inmersión.
16. Op. 16: El lote en proceso es depositado sobre la cuba, para sumergirlo en el zinc fundido es necesario que la superficie de las piezas estén totalmente secas, además al elevar la temperatura de las piezas se evita un posible choque térmico, que puede deformar la pieza.
17. Op. 17: Sobre la superficie del zinc fundido se genera una capa de zinc oxidado e impurezas que antes de sumergir el lote debe retirarse para evitar un galvanizado inapropiado, para realizarlo los operarios utilizan dispositivos manuales que se depositan cercanos al área de trabajo.
18. Op. 18: El lote en proceso es sumergido en el zinc fundido, uno de los operarios se coloca cercano a la cuba de inmersión controlando el descenso de las piezas, el otro se encarga de controlar el puente grúa. Luego de haber sumergido el lote durante unos minutos, se comienza con el retiro del mismo.
19. Op. 19: El operario cercano a la cuba de inmersión, al momento de retirar el lote elimina el zinc oxidado que se deposita sobre la superficie, y se comienza a elevar el mismo.



20. Op. 20: Se eleva el lote sumergido buscando eliminar excedentes de zinc que puedan afectar la terminación de las piezas, en algunas ocasiones se golpean o mueven levemente sobre la cuba para eliminar este excedente.
21. Op. 21: Se trasladan las piezas desde la cuba de inmersión a un sector contiguo, donde se desmontan del soporte y se depositan en la zona de enfriamiento.
22. Op. 22: En esta zona las piezas se depositan a temperatura ambiente, es necesario disminuir la temperatura de las piezas para poder manipularlas en la zona de expedición.
23. Op. 23: Con las piezas a una temperatura adecuada para su manipulación de forma manual, se trasladan hacia la zona de expedición.
24. Op. 24: En esta etapa se debe eliminar excedentes de zinc que puedan tener las piezas, se realiza mediante limado o en el caso de roscas mediante un soplete. Luego son preparadas para la expedición al cliente, colocándolas sobre pallets, cestos o amarrándolas con alambre en caso de piezas de tamaño menor.
25. Op. 25: Con las piezas listas para ser entregadas al cliente se depositan en el lugar donde aguardará el retiro por parte del cliente.

Presentación de los productos galvanizados

Con el motivo de continuar con los estudios se deberá tener en cuenta cuales son los diferentes tipos de elementos que se galvanizan y su proporción con respecto a la totalidad de las piezas, la empresa no lleva una identificación estandarizada para cada pieza que es entregada por el cliente, cada trabajo se registra en su respectivo remito, pero no se le otorga una identificación interna que permita con obtener con certeza que tipo de pieza es cada trabajo.

Mediante observación directa se clasificaron los diferentes tipos de productos en familias de productos y se elaboró una tabla con las magnitudes proporcionales aproximadas de cada tipo.

Clasificación de productos		
Tamaño (volumen ocupado)		
<ul style="list-style-type: none"> • Herrajes pequeños • Crucetas • Ganchos • Conjuntos soldados • Barras de soporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Tapas semilladas • Tubos • Marcos de acero • Rejillas • Ductos • Perfiles • Tapas de gabinetes • Portones • Paneles separadores • Conjuntos soldados 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos • Postes • Torres • Rejillas • Perfiles • Vigas estructurales • Ductos • Varillas

Cuadro 4.1: Clasificación de los productos.



Tipo de piezas	Participación sobre la demanda (%)
Herrajes pequeños/Crucetas	10
Conjuntos soldados pequeños	15
Tapas/Marcos	20
Portones/Rejillas/Separadores/Pasamanos	20
Tubos/perfiles/ductos medianos	15
Tubos/Perfiles/Postes grandes	10
Torres/Perfiles estructurales	10

Tabla 4.2: Distribución porcentual.

El fin de esta clasificación es describir y conocer con más detalle cómo se componen los lotes de inmersión y poder continuar el análisis con una mayor certeza; en definitiva para el estudio se deberán buscar lotes de producción que permitan una cantidad de kilos por lote representativo.

Como se puede observar no existe una familia de productos predominante que permita un estudio generalizado y represente una gran porción de la demanda de los trabajos, se concluye que para seguir con los siguientes análisis se debería seleccionar algún elemento de tamaño mediano que permita incluir un peso de lote a galvanizar medio. Para ello se seleccionarán lotes compuestos por 16 cuadros de hierro de 69.5cmx85.5cmx5cm cada uno.



Figura 4.2: Los cuadros a tratar dispuestos como los entrega el cliente y por ser sumergidos en el zinc fundido.



Figura 4.3: Lote en zona de expedición.



Definido como lote de estudio se continuará el análisis con este tipo de trabajo, considerando los siguientes aspectos:

- Las piezas fueron entregadas por el cliente con un nivel moderado de óxido y presentaba en su superficie algunas marcas de pintura por lo que debió ser acondicionada antes de ingresar al galvanizado;
- Los lotes de inmersión se conformaron por 16 cuadros, obteniendo un total de 88 kg por lote de inmersión.

Estudio de tiempos

Para comenzar con un análisis de mayor profundidad del trabajo contenido en el proceso se considera necesario definir las diferentes etapas de manufactura dividiendo las tareas en pequeñas secciones o elementos. Estos elementos permitirán hacer un análisis más en profundidad, permitiendo determinar el tiempo que demora cada uno de ellos y haciendo posible evaluar el proceso con mayor facilidad. Otro aspecto positivo a considerar es que permitirá conocer con mayor grado de detalle como impactan las modificaciones que se realicen en un determinado sector del proceso.

La cuestión a resolver al momento de realizar esta división es establecer un criterio o parámetro para definir donde comienza y finaliza un determinado elemento. El marco teórico tomado como referencia (KANAWATY; 1996) propone algunas reglas generales para delimitarlos, por ejemplo que sean de identificación fácil con comienzo y fin claramente definidos; separar elementos manuales de los mecánicos o separar los elementos constantes de los variables.

Para este trabajo este “*criterio de corte*” se define según el tipo de tarea a realizar, para el caso donde la tarea sea realizada por un operario se establece como punto de corte al momento en que éste suelta el material o herramienta y seguidamente toma otra pieza o herramienta y comienza a realizar otra actividad; para el caso donde la operación es realizada principalmente en una máquina o instalación, con escasa incidencia del operario, se establece como punto de finalización al momento en que se comienza a trasladar hacia el siguiente proceso, por ejemplo en los procesos de inmersión en ácido clorhídrico o químico desengrasante.

En la tabla siguiente se detallan los elementos considerados y la descripción del punto de finalización o corte.



FICHA DESCRIPTIVA DE ELEMENTOS Y PUNTOS DE CORTE		
Nombre del proceso: Galvanizado por inmersión en caliente simple		
Analista: Luciano Ceballos		
Elem.	Descripción del elemento	Puntos de corte / finalización
1	Acondicionar piezas para galvanizar	Todos los elementos esta en condiciones de ingresar al proceso de galvanizado por inmersión en caliente
2	Trasladar a zona de conformación de lotes	Todos los elementos estan ubicados listos para comenzar a colocar en el soporte de inmersión.
3	Colocar los elementos en el soporte de inmersión.	Se retira el lote para la inmersión en solución desengrasante.
4	Inmersión en solución desengrasante	Se comienza a retirar el lote sumergido en la tina para trasladarlo hacia el siguiente proceso.
5	Inmersión en Acido Clorhídrico	Se comienza a retirar el lote sumergido en la tina para trasladarlo hacia el siguiente proceso.
6	Inmersión en solución de enjuague	Se comienza a retirar el lote sumergido en la tina para trasladarlo hacia el siguiente proceso.
7	Inmersión en solución flux	Se comienza a retirar el lote inmerso en la tina con solución flux.
8	Traslado a zona de inmersión en Zinc	El lote es retirado por el puente grúa de la zona de inmersión en zinc
9	Inmersión en zinc	Se depositan las piezas galvanizadas en la zona de enfriamiento a temperatura ambiente.
10	Descender temperatura de 20°	Se traslada el lote hacia la zona de expedición
11	Expedición	Se deposita el lote para la entrega al cliente

Tabla 4.3: Elementos de estudio.

Para la definición del número de ciclos a cronometrar se toma como referencia la sugerencia presentada en el cuadro 4.2 (KANAWATY,1996,p.301), donde se define el número de muestras a tomar en base a la duración del ciclo en estudio:



Minutos por ciclo	Hasta 0.10	Hasta 0.25	Hasta 0.50	Hasta 0.75	Hasta 1.0	Hasta 2.0	Hasta 5.0	Hasta 10.0	Hasta 20.0	Hasta 40.0	Más de 40
Número de ciclos recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Fuente: A. E. Shaw: «Stop-watch time study», en H. B. Maynard (publicado con la dirección de): *Industrial engineering handbook*, Nueva York y Londres, McGraw-Hill, 3ª edición, 1971. Reproducido con la autorización de McGraw-Hill Book Company.

Cuadro 4.2: Numero de ciclos recomendado.

Considerando el marco teórico que indica un tamaño de muestra de 3 ciclos para procesos de tiempo de ciclo mayor a 40 minutos, se optó por establecer una muestra de 5 lotes muestrales, para elevar el grado de confiabilidad del estudio.

El estudio se realizó de la siguiente manera:

1. Se relevaron los tiempos de cada elemento según el punto de corte establecido con anterioridad.
2. Para las tareas que se consideró que existía una incidencia directa por parte del operario en el tiempo relevado se realizó una valoración del ritmo de trabajo en función de la habilidad, motivación, conocimiento o destreza del operario. Esta valoración no tiene un criterio estricto que debe aplicar el analista y depende en gran medida de la destreza y experiencia que tenga éste en la realización de estudios de este tipo. Para ello se fijó un tiempo tipo, de referencia para tener un parámetro de valoración, identificando si existía un valor moda entre las observaciones, de no existir se consideraron valores que sean cercanos y se estableció el valor tipo en ese valor, y en el peor de los casos, cuando no existían valores relativamente cercanos se obtuvo el valor promedio de la muestra.
3. Fijado el punto de referencia se realizó la valoración de todos los valores de la muestra con respecto a este tiempo tipo, utilizando la escala de la norma británica presentada en la bibliografía de referencia; esto es valores del 50% al 150% con un incremento del 5%. Por ejemplo si durante la observación se consideró que el ritmo del operario era muy rápido, actuaba con gran seguridad, destreza en los movimientos y gran concentración, se valoró con 125%; si por el contrario se observó que existía cierta pereza, movimientos torpes o inseguros con cierta desconcentración la valoración fue de 70%.
4. Con el tiempo relevado y la valoración del ritmo de trabajo se obtuvo un tiempo normalizado; la obtención de este tiempo permite un valor que ya se encuentra con características óptimas para ser trabajado, más confiable para poder continuar con los estudios.
5. Luego a este tiempo estándar le fue añadido los diferentes suplementos. Para considerar necesidades o condiciones propias del empleado, que lo afectan e indirectamente afectan al tiempo cronometrado. Se adiciona un porcentaje que adicionan más tiempo al ya estabilizado en la etapa anterior. El propósito es establecer un tiempo estándar confiable y que tenga en cuenta necesidades relacionadas con el ser humano; de no realizarse esta consideración el tiempo que se establezca siempre será menor al que se obtiene en la realidad. Los valores de referencia aplicados fueron extraídos del marco teórico presentado con anterioridad (NIEBEL,2009,p.369).

A continuación los valores aplicados para todos los puestos de trabajo:



Calculo de tiempos suplementarios		
Suplementos Constantes		
Necesidad personal	5.0%	9.0%
Fatiga	4.0%	
Suplementos Variables		
Estado de pie	2.0%	5.0%
Uso de fuerza	1.0%	
Ruido	2.0%	
Suplementos por Contingencia		
Falta de M.P	-	
Paro mecanico	-	
Suplementos Totales		14.0%

Tabla 4.4: Valores de suplementos.

Observaciones:

- Todos los operarios son hombres
- El valor utilizado para el suplemento por uso de la fuerza fue el indicado para 5 kg.
- Todos los trabajadores realizan sus tareas de pie y disponen áreas de descanso para permanecer sentados en los momentos de inactividad.
- La iluminación es óptima en todos los sectores.
- El ruido se considera intermitente y fuerte.
- Solo para el puesto de trabajo que atiende la cuba de inmersión en zinc se añadió un adicional de 10% en concepto de condiciones atmosféricas para contemplar la elevada temperatura a la que está afectado el operario y otro 4% en concepto de tensión mental para contemplar la concentración que debe tener el operario al manipular piezas sumergidas, sobre o en cercanía de la cuba de zinc fundido.
- Durante el transcurso del estudio no se observaron paros o falta de materia prima recurrentes que justifiquen la necesidad de considerar suplementos por contingencias.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Elemento1: Acondicionar piezas a galvanizar	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	35.6	95.0%	33.78	14.0%	38.51
Ciclo 2	30.2	110.0%	33.22	14.0%	37.87
Ciclo 3	38.4	90.0%	34.56	14.0%	39.40
Ciclo 4	32.2	105.0%	33.76	14.0%	38.48
Ciclo 5	34.8	98.0%	34.10	14.0%	38.88
	34.2		33.88		38.63

Tabla 4.5: Elemento 1.



La tarea fue realizada por dos operarios, se estableció como tiempo tipo el valor promedio de las observaciones y se obtuvo un tiempo estándar de 38.63 minutos. Es oportuno aclarar que el proceso de acondicionar piezas es altamente variable y depende en gran medida de cómo lo entrega el cliente, como anteriormente se mencionó puede ser necesario eliminar rebabas de soldadura, restos de pintura o realizar modificaciones sobre la pieza. Para este caso el lote había sido entregado recientemente en condiciones regulares, fue necesario eliminar pequeñas salpicaduras de pintura.

Elemento 2: Traslado a zona de conformacion de lotes	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	2.3	100.0%	2.30	14.0%	2.62
Ciclo 2	2.3	100.0%	2.30	14.0%	2.62
Ciclo 3	2.1	110.0%	2.31	14.0%	2.63
Ciclo 4	2.5	95.0%	2.38	14.0%	2.71
Ciclo 5	2.6	105.0%	2.73	14.0%	3.11
	2.4		2.40		2.74

Tabla 4.6: Elemento 2.

Esta operación fue realizada por 2 operarios que transportaron de a 2 (una en cada brazo) las piezas que conformaron el lote de inmersión. Se estableció como valor tipo la moda de las observaciones, 2.3 minutos, y se obtuvo un tiempo estándar de 2.74 min.

Elemento 3: Colocacion de los elementos en soporte	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	11.2	90.0%	10.08	14.0%	11.49
Ciclo 2	9.7	100.0%	9.70	14.0%	11.06
Ciclo 3	10.1	100.0%	10.10	14.0%	11.51
Ciclo 4	8.4	115.0%	9.66	14.0%	11.01
Ciclo 5	9.6	100.0%	9.60	14.0%	10.94
	9.8		9.83		11.20

Tabla 4.7: Elemento 3.

La tarea de colocar los elementos en el soporte de inmersión la realizó un solo operario, que tiene gran experiencia en esta tarea, es importante la inclinación y una buena disposición de colgado de las piezas para obtener buen drenaje de los químicos y toda la superficie de la pieza galvanizada.



Elemento 4: Inmersión en químico desengrasante	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	2.0	2.0
Ciclo 2	3.3	3.3
Ciclo 3	5.3	5.3
Ciclo 4	3.1	3.1
Ciclo 5	5.0	5.0
	3.7	3.7

Tabla 4.8: Elemento 4.

Elemento 5: Inmersión en Acido clorhídrico	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo Estandar (min)
Ciclo 1	29.5	29.5
Ciclo 2	28.5	28.5
Ciclo 3	40.1	40.1
Ciclo 4	41.3	41.3
Ciclo 5	29.2	29.2
	33.7	33.7

Tabla 4.9: Elemento 5.

Elemento 6: Inmersión en solución de enjuage	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo Estandar (min)
Ciclo 1	15.0	15.0
Ciclo 2	15.1	15.1
Ciclo 3	17.8	17.8
Ciclo 4	16.0	16.0
Ciclo 5	16.7	16.7
	16.1	16.1

Tabla 4.10: Elemento 6.

Elemento 7: Inmersión en flux	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo Estandar (min)
Ciclo 1	13.4	13.4
Ciclo 2	17.8	17.8
Ciclo 3	16.7	16.7
Ciclo 4	12.1	12.1
Ciclo 5	19.7	19.7
	15.9	15.9

Tabla 4.11: Elemento 7.

Los elementos 4,5, 6 y 7 son operaciones que se dan en tinas de inmersión, por lo que no se consideran valoraciones por ritmo de trabajo diferente o adiciones de suplementarias o complementarias. Se estableció como tiempo estándar el promedio de los valores relevados.

Elemento 8: Traslado del lote a zona de inmersión	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	2.1	110.0%	2.30	14.0%	2.62
Ciclo 2	2.7	100.0%	2.70	14.0%	3.08
Ciclo 3	3.5	90.0%	3.15	14.0%	3.59
Ciclo 4	2.5	100.0%	2.50	14.0%	2.85
Ciclo 5	4.9	80.0%	3.92	14.0%	4.47
	3.1		2.91		3.32

Tabla 4.12: Elemento 8.

El elemento 8 comprende retirar el lote de inmersión de la tina de solución flux, depositarlo para que el operario que atiende el área de la cuba de inmersión en zinc lo retire y una vez depositado inspeccionar que la superficie se encuentre en el estado indicado para la inmersión en el zinc fundido.



Elemento 9: Inmersión en zinc	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	18.3	100.0%	18.30	28.0%	23.42
Ciclo 2	21.3	85.0%	18.11	28.0%	23.17
Ciclo 3	17.5	105.0%	18.38	28.0%	23.52
Ciclo 4	19.7	95.0%	18.72	28.0%	23.96
Ciclo 5	16.3	115.0%	18.75	28.0%	23.99
	18.6		18.45		23.61

Tabla 4.13: Elemento 9.

La inmersión en zinc se consideró desde el momento que se retira el lote saliente de la inspección al finalizar la inmersión en solución flux hasta el depósito en la zona de enfriamiento a temperatura ambiente; esto debido a que no se realizan tareas de forma paralela con otro lote de inmersión mientras ocurren estas tareas. Tal como se indicó para este puesto de trabajo se contemplaron además de los suplementos que fueron comunes para todos los puestos analizados, valores que representan el elevado grado de tensión mental al que se encuentra el operario al manipular el lote en la cuba de zinc fundido y las condiciones atmosféricas más exigentes con respecto a los demás operarios.

Elemento 10: Enfriar a temperatura ambiente	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	14.7	14.7
Ciclo 2	14.9	14.9
Ciclo 3	17.1	17.1
Ciclo 4	12.1	12.1
Ciclo 5	13.8	13.8
	14.5	14.5

Tabla 4.14: Elemento 10.

La tarea de enfriar a temperatura ambiente, necesaria para poder manipular las piezas en la tarea de expedición, no es influida en gran medida por la destreza, concentración, conocimiento o motivación de los operarios por lo que no se realiza una valoración de estos aspectos ni tampoco de suplementos que puedan ser necesarios en el análisis.



Elemento 11: Expedicion	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo normalizado + suplementos (min)	Tiempo Complem. (min)	Tiempo estandar (min)
Ciclo 1	17.5	95.0%	16.63	14.0%	18.95	2.00	20.95
Ciclo 2	16.6	100.0%	16.60	14.0%	18.92	1.50	20.42
Ciclo 3	16.4	100.0%	16.40	14.0%	18.70	2.80	21.50
Ciclo 4	17.1	95.0%	16.25	14.0%	18.52	1.80	20.32
Ciclo 5	16.1	105.0%	16.91	14.0%	19.27	2.90	22.17
	16.7		16.56		18.87		21.07

Tabla 4.15: Elemento 11.

La última tarea fue realizada por 2 operarios, que prepararon las piezas galvanizadas para la entrega al cliente. Se añadió al final un tiempo complementario que es el tiempo de transporte de la zona de expedición a la zona donde se depositan los trabajos a entregar al cliente.

Como medida de resumen obtenemos los siguientes valores:

Lead time produccion
184.62

El valor indicado es el tiempo que demora un lote de estudio en atravesar desde el primer proceso hasta el depósito de entrega al cliente.

Elemento	Tiempo/min	% Particip.	Elemento	Tiempo/min	% Particip.
1	38.63	21%	1	38.63	21%
2	2.74	1%	5	33.72	18%
3	11.20	6%	9	23.61	13%
4	3.74	2%	11	21.07	11%
5	33.72	18%	6	16.12	9%
6	16.12	9%	7	15.94	9%
7	15.94	9%	10	14.52	8%
8	3.32	2%	3	11.20	6%
9	23.61	13%	4	3.74	2%
10	14.52	8%	8	3.32	2%
11	21.07	11%	2	2.74	1%
Total	184.6	100%	Total	184.6	100%

Tabla 4.16: Participación de los elementos.

Se puede observar que el proceso con mayor tiempo de ciclo son el preparado inicial, la inmersión en la tina de ácido clorhídrico, la inmersión en zinc y la expedición. El proceso de preparación inicial, como anteriormente se ha indicado, tiene la particularidad que es altamente variable, dependiendo del estado de la pieza a galvanizar, ocurriendo con frecuencia que ciertos trabajos pueden ser ingresados al galvanizado sin mayores tiempos de preparación aprovechando los operarios para adelantar el



trabajo con lotes que si necesitan ser acondicionados; tal como ocurrió en este estudio. Es por esta razón y a los fines de este estudio que no será considerado como un proceso restrictivo.

Los tiempos que refieren a la tina de ácido son elevados debido a que se tienen 3 tinas de ácido clorhídrico, esto es para tener cierta holgura en el decapado y asegurar el correcto suministro a la inmersión en la cuba de zinc, que es el proceso clave dentro de la empresa. Además observando el proceso es evidente que los lotes de inmersión avanzan a la etapa siguiente a medida que se libera el proceso que le es próximo, esto ocurre desde el armado del lote, cuando se colocan las piezas en el soporte hasta la inmersión en la cuba de zinc fundido; siendo este último el proceso prioritario que ordena el avance de los lotes a lo largo de todo el proceso.

En base a lo anterior se estudia con más detalle dicho proceso, a los fines de obtener una noción del ritmo de producción para los lotes de producción definidos en estudio:

FICHA DESCRIPTIVA DE ELEMENTOS Y PUNTOS DE CORTE		
Nombre del proceso: Inmersión en caliente simple		
Analista: Luciano Ceballos		
Elem.	Descripción del elemento	Puntos de corte / finalización
1	Retirar lote de inmersión	El lote es depositado sobre la cuba de inmersión
2	Depositar sobre cuba de inmersión	El lote esta en condiciones de descender en el zinc fundido
3	Inmersión en zinc fundido	Se retira el lote de inmersión de la cuba de zinc fundido
4	Trasladar a zona de enfriamiento a 20°C	Se retira un nuevo lote para iniciar con el ciclo otra vez

Tabla 4.17: Elementos de estudio.

Se consideraron los siguientes suplementos:



Calculo de tiempos suplementarios		
Suplementos Constantes		
Necesidad personal	5.0%	9.0%
Fatiga	4.0%	
Suplementos Variables		
Estado de pie	2.0%	14.0%
Fatiga termica	10.0%	
Ruido	2.0%	
Suplementos por Contingencia		
Falta de M.P	-	
Paro mecanico	-	
Suplementos Totales		23.0%

Tabla 4.18: Suplementos considerados.

Un aspecto a destacar es que al momento del estudio en ningún momento las operaciones se detuvieron debido a falta de materia prima (lote a sumergir en este caso) o fallos mecánicos.

Se presentan los valores obtenidos:

Elemento1: Retirar lote de inmersión	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)	Tiempo Complem. (min)	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	0.7	130.0%	0.91	23.0%	1.12	0.00	1.12
Ciclo 2	1.2	90.0%	1.08	23.0%	1.33	0.00	1.33
Ciclo 3	1.2	90.0%	1.08	23.0%	1.33	0.00	1.33
Ciclo 4	1	100.0%	1.00	23.0%	1.23	0.00	1.23
Ciclo 5	0.7	130.0%	0.91	23.0%	1.12	0.00	1.12
Ciclo 6	0.7	130.0%	0.91	23.0%	1.12	0.00	1.12
Ciclo 7	1.2	90.0%	1.08	23.0%	1.33	0.00	1.33
Ciclo 8	1	100.0%	1.00	23.0%	1.23	0.00	1.23
Ciclo 9	1.4	100.0%	1.40	23.0%	1.72	0.00	1.72
Ciclo 10	0.9	110.0%	0.99	23.0%	1.22	0.00	1.22
	1.0		1.04		1.27		1.27

Tabla 4.19: Elemento 1.



Elemento 2: Deposito sobre cuba de inmersión	Tiempo Cronometro (min)	Tiempo estandar (min)
Ciclo 1	10	10.00
Ciclo 2	9.7	9.70
Ciclo 3	18.7	18.70
Ciclo 4	7.7	7.70
Ciclo 5	16.2	16.20
Ciclo 6	10	10.00
Ciclo 7	15.8	15.80
Ciclo 8	14.25	14.25
Ciclo 9	11.3	11.30
Ciclo 10	16.8	16.80
	13.05	13.05

Tabla 4.20: Elemento 2.

El elemento que corresponde al deposito sobre cuba de inmersión no implica una valoración de ritmo de trabajo ni establecimiento de suplementos al desarrollarse en su mayoría sin participación del operario.

Elemento 3: Inmersión en zinc	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)
Ciclo 1	4.1	125.0%	5.13	27.0%	6.51
Ciclo 2	6.7	80.0%	5.36	27.0%	6.81
Ciclo 3	5	110.0%	5.50	27.0%	6.99
Ciclo 4	6	105.0%	6.30	27.0%	8.00
Ciclo 5	4.8	110.0%	5.28	27.0%	6.71
Ciclo 6	9.2	70.0%	6.44	27.0%	8.18
Ciclo 7	6	90.0%	5.40	27.0%	6.86
Ciclo 8	3.6	130.0%	4.68	27.0%	5.94
Ciclo 9	3.9	130.0%	5.07	27.0%	6.44
Ciclo 10	4.9	110.0%	5.39	27.0%	6.85
	5.4		5.45		6.93

Tabla 4.21: Elemento 3.

Para el elemento correspondiente a la inmersión en zinc se considera adicionalmente un suplemento de 4% debido a la tensión mental que requiere la tarea.



Elemento 4:Trasladar a zona de enfriamiento a 20°C	Tiempo Cronometro (min)	Valoración ritmo de trabajo	Tiempo Normaliz. (min)	% de Suplement.	Tiempo estándar (min)	Tiempo estandar (min)
Ciclo 1	2.1	100.0%	2.10	23.0%	2.58	2.58
Ciclo 2	2.2	100.0%	2.20	23.0%	2.71	2.71
Ciclo 3	2.4	90.0%	2.16	23.0%	2.66	2.66
Ciclo 4	2.3	100.0%	2.30	23.0%	2.83	2.83
Ciclo 5	3.4	70.0%	2.38	23.0%	2.93	2.93
Ciclo 6	1.5	130.0%	1.95	23.0%	2.40	2.40
Ciclo 7	1.5	130.0%	1.95	23.0%	2.40	2.40
Ciclo 8	3	75.0%	2.25	23.0%	2.77	2.77
Ciclo 9	1.3	130.0%	1.69	23.0%	2.08	2.08
Ciclo 10	2.1	100.0%	2.10	23.0%	2.58	2.58
	2.2		2.11		2.59	2.59

Tabla 4.22: Elemento 4.

Como valores resumen se obtuvieron:

Resumen USP Total Minutos		
Elemento	Tiempo/min	% Particip.
1	1.27	5.3%
2	13.05	54.7%
3	6.93	29.1%
4	2.59	10.9%
Total	23.84	100.0%

Tabla 4.23: Tabla resumen de tiempos.

USP TOTAL
23.84

Siendo USP el acrónimo de unidad estándar de producción. El valor indicado corresponde al tiempo de ciclo para un lote de estudio (88 kg por lote).

El conocimiento de la unidad estandar de produccion en el proceso restrictivo permite cuantificar la capacidad de produccion global para el sistema productivo bajo análisis y posibilita obtener una base sólida para estimar el grado de cumplimiento en un determinado periodo de tiempo, en este caso mensual.



CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PLANTA	
Dias habiles del mes	24
Numero de turnos	1
Horas por turno	8
Factor de minutos	60
Factor de eficiencia	95%
USP del producto (minutos)	23.8
Capacidad de planta (minutos)	10,944
Capacidad de planta (unidades)	459

Tabla 4.24: Calculo de la capacidad de planta.

Durante el desarrollo el relevamiento en planta en ningún momento se detuvo el proceso, ya sea por indisponibilidad de medios o material, ni se debieron hacer reprocesos por lo que se considera un factor de eficiencia de 95%.

Considerando que se definió cada unidad en 88 kg, se obtuvieron los siguientes valores:

Item/lote	16
kg/por item	5.5
kg/lote	88

Kg por mes	40398
------------	-------

Tabla 4.25: Capacidad en kilos.

Cursograma analítico y diagrama de recorrido

A continuación se presenta el cursograma analítico de elemento, para poder identificar de forma particular los tipos de operaciones que se dan dentro del proceso, correspondiente al lote de producción definido anteriormente. Con este recurso, principalmente mediante la simbología propia de esta herramienta, se pretende obtener una imagen más detallada de toda la secuencia de acontecimientos del proceso; se podrá además conocer la situación actual con respecto a la distribución en planta y la administración del manejo de los materiales; evidenciar esperas que posiblemente no se eliminen pero sí que se los reduzca; e incluso para comparar el método actual con el método propuesto en caso de estudiar un modificación.

Permitirá además esta herramienta, determinar si existen diversos costos ocultos como distancias recorridas, retrasos, operaciones duplicadas o almacenamientos temporales que afectan el desempeño de los trabajos en curso.

A su vez se complementa con un diagrama de recorrido dentro de la planta para conocer el trayecto de los elementos a través de la planta y complementar el cursograma siendo posible representar como es la distribución en planta y como están distribuidos los procesos. A través de esta herramienta se podrá trazar los diferentes recorridos, las áreas de tránsito o congestión que puedan convertirse en zonas donde pueden generarse esperas que impidan un flujo de materiales, una restricción que condiciona el comportamiento normal de la planta de manufactura.



Cursograma Analítico

Cursograma analítico del proceso									
Hoja N°1 De:1		Operar.	Mater.	X	Maqui.				
Proceso: Galvanizado por inmersión en caliente estandar		Resumen							
Fecha: 27/8		Símbolo	Actividad	Actual					
El estudio inicia: 8:05		●	Operación	10					
Método: Actual:X Propuesto:___		→	Transporte	9					
Producto: Galvanizado por inmersión en caliente estandar		■	Inspección	2					
Elaborado por: Ceballos,Luciano		◐	Espera	6					
Tamaño del Lote: 1		▽	Almacenamiento	1					
		Total de Actividades realizadas		28					
		Distancia total en metros		49					
		Tiempo (min)		187					
Numero	Descripción del proceso	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Minutos	Símbolos procesos				
					●	→	■	◐	▽
1	Acondicionar las piezas a galvanizar	1		38.6	●				
2	Trasladar a zona de conformación de lotes	1	8.0	2.6	→				
3	Esperar por soporte	1		0.2				◐	
4	Colocar las piezas en soporte de inmersión	1		9.0	●				
5	Esperar por puente grúa	1		2.2				◐	
6	Trasladar a solución química desengrasante	1	2.0	1.5	→				
7	Sumergir en solución química desengrasante	1		1.5	●				
8	Esperar por puente grúa	1		0.7				◐	
9	Trasladar hacia Acido clorhídrico	1	2.5	0.5	→				
10	Sumergir en Acido clorhídrico	1		18.0	●				
11	Esperar por puente grúa	1		15.2				◐	
12	Trasladar hacia solución de enjuague	1	2.5	1.5	→				
13	Sumergir en solución de enjuague	1		10.0	●				
14	Esperar por puente grúa	1		4.5				◐	
15	Trasladar hacia solución flux	1	2.0	0.8	→				
16	Sumergir en solución flux	1		10.0	●				
17	Esperar por puente grúa	1		5.2				◐	
18	Trasladar hacia zona de inmersión en zinc	1	4.0	2.5	→				
19	Inspección previa sector galvanizado	1		0.7				■	
20	Transportar hacia cuba de zinc fundido	1	5.0	1.6	→				
21	Depositar sobre cuba de zinc fundido	1		13.0	●				
22	Sumergir en zinc fundido	1		6.0	●				
23	Trasladar hacia zona de descenso de temperatura	1	4.0	3.0	→				
24	Descender a temperatura a 20 °C	1		14.5	●				
25	Trasladar a zona de expedición	1	11.0	1.0	→				
26	Acondicionar para expedición	1		21.0	●				
27	Depositar en zona de finalizados	1	8.0	2.0	→				
			49.0	187.3	[m]				
Observaciones: Las piezas son acondicionadas en el depósito de materiales a galvanizar.									

Figura 4.4: Cursograma analítico.

Al momento de relevar las operaciones se identificó que en las operaciones de inmersión en desengrasante, ácido clorhídrico, solución de enjuague y solución de flux a veces los lotes



permanecían sumergidas en los químicos hasta que se libere la tina siguiente a la que tenía que ser trasladado el lote, para profundizar en el análisis fué necesario diferenciar la tarea que es realmente necesaria y luego el tiempo restante se lo califico como tiempo de espera. Esto es debido a que el proceso se encuentra estratégicamente sobredimensionado antes de la inmersión en zinc; para evitar una falta de provisión a la cuba con zinc fundido.

En las tareas 19 y 26 existen tareas de inspección que se realizan en simultaneo con otras tareas. En el caso de la tarea 19 el operario retira el lote de la tina de solución fundente (flux) y lo traslada hacia la zona donde luego será retirado por el operario que atiende la cuba de zinc fundido, al momento de colocarlo realiza una inspección visual para determinar si puede el material seguir el curso del proceso, esto es si la superficie del material se encuentra apta para ser sumergido en el zinc fundido. En el caso de la tarea 26, el material ya galvanizado y antes de comenzar con el proceso de expedición, el operario verifica visualmente que la superficie de la pieza galvanizada esté cubierta de zinc en su totalidad.

Con respecto a los diferentes tipos de tareas que se realizan, un 32% son tareas de transporte y ninguna puede considerarse como no necesaria, la gestión de los movimientos en esta empresa es considerada muy buena. Un 36% son tareas de operación de las cuales ninguna se ha identificado como eliminable o combinable con otra, otro 20% son elementos categorizados como espera, donde el lote debe esperar que se desocupe la tina siguiente para avanzar en el proceso; representan a su vez el 20% del tiempo total del proceso y en gran proporción corresponde al tiempo que permanece en el ácido clorhídrico (responsable del 50% de este tiempo de espera) que como ya se mencionó es debido a una sobredimensión en este proceso para asegurarse un buen decapado.

La totalidad de las tareas restantes lo componen tareas de inspección y almacenamiento final.



Diagrama de recorrido

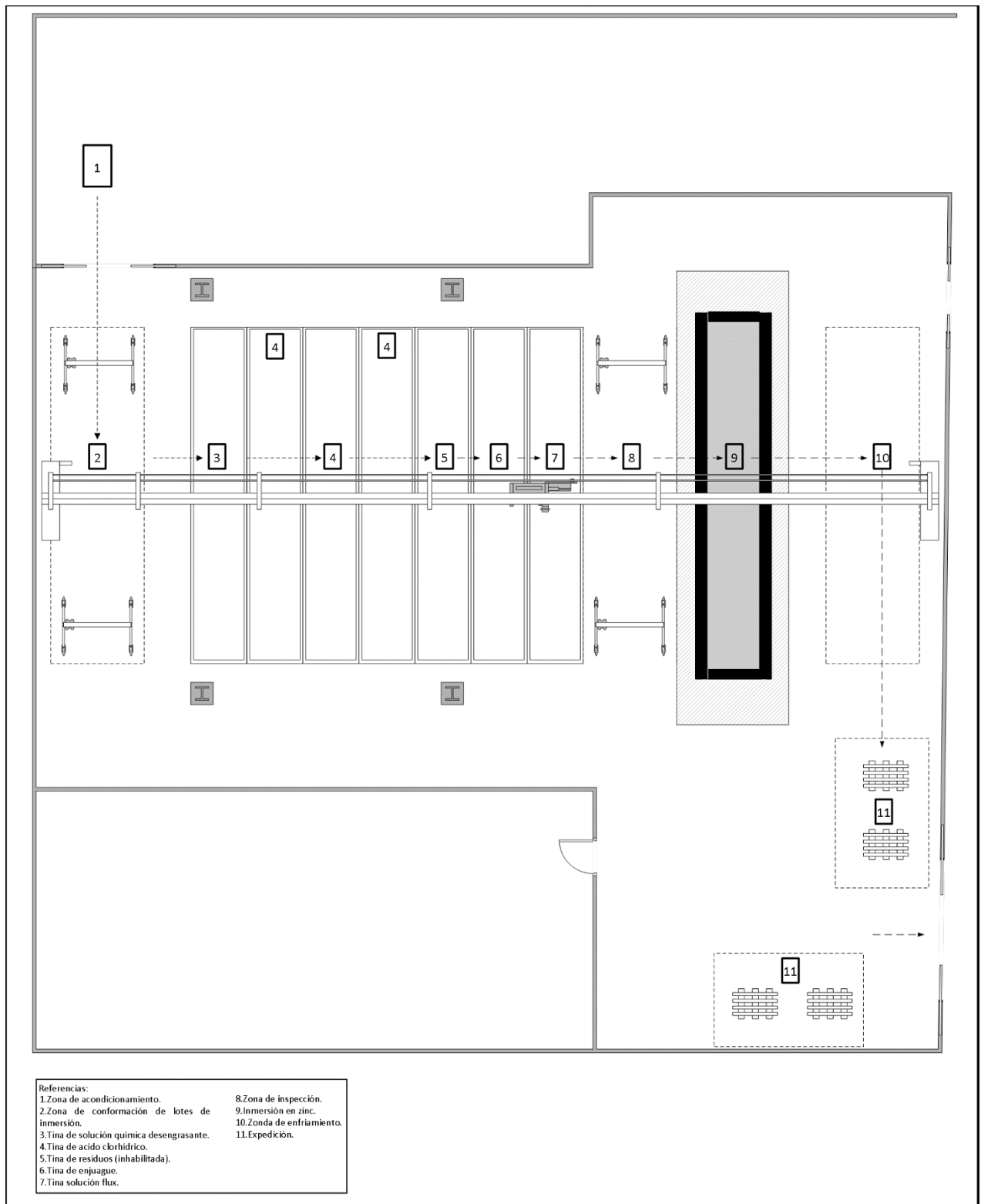


Figura 4.5: Diagrama de recorrido.

Como se puede notar el recorrido de los materiales dentro de la planta es óptimo, no existen desplazamientos entre instalaciones dispersas que puedan indicar una mala disposición de las



instalaciones o desplazamientos excesivos. El trazado describe una forma de “L”, orientado al producto, favoreciendo una muy elevada utilización de los equipos y la minimización de los desplazamientos de los operarios.

Value Stream Mapping

Una vez concluido el análisis de tiempos se inicia con la construcción del Value Stream Mapping (VSM) de la organización para observar los tiempos de ciclo de cada proceso, el tiempo total del proceso y algunas cuestiones que permite la simbología propia de esta representación.

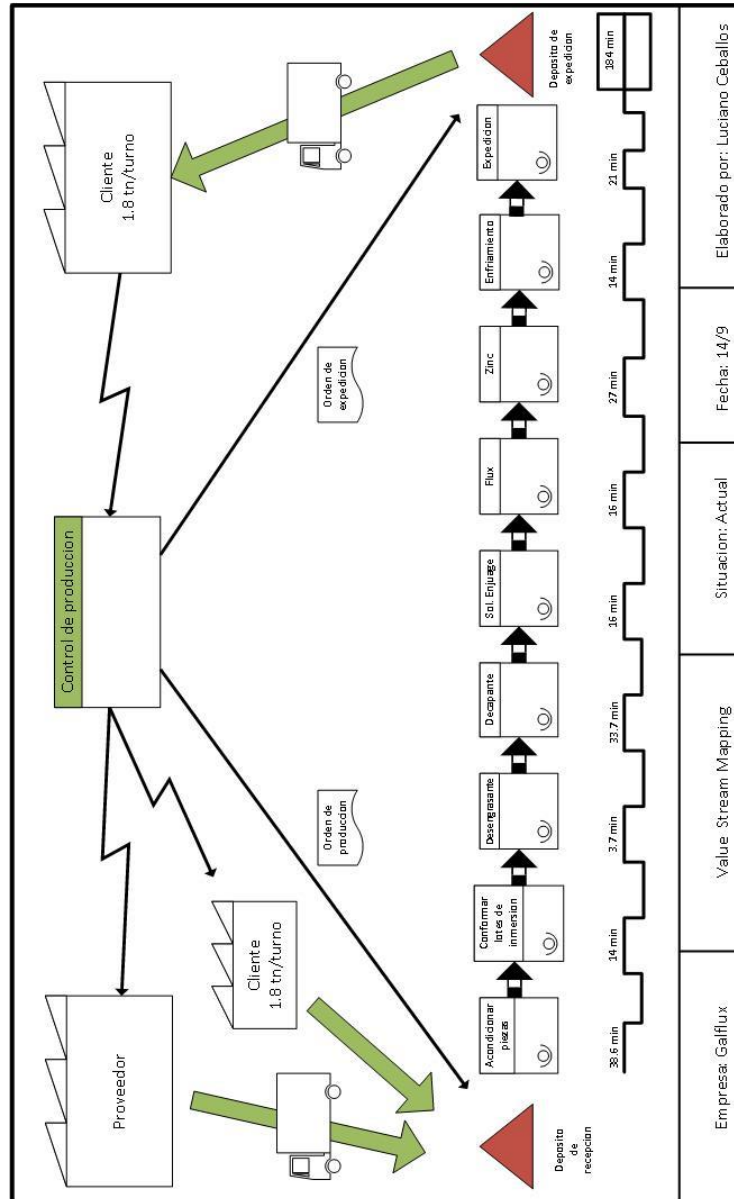


Figura 4.6: Value Stream Mapping.

Del VSM elaborado además de diagramar los procesos con el mayor tiempo ciclo podemos ver que los elementos a galvanizar son entregados por el cliente y son depositados en las instalaciones de la empresa a la espera de ser ingresados a producción, que se da al momento de generar la orden de producción por el encargado de la planificación de la producción. Luego al finalizar el galvanizado el



lote se deposita en la zona de expedición al cliente y mediante una orden de expedición, impartida por también por el encargado de la planificación, el trabajo es entregado al cliente.

De lo anterior se evidencia que existe una gran dependencia a lo largo de toda la cadena de la participación del encargado de la planificación de la producción, que es quien además tiene el contacto comercial con el cliente, aspecto a considerar con posterioridad al momento de formular el plan de acción que se propone en este trabajo.

Análisis de la situación relevada

Para poder continuar con el análisis es necesario retomar cuáles son los desperdicios que propone la filosofía Lean y considerar los identificados al momento de relevar la planta de producción:

- Transporte y movimientos innecesarios: Tal como se expuso en el diagrama de recorrido los trabajos fluyen a través de las instalaciones sin mayores complicaciones, la distribución de las instalaciones por las que atraviesan los lotes de producción están próximos el uno con el otro por lo que no existen inventarios intermedios entre una estación de trabajo y otra. Se concluye entonces que los desperdicios de este tipo no merecen una mayor atención pero igualmente serán considerados al momento de proponer planes de acción para eliminarlos o reducirlos al mínimo.
- Rechazos o reprocesos: El proceso cuenta con varios puntos donde se controla que el trabajo en curso se encuentre en condiciones tales que se le permita el avance hacia la siguiente tarea. Al inicio se verifica que las piezas a galvanizar cumplan con las condiciones de geometría y estado superficial correctas para permitir un correcto drenaje de los químicos en los que se sumerge el lote y una correcta inmersión en el zinc fundido; estas condiciones son en gran parte comunicadas por el área comercial y luego verificadas al momento de recibir los elementos en la planta. Luego una vez ingresado al proceso y luego de salir de la inmersión en flux se verifica visualmente por parte de un operario que la superficie se encuentre en condiciones tal que la pieza pueda ser sumergida en el zinc fundido, de no cumplir con esta condición se reingresan a la tina de ácido clorhídrico y los sucesivos baños que componen el proceso. Por último al momento de finalizar la inmersión en zinc se verifica que toda la superficie de las piezas se encuentren correctamente cubiertas de zinc. Al momento de recorrer la planta no se encontraron elementos no conformes que requieran un mayor estudio para los fines de este trabajo y si se verificó la capacidad de los operarios de detectar las no conformidades y cuáles son las acciones a realizar para solucionar tal deficiencia. Por lo que para este trabajo solo se va a considerar el desperdicio al que se pueda incurrir por un inadecuado estado de los materiales a galvanizar al momento de ingresar a la planta de producción.
- Tiempos de espera: Con respecto a esta categoría, se identificaron diversos tiempos de espera que afectan el lead time de producción, pero no existen tiempos de espera donde por ejemplo no se inicie determinado proceso por falta de suministro, paradas frecuentes que generen colas de espera en determinado proceso, o incluso stocks intermedios esperando a ser procesados. Influye en este aspecto la distribución orientada al producto donde la producción es continua y repetitiva “*de lote en lote*” existiendo poco margen para que el proceso deba detenerse por un fenómeno de este tipo. Por lo anterior solo se considerarán estos tiempos de espera identificados como un factor que afecta en el lead time de producción; a tener en cuenta a la hora de establecer metodologías para establecer un proceso de mejora continua.
- Inventario y sobreproducción: Los inventarios de mayor importancia son los de productos pendientes y productos finalizados, en este trabajo se los considera como la mayor causa de desperdicios, de mayor incidencia en la operativa de la empresa, ya que son objetos que pertenecen al cliente y demandan espacio de almacenamiento, cuidados, vigilancia y gestión;



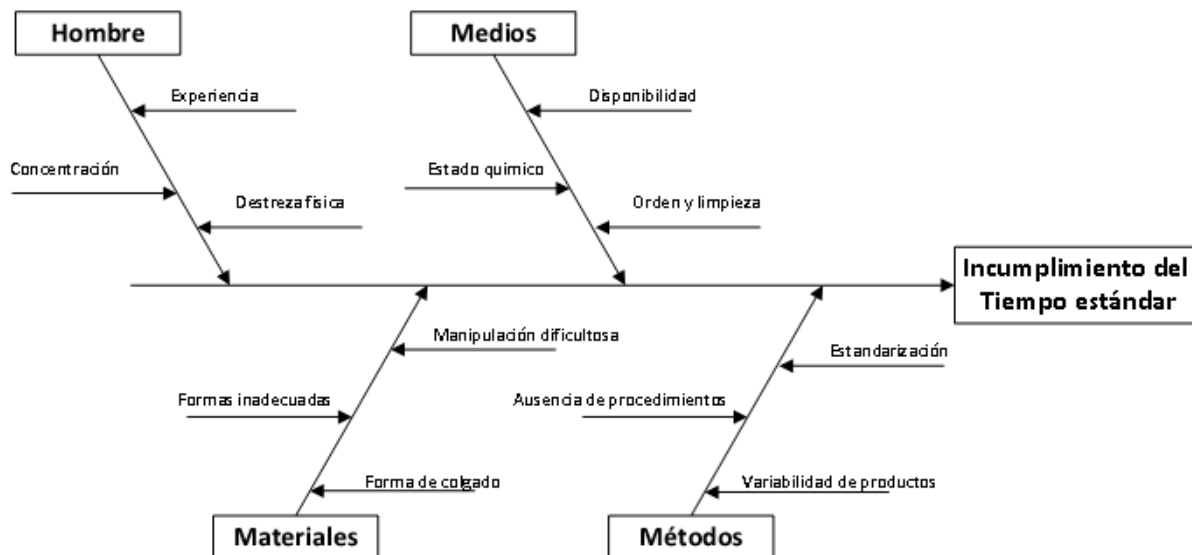
pueden provocar costos por deterioros en la manipulación, la obsolescencia de los materiales a galvanizar e incluso el incremento del lead time con posible insatisfacción para clientes. Es por estas causas que se considera que existe en la empresa una marcada necesidad de establecer una forma de gestionar los inventarios mencionados con anterioridad, siendo el aspecto central a considerar en el desarrollo del trabajo en curso.

En cuanto a la sobreproducción, en este caso es entendida como galvanizar un lote justo en el momento en el que se necesita. La prioridad de los pedidos son establecidos por el área comercial, diariamente en función de las necesidades de entrega, pero es necesaria una sistematización para que tal información sea comunicada sin la necesidad de la participación activa de tal persona.

Diagrama Causa Efecto

Anteriormente se mencionó de la necesidad de establecer la cultura de la mejora continua dentro de la empresa, para ello es necesario identificar cuáles son los aspectos que impactan en el desempeño de los lotes en curso, es decir que impactan en el lead time de producción generando el incumplimiento del tiempo estándar definido con anterioridad.

Surge como herramienta útil para este análisis el diagrama causa-efecto para tratar de conocer las causas que pueden afectar le desempeño en planta y generar el incumplimiento de los tiempos previstos, la variable a estudiar será el tiempo ciclo del proceso en general.



Elaborado por: Luciano Ceballos Fecha: 14/10

Figura 4.7: Diagrama causa-efecto.

Se considera la experiencia del operario como una amenaza al cumplimiento del tiempo estándar debido a que influye, por ejemplo, en la conformación del lote a galvanizar; es necesario que la persona que realiza esa tarea sepa colocar las piezas de tal forma que se garantice un buen drenaje y contacto con el zinc. Otros aspectos relativos a la mano de obra son la concentración y la destreza física a la hora de manipular los elementos, que toman mayor importancia en el sector de inmersión en zinc.



La disponibilidad de medios es otro potencial causante del incumplimiento del tiempo estándar, las esperas generadas porque el puente grúa todavía está ocupado en otra tarea es un ejemplo, aunque los tiempos obtenidos están dentro de parámetros normales para este tipo de proceso, el aspecto positivo es que existe una alta disponibilidad de este tipo de dispositivos debido al mantenimiento periódico realizado por la empresa. Similar es la situación del estado de los químicos en los que se sumerge el lote de inmersión, se controla diariamente que estén en los parámetros especificados para cumplir con su propósito. Por último el orden y la limpieza es otro aspecto que afecta pudiendo generar búsquedas de herramientas innecesarias, aspecto a considerar con posterioridad.

La estandarización y la ausencia de procedimientos están relacionadas, pero se consideran por separado, la primera más relacionada con el tiempo estándar en que debería realizarse determinada tarea, y la segunda en aspectos como por ejemplo la definición de un procedimiento de limpieza o auto mantenimiento. Con respecto a la variedad de productos, relacionado también con la estandarización, la gran variedad de piezas que se galvanizan hace difícil la determinación de tiempos estándares provocando muchas veces que no se conozca con exactitud el tiempo que debería tardar la inmersión en zinc de una determinada pieza.

Como último aspecto identificado, el material como causa de incumplimiento del tiempo estándar, debido a que formas complejas no permiten una disposición de colgado correcto que facilite un buen decapado o una inmersión en zinc sin mayores complicaciones; esto puede provocar que los lotes de inmersión no cumplan con el tiempo a priori definido.

Cada una de las causas identificadas serán consideradas en posterioridad al momento de elaborar las acciones que se proponen.



5. Propuestas de acción

En el siguiente capítulo se desarrollarán las propuestas de acción consideradas como oportunas a implementar en la organización, estas propuestas o planes de acción se plantean en función de 2 dimensiones:

- La potencial eliminación o reducción de los desperdicios identificados en el capítulo anterior y;
- La eliminación de las causas que atentan en el tiempo estándar de producción, identificadas en el diagrama causa efecto.

Además se priorizarán propuestas que cumplan las siguientes condiciones:

- Que no necesiten una inversión significativa;
- En relación con la primera restricción, que no impliquen un cambio significativo en las instalaciones de la empresa, y por último;
- Que sean implementables en el corto plazo.

Estas restricciones se plantean en base a la situación actual de la empresa y considera el autor que serán de mayor utilidad para la empresa.

Manual de diseño y adecuación

La condición en la que se entrega el material a galvanizar es determinante del tiempo en proceso, esto hace referencia tanto al nivel de corrosión que tiene el elemento al momento de la entrega por parte del cliente como la forma geométrica que tienen las piezas a galvanizar; dado que la variabilidad de las piezas a trabajar en cuanto a formas y tamaños es muy considerable. El área comercial es la encargada de comunicar al cliente lo que internamente se denomina "*buenas prácticas de diseño para el galvanizado por inmersión*", a los fines de que el cliente considere al momento de fabricar la pieza ciertos requisitos que deben cumplirse para poder someter a la misma al galvanizado por inmersión en caliente. Es aquí donde se encuentra la primera oportunidad de mejora ya que el área comercial y el encargado de producción han manifestado la necesidad de tener un documento formal que se pueda entregar al cliente para facilitar la instancia de cotización, donde se indiquen requisitos que deberán tener las piezas para obtener un galvanizado de buena calidad y bajo costo. Esto evitará inconvenientes debido a una mala comunicación del cliente y la necesidad eventual de hacer modificaciones necesarias para poder galvanizarla. Se propone, con este fin, un manual de Adecuación y Diseño (Anexo 1) que será entregable al cliente y contemplará requisitos a considerar para cada tipo de pieza.

En añadido y considerando los desperdicios a los que se pueden llegar a incurrir por no cumplir con las condiciones adecuadas de inmersión, tener una forma de este tipo para comunicar estos requisitos es una medida de evitar desperdicios de reprocesos o rechazos que se puede dar en los siguientes casos, por citar algunos:

- Que el elemento a galvanizar no permita un correcto decapado o drenaje de los demás químicos en los que se sumerge el lote, generando la existencia de zonas en la pieza a galvanizar que no permitan la correcta adherencia del zinc fundido;



- Una ineficaz inmersión en el zinc fundido, donde por las características de la pieza el zinc no ingresa -orificios muy pequeños, superficies solapadas- o al galvanizarse se pierde funcionalidad -partes móviles-, exigiendo un reproceso posterior.

Además y teniendo en cuenta las causas que afectan el cumplimiento del tiempo estándar, expuestas en el diagrama causa efecto, se buscará con esto atenuar las implicancias de la manipulación dificultosa que puedan tener las piezas a galvanizar, la forma de colocar las piezas en el soporte de inmersión y la geometría inadecuada; además de la experiencia propia del operario que se encarga de adecuar las piezas y colocarlas en el soporte de inmersión.

Por último es necesario aclarar que todas estas cuestiones son controladas por la empresa, pero con la elaboración de un manual de este tipo se busca que ese conocimiento y experiencia de, principalmente el área comercial y de los operarios, también queden plasmadas en un documento para convertir ese conocimiento propio de las personas en un conocimiento de la empresa; con el objetivo de que las piezas arriben a la planta en el estado óptimo con la mayor facilidad de comunicación posible.

Kanban: Control de trabajos pendientes, en curso y finalizados

Durante el desarrollo del capítulo 3 se expuso que en esta empresa el inventario es una considerable fuente generadora de desperdicios, para abordar tal situación se consideraron las diferentes oportunidades de mejora que propone la bibliografía consultada a modo orientativo y se identificaron las siguientes cuestiones:

- Los lotes a galvanizar son recibidos y depositados en el depósito de trabajos pendientes, pero no existe una identificación clara de a quien pertenecen, fechas de recepción o entrega, tipo de trabajo a realizar, entre otras cuestiones;
- Los lotes en proceso y finalizados no tienen una identificación clara a quien pertenecen o si ya se ha galvanizado completamente y pueden ser entregados al cliente ó todavía faltan elementos de ser tratados.

En correlación con lo anterior al no identificarse los trabajos presentes en la planta no existe una clara identificación de las prioridades de cada trabajo, siendo una amenaza al posible incumplimiento de la fecha de entrega pactada al cliente. Este control lo lleva el área comercial, pero existe la necesidad de sistematizar esa información para minimizar al mínimo la posibilidad de producir un lote inadecuado en determinado momento.

Además, uno de los socios manifiesta que se debe trabajar sobre el área de recepción y preparación de los lotes de producción, ya que lo considera que le ocupa mayor tiempo de gestión.

Considerando lo anterior se advierte necesario tener un seguimiento de los lotes a trabajar, con ello se obtendrá un flujo de trabajo más ordenado y fluido donde sea fácilmente identificables cuestiones como cliente, prioridad de los lotes o tipo de trabajo a realizar; información que actualmente la comunica el socio encargado del área comercial.

Surge como alternativa de solución, en base a lo brindado por la filosofía Lean Manufacturing la oportunidad de implementación de un sistema Kanban, adaptado a las necesidades de este caso particular, con este fin se propusieron los siguientes objetivos específicos que indicaban las motivaciones de las acciones a implementar:

- a. Mantener un control de los elementos que han ingresado a la planta para ser galvanizados:
Al momento de recibir el lote a galvanizar se depositan en un sector destinado para ese fin, se considera oportuno identificar estos trabajos a realizar de tal forma que se pueda conocer



- ágilmente la cantidad de lotes que se encuentran en espera de iniciar el galvanizado, los que están en proceso y los que ya han sido galvanizados;
- Identificar los trabajos pendientes de ser galvanizados: Depositados en la zona de recepción no se identifican adecuadamente por lo que no se puede conocer de forma práctica cuestiones referidas al cliente a quien pertenecen, tipo de trabajo a realizar o fechas de recepción y entrega. Con ese fin es importante definir una forma práctica y fehaciente de identificarlos y comunicar esta información.
 - Identificar los lotes de producción en proceso: Al momento de ingresar a producción se van retirando las piezas, pero se considera importante tener información sobre su ingreso a la línea de galvanizado, así como también si es que se ha tenido que dividir en varios lotes de inmersión.
 - Identificar los trabajos ya galvanizados y listos para entregar al cliente: Cuando se finaliza el galvanizado se depositan en una determinada zona y se comunica al cliente que puede retirar sus elementos, siendo necesario un seguimiento constante de los pedidos finalizados por parte del área comercial.
 Para evitar esto se considera necesario identificar los trabajos ya realizados, de esta forma el encargado de avisarle al cliente que ya puede retirar sus materiales podrá consultar de forma ágil que determinado lote ha sido finalizado;
 - Plasmar esta información de la manera más simple posible: Al momento de gestionar toda la información definida con anterioridad sería conveniente hacerlo de la forma más simple posible, para ello se centralizará toda esta información en una pizarra donde los diferentes operarios que intervengan en el proceso actualicen el estado de cada trabajo con la mayor practicidad posible y se genere un ambiente de compromiso por parte de todo el grupo de trabajo;
 - Generar una identificación de los lugares disponibles: Tanto para almacenar los materiales que están en espera de ser procesados y los que ya están listos para ser retirados por el cliente, surge la necesidad de individualizar cada lugar disponible en el depósito de los elementos a galvanizar y el de los que están listos para entregar al cliente, con ello se busca establecer un orden determinado, permitiendo que los lotes sean gestionados con mayor rapidez.

Descripción de la implementación preliminar:

En los siguientes ítems se describe como se propuso la implementación preliminar.

1.Recepción del material:

Al momento en que el operario recibe los materiales a galvanizar deberá:

- Colocar en el lote a galvanizar la identificación debida: En primera medida será realizada mediante chapas identificatorias que serán sujetadas al lote pendiente; con un marcador se colocará el número de lote y el cliente correspondiente.

Identificación de lote	KBI-V1
Numero de identificacion	
Cliente	

Cuadro 5.1: Registro KBI-V1.



- Completar la Tarjeta Kanban de Producción de ese lote y colocarla en la zona de Pendientes dentro del tablero, la tarjeta tendrá la siguiente información:
 1. Identificación del lote;
 2. Descripción de las piezas;
 3. Cliente;
 4. Tipo de trabajo a realizar;
 5. Fecha de recepción;
 6. Fecha de entrega;
 7. Ubicación
 8. Observaciones (para agregar algún dato necesario si es que ocurre durante esta implementación).

Tarjeta Kanban de Produccion		KBP-V1
Lote		
Descripcion del Pedido		
Cliente		
Tipo de Trabajo		
Fecha de recepcion		
Fecha de entrega		
Ubicacion		
Observaciones		

Cuadro 5.2: Registro KBP-V1.

Realizada la tarjeta kanban de trabajo se colocará en el tablero Kanban, en la zona de pendientes/por hacer y en base a la prioridad que se le ha designado al trabajo. Tal como lo indica la figura siguiente:



Figura 5.1: Colocación de tarjetas kanban.

2. Ingreso a la producción: Al momento de ingresar a la línea de galvanizado el operario deberá mover la tarjeta al correspondiente sector “En curso”, se realizará cuando se conforme el primer lote de inmersión del cada trabajo a realizar.



3. Expedición: Finalizado el galvanizado y con los materiales listos para ser retirados por el cliente el operario deberá mover la tarjeta de producción a la zona correspondiente de Realizados/Hecho, en ella deberá añadir la ubicación donde se colocan los materiales ya finalizados, para facilitar la entrega al cliente.

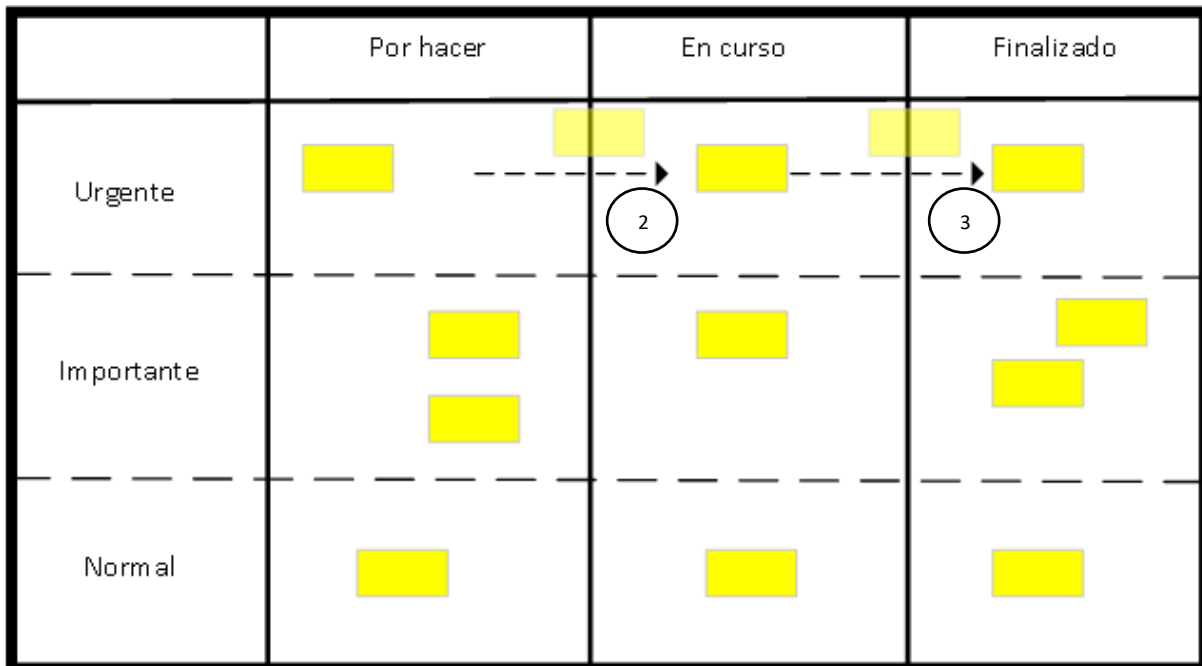


Figura 5.2: Seguimiento de tarjetas kanban.

Zonas de almacenamiento: Seccionamiento e identificación de posiciones

Para facilitar la identificación y traslado de los materiales a galvanizar se considera oportuno seccionar la zona de recepción de materiales y el área de entrega al cliente. De esta forma en la Tarjeta Kanban se podrá conocer donde está ubicado determinado lote a producir y el operario no perderá tiempo en buscar cual es el trabajo que debe realizar. El espacio se modeliza como un almacén y el criterio de orden es aleatorio.

La disposición en el depósito de ingreso debe permitir la circulación del autoelevador hasta el ingreso al taller de producción, tal como se puede ver en la Figura 5.3.

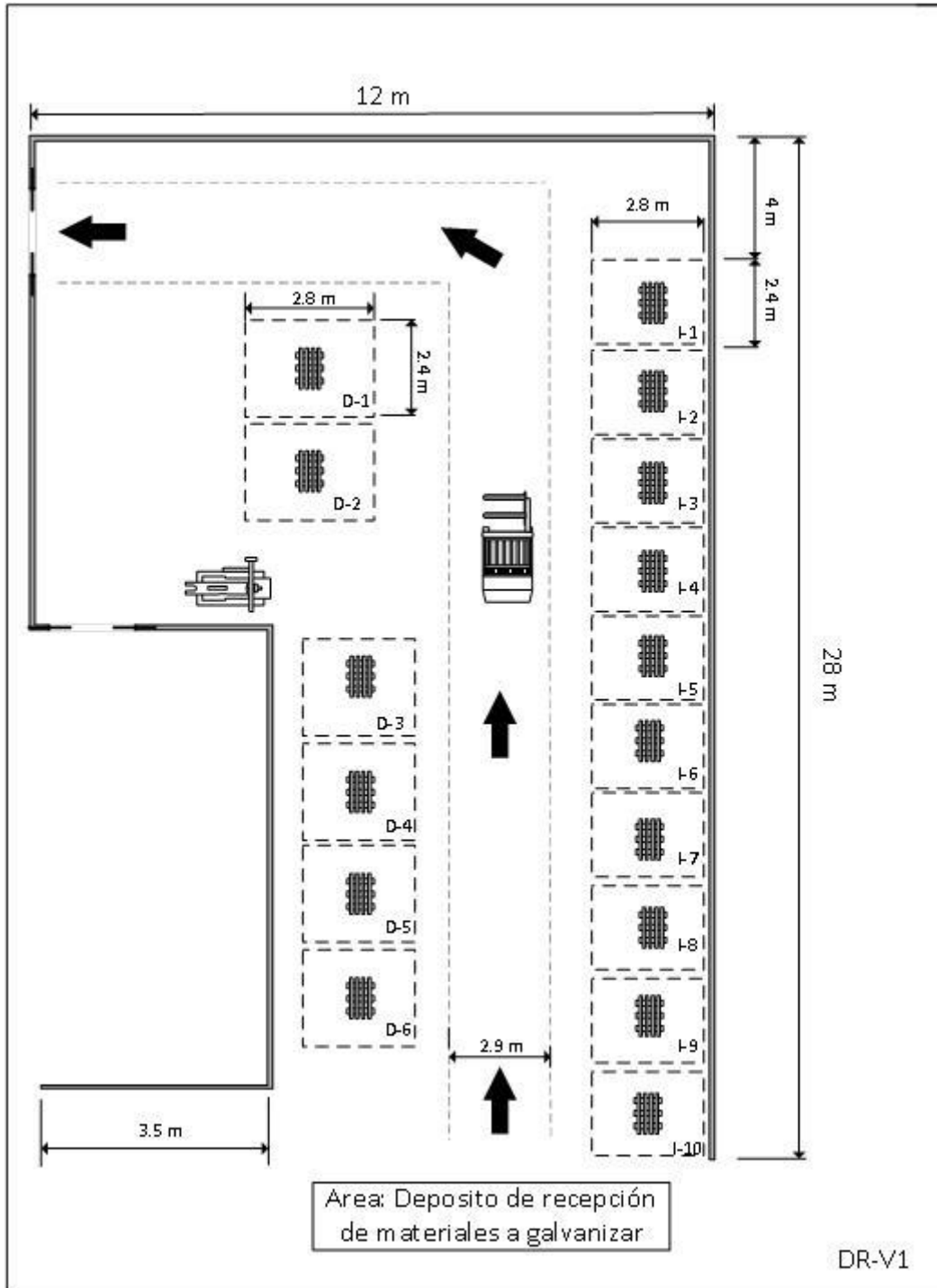


Figura 5.3: Diagrama DR-V1.

El depósito de expedición se encuentra contiguo a la zona de expedición y el portón de ingreso al predio de la empresa, para facilitar el ingreso y el retiro de los elementos ya galvanizados a los clientes.

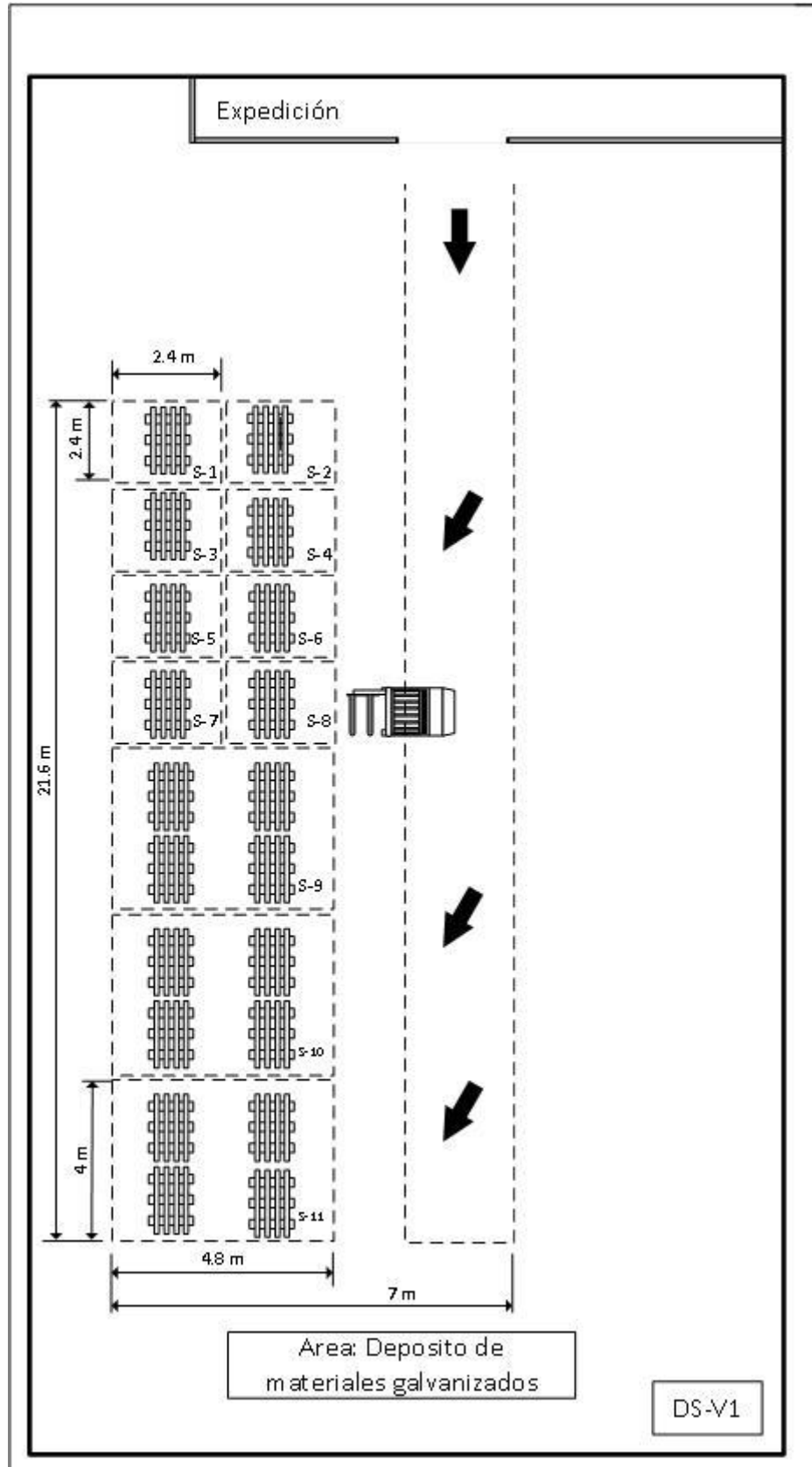


Figura 5.4: Diagrama DS-V1.



Implementación preliminar

En primera instancia se realizó una implementación preliminar para tener una visión más acabada de la propuesta inicial. Se realizó con 4 lotes de trabajo, 3 de inmersión estándar y 1 de inmersión doble de la siguiente manera:

1.Recepción del material: Se colocaron las identificaciones correspondientes a los 4 lotes seleccionados, para la identificación se utilizaron tarjetas de 10cmx10cm realizadas en chapa metálica y un marcador permanente, y luego se completaron las tarjetas de producción con los datos necesarios.



Figura 5.5: Identificadores Kanban colocados.

Luego las respectivas tarjetas de producción se colocaron en un tablero, ubicado en el sector de expedición, de la siguiente manera:

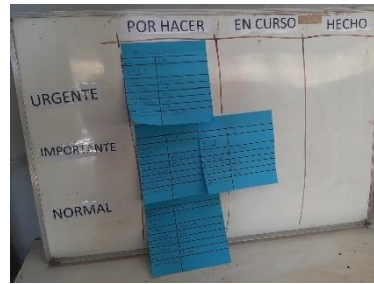


Figura 5.6: Tarjetas kanban colocadas.

El tablero fue colocado en una posición donde es fácilmente visible por todos los empleados, favoreciendo la divulgación del estado de los lotes seleccionados.

2. Ingreso a la producción: Al momento de comenzar a colocar las piezas en los soportes para galvanizarlas se mueven de posición las tarjetas en el tablero y se colocan las tarjetas de identificación en el mismo soporte de inmersión, ello permitirá identificar a los trabajos en curso y facilitar su seguimiento. Si los elementos a galvanizar estaban depositados en contenedores, este se traslada a la zona de expedición y en el caso que el trabajo a realizar comprenda varios lotes de inmersión, el operario encargado de colgar las piezas en el soporte de inmersión deberá colocar en la tarjeta de identificación a que lote corresponde, de la siguiente manera: "Lote X/N", donde X es el lote que se está identificando y N es la totalidad de los lotes de inmersión que comprende ese trabajo.



Figura 5.7: Seguimiento de los lotes de estudio.



Figura 5.8: Contenedor vacío.

El contenedor vacío luego se transporta hacia la zona de expedición donde se colocará el lote ya galvanizado.

Además se actualiza el tablero que contiene las tarjetas como en la figura 5.9.

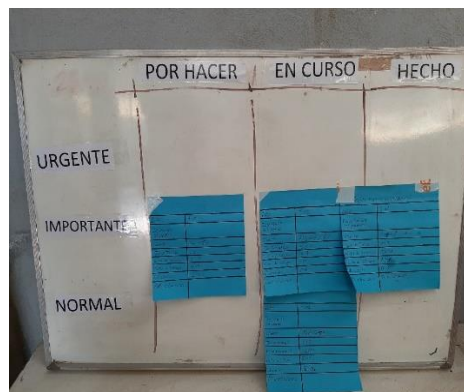


Figura 5.9: Seguimiento de las tarjetas kanban.

3. Expedición: Al momento de finalizar el lote se prepara para ser expedido y se los ubica en un lugar conveniente para su retiro.



Figura 5.10: Lotes de estudio finalizados.



Figura 5.11: Lotes en expedición.

En expedición se acondicionan los trabajos ya galvanizados para ser entregados al cliente.



Figura 5.12: Seguimiento de tarjetas kanban.

Conclusiones de la implementación preliminar

De esta implementación preliminar se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- A. Como los lotes en estado finalizado y pendiente se encuentran al aire libre deberá colocarse a la tarjeta de identificación una carcasa de acrílico, para evitar que la identificación se deteriore y se torne ilegible.
- B. La información a colocar en la tarjeta de producción se puso en revisión, obteniendo los siguientes ítems como necesarios:

1	Identificación del lote
2	Cliente
3	Tipo de trabajo a realizar
4	Descripción
5	Fecha de recepción
6	Fecha de entrega
7	Ubicación

Tabla 5.1: Información requerida.



Con las siguientes consideraciones:

1) Identificación del lote: Sera un código de 5 cifras de la siguiente forma:

$$X_1X_2X_3X_4X_5$$

Donde X_1 corresponde al primer carácter del nombre del operario que carga elabora la tarjeta y $X_2X_3X_4X_5$ corresponden al día y mes del momento en que se completa la tarjeta en cuestión.

3) Tipo de trabajo a realizar: Sera extraído de la codificación del listado de artículos del sistema de gestión implementado en la empresa, correspondiendo:

3	Galvanizado por inmersión en caliente estándar
4	Galvanizado por inmersión en caliente liviano
5	Galvanizado por inmersión en caliente estándar en serie
6	Galvanizado por inmersión en caliente material liviano en serie
7	Galvanizado por inmersión en caliente estándar ultraliviano
8	Galvanizado por inmersión en caliente material ultraliviano en serie
10	Galvanizado por inmersión en caliente grande
102	Galvanizado por inmersión en caliente de material centrifugado

Tabla 5.2: Código de tipo de trabajo.

4) Descripción: Para facilitar la programación de la producción y considerando que las operaciones de expedición y acondicionamiento inicial son las que mayor dispersión de tiempos tienen, esto debido a que depende de la condición en la que arriban a la empresa y la necesidad que tenga el cliente de terminación que se le da en la zona de expedición (existen productos como mobiliario urbano que por requisito del cliente demoran un mayor tiempo en ser alistados para la entrega); se propone incluir un código compuesto por dos siglas: X_1X_2 , donde se indica:

X_1 : Puede ser 1,2 o 3 indicando 3 un estado que requiere un alto grado de preparación previa, 2 un nivel de acondicionamiento moderado y 1, que las piezas a galvanizar se pueden ingresar al proceso sin este acondicionamiento.

X_2 : Indica el nivel de trabajo requerido en la zona de expedición, definido por el área comercial dependiendo de las necesidades del cliente, pudiendo tener los valores siguientes: 3 (alta carga de trabajo, por ejemplo, para piezas de mobiliario urbano o piezas con roscado), 2 (nivel moderado de terminación), 1 (nivel básico, para piezas de tendido eléctrico por ejemplo, que solo se eliminan pequeños sobrantes de zinc). Es importante aclarar que estos grados de



terminación indican solo el grado de finalización requerido por el material galvanizado y no hace alusión al espesor de recubrimiento, que para todos los tipos de trabajo es el mismo.

- C. Con respecto a la definición de responsabilidades, el operario encargado de recibir los materiales a galvanizar en la planta será responsable del ingreso de los datos; luego al momento de ingresar a producción deberá ser actualizada por el operario que consolida los lotes de inmersión y al momento de finalizar el galvanizado será actualizado por el encargado de expedición.

Seguimiento y control

Para facilitar el seguimiento del estado de los lotes de producción, de forma visual y que la información sea de fácil acceso, se propone el diseño de un documento en Excel que permitirá el conocimiento por parte de todos los integrantes del área producción acerca de la gestión diaria, semanal y de urgencias. Siendo posible conocer el progreso y estado de cada lote presente en la planta, con el añadido de toda la información que contienen las tarjetas Kanban anteriormente descritas.

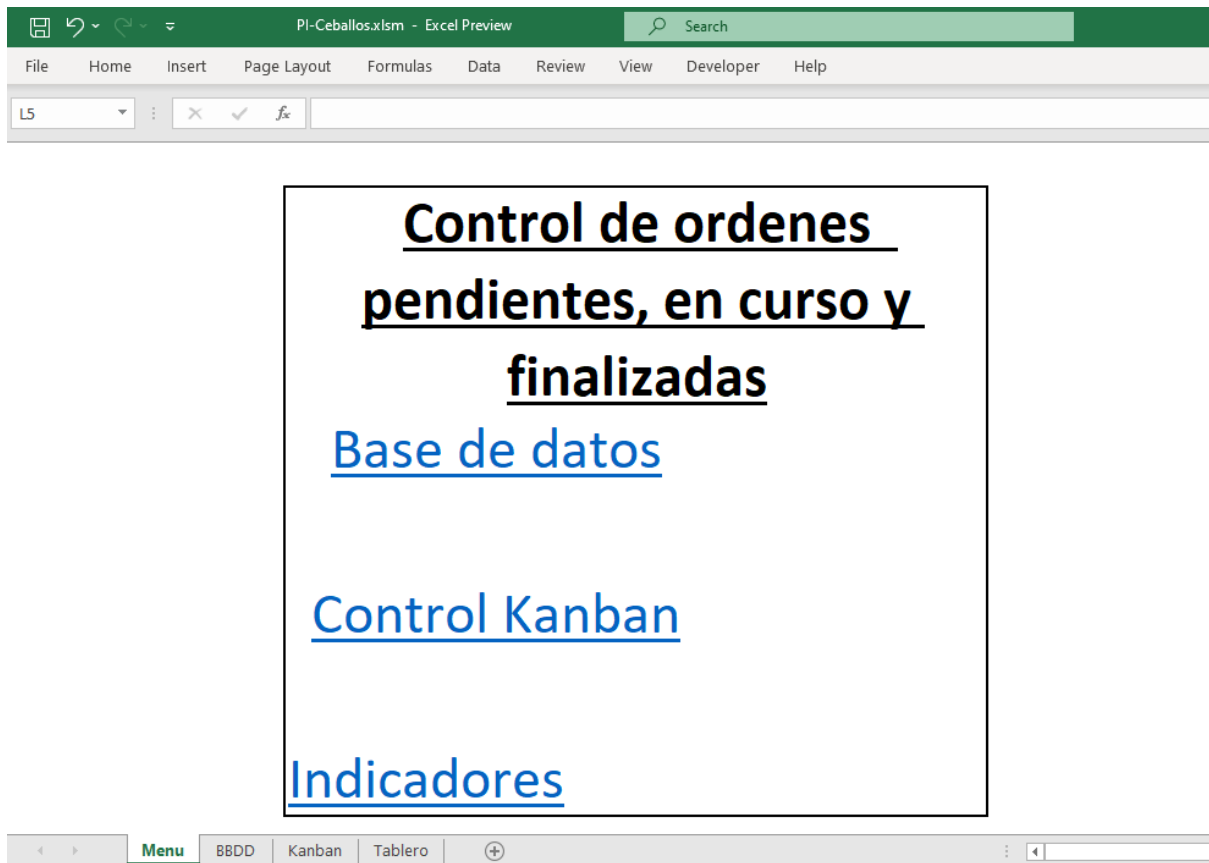
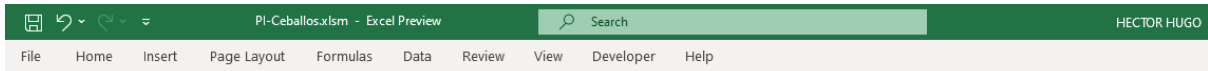


Figura 5.13: Herramienta de seguimiento y control.

En la primer pestaña se presentan las secciones en que esta dividido el archivo, seleccionando uno, mediante un hipervinculo, se accede a cada una de las secciones anteriormente presentadas.



Item	Lote	Cliente	Tipo	Recepcion	Entrega	Prioridad	Ubicación	Descripcion	Estado
21	J-21	Cliente C		3	12-11-21	12-12-21	Alta	I-5	En curso
20	J-20	Cliente 15		5	17-11-21	17-12-21	Baja	D3	En curso
19	J-19	Cliente 15		7	17-10-21	17-11-21	Baja	D9	En curso
18	J-18	Metalcons		7	17-10-21	25-12-21	Alta	D7	Pendiente
17	J-17	Cliente 15		6	10-02-21	12-02-21	Media	I6	En curso
16	J-16	Cliente 15		4	14-11-21	14-12-21	Baja	I5	En curso
12	J-12	Cliente 12		8	18-12-21	28-12-21	Baja	D9	Pendiente
11	J-11	Cliente 7		4	14-10-21	18-12-21	Alta	D4	Pendiente
10	J-10	Cliente 8		8	15-11-21	30-11-21	Alta	D8	Pendiente
9	J-9	Cliente 8		5	18-10-21	18-11-21	Media	J8	Pendiente
8	J-8	Cliente 8		3	17-11-21	17-12-21	Baja	J8	Pendiente
7	J-7	Cliente 7		6	17-11-21	16-12-21	Media	D6	Pendiente
6	J6	ESA		2	15-10-21	27-10-21	Alta	I8	En curso
5	J-5	AB		4	28-10-21	30-10-21	Baja	I5	Finalizado
4	J-4	AJ		3	28-10-21	28-12-21	Baja	I5	Finalizado
1	J-1	Metalcons		1	22-10-21	28-10-21	Alta	I3	Finalizado
2	J-2	AJ		3	20-10-21	28-10-21	Media	I2	Finalizado
3	J-3	MA		1	23-10-21	28-10-21	Alta	I4	Finalizado



Figura 5.14: Base de datos implementada.

En la pestaña base de datos se encuentran todos los registros ingresados hasta el momento y seleccionando el botón Editar se accede al formulario que permite la edición de los registros.

Gestionar Datos

21	J-21	Cliente C	3	12-11-21
20	J-20	Cliente 15	5	17-11-21
19	J-19	Cliente 15	7	17-10-21
18	J-18	Metalcons	7	17-10-21
17	J-17	Cliente 15	6	10-02-21
16	J-16	Cliente 15	4	14-11-21
12	J-12	Cliente 12	8	18-12-21
11	J-11	Cliente 7	4	14-10-21
10	J-10	Cliente 8	8	15-11-21
9	J-9	Cliente 8	5	18-10-21
8	J-8	Cliente 8	3	17-11-21
7	J-7	Cliente 7	6	17-11-21
6	J6	ESA	2	10-10-21
5	J-5	AB	4	28-10-21
4	J-4	AJ	3	28-10-21
1	J-1	Metalcons	1	22-10-21
2	J-2	AJ	3	20-10-21
3	J-3	MA	1	23-10-21

Registrar

Editar

Eliminar

Limpiar

Figura 5.15: Formulario de carga.

Si se selecciona el botón Registrar o Editar se habilitan los campos mediante los cuales se pueden ingresar o modificar los datos pertenecientes al registro.



Gestionar Datos

21	J-21	Cliente C	3	12-11-21
20	J-20	Cliente 15	5	17-11-21
19	J-19	Cliente 15	7	17-10-21
18	J-18	Metalcons	7	17-10-21
17	J-17	Cliente 15	6	10-02-21
16	J-16	Cliente 15	4	14-11-21
12	J-12	Cliente 12	8	18-12-21
11	J-11	Cliente 7	4	14-10-21
10	J-10	Cliente 8	8	15-11-21
9	J-9	Cliente 8	5	18-10-21
8	J-8	Cliente 8	3	17-11-21
7	J-7	Cliente 7	6	17-11-21
6	J-6	ESA	2	10-10-21
5	J-5	AB	4	28-10-21
4	J-4	AJ	3	28-10-21
1	J-1	Metalcons	1	22-10-21
2	J-2	AJ	3	20-10-21
3	J-3	MA	1	23-10-21

Registrar

Editar

Eliminar

Limpiar

Item: 19, Recepcion: 17-10-2021, Modificar

Lote: J-19, Entrega: 17/11/2021, Agregar

Cliente: Cliente 15, Descripcion:

Tipo: 7, Ubicacion: D9

Estado: En curso, Prioridad: Baja

Figura 5.16: Detalle del formulario de carga.

En la pestaña denominada control Kanban pueden ver los registros cargados en el sistema divididos según su estado (Pendiente, En curso y finalizados). Mediante colores puestos en formato condicional se puede conocer fácilmente cual es la prioridad de los mismos.

Cliente: [AB], [Aj], [Cliente 12]

Entrega: [17-11-21], [27-10-21], [28-12-21]

Prioridad: [Alta], [Baja], [Media]

Progreso: [En curso], [Finalizado], [Pendiente]

Tipo: [6], [7], [8]

Pendiente

- Lote J-7, Cliente Cliente 7, Tipo 8, Entrega 44546, Ubicacion D6
- Lote J-8, Cliente Cliente 8, Tipo 3, Entrega 44547, Ubicacion J8
- Lote J-3, Cliente Cliente 8, Tipo 5, Entrega 44518, Ubicacion J8
- Lote J-10, Cliente Cliente 9, Tipo 8, Entrega 44030, Ubicacion D9

En curso

- Lote J-11, Cliente Cliente 7, Tipo 4, Entrega 44546, Ubicacion D4
- Lote J-12, Cliente Cliente 12, Tipo 8, Entrega 44558, Ubicacion D9
- Lote J-8, Cliente Metalcons, Tipo 7, Entrega 44555, Ubicacion D7
- Lote J-17, Cliente Cliente 15, Tipo 7, Entrega 17-11-21, Ubicacion D9

Finalizado

- Lote J-6, Cliente Cliente 15, Tipo 5, Entrega 12/17/2021, Ubicacion D3
- Lote J-21, Cliente Cliente C, Tipo 3, Entrega 12/12/2021, Ubicacion J8
- Lote J-2, Cliente Cliente AJ, Tipo 3, Entrega 44497, Ubicacion I2
- Lote J-2, Cliente Cliente MA, Tipo 1, Entrega 44497, Ubicacion H
- Lote J-4, Cliente Cliente AJ, Tipo 3, Entrega 28-12-21, Ubicacion J5

Volver al menu

Figura 5.17: Tablero de control.



Los cuadros añadidos en el margen izquierdo permiten filtrar los registros según Cliente, Fecha de entrega, prioridad, progreso y tipo de trabajo. En la figura 5.18, a modo de ejemplo, se puede ver los registros que están en curso y son de prioridad alta.

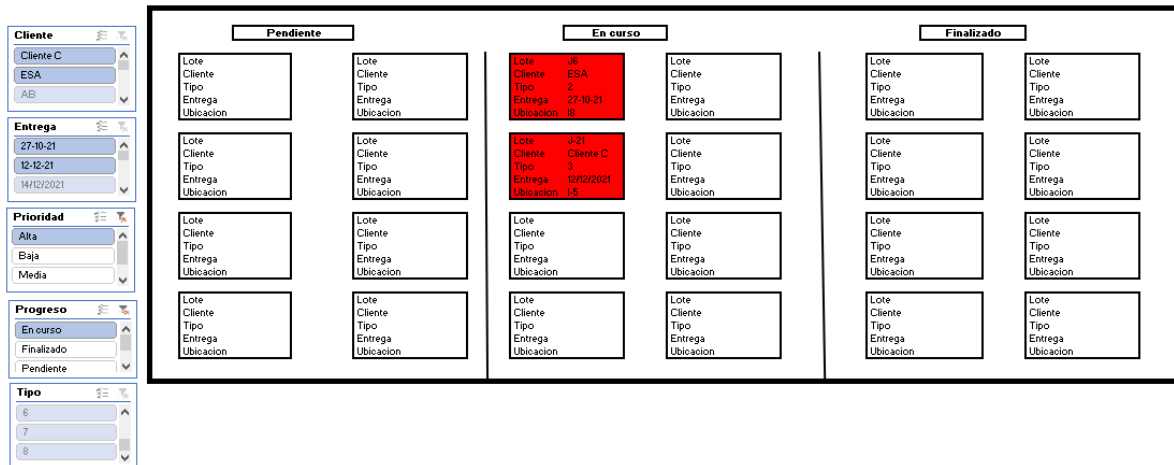


Figura 5.18: Detalle del tablero de control.

La disponibilidad de toda la información en formato digital posibilita la definición de diferentes indicadores que permitirá una mas gestión eficiente, como se exponen a continuación:

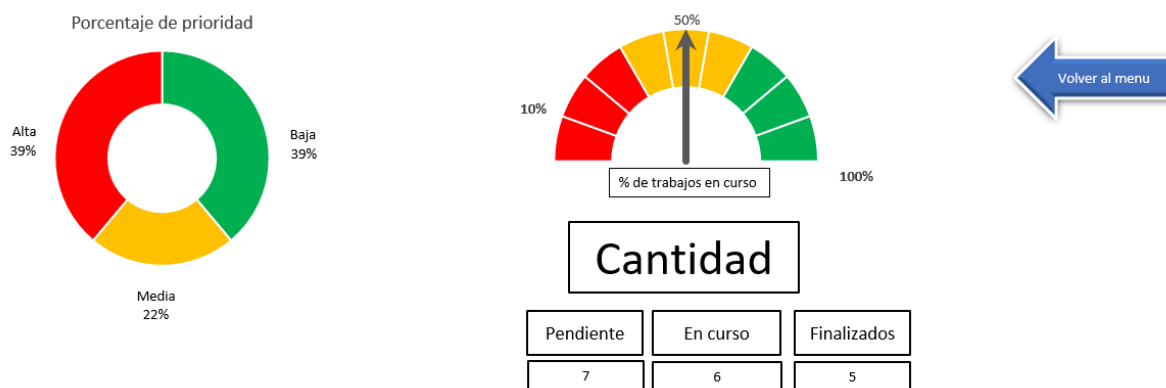


Figura 5.19: Indicadores de seguimiento.

Ficha de operaciones en puesto de trabajo

Cuando se realizó el análisis de la situación actual se hizo evidente que el proceso que marca el ritmo de producción es el que comprende la inmersión en el zinc fundido, desde el momento que se retira el lote a galvanizar luego de la inmersión en solución flux hasta el momento en que es depositado para descender la temperatura del material y poder ingresar al área de expedición. Se propone como medida de acción realizar una hoja de descripción del proceso, como punto de partida para el establecimiento de la mejora continua del proceso definido como clave desde la perspectiva del proceso productivo.

La finalidad de realizar esta descripción es recopilar toda información para que se mantenga actualizada, poder conocer cuáles son las operaciones que se realizan en este proceso en particular y otorgarle carácter de información única y contextualizada, fácilmente comunicable para que los operarios puedan conocerlo con facilidad.



Esto permitirá que la empresa pueda tener estandarizada la tarea, en el sentido de que todos en la organización conozcan la misma información. Además servirá para el personal nuevo que ingrese a la organización, como forma de capacitación, facilitando el entrenamiento. La ventaja es que al quedar todo por escrito se obtiene una estandarización de los conocimientos, evitando aspectos negativos que se puedan generar por la eventual inexperiencia del operador. Otro aspecto positivo al lograr esta estandarización es que se gestiona de mejor manera la destreza física de los operarios y se puede dar seguimiento a las condiciones ergonómicas de ese puesto.

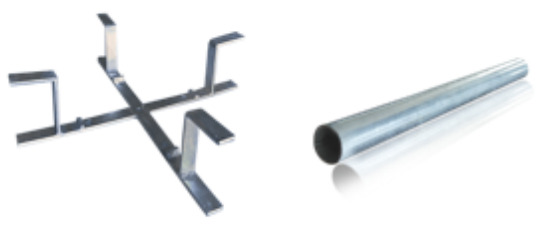

Ficha de operaciones de proceso	
Proceso a Estudiar: Galvanizado por inmersión en caliente Analista de tiempos: Luciano Ceballos Operarios: 2 Fecha del estudio: 27/11/2021 Empresa: Galflex ID: FDO-V1	
Productos terminados	Descripción del proceso
	Inmersión en cuba de zinc Materiales y elementos utilizados en el proceso <ul style="list-style-type: none"> • Lote de inmersión • Puente grúa • Cuba de inmersión
Descripción de las operaciones	Seguridad industrial
<ol style="list-style-type: none"> 1 Trasladar lote hacia cuba de zinc 2 Mantener sobre cuba de zinc 3 Eliminar dross y cenizas 4 Descender las piezas 5 Retirar lote 6 Escurrir piezas 7 Trasladar y descender en zona de enfriamiento 8 Trasladar puente grúa para reiterar Op. 1 	 <p>Protección obligatoria de la cara Protección obligatoria de las manos</p> <p>Protección obligatoria de la cabeza Protección obligatoria del cuerpo</p> <p>Protección obligatoria de los pies</p>

Figura 5.20: Presentación de la Ficha de operaciones.

En esta primera sección de la ficha se presentan brevemente el producto obtenido (a modo indicativo del resultado esperado), los principales materiales y elementos utilizados, la descripción de las operaciones que se realizan y la simbología (según IRAM 10.005) de los elementos de protección personal necesarios a poseer en el puesto de trabajo.

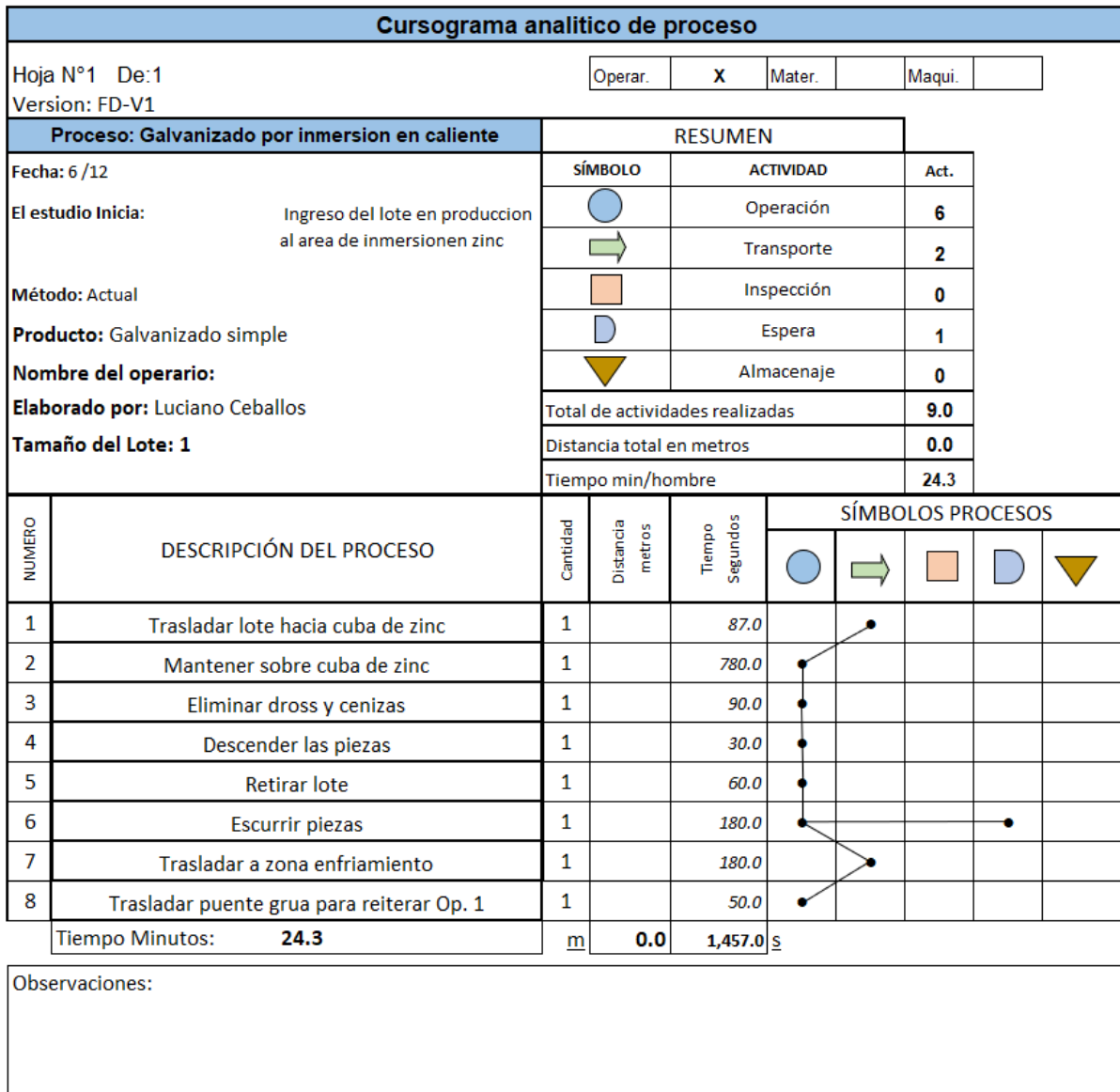


Figura 5.21: Cursograma analítico de operario.

El cursograma incluido permite conocer el carácter de las operaciones realizadas y el tiempo esperado de realización.

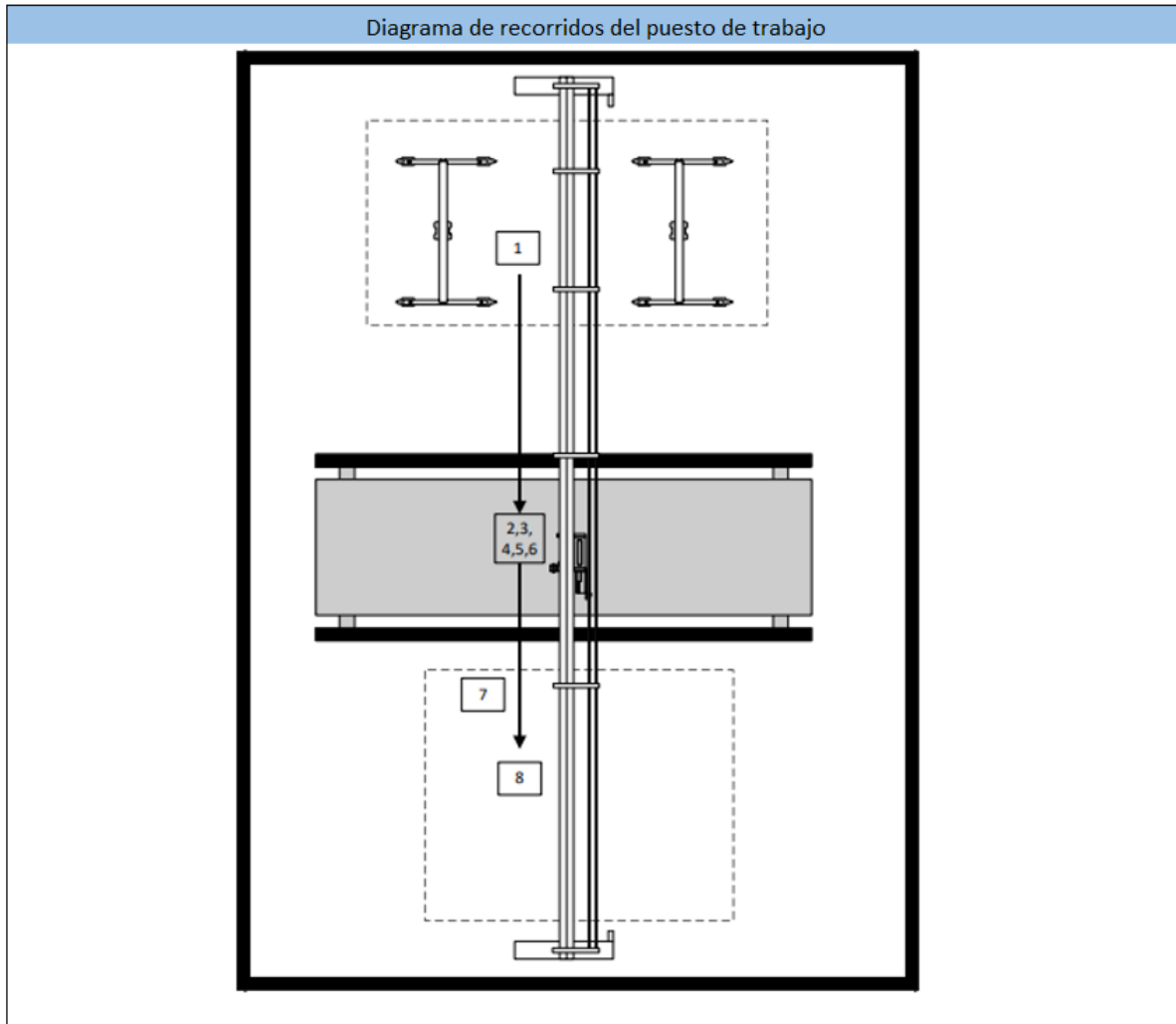


Figura 5.22: Diagrama de recorrido de material.

El diagrama de recorrido ayuda a comprender la ubicación física de cada una de estas operaciones identificadas y del trayecto esperado del material en proceso.

Por último se propone la inclusión de un análisis de las condiciones ergonómicas del puesto contemplando mediante diferentes factores, las dimensiones físicas, mental y social. Esto permitirá el desarrollo de un enfoque que permita el seguimiento continuo de las condiciones de trabajo que influyen en el desempeño del operario.



Evaluación de las condiciones de trabajo: Método de los perfiles de puestos OIT																																										
Puesto de trabajo analizado: Galvanizado por inmersión en caliente											Fecha del estudio: 6/12																															
Operario:											Analista: Luciano Ceballos							Version: FEC-1																								
Clasificación (x)	Seguridad	Entorno Físico						Carga Física						Carga mental		Autonomía		Relaciones		Repetitividad		Contenido del trabajo																				
		A	B					C						D		E		F		G		H																				
Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																			
Valoración																																										
Promedio	0.0	0.0					0.0						0.0		0.0		0.0		0.0		0.0																					
% Clasificación	0%	0%					0%						0%		0%		0%		0%		0%																					
% General	0%																																									
											<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Formulas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>$\frac{\sum(Valoraciones)}{n(Valoraciones)}$</td> </tr> <tr> <td>% Clasificación</td> <td>$\frac{Promedio}{5} \times 100$</td> </tr> <tr> <td>% General</td> <td>$\frac{Promedio}{5} \times 100$</td> </tr> </tbody> </table>						Formulas		Promedio	$\frac{\sum(Valoraciones)}{n(Valoraciones)}$	% Clasificación	$\frac{Promedio}{5} \times 100$	% General	$\frac{Promedio}{5} \times 100$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nivel</th> <th>Significado General</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Muy peligroso, prioridad</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Peligroso, mejorar a largo plazo.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Aceptable, mejorar de ser posible</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Satisfactorio</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Muy satisfactorio</td> </tr> </tbody> </table>						Nivel	Significado General	1	Muy peligroso, prioridad	2	Peligroso, mejorar a largo plazo.	3	Aceptable, mejorar de ser posible	4	Satisfactorio	5	Muy satisfactorio
Formulas																																										
Promedio	$\frac{\sum(Valoraciones)}{n(Valoraciones)}$																																									
% Clasificación	$\frac{Promedio}{5} \times 100$																																									
% General	$\frac{Promedio}{5} \times 100$																																									
Nivel	Significado General																																									
1	Muy peligroso, prioridad																																									
2	Peligroso, mejorar a largo plazo.																																									
3	Aceptable, mejorar de ser posible																																									
4	Satisfactorio																																									
5	Muy satisfactorio																																									

Figura 5.23: Evaluación de las condiciones de trabajo.

Esta herramienta permite cuantificar cada uno de los factores, en cuanto a que son determinantes de la salud laboral, y sirve como una vía operativa que facilite la mejora y el control de las condiciones de trabajo.

Particularmente se emplea el método de los perfiles de puestos propuesto por la OIT (Organización Internacional del Trabajo), donde la valoración que propone este método es desde un punto de vista objetivo, es decir, cuantificando todas las variables que definen las condiciones de trabajo de un puesto concreto.

Los objetivos prioritarios que se desean alcanzar mediante el empleo de esta herramienta son:

- Mejorar constantemente la seguridad y el entorno;
- Proponer un medio para valorar la carga de trabajo físico y mental;
- Reducir las molestias de trabajo repetitivo;

Para realizar el análisis tiene en cuenta 23 criterios que abarcan 8 dimensiones de análisis relativas a la concepción global del puesto.

Criterios de aplicación

La aplicación práctica del método pasa por la valoración cuantitativa de cada uno de los criterios enumerados en la Tabla 5.3 en relación con las características propias del puesto. Se presentan a modo general cuales serían los criterios considerados, quedando fuera del alcance de este trabajo los valores particulares.



Factores Seguridad	Factor de seguridad	A	Seguridad	1
Factores Ergonómicos	Entorno físico	B	Ambiente térmico	2
			Ambiente sonoro	3
			Calidad iluminación artificial	4
			Vibraciones	5
			Higiene ambiental	6
			Aspecto orden del puesto	7
			Carga física	C
	Nivel postura mas desfavorable	9		
	Esfuerzo de trabajo	10		
	Condición postura de trabajo	11		
	Esfuerzo al suministrar material	12		
	Postura al suministrar material	13		
	Carga mental	D	Operaciones y cálculos mentales	14
Esfuerzo en el nivel de atención			15	
Factores Psicológicos y Sociológicos	Autonomía	E	Nivel de trabajo individual	16
			Nivel de trabajo en equipo	17
	Relaciones	F	Relación con compañeros independiente	18
			Relación con compañeros dependientes	19
	Repetitividad	G	Repetitividad de la actividad	20
	Contenido del trabajo	H	Nivel de potencial en el operario	21
			Nivel de responsabilidad	22
Interés que demuestra al trabajo			23	

Tabla 5.3

En los siguientes apartados se desarrollan los factores a valorar en cada uno de los criterios:

A . Factor Seguridad(1): Para valorarse es necesario cuantificar riesgos y su naturaleza, probabilidad de accidente y gravedad de las consecuencias.

B . Factor entorno físico: Implica identificar factores físicos que pueden influir en el entorno del puesto de trabajo. Abarca la valoración del ambiente térmico (2), sonoro (3), de iluminación artificial (4), vibraciones (5), higiene ambiental (6) y aspecto del puesto (7).

C. Carga física: Se valora en función de las cargas dinámicas, estáticas y de manutención.

Comprende:

- Postura principal (8): Significa valorar la postura más frecuente o repetida.
- Postura más desfavorable (9): Calificar la postura más desfavorable identificada durante la observación del puesto.
- Esfuerzo del trabajo (10): Es el esfuerzo que debe realizar el operario para ejecutar la actividad.
- Postura de trabajo (11): La que se da mientras el operario realiza la actividad que agrega valor -actividad clave-.
- Esfuerzo de manutención (12): Considerar los movimientos que se dan en la alimentación y extracción de las piezas.
- Postura de manutención (13): Postura al tomar o dejar el material en proceso, considerar frecuencias.



D. Carga mental: Implica valorar las solicitudes experimentadas por el sistema nervioso durante la realización del trabajo. Comprende:

- Operaciones mentales (14): Densidad de alternativas e incidencia de la duración del ciclo.
- Nivel de atención (15): Duración de la atención y la precisión del trabajo, comprende la incidencia de la atención a los detalles.

E. Autonomía: Considerada como la facultad del trabajador de modificar en el tiempo o su ritmo de trabajo y de abandonar, a su elección, el puesto de trabajo sin incidir en la producción. Criterios que la determinan son:

- Autonomía individual (16): Grado de libertad del puesto de trabajo, es la posibilidad individual de modificar el ritmo de trabajo. Comprende interdependencias, densidad de operarios en la misma zona de trabajo y aprovisionamiento y situación de las materias primas.
- Autonomía en grupo (17): Posibilidad de un grupo reducido de trabajadores de parar su trabajo a su elección sin inferir en la producción.

F. Relaciones: Es la posibilidad de comunicación entre los trabajadores durante el tiempo de trabajo. Valorada a partir de los criterios:

- Relaciones interdependientes del trabajo (18): Relaciones interpersonales durante el posible trabajo, sin una relación directa. Depende de la naturaleza del trabajo, ambiente y localización.
- Relaciones dependientes del trabajo (19): De carácter jerárquico y funcional. La que se da entre trabajador y trabajador o trabajador-mantenimiento.

G. Repetitividad (20): Gran repetición de secuencias gestuales siempre idénticas; automatismo de ejecución de gestos que provoca desinterés y sentimiento de monotonía del trabajo. Incluye fatiga del trabajador por la repetición de gestos idénticos.

H. Contenido del trabajo: En qué medida la tarea de un operario hace referencia a sus aptitudes potenciales, implica su responsabilidad y que suscite su interés.

Comprende 3 factores:

- Potencial (21): Conocimientos generales necesarios y tiempo de adiestramiento, valorar si se siente conforme y lo realiza con ánimo; que tan bueno o habilidoso es el operario realizando esa tarea.
- Responsabilidad (22): Medir probabilidad de errores, consecuencia de los errores y grado de iniciativa en la mejora, a mayor responsabilidad la valoración será menor.
- Interés del trabajo (23): Considerar la diversificación de las funciones, identificación del producto e intervención de la elección del procedimiento; esto fomentará el interés del trabajador en la tarea que realiza.

Con la consideración de estos criterios se incorpora explícitamente una perspectiva de mejora continua de las condiciones de trabajo, permitiendo el seguimiento constante de estos factores que impactan en el desempeño de los operadores en el puesto que marca el ritmo de producción de la organización.

La elaboración y mantenimiento de una ficha de este tipo es una tarea fundamental para lograr la máxima explotación de este proceso, que como recurso limitante, afecta como ningún otro proceso el rendimiento global del sistema.



Implementación 5'S

Como medida de acción para minimizar al mínimo la incidencia de causas generadoras del incumplimiento del tiempo estándar como la ausencia de procedimientos, indisciplina en el orden (pudiendo provocar desplazamientos innecesarios por parte de los operarios ó incluso tiempos de espera) y la posible indisponibilidad de medios (al no encontrarse determinada herramienta en el lugar para el que se ha definido eliminando tiempos de búsqueda innecesarios); se propone la implementación de la metodología 5'S, considerada también como una forma de trabajo necesaria a la hora de implementar la filosofía del Lean Manufacturing en la organización, ya que permite la estabilidad de las operaciones, siendo la base para establecer la cultura de la mejora continua en la organización.

Otro aspecto positivo es la formación de un grupo de trabajo que implique a los operarios y logre por ellos un entorno de trabajo con mejora constante, generando alta motivación y compromiso en los operarios.

Se describe a continuación cual sería el curso de las acciones a desarrollar para lograr una implementación eficaz y sostenible en la organización.

Paso 1: Presentación del proyecto a los directivos de la empresa

Para comenzar con la implementación de la metodología es necesario que los directivos conozcan en detalle la propuesta y puedan sacar sus conclusiones sobre las ventajas que tendrá la implementación del mismo.

Para una correcta implementación de la metodología es necesario crear y facilitar un ámbito de cooperación entre los operarios, promoviendo el trabajo en equipo y sus aportes a la mejora continua del sistema. La mejora continua es una construcción constante de todos los miembros de la empresa. Manteniendo y mejorando el sistema de las 5'S en GALFLUX se espera tener los siguientes beneficios:

- Mejora en la productividad,
- Reducción en el lead time,
- Disminución de los accidentes laborales,
- Mayor motivación de los empleados,
- Menores averías,
- Menores traslados y movimientos que no agregan valor.

Al implementar las 5'S se espera generar un ambiente de trabajo más ordenado, teniendo como consecuencia el mejor ordenamiento de las máquinas y herramientas, mejor estado en general de los mismos y eliminación o reducción al mínimo del tiempo de búsqueda de estas, generando:

- Incremento del espacio disponible,
- Mejora en el layout y ergonomía de trabajo,
- Evita la pérdida, obsolescencia, deterioro y hurto de insumos, materiales y consumibles.
- Facilita el movimiento interno de materiales,
- Facilita el ágil control de los niveles de stock y sus faltantes.
- Facilita el movimiento interno de materiales, insumos y productos terminados.

Además con la implementación del proyecto se prevé una mejoría en el ámbito laboral, obteniendo beneficios en el personal, como por ejemplo:

- Hacer más agradable el lugar de trabajo,
- Eliminar obstáculos y elementos que dificultan el desplazamiento,
- Generar sensación de mejora general de la empresa,



- Crear y motivar un ambiente de trabajo cooperativo,
- Sentimiento de respeto y valoración por parte de la empresa,
- Disminuir el riesgo de estadía en la empresa,
- Mejorar la comunicación,
- Internalizar en los operarios el método como forma de hacer las cosas en la empresa, haciendo que los trabajadores lo adopten como forma de vida, más que como una directiva de la empresa.

Una vez que los directivos comprenden los beneficios de la implementación y deciden implementarlo, deben quedar en claro los siguientes aspectos que son necesarios para una implementación exitosa:

- Responsable máximo: Es quien toma la decisión de implementar el proyecto, y en este caso recae sobre la Gerencia, la decisión tomada debe hacerse pública en conjunto con el responsable designado, y deberá comunicarse mediante un enunciado denominado “Política de las 5’S.
- Proceso de cambio: Al tener impacto en la operación diaria de la empresa, la implementación demandará cierto tiempo, que dependerá de 2 cuestiones: Clima laboral existente y compromiso de las 5’S por parte de quien ha tomado la decisión de implementarla.
- Implementación dinámica: El desarrollo del sistema se construye sobre las retroalimentaciones que se van generando constantemente durante la implementación misma, siendo un factor importante a gestionar la estimulación de la retroalimentación por parte del grupo de trabajo.
- Capacitación: Comprende todos los integrantes del área, incluyendo al personal administrativo.

Paso 2: Formación del Comité 5’S y equipo de trabajo

Comprendidos los beneficios y aspectos necesarios para su implementación con éxito deberán definirse claramente el grupo de trabajo con sus roles designados. El éxito del proyecto depende directamente de que las directivas y metodologías sean implementadas con naturaleza por parte de los empleados y no como algo impuesto desde la administración. Al momento de formar grupos la formación de equipos naturales (compañeros de la misma zona de trabajo) será el criterio prioritario, sin deja de atender las relaciones informales de cada integrante del grupo de trabajo.

El comité 5’S coordinará las acciones necesarias para la puesta en marcha inicial del sistema, acompañamiento durante su desarrollo y posterior seguimiento.

Sus funciones serán:

- Definir su composición, estructura, atribuciones y objetivos.
- Definir las tareas de responsabilidad de los grupos, líderes y quienes lo componen.
- Proveer los recursos necesarios para su desarrollo.

Existirá una Líder de implementación que asumirá las tareas de:

- Es la autoridad máxima de la implementación en la organización,
- Coordinación del comité y de las reuniones de trabajo,
- Fija temarios y presidirá las reuniones,
- Representará al equipo en las reuniones de seguimiento con el facilitador,
- Será el que lleve la documentación de la implementación.



En el cuadro 5.3 se presenta una agenda que servirá de apoyo a la implementación.

Agenda del equipo			
Versión: FAG-1			
Objetivos:			
1.			
2.			
3.			
Logística:		Miembros	
Fecha:		1	(Lider)
Hora:		2	
Lugar:		3	
Traer:		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
Acuerdos:			
Actividad:		Responsable:	Fecha:

Cuadro 5.3: Formulario FAG-V1.

Por otro lado existirá un facilitador que deberá tener mayor autoridad en la organización y se encarga de:

- Suministrar recursos al equipo,
- Incentivar el accionar del grupo,
- Eliminar barreras que se interpongan en la implementación,
- Dar seguimiento al desempeño del equipo.

Además se deberá designar un Auditor, que cumplirá con las siguientes tareas:

- Diseña y realiza las auditorias del grupo en todas las etapas de la implementación,
- Informar los resultados obtenidos,
- Promover la comunicación entre el grupo de trabajo y el líder de implementación.

Otro aspecto a tener en cuenta es que el Área de recursos humanos deberá ser integrada al Comité de trabajo, y de ella se esperan las siguientes tareas.

- Coordina las capacitaciones,
- Asiste al Comité como representante del área de Recursos Humanos.



Al momento de seleccionar las personas se deberá tener en cuenta que además de contar con habilidades de liderazgo deberán ser compatibles sus conductas (ser ordenado y metodológico).

Se presenta a continuación un modelo de para dar seguimiento a las reuniones que se vayan realizando:

Registro del proyecto	
Version:FREG-1	
Nombre del equipo	
Area	
Nombre	Rol
Facilitador:	
Fecha	

Cuadro 5.4: Formulario FREG-V1.

Paso 3: Lanzamiento del proyecto y capacitación

Sera oportuno que los integrantes del proyecto sepan plantear y resolver problemas de forma grupal o al menos deberá preverse una capacitación para abordar este aspecto. Luego se deberá dar la presentación del proyecto, presentación de los grupos de trabajo y la capacitación para el desarrollo de éste.

En este primer lanzamiento deberán estar presente los máximos responsables de la organización, quienes presentarán la Política definida de 5'S manifestando el compromiso por parte de la organización por lograr una implementación exitosa y la obligatoriedad de su implementación en los integrantes de la empresa.

Presentado el proyecto y brindadas las primeras capacitaciones deberá consolidarse el grupo de trabajo y comenzar a planificar la implementación. Como propuesta para lograr la motivación de los empleados, se considera como opción tomar fotos de la situación inicial, para luego una vez implementado el proyecto con cierto avance; tomar fotos de la situación final, y hacer evidentes los cambios generados.



Para motivar la internalización de forma grupal se propone dividir a los operarios en 2 grupos para que ellos sean los que se auditen entre sí, esto con el fin de promover el diálogo y la puesta en común de los inconvenientes que puedan surgir en el transcurso de la implementación inicial.

Paso 4: Identificar las áreas de oportunidad

Esta etapa se divide en las siguientes tareas:

4.1 Preparación del área

Antes de empezar con la identificación de las áreas de oportunidad se recomienda que el equipo:

- Tomar fotos de su área de trabajo al inicio y documentarlas para evaluar el cambio que generaron.
- Identificar un área de cuarentena (para almacenar los objetos innecesarios);
- Preparar tarjetas rojas para identificar los objetos innecesarios.
- Preparar tarjetas amarillas para anotar las ideas que puedan generar mejoras en el área.

4.2 Etapas de detección de áreas de oportunidad

Este es el momento en que los miembros del equipo identifican en su área de trabajo actividades de:

- Selección: En esta etapa se colocarán las denominadas tarjetas rojas para identificar los materiales que los operarios con el consenso del grupo de trabajo consideran como innecesario en el ámbito de trabajo.



Tarjeta Roja	
Versión: FTR-1	
Fecha	Folio
Descripción	
Responsable	
Categoria	
Accesorios o herramientas	
Cubetas, recipientes	
Equipo de oficinas	
Instrumento de medición	
Librería, papelería	
Maquinaria	
Materia prima	
Material de empaque	
Producto terminado	
Producto en proceso	
Refacciones	
Otro (especifique)	
Razon	
Contaminante	
Defectuoso	
Descompuesto	
Desperdicio	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso desconocido	
Otro (especifique)	
Responsable	
Fecha decisión	
Destino final	

Cuadro 5.5: Formulario FTR-V1.

- Organización: Se pueden utilizar postits para anotar ideas que surjan, por ejemplo:

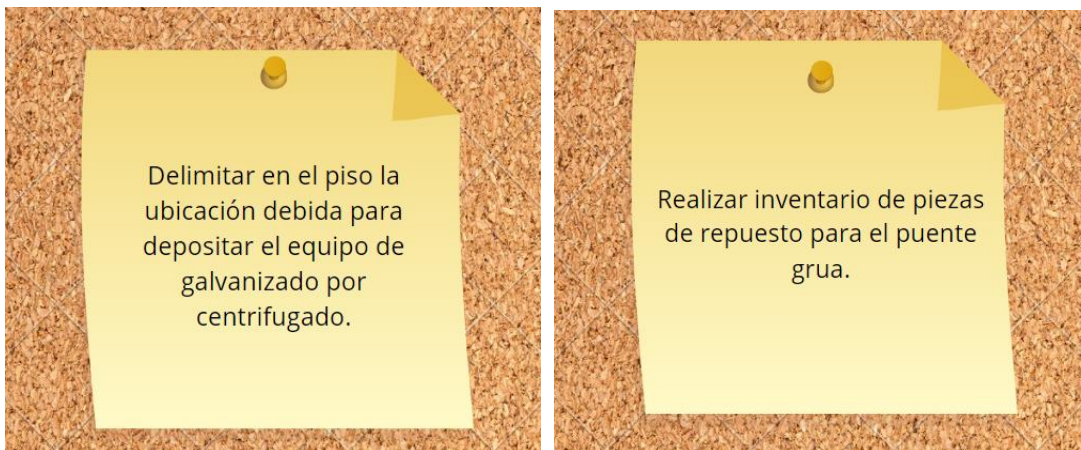


Figura 5.24: Organización del ámbito de trabajo.

- Limpieza: También se pueden utilizar postits para identificar las ideas que puedan ser útiles.

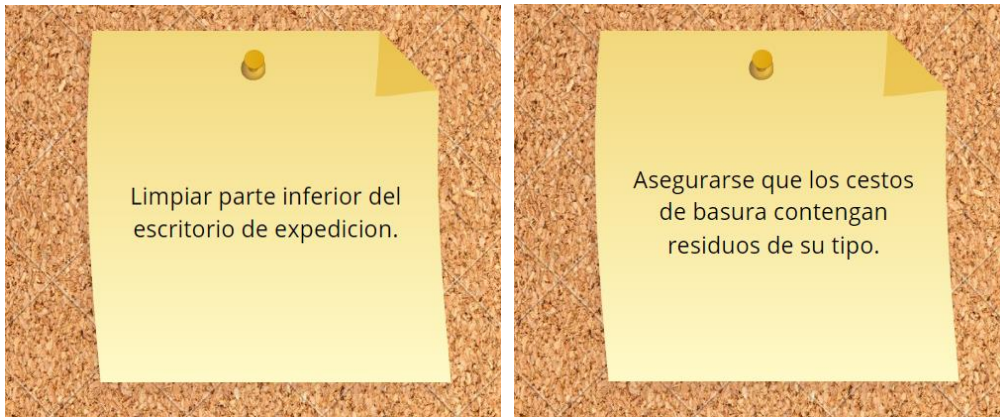


Figura 5.25: Limpieza del ámbito de trabajo.

- Mejora: Se utilizarán tarjetas de color amarillo para que el grupo de trabajo pueda sugerir ideas de mejora que surjan durante la implementación.

Tarjeta Oportunidad/Amarilla			
Versión: FTA-1			
Fecha		Folio	
Area			
Oportunidad			
Actividad a realizar		Propuesta	
Equipo:			
Observaciones:			

Cuadro 5.6: Formulario FTA-V1.

4.3. Etapa de generación del reporte de actividades

Antes de avanzar en la implementación del sistema es necesario exponer los resultados parciales con la participación de todo el grupo de trabajo y acordar las tareas con las que se continuara en la implementación del sistema; para ello primero se sugiere al equipo que anote en un pizarrón las ideas y actividades identificadas para:

- Eliminar las que se repitan;
- Clarificar las que estén confusas;
- Clasificarlas en actividades de selección, organización, limpieza o mejora; de acuerdo a la categoría que pertenezcan.

Esto para fomentar la participación grupal, formación de consenso grupal y valorización del conocimiento grupal que se pueda obtener de la experiencia.



A continuación, las actividades deben organizarse de acuerdo al tiempo que el equipo considere necesario para llevarlas a cabo, esto también se debe hacer de manera grupal y logrando el consenso de los participantes.

- Tipo A: Corto plazo (1 o 2 semanas).
- Tipo B: Mediano plazo (3 a 4 semanas).
- Tipo C: Largo plazo (1 a 2 meses).

Con esta clasificación el equipo ya está listo para generar un reporte de actividades de las primeras 3'S. En el cuadro 5.7 se presenta la información que debería tener el reporte con el que se va a llevar a cabo esta etapa de la implementación.

Reporte de actividades de las 5'S				
				Versión: FRA-1
Nombre del equipo				
Area				
Folio	Actividad	Categoría	Plazo	Estatus
Categoría	Selección, Orden, Limpieza, Mejora			
Plazo	A (corto), B (mediano), C (largo)			

Cuadro 5.7: Formulario FRA-V1.

Paso 5: Ejecutar las actividades

El siguiente paso en la implementación es llevar a cabo las actividades programadas, las tareas que son de selección y orden generalmente se realizan una sola vez; mientras que las de limpieza, estandarización y seguimiento deberán llevarse a cabo rutinariamente.

Para tener una referencia al momento de la implementación se elaboraron planillas con distintos ítems a considerar para cada una de las 5'S que propone la metodología acompañadas de observaciones que el autor considera serán necesarias al momento de llevar a cabo las actividades.



Programa 5S: Seleccionar			Fecha
			Auditor
			Version FSEL-1
N°	Item	Descripcion	Valoracion
1	Libre Circulacion	¿Existen elementos en el sector que impidan la normal circulacion? Ej.: Cajones, cestos, elementos en general.	
2	Insumos Innecesarios	¿Identifica en el lugar materiales innecesarios o insumos que puedan ser descartados? ¿O sin utilizacion?	
3	Material en exceso	¿Se encuentra material en exceso en el area productiva? Ej.: Herramientas, piezas, dispositivos, materia prima, maquinas, etc.	
4	Equipos o htas. Innecesarias	¿Hay en el sector algun equipo que se encuentre deteriorado, roto o fuera de uso? Es decir que permita ser descartado.	
5	Equipos innecesarios identificados	En caso de haber equipos innecesarios o fuera de uso. ¿Estan identificados y correctamente bloqueados?	
6	Repuestos innecesarios	¿Hay piezas de repuestos innecesarias para llevar a cabo las actividades normales del sector?	
7	Elementos personales sin ubicación	¿Hay en el lugar elementos personales fuera del lugar definido para los mismos? (EPP,ropa, vasos)	
8	Informacion desactualizada o en mal estado	¿Se identifica en el area registros, carpetas o comunicaciones en general que esten desactualizadas, obsoletas o en mal estado? Ej. Carteles, folios, papeles. mojados-humedos, etc.	
9	Actualizacion de documentos	¿Los documentos son mantenidos respetando la periodicidad establecida?	
10	Identificacion de materiales para descarte	Los materiales que fueran para el area de descarte estan correctamente listados e identificados? Ej: Identificacion de residuos o rechazo.	
11	Entrenamiento del personal	¿El personal esta debidamente entrenado en este aspecto? ¿Conoce como aplicar la seleccion en 5S?	
12	Responsable de 5S	¿Se ha sido designado un responsable para el mantenimiento y cumplimiento de las 5S en el area?	

Cuadro 5.8: Formulario FSEL-V1.



Programa 5S: Orden			Fecha
			Auditor
			Version
			FO-1
N°	Item	Descripcion	Valoracion
13	Layout de ubicaciones y equipos	¿Existe un layout del sector donde queden claramente identificadas las ubicaciones de equipos y componentes necesarios?	
14	Demarcacion	¿Las sendas peatonales, demarcacion de ubicación de equipos y componentes estan claramente marcadas? ¿Estan en buen estado?	
15	Layout de material y herramientas	¿Existe criterios para el almacenamiento de los materiales y herramientas? Ej.: Lugares para las herramientas de manutencion, stock de material productivo?	
16	Areas de rechazo y stock	Las areas para deposito de materiales rechazados y stock de material estan demarcados? Ej.: Carteles identificando material en produccion rechazado.	
17	Seguridad	Los extintores, rutas de circulacion, equipamientos y salidas de emergencia esta en buen estado de conservacion, señalizados y sin obstruccion? Ej.: Cajones en los pasillos, matafuegos en el piso, etc.	
18	Informacion en lugar definido	¿Se encuentran las carteleras, carpetas y/o cualquier otro material de trabajo/ comunicacion interna en lugar definido?	
19	Contenedores de residuos	¿Los contenedores o recipientes para residuos/subproductos son adecuados para el almacenamiento de los desechos del area y estan identificados mediante etiquetas y tienen una ubicación definida?	
20	Soportes adecuados	Existen soportes adecuados,suficientes para materiales, dispositivos, herramientas, etc.? Ej.: Material colocado directamente sobre el piso, en contenedores inadecuados o en lugares inadecuados?	
21	Cables y conexiones	Los cables y conecciones estan debidamente ordenados e identificados? Ej.: Fijacion atrás de las maquinas y computadoras ,componentes del soplete, etc.	

Cuadro 5.9: Formulario FO-V1.



Programa 5S: Limpieza			Fecha
			Auditor
			Version
			FL-1
N°	Item	Descripcion	Valoracion
22	Area de trabajo limpio	Las mesas, armarios, pisos, paredes, vidrios, corredores, etc, estan limpios? Ej.: Papeles, residuos en general.	
23	Condiciones de maquinas y equipamientos	¿Las maquinas y equipamientos estan limpias y en buen estado de conservacion? Ej.: Cada operario mantiene la limpieza de su maquina, tableros, computadoras, dispositivos, balanza, etc.	
24	Condiciones Herramientas	Las herramientas y los instrumentos de trabajo estan limpios y en buen estado de conservacion? Ej.: Herramientas desgastadas, sucias, sin identificacion, medios de transporte, etc.	
25	Cestos de residuos OK	Los cestos de residuos estan limpios y organizados? Ej.: Cestos desbordados, residuos alrededor de los cestos, vasos, trapos, material que no corresponde en el cesto.	
26	Registro de limpieza	La limpieza es monitoreada mediante una planilla con horarios y responsables? ¿Se evidencia en el sector el concepto de se ensucia-se limpia por parte de los miembros del equipo?	

Cuadro 5.10: Formulario FL-V1.

Como se mencionó anteriormente se presentan, las planillas de los puntos correspondientes a las fases de Estandarizar y Seguimiento, para tenerlas presentes a la hora de implementar la metodología.

Programa 5S: Estandarizacion			Fecha
			Auditor
			Version
			FE-1
N°	Item	Descripcion	Valoracion
27	Ideas presentadas	¿Se presentan ideas en el sector para mejorar el sistema de 5S?	
28	Ideas analizadas	¿Las ideas son analizadas y se da un feedback?	
29	Cumplimiento del estandar	¿Se cuenta con un estandar de orden y limpieza del sector? ¿Se evidencia cumplimiento del mismo?	
30	Layout + Dueño	¿Se evidencia un layout del sector donde esten definidos dueños por area?	
31	Plan de accion	¿Existe un plan de accion enfocado para el alcance de las 5S y su mejora?	

Cuadro 5.11: Formulario FE-V1.



Programa 5S: Seguimiento			Fecha
			Auditor
			Version
N°	Item	Descripcion	Valoracion
32	Auto-Auditorias	¿Se ejecutan las autoauditorias de las 5S?	
33	Auditorias cruzadas	¿Se cuenta con un cronograma de auditorias cruzadas?	
34	Revision del estandar	¿Los estandares son revisados con periodicidad? ¿Existen evidencias de estas revisiones?	
35	Carteleras actualizadas	¿Las carteleras son actualizadas con regularidad?	
36	Hallazgos resueltos	¿Los hallazgos levantados en auditorias anteriores estan resueltos o bajo un plan concreto para resolverlos?	
37	Evidencias de mejora	Se puede mostrar evidencias de mejora en el sector?	

Cuadro 5.12: Formulario FSEG-V1.

Observaciones:

A continuación se desarrollan los puntos anteriormente considerados, exponiendo las observaciones encontradas durante la recorrida en la planta:

Seleccionar:

1. Libre circulación: Se encontraron ciertos elementos que dificultan la circulación, principalmente en el área de expedición, cuando los elementos salidos de la cuba se trasladan a la zona de acabado las piezas a finalizar se liman y acondicionan en mesas de trabajos móviles, que se desplazan según la necesidad de utilizarlas, pero no tienen un lugar designado para dejarlas cuando se las deja de utilizar. Esto genera frecuentes molestias en la circulación, es evidente la oportunidad de mejora.

Además se encontraron lotes ya finalizados, que están próximos a ser retirados por el cliente, que están ubicados en una posición que dificulta la circulación, podría definirse un lugar específico para depositar las piezas que se encuentran en esa situación evitando posibles impedimentos de circulación.

2. Insumos innecesarios: Se encontraron sobre las mesas de trabajo elementos como cintas, bidones o trapos que no son utilizados en esta área. Si bien son de importancia menor, eliminar estos elementos del espacio de trabajo sería una buena oportunidad para mejorar el ámbito de trabajo.

3. Material en exceso: Se encontraron lotes en espera a ser procesados que dificultan la circulación y que ocupan lugar dentro de la planta. Además existen mesas de trabajo y pallets que no se utilizan y en algunas ocasiones están en mal estado.

4. Herramientas o equipos innecesarios: Dentro del área de estudio no se encontraron elementos completamente fuera de uso, si varios que se utilizan con poca frecuencia que sería conveniente ubicarlos en otro lugar; aunque la situación general es buena.

5. Equipos innecesarios identificados: Como no se tienen elementos completamente fuera de uso en el área analizada, no se ha podido identificar si los operarios identifican los que están fuera de uso. Se valora este aspecto como adecuado.



6. Repuestos innecesarios: No se han identificado repuestos o componentes de las maquinas o herramientas utilizadas.
7. Elementos personales sin ubicación: Existen elementos como vasos o EPP fuera de uso en el lugar de trabajo que deben eliminarse.
8. Información desactualizada o en mal estado: Para registros y documentación sobre los trabajos en curso el estado de actualización es correcto, la situación de la cartelería es aceptable.
9. Actualización de documentos: No se dispone de procedimientos operativos, por lo que no se valora el estado, si registro de entrega de EPP por ejemplo que son gestionados por el personal administrativo y se encuentran en un estado aceptable.
10. Identificación de materiales de descarte: Existen cestos donde depositar los descartes, pero muchas veces no se los utiliza quedando el material a descartar sobre las mesas de trabajo.
11. Entrenamiento del personal: Este aspecto no se evalúa en este momento, pero se presenta en la planilla para cuando se presente el programa 5S en la organización.
12. Responsable 5S: Idem item 11.

Orden:

13. Layout de ubicaciones y equipos: No existe explícitamente definido un layout donde ubicar los equipos, por ejemplo las mesas de trabajo se utilizan pero no tienen un lugar donde ubicarlas cuando no se las está utilizando, generando molestias en el espacio de trabajo.
14. Demarcación: Existen sendas peatonales que indican áreas de circulación que necesitan ser remarcadas, tarea planificada luego de finalizar las modificaciones en las instalaciones que están programadas en un futuro próximo.
15. Layout de material y herramientas: La definición del layout para los materiales es un tanto laxa, por lo que cuando hay mucho trabajo pendiente el espacio es ocupado ineficientemente.
16. Áreas de rechazo y stock: Las áreas de stock intermedio entre la cuba de zinc y la de preparado final no tiene demarcación y genera que las piezas a trabajar se depositen en frecuentes ocasiones en lugares indebidos o que molestan la circulación.
17. Seguridad: Los elementos como matafuegos o elementos de protección se encuentran correctamente señalizados.
18. Información en lugar definido: La información, principalmente de los remitos de los trabajos en curso y a entregar se encuentran en un lugar definido.
19. Contenedores de residuos: Los contenedores de residuos son correctos, pero no todos están identificados correctamente y otros no tienen un lugar asignado específico. En algunos casos el estado es mejorable.
20. Soportes adecuados: Existen los suficientes elementos de soporte, aunque el estado en general se podría mejorar, e incluso sería aconsejable identificarlos y definir un lugar de almacenamiento para cuando no están siendo utilizados, ya que frecuentemente ocupan espacio innecesariamente.
21. Cables y conexiones: Se identificaron cables prolongadores utilizados para el funcionamiento de las maquinas que luego de ser utilizados no son ordenados de una manera correcta, quedando a veces sobre los pasillos de circulación.

Limpieza:

22. Área de trabajo limpio: El ámbito de trabajo presenta elementos como residuos de las piezas limadas, que deberían eliminarse. Si bien es cierto que el proceso genera mucho polvo y el ámbito de trabajo se ensucia con rapidez es posible una mejora sustancial en la limpieza.
23. Condiciones de maquinas y equipamientos: Las máquinas y equipamientos en general no son limpiadas por el operario que la utiliza.



24. Condiciones de herramientas: Con respecto a las herramientas, no se contempla en la organización una limpieza de ellas como si se lo hace con el piso o mesas de trabajo, pudiendo ampliar dichas tareas de limpieza y orden a estos elementos.

25. Cestos de residuos: Los cestos se encuentran en un buen estado a nivel general, con su respectiva ubicación.

26. Registro de limpieza: No se realiza una limpieza programada del ámbito de estudio, se podría formalizar dichas actividades para crear el habito.

Para el efectivo cumplimiento del programa es conveniente asignar responsables a las actividades de limpieza y clasificarlas de acuerdo a la frecuencia con la que deben realizarse: diaria, semanal y mensual; así como documentarlas en procedimientos para generar un programa de limpieza.

Programa de limpieza				
				Versión: FPL-1
Lugar de trabajo:				
Area	Subarea	Responsable	Turno	Frecuencia
Area de expedicion	Piso			
	Escritorio			
	Balanza			
Area de recepcion	Piso			
	Mesa de trabajo			

Cuadro 5.13: Formulario FPL-1.

Paso 6: Presentar el proyecto

Al completar las tareas programadas de selección, orden y limpieza se volverán a tomar fotos de las áreas de trabajo procurando reflejar las mismas posiciones y ángulos que las fotos tomadas al principio de la implementación.

En este momento la persona designada como líder de implementación realizará una presentación ante todos los involucrados con un resumen de las actividades realizadas por el equipo, los resultados alcanzados y los beneficios obtenidos en el área de trabajo. Deberá procurar esta persona que asistan los integrantes de mayor rango de la organización, estimulando a los miembros del equipo y fortaleciendo el mensaje a los empleados de contar con el compromiso y la participación activa de la administración de la empresa en la iniciativa de las 5'S.

Paso 7: Auditorías de seguimiento y revisión de resultados

Cuando la implementación se encuentre en un grado de avance significativo se comenzarán las auditorías de seguimiento, para esto debemos asegurarnos que las actividades de la etapa de estandarización, estén debidamente implementadas.

Se propone iniciar con frecuencias semanales al momento de iniciar la implementación, luego cuando se encuentre en un estado medianamente avanzado se podrá comenzar a realizar auditorías quincenales; para finalizar con auditorías mensuales cuando el sistema se encuentre estable.

El líder de la implementación debe asegurarse que cada equipo tenga en su área de trabajo los resultados obtenidos en las auditorías de seguimiento, así como sus programas de actividades y de limpieza y, de ser posible, fotos que indiquen como debe lucir su área de trabajo.



El objetivo de tener esta información es detectar actividades nuevas necesarias a implementar como resultado de la retroalimentación recibida de las auditorias de seguimiento, o de la creatividad grupal para continuar con el proceso de mejora continua en el área de trabajo.



6. Conclusiones

El presente proyecto se planteó con el fin de establecer en primer lugar cuál es la situación actual de la empresa desde la óptica de la Ingeniería Industrial, permitiendo la aplicación de un amplio espectro de herramientas adquiridas durante el cursado de la carrera; específicamente se ha desarrollado el trabajo siguiendo los lineamientos propuestos por el modelo de gestión Lean Manufacturing. Para ello fué necesario una revisión general de sus procesos e identificación de las pérdidas presentes en la empresa, esto ha permitido notar la versatilidad del sistema Lean propiciando un análisis desde diferentes perspectivas, identificar las causas generadoras de estos desperdicios y obtener como resultado planes de acción con el motivo de mitigar las pérdidas identificadas.

Como complemento para la realización de esta primera etapa de análisis se incluyó también el enfoque propuesto por la TOC, que ha posibilitado otra perspectiva de análisis facilitando y enriqueciendo el establecimiento de las prioridades al momento de proponer planes de acción. Este análisis metodológico ha permitido establecer de manera objetiva las bases necesarias para comenzar a generar conocimiento y habilidades que permitan poner en marcha una cultura de mejora continua, brindando una guía en la búsqueda de obtener formalidad y consistencia en los procesos de la organización.

En segundo lugar y luego del análisis realizado se propusieron planes de mejora que servirán como atenuantes a los factores identificados en la primer etapa y que considera el autor atentando con el normal cumplimiento de las operaciones, esto es con la intención de establecer un flujo de producción continuo. Encontrando en este punto uno de los principales desafíos, ya que estos planes de acción debieron diseñarse en base a ciertos factores limitantes de la empresa, principalmente a los aspectos relativos a la disponibilidad de recursos monetarios que los responsables de la empresa están dispuestos a destinar y, por otro lado, a la capacidad de ejecutarlas por parte de las personas que componen el núcleo operativo.

En el anexo 1 se incluye un Manual de diseño y adecuación propuesto con la finalidad de facilitar la comunicación con el cliente y evitar incurrir en desperdicios que se pueden eliminar/minimizar respetando los aspectos incluidos en el manual.

Luego continúa el trabajo con la implementación provisoria de un sistema Kanban, como una propuesta de solución brindada por el modelo de gestión Lean adaptada a la situación particular de la empresa. La principal finalidad con la que se propone esta herramienta es la de eliminar el desperdicio considerado altamente crítico, proponiendo una manera de gestionar el inventario presente en la planta. Para el desarrollo de este trabajo se ejecutó una prueba piloto y permitió deducir que la aplicación definitiva de esta alternativa deberá tener la mayor prioridad frente a los demás planes de acción propuestos, al permitir la herramienta conocer de manera eficaz la situación actual de cada lote de producción presente en la planta.

Con el fin de establecer metodologías de mejora continua en el ámbito de trabajo el proyecto continúa con el desarrollo de una ficha de operaciones de proceso, permitiendo formalizar los métodos existentes a razón de lograr una aplicación exitosa del ciclo de mejora continua. Este documento se propone para el proceso crítico de la empresa y valora el autor será de gran utilidad en la organización posibilitando obtener un enfoque multidimensional de seguimiento y análisis continuo para el puesto



de trabajo de mayor preponderancia en el lead time.

Por último se propone una guía para la implementación de un programa de 5'S con el fin de obtener procesos operativos sólidos y estables, requisito indispensable en un modelo de gestión Lean y facilitador de posteriores ciclos de mejora en la organización. El desarrollo de esta herramienta, se ha limitado a la propuesta de aplicación inicial, describiendo cuales debieran ser los pasos para su ejecución y la evaluación preliminar de los puntos a tener en cuenta. Observando de manera imprescindible que si la puesta en práctica de la misma se quiere realizar con éxito deberá ejecutarse de manera progresiva, asegurándose que las personas involucradas en la aplicación comprendan acabadamente la metodología.

En definitiva y a modo de cierre el desarrollo del trabajo ha implicado desde lo personal el desafío de aplicar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera posibilitando adquirir una mayor pericia en la selección de técnicas y principios propuestos por el sistema Lean Manufacturing que mejor se adapten al sistema productivo, producto y equipo humano de la empresa en cuestión. Este ha sido el principal desafío y considera el autor que se ha logrado con éxito.



7. Bibliografía

- AMERICAN GALVANIZERS ASSOCIATION. 2021. Estados Unidos: American Galvanizers Association. (<https://galvanizeit.org/>)
- BEALE, Claudina. 2019. *“Gestión de la Calidad”*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio. 1995. *Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- GOLDRATT, Eliyahu. 1985. *La meta*. Estados Unidos: North River Press.
- HEIZER, Jay y RENDER, Barry. 2007. *Dirección de la producción y operaciones: Decisiones Estratégicas*. Octava Edición. Madrid: Pearson Educación.
- HERNANDEZ, Matías; VIZAN IDOIBE, Antonio. 2013. *Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Escuela de Organización industrial.
- KANAWATY, George. 1996. *Introducción al estudio del Trabajo*. Cuarta edición. Suiza: Organización Internacional del Trabajo.
- MADARIAGA NETO, Francisco. 2013. *Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*.
- NIEBEL, Benjamin. 2009. *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Duodécima Edición. Mexico DF: McGraw Hill Educación.
- Nordic Galvanizers. 2019. *GALVANIZING HANDBOOK*. Estocolmo: Nordic Galvanizers.
- SOCCONINI, Luis y BARRANTES, Marco. 2020. *El proceso de las 5'S en acción*. 3° edición. Barcelona: Marge Books.



8.Anexo 1

Manual de diseño y adecuación

1. Objetivos

1.1. Establecer los criterios a considerar para evaluar la aptitud de los materiales y/o piezas que serán galvanizadas por inmersión en caliente.

2.Estado de la superficie

2.1. Un componente esencial para lograr un galvanizado de buena calidad es una preparación adecuada de la superficie. El acero debe estar lo más limpio posible al momento de sumergirlo a la cuba donde se encuentra el zinc fundido.

Para ello es necesario eliminar marcas de pintura, epoxis o etiquetas de identificación ya que pueden inhibir la formación de un recubrimiento de zinc uniforme y consistente, estas deben eliminarse mediante granallados o arenados.

2.1.1. Las superficies de acero que tienen diversos grados de oxidación requieren diferentes períodos de tiempo en las etapas de limpieza del proceso de galvanizado, lo que puede dar como resultado una variedad de acabados superficiales.

2.1.2. La escoria adherida a la superficie del material debe ser eliminada antes de galvanizar.

2.1.3. El uso de aceite en el corte de los metales debería minimizarse, si la pieza contiene una cantidad excesiva del mismo deberá ser necesario determinar previamente si puede eliminarse mediante los procesos normales de limpieza química o será necesario otro medio de eliminación, como ser arenado o granallado.

2.2. Las marcas de identificación, de ser necesarias, deberán hacerse mediante punzonado o chapa identificatoria adherida al material.

2.3. La mayoría de los materiales ferrosos se pueden galvanizar. Si bien la composición química del material a galvanizar puede afectar las características del revestimiento, especialmente en cuestiones referidas a la terminación de la pieza, la protección contra la corrosión no se ve afectada.

3.Manipulación

3.1. Para manipular los elementos a galvanizar se utilizan cadenas o alambres, los cuales pueden dejar marcas luego de realizar el galvanizado. Para evitar esto se debe considerar lo siguiente con respecto a los puntos de soporte:

3.1.1. Siempre que sea posible se deben proporcionar puntos de elevación en los puntos ubicados a $\frac{1}{4}$ de longitud desde cada una de las puntas de la pieza para las partes simétricas. Esto evita marcas de alambre o cadena en las puntas de las piezas.



Figura A.1: Distancias recomendadas.

3.1.2. Como alternativa es válido también el amarre mediante agujeros, no dejando marcas sobre la pieza.

3.1.3. De no ser posible ninguna de las anteriores la pieza se deberá prever en el diseño de la pieza alguna alternativa como ser un asa o elementos soldados para lograr su correcto amarre. En la figura A.2 se muestra un ejemplo de una pieza soldada para permitir el amarre en el elemento de soporte.



Figura A.2: Alternativa de amarre.

4. Materiales con soldadura

4.1. Para evitar depósitos de fundente sobre la pieza son preferibles electrodos sin recubrimiento.

4.2. Los residuos de fundente de soldadura son químicamente inertes en las soluciones de decapado; por lo tanto, su existencia producirá superficies rugosas y vacíos en el revestimiento. La eliminación de estos residuos se hace mediante cepillos de alambre, amoladora o rollos de acero.

5. Ventilación y drenaje

5.1. El diseño de la pieza a tratar debe facilitar el drenaje de los distintos fluidos en los cuales se va a sumergir la pieza. Un drenaje incorrecto provocará una cantidad excesiva de zinc o un recubrimiento pobre.

5.2. La pieza no debe retener líquidos/humedad ya que al sumergirla en el zinc fundido el cambio de presión a los que se somete la pieza podrían deformar la misma.

5.3. Como las piezas se sumergen y retiran de los distintos baños en ángulo, los puntos de drenaje deben ubicarse en el punto más bajo y los orificios de ventilación en el punto más elevado al momento de sumergirlo y retirarlas.

5.4. Para obtener un drenaje adecuado se debe considerar:

5.4.1. Cuando se utilizan placas de refuerzo, las esquinas deben estar cortadas generosamente tal que permitan un flujo aceptable; si esto no es posible deben realizarse orificios de al menos $\frac{1}{2}$ " (13 mm) de diámetro en las placas lo más cerca posible de la esquina. En la figura A.3 se indican diferentes ejemplos posibles.

5.4.2. A los conjuntos soldados, chapas o perfiles que posean escuadras y/o refuerzos que generen zonas encajonadas se les deberán realizar repuntes o recortes.



Figura A.3: Alternativas de drenaje.

5.5. Estructuras de caños rectangulares

5.5.1. En los elementos verticales y en ángulo realizar los agujeros considerando lo siguiente:

5.5.2. Todo miembro vertical y en diagonal debe tener dos orificios en la parte superior y dos en la parte inferior, dispuestos a 180 grados (enfrentados) y en línea con los miembros horizontales, tal como se indica en la figura A.4.

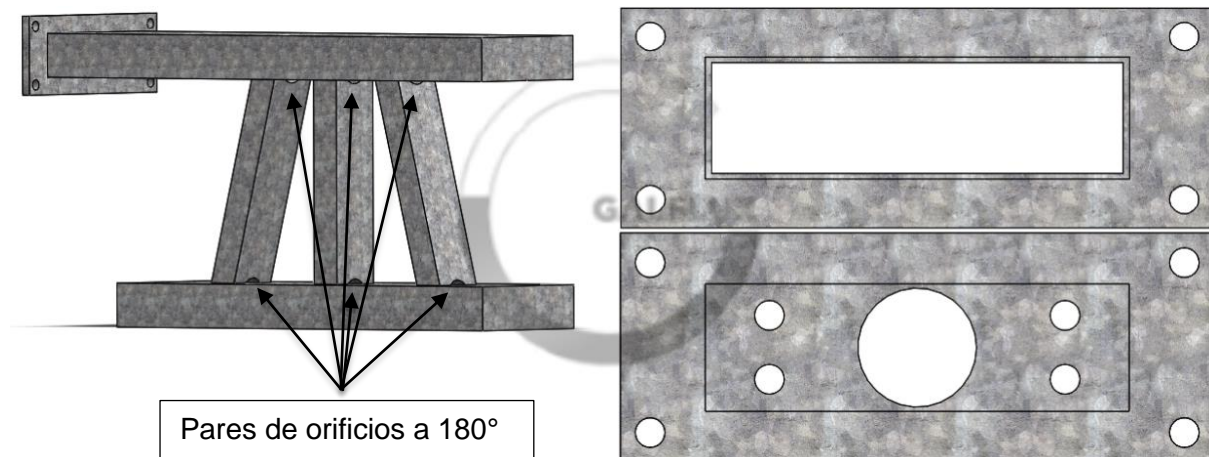


Figura A.4: Caños rectangulares.

5.5.3. El área de los agujeros debe ser preferentemente igual y la sumatoria del área de los agujeros en cada extremo debe ser igual al 30% de la sección del caño.

5.5.4. Las placas de cierre de los tubos horizontales deben estar totalmente abiertas, de no ser posible dirigirse a la Tabla A.1.



Medidas de caños	H + B		Área abierta	
	Máximo	Mínimo		
	(mm)	(mm)	Porcentaje (del área transversal)	
Mayor	-	-	610	25%
Entre	610		410	30%
Entre	410		200	40%
Menor	200		-	100%

Tabla A.1

5.6. Estructuras de caños mayores a 3" (8 cm)

Miembros verticales

5.6.1. Cada miembro vertical debe tener dos huecos en cada extremo, distanciados de 180° sobre la línea horizontal como se indica en la figura.

El tamaño de los huecos debe ser preferentemente igual y de un tamaño tal que la suma de sus áreas (área C-D o E-F) debe ser como mínimo el 30% del área transversal del tubo. Tal como se indica en la figura A.5.

Placas de cierre de miembros horizontales

5.6.2. El diseño más deseado es completamente abierto con el mismo tamaño de diámetro del tubo horizontal (Alternativa A). Sustitutos equivalentes deberían tener aperturas como se muestra en los ejemplos B mostrados en la figura A.5, y deberían tener como mínimo el 30% de área del diámetro interno.

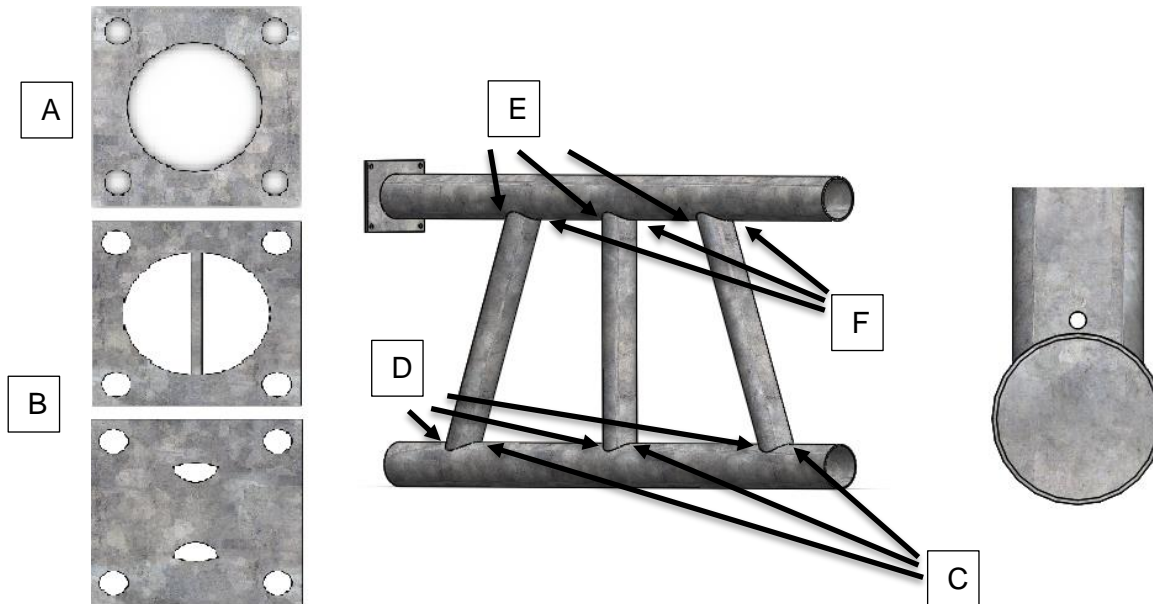


Figura A.5: Estructuras de caños mayores a 3”.

5.7. Columnas, vigas y postes de transmisión

La imagen muestra las mejores prácticas de ubicación y dimensiones de los orificios para lograr una correcta ventilación y drenaje en columnas tubulares y vigas, así como postes de alumbrado público y de transmisión, con placas de base y placas de tapa.

Localización de las aperturas

5.7.1. El diseño más favorable es la apertura total de los extremos, con la misma dimensión en ambos extremos (Ejemplo A en la figura A.6).

5.7.2. Se presentan alternativas cuando no es posible la apertura total en los ejemplos B y C.

5.7.3. En caso de no poder realizarse las aperturas propuestas en los puntos anteriores se realizarán 2 orificios dispuestos a 180° sobre los extremos, como se muestra en el ejemplo D.

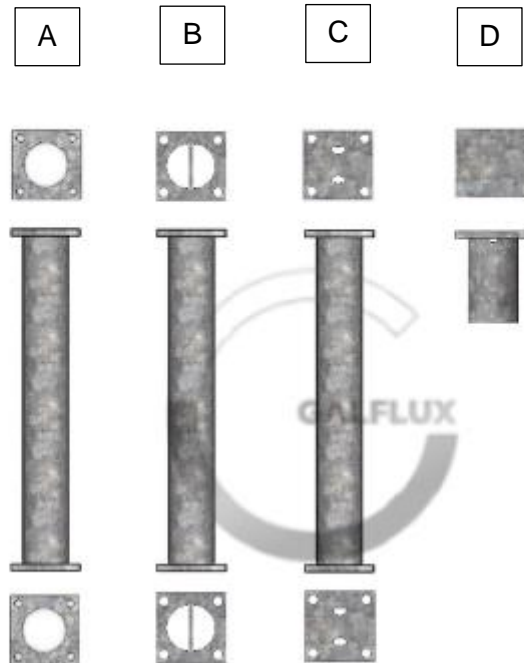


Figura A.6: Ubicación de las aperturas.

Dimensiones

5.7.4. Las aperturas en cada extremo deben ser al menos el 30% del área de sección transversal de la tubería, para tuberías de 3" (8 cm) y mayores, y el 45% del área de la sección transversal para tuberías de menos de 3" (8 cm).

5.8. Secciones cuadradas

5.8.1. La figura A.7 muestra las variantes de la ubicación de los orificios que deberán estar al ras, en la tabla A.2 se indican los tamaños típicos de los agujeros para secciones cuadradas.

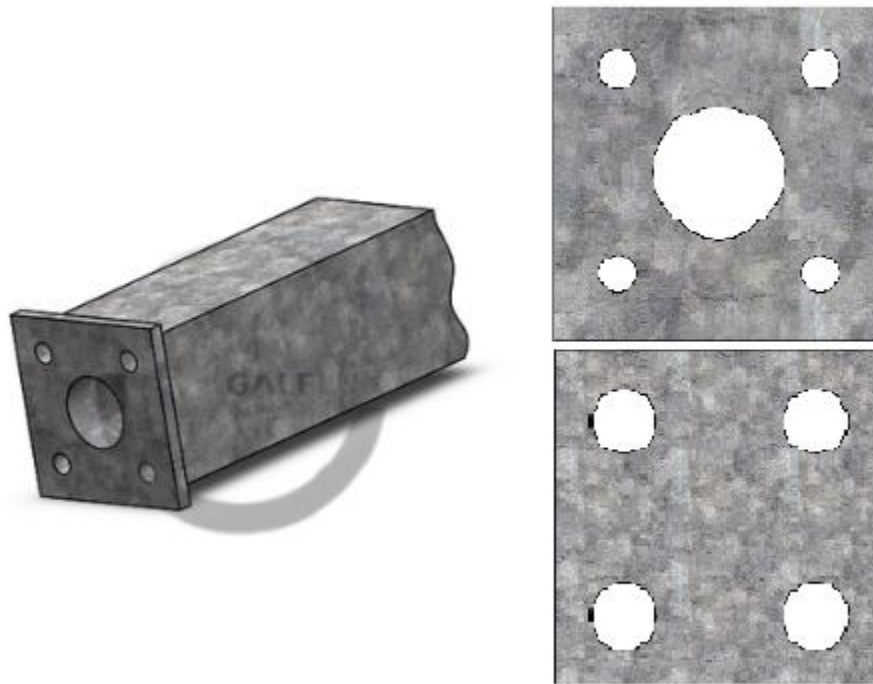


Figura A.7: Secciones cuadradas.

Dimensiones de sección cuadrada	H + B		Área abierta
	Máximo	Mínimo	
	(mm)	(mm)	Porcentaje (del área transversal)
Mayor	-	-	25%
Entre	610		30%
Entre	410		40%
Menor	200		100%

Tabla A.2

5.9. Brazos tubulares y postes de iluminación

Placa del extremo del poste

5.9.1. El diseño más adecuado es la apertura total del mismo (Ejemplo A de la figura A.8). De ser así se deberá realizar una perforación de 10 mm en el extremo para enhebrar el gancho para su colgado en la ganchera.

5.9.2. Como alternativa aceptable para diámetros internos de brazo de 3 "(76 mm) y mayores, los semicírculos, ranuras y orificios redondos deben ser iguales al 30% del área del diámetro interno del extremo del poste (Ejemplos B, figura A.8). Si el diámetro interno es menor de 3" (76 mm), la abertura debe ser igual al 45% del área del extremo del poste del brazo cónico.



Figura A.8: Brazos tubulares.

6. Partes móviles

6.1. Luego de la inmersión de la pieza o conjunto en el zinc fundido este se solidifica existiendo la posibilidad de que las partes móviles, manijas o ejes pierdan funcionalidad. Para evitarlo se aconseja:

6.2. Cuando el diseño contiene partes móviles se sugiere un espacio radial de no menos de 1/16" (1.6 mm) para garantizar la libertad de movimiento.

6.3. Para el caso de bisagras considerar pasadores de menor tamaño, debido al consecuente aumento de tamaño de la pieza galvanizada, la separación deseable entre el perno y la bisagra es de 1.6mm.

6.4. Si luego del proceso de galvanizado no se permite la funcionalidad de las partes móviles, se pueden recalentar para que funcionen libremente. Aunque el recalentamiento puede causar una decoloración localizada del revestimiento galvanizado, esta decoloración no evitará la prevención de la corrosión.

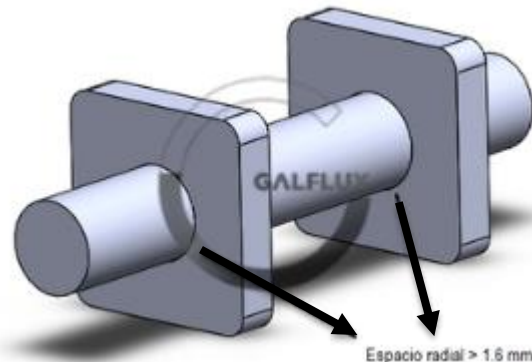


Figura A.9: Partes móviles.

7. Materiales compuestos por diferentes espesores

7.1. Para llevar a cabo la galvanización las piezas se sumergen en el zinc en Angulo desigual, formando un perfil de temperatura a lo largo de la pieza; esto genera que mientras la pieza está siendo galvanizada se liberen tensiones internas del acero a lo largo de la inmersión provocando el riesgo de producir deformaciones.

7.2. Para minimizar los riesgos de distorsión es necesario tener en cuenta ciertos aspectos:

- No mezclar hierros y/o aceros con espesores finos y gruesos. Ej. chapas de 3.2 mm y chapas de 25 mm.



- Minimizar preferentemente cortes con soplete o plasma porque generan transformaciones en la superficie de la zona de corte (generando tensiones).
- Evitar diseños que requieran una galvanización progresiva; es decir que las piezas preferentemente puedan sumergirse de una sola vez y con una rapidez moderada. Esto permitirá a la pieza expandirse y contraerse uniformemente.

8. Superficies solapadas

8.1. Siempre que sea posible es mejor evitar espacios estrechos entre placas, superficies superpuestas o ángulos espalda con espalda.

Soldadura de sellado

8.2. Cuando las superficies solapadas sean inevitables, estas deben cerrarse completamente con un cordón de soldadura continuo. Si el espacio es de 3/32" (2,5 mm) o menos, todos los bordes deben sellarse completamente mediante soldadura, la viscosidad del zinc evita que entre en espacios más estrechos que esta medida pero si entrarán soluciones menos viscosas, afectando la calidad del producto en el largo plazo.

8.3. Es importante ventilar adecuadamente las superficies de contacto y superposición. La humedad atrapada puede resultar en preocupaciones menores, como áreas localizadas sin recubrimiento o daños más significativos, incluida la ruptura de la fabricación. En lo posible debe haber orificios de ventilación a través de una o ambas superficies en el área superpuesta.

9. Envío de material a la planta de tratamiento

9.1. Los materiales que envíen los clientes para el servicio de galvanizado en caliente deben cumplir los siguientes requisitos:

9.1.1. El envío debe ser enviado por el cliente o la empresa transportista en un camión apto (abierto) para descargarlo con auto elevador.

9.1.2. Los materiales deberán estar en paquetes sin exceder un kilaje máximo de 2500 kg (capacidad máxima del autoelevador).

9.1.3. Los materiales, cualquiera sea la forma en que se envíen deberán ser separados del piso del camión (10 cm) mediante tacos de madera y separados entre sí, para facilitar el descenso mediante autoelevador.

9.1.4. En caso de enviarse los elementos en forma de bultos, estos deberán enviarse zunchados o atados mediante alambre.

9.1.5. El envío de material pequeño deberá ser en canastos, cajones o contenedores atados por medio de alambre grueso en forma de collar.

10. Consejos de almacenamiento de materiales finalizados

10.1. Deben estar separados del piso unos 30 cm preferiblemente sobre soportes de madera seca.

10.2. Nunca guardar ni transportar acero galvanizado junto a detergentes ni productos químicos. Las sustancias con alto grado de acidez o alcalinidad provocan un ataque inmediato y agresivo a la capa protectora de zinc.