

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA  
EMPRESA METALMECÁNICA GRUPO WEDM S.A.S**

**JUAN DAVID FERNÁNDEZ LEVY**

**ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
MAYO 2020**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA  
EMPRESA METALMECÁNICA GRUPO WEDM S.A.S**

**JUAN DAVID FERNÁNDEZ LEVY**

**Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**Director proyecto  
ALEYDA RAMIREZ ESCOBAR**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
MAYO 2020**

# Contenido

<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Contexto, Formulación y Justificación del Problema.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivo del Proyecto.....	11
2.2 Objetivos Específicos .....	11
2.3 Entregables .....	11
<b>3. Marco de referencia .....</b>	<b>12</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos .....	12
3.2 Marco teórico.....	12
3.2.1 El mejoramiento continuo y los modelos de gestión de calidad .....	12
3.2.2 Lean Manufacturing.....	13
3.2.4 Herramientas de mejora .....	15
3.2.5 Lean Services.....	17
3.3 Contribución intelectual o impacto del proyecto .....	18
<b>4. Metodología.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>20</b>
5.1 Presentación y discusión de resultados.....	20
5.1.1 Diagnóstico y análisis 6M .....	22
5.1.1.1 Diagnóstico y Análisis de Mano de Obra .....	22
5.1.1.2 Diagnóstico y Análisis de Máquina .....	23
5.1.1.3 Análisis de Material.....	27
5.1.1.4 Análisis de Medida.....	27
5.1.1.5 Análisis de Método .....	28
5.1.1.6 Análisis de Medio Ambiente.....	29
<b>5.1.2 Revisión de las Posibles Herramientas de Mejoramiento Aplicables a la Empresa de Acuerdo con el Diagnóstico Situacional .....</b>	<b>31</b>
5.1.2.1 Herramienta 5S .....	31
5.1.2.2 Herramienta SMED.....	32
5.1.2.3 Herramienta Heijunka .....	32
5.1.2.4 Herramienta Costing del Programa de Modelación 3D Solidworks .....	32
5.1.2.5 Herramienta Digital .....	32
<b>5.1.3 Aplicación de Propuestas de Mejora Bajo el Modelo PHVA .....</b>	<b>33</b>

<b>5.1.3.1 Planear</b> .....	<b>33</b>
5.1.3.1.1 Mejora en la Obtención de Información .....	37
<b>6.1.3.2 Hacer</b> .....	<b>35</b>
6.1.3.2.1 Mejora en el Orden y Limpieza de la Planta.....	35
6.1.3.2.2 Mejora en la Distribución de Planta.....	35
6.1.3.2.3 Mejora en la Planeación y Acercamiento a la Estandarización .....	33
<b>6.1.3.3 Verificar</b> .....	<b>37</b>
<b>6.1.3.4 Actuar</b> .....	<b>38</b>
<b>6.2 Conclusiones</b> .....	<b>38</b>
<b>6.3 Recomendaciones</b> .....	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>41</b>

## RESUMEN

Con este proyecto se espera entregar una metodología para encontrar las causas que conllevan a la ineficiencia de un sistema de producción. La metodología consistió en la realización y análisis de un diagnóstico 6M para con él evaluar la posibilidad de la aplicación de metodologías de mejoramiento convencionales. El resultado desfavorable hacia la aplicación de algunas de estas metodologías dirigió la búsqueda a otro tipo de soluciones, encontrándose así propuestas de mejoramiento del tipo tecnológico y estadístico; convirtiendo este proyecto en una orientación del personal directivo hacia la implementación de acciones basadas en una cultura de mejoramiento continuo y buenas prácticas y así poder adaptarse a los constantes cambios que se puedan presentar.

**Palabras claves:** Producción, Mejora, Metodología, Ishikawa, 6M.

## **Introducción**

Desde el año 1930, el mejoramiento de procesos es fundamental para garantizar la competitividad de cualquier empresa. Para garantizar la competitividad, Lean Manufacturing es reconocida como la filosofía por excelencia para aplicar en empresas de tipo manufactureras, debido a sus herramientas orientadas a la creación de procesos más eficientes. En lo anterior, resaltan las siguientes preguntas ¿Qué pasa cuando la empresa además de ser manufacturera es también de servicios? Y ¿Qué pasa cuando estos servicios son radicalmente distintos los unos a los otros? La respuesta, es que esto conduce a que algunas de las metodologías más usadas para el mejoramiento de la eficiencia, resulten inviables debido a la alta variabilidad para la realización de las órdenes de producción. Dirigiendo a la búsqueda de herramientas como la tecnología, para lograr la necesaria eficiencia en una empresa.

## 1. Contexto, Formulación y Justificación del Problema

El sector metalmecánico tiene como misión la transformación del metal, el cual representa la materia prima, en bienes y maquinaria. En Colombia, el sector siderúrgico y metalmecánico se encuentra compuesto por más de 680 empresas que representan el 10% del PIB nacional (METALMECÁNICA: 2017). En el “Colombia Investment Summit”, llevado a cabo el día 29 de octubre de 2018, el presidente Iván Duque resaltó la importancia de este sector, enfatizando la creación de planes de acción que permitan el crecimiento del mismo. Por otro lado, el ministro de comercio, industria y turismo, José Manuel Restrepo está llevando a cabo un plan de acción con el objetivo de desarrollar y contribuir al fortalecimiento de las empresas adscritas a esta industria en programas de transformación productiva para mejorar la calidad de estas. Lo anterior se traduce en apoyo, responsabilidad y compromiso del gobierno en la incentivación y mejoramiento continuo del sector metalmecánico nacional, mostrando un panorama positivo.

Lamentablemente, actualmente, el sector en Latinoamérica enfrenta la definición, por parte del gobierno de los Estados Unidos, de incrementar los aranceles para las importaciones que demanden acero y aluminio, gravando las tasas en un 25% y 10% respectivamente (DINERO: 2018), afectando a más de 28 naciones, que bajo esta premisa, buscan nuevos mercados internacionales en los que puedan suplir la sobreproducción que se empieza a represar. Colombia no es un país ajeno a la situación. Pese a que se encuentra suscrito comercialmente mediante un tratado de libre comercio con Estados Unidos, no queda exento del gravamen generado por las nuevas medidas (SICEX: 2018). De acuerdo al DANE, en 2017 Colombia exportó, a dicho país, más de US\$213 millones en metales y sus manufacturas, mejorando considerablemente la dinámica comercial nacional, con un crecimiento del 5.7%. Basados en el estudio de ProColombia en compañía de la Superintendencia de Sociedades y la Supersolidaria se concluyó que las empresas exportadoras son capaces de incrementar sus ventas en un 41%; pero bajo el cambio en los aranceles, al sector metalmecánico le surge la nueva amenaza de entrar a competir con el re direccionamiento de la producción de las otras naciones. En lo que para poder competir, puede significar en el despido de empleados para reducir costos.

Grupo WEDM S.A.S es una de las empresas que componen este amplio sector de la metalmecánica en Colombia. Su actividad en el mercado se ve marcada por cuatro años de experiencia a cargo de un grupo calificado de personas cuyas virtudes han llevado al renombre de la empresa, las cuales se presentan en el siguiente organigrama:

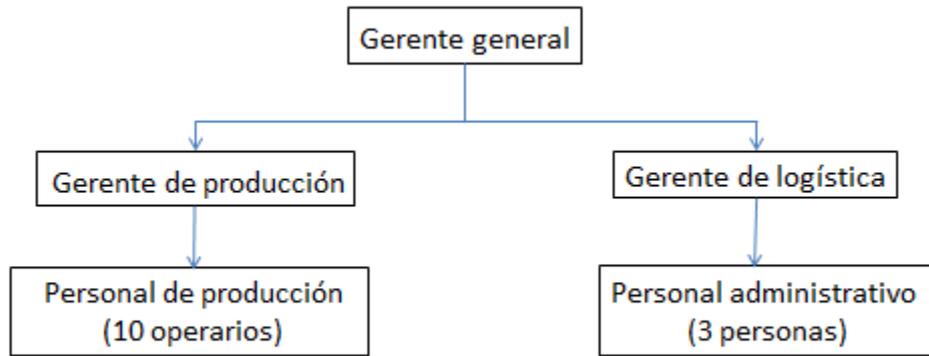


Diagrama 1. Organigrama

Fuente: El autor

El personal de producción se encarga de manejar la siguiente maquinaria:

- Dos fresas
- Dos tornos
- Una penetradora por hilo
- Una penetradora por penetración
- Una CNC
- Una rectificadora
- Una afiladora

Para las operaciones con herramientas (martillos, terrajas, etc.) se tiene un espacio denominado “banco”. Estas operaciones son las de menor complejidad en la empresa.

Grupo WEDM atraviesa por un hito. Por un lado, es una empresa relativamente nueva, la cual ha logrado sobrepasar su punto de equilibrio. Por otro lado, al momento, la empresa no es exportadora, siendo muy probable que cuando decida hacerlo, entre al panorama regido por los nuevos aranceles establecidos por los EEUU, teniendo que actuar ahora de manera efectiva para lograr expandirse a nuevos mercados nacionales e internacionales. Al momento, su valor agregado se encuentra en la alta calidad del producto, el cual cumple con las medidas y las propiedades físicas y químicas que el cliente necesita. Entre sus clientes se encuentran empresas reconocidas como, Laboratorio Abbott – Lafrancol, Jhonson & Jhonson, Carvajal y Grupo Familia, demostrando que independientemente de la industria, cualquier empresa precisa de servicios metalmecánicos.

Se procedió a identificar el tipo de empresa que es Grupo WEDM S.A.S (manufacturera o de servicios). En un proceso donde las entradas son transformadas mecánicamente resultando en un producto final, da a pensar que la

empresa es solo de tipo manufacturera, pero hay que tener en cuenta su sistema de producción tipo pull, en donde no se realiza un trabajo previamente hecho, conllevando a que el proceso de transformación difiera drásticamente para cada pieza, significando en una secuencia no reiterativa impidiendo trazar líneas de producción claras. Siendo así Grupo WEDM además de manufacturera, una empresa de servicios.

El acelerado crecimiento de grupo WEDM en los últimos dos años ha conllevado a que al momento se presente un ponderado mensual del 50% de las órdenes de producción con incumplimiento en el tiempo de entrega. Lo anterior conlleva a una degradación para la imagen de la compañía ante su mercado potencial y meta. Así, la necesidad de intervenir el proceso productivo es ya consciente para sus dirigentes.

Es así, como el foco de análisis de este proyecto es el proceso de producción, pues es el proceso que mayor valor agrega al producto final. Debiendo indagarse en él para redirigirlo a estrategias que permitan aumentar el valor integral, reduciendo notablemente el tiempo y costos de producción.

Para saber qué factores son los necesarios a analizar, se aplicará la metodología de análisis de diagrama de Ishikawa 6M (Diagrama 3) para encontrar por “M” los factores que afectan negativamente a la empresa.

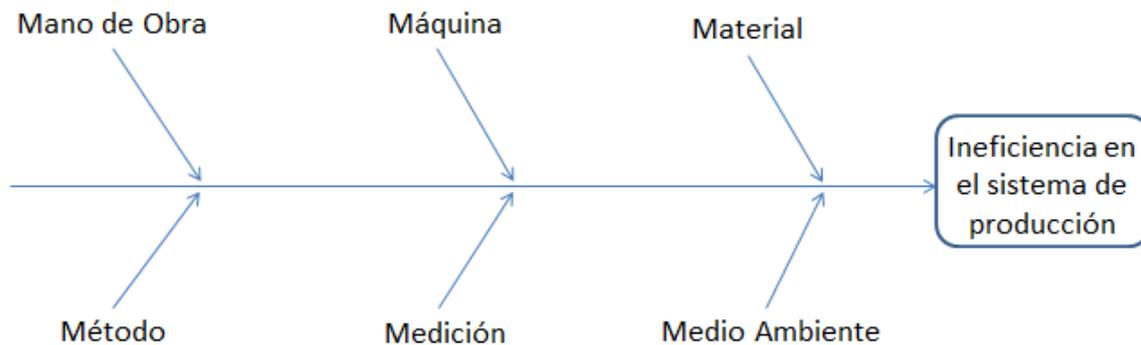


Diagrama 2. Diagrama de Ishikawa 6M

Fuente: El autor

Así, al desarrollar el proyecto, se espera dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué factores del proceso (6M) conllevan a la ineficiencia del sistema de producción de Grupo WEDM S.A.S? y ¿Qué propuestas de mejoramiento se pueden proveer para mejorar la efectividad de este?

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo del Proyecto**

Proveer propuestas que mejoren la eficiencia en el proceso productivo y que, por ende, conlleven al cumplimiento de la fecha de entrega de sus productos y servicios.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar un diagnóstico y análisis 6M enfocado en el sistema productivo para identificar las causas que produzcan ineficiencia en el mismo.
2. Revisar la aplicabilidad de herramientas de mejoramiento de acuerdo al diagnóstico situacional.
3. Formular propuestas de mejora con las herramientas aplicables para su posterior implementación en la empresa y así resolver la ineficiencia actual.

### **2.3 Entregables**

1. Diagnóstico y análisis 6M de las causas que conlleven a ineficiencia en el sistema productivo.
2. Resultado de análisis y selección de herramientas de mejora aplicables a la empresa de acuerdo al diagnóstico situacional.
3. Propuestas de mejora con las herramientas aplicables para posterior implementación en la empresa.

## **3. Marco de referencia**

### **3.1 Antecedentes o Estudios Previos**

#### **Complemento de parte operativa a modelo de indicadores de desempeño de una empresa metalmecánica de la ciudad.**

Tesis de grado para el título de ingeniero industrial en la universidad Icesi elaborada por los estudiantes Jhon Camilo Aguilar Jaramillo y Juan David Gordon. Consiste en la detección de fallos en los procesos generales de una empresa metalmecánica en Cali, llevando control de estos a través de indicadores de gestión.

#### **Propuesta de mejora para la reducción del tiempo de entrega en el proceso productivo de una cerrajería**

Tesis de grado para el título de ingeniero industrial en la universidad Icesi elaborada por los estudiantes Jean Pierre Londoño y Jhon Michael Morra. Consiste en la mejora de eficiencia en el sistema de producción de una empresa con alta variabilidad de productos.

#### **Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros S.A.**

Tesis de grado para el título de ingeniero industrial en la universidad Cesas Vallejo, Lima, Perú, elaborada por el estudiante Roberto Genaro Bances. Tiene como objetivo principal el averiguar de qué manera la aplicación de Lean Manufacturing mejora el sistema de producción en una metalmecánica, en este caso particular el de Wensay Aceros S.A.

### **3.2 Marco teórico**

#### **3.2.1 El mejoramiento continuo y los modelos de gestión de calidad**

Para este tema se tiene como pilar al consultor, conferencista y prolífico escritor Joseph M. Juran, el cual fue de los primeros en hablar de “Calidad Total”, término que se introdujo en las empresas a mediados del siglo XX, debido a que desde los años treinta, estas tenían acuñado el término “calidad” como la sola revisión de producto terminado o “pequeña C” como Juran le llamaba. El cambiar el enfoque de calidad a “la gran C” o “calidad total” fue excepcional debido a que ahora se analiza el todo como un proceso, comprendiendo así el concepto como algo que abarca a toda la organización, incluyendo la dimensión humana como aspecto a tener en

cuenta, impulsando la formación y educación de directivos. Se le debe también el enfoque del diagrama de Pareto hacia la calidad, el cual se ahondará más adelante.

### 3.2.2 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía con origen en los años treinta en la compañía automotriz Toyota con objetivo de mejorar la eficiencia en el área de producción de la empresa. Sus principios se fueron popularizando cada vez más debido a los excelentes resultados que proporcionaba a la empresa que los incluía, posicionándose definitivamente en los años setenta después de la crisis del petróleo la cual afectó con creces a Estados Unidos, el cual ya no podía conseguir petróleo de algunos países orientales, lo cual decayó la economía mostrando que las empresas que ya contaban con la filosofía pudieran sobrellevar la crisis de una mejor manera.

Su principio fundamental, es que se puede lograr la eficiencia en el proceso productivo, disminuyendo costos y tiempos en las operaciones, y rigiéndose bajo su pilar más importante, que todo siempre puede hacerse mejor (mejora continua). Es por esto que se deben buscar aquellas actividades que solo crean costos y no influyen en el valor de la cadena. Estas actividades o “mudas” como se les dice en Japón son ocho y se explican a continuación:

**1. Sobreproducción:** exceso de producción, lleva a el uso innecesario de recursos de planta, mano de obra e innecesaria, depreciación en la maquinaria, todo para desembocar en un exceso de inventario, el cual veremos a continuación que es altamente perjudicial.

**2. Exceso de inventario:** antes se creía que el producir en exceso era algo bueno ya que así se tenía inventario cada que fuera necesario, pero ahora se sabe que el producir de más lleva a sobrecostos en almacenamiento, sobreuso de mano de obra para llevar inventario y lo más perjudicial, vencimiento del producto en caso de que este tenga fecha de expiración. Por todo lo anterior, para eliminar esta muda, se promueve el hacer pronósticos para así tener un inventario aproximado de la demanda y no tener exceso de inventario para evitar los costos asociados.

**3. Retrasos, esperas y paros:** representan tiempo en que el producto no recibe valor. Por ejemplo al dañarse las máquinas, al necesitar un producto, recurso o información no disponible en el momento necesario o simplemente el tiempo personal de los trabajadores reflejado en las idas al baño o el tiempo de almuerzo. Para medir y minimizar estas esperas se usa el Overall Equipment Effectiveness (OEE) el cual clasifica los tiempos de producción quitando los tiempos muertos para así mostrar el tiempo operativo real.

**4. Transporte:** relacionado al transporte de materias primas, producto en proceso o producto terminado, esta muda hace referencia al movimiento de un lugar a otro, llevando así a que el producto se pueda dañar en el proceso o que simplemente signifique una pérdida de tiempo. Es por esto que se debe tener un espacio designado para cada elemento siguiendo una distribución eficiente.

**5. Desplazamientos:** ligada al transporte, esta muda incluye los movimientos innecesarios del trabajador dentro de su área de trabajo comprendiendo así, desplazamientos, el coger o buscar algo e inclusive la postura de trabajo, haciendo que todo lo anterior lo canse y así no trabaje en su mayor potencial.

**6. Sobre-procesamiento:** De los más difíciles de detectar debido a que los encargados creen que están haciendo las cosas de la mejor manera posible, el sobre procesamiento lleva como solución el cuestionamiento de cada proceso para así detectar actividades innecesarias que se pueden eliminar para disminuir drásticamente el uso de recursos así como de tiempo en la elaboración del producto.

**7. Rechazos:** lo peor que le puede pasar a la empresa desde la perspectiva del cliente cuando el producto ya ha sido entregado o para la empresa después del uso de recursos y tiempo en su producción es que el producto no cumpla con las características esperadas. El análisis de las anteriores mudas disminuye drásticamente la ocurrencia de esta, cumpliendo así con la satisfacción del cliente.

**8. Talento humano:** Hace menos de veinte años el concepto de persona no tenía un espacio en la filosofía Lean. Se ha concientizado que las personas son el elemento más intrínseco y por ende los encargados de la mejora continua. Profundizando se descubrió que las empresas deben concientizarse en las personas además de tener una concientización sobre las siete anteriores mudas, estas deben estar felices en su lugar de trabajo. Una persona puede ser muy buena en su trabajo, pero si no le gusta no logrará un trabajo sobresaliente. El Lean en el talento humano trata de ubicar a cada persona en un lugar que realmente le apasione y que por supuesto, también tenga los conocimientos y habilidades necesarios.

Así, las normas de calidad son un pilar para lograr que el potencial se convierta en realidad. “Las grandes empresas exigen la filosofía Lean como parte indispensable en cualquier empresa.” (Eje21, 2017). Es por esto que el tener o no sus principios dentro de la organización no es más una duda. Las empresas a la hora de escoger su proveedor entre tanta oferta se orientan debido a los estándares de calidad que este ofrezca, así confían en que obtendrán lo mejor que el mercado tiene por ofrecer.

### 3.2.4 Herramientas de mejora

Es importante comprender el panorama general antes de entrar a analizar el problema particular, haciendo de vital importancia herramientas como el diagrama de flujo y el diagrama de Ishikawa.

**Diagrama de flujo:** diagrama que ilustra todas las actividades que influyen en un determinado proceso.

**Diagrama de Ishikawa:** Método gráfico que organiza y clasifica las posibles causas de un problema en distintas categorías. Para este trabajo se usara el Ishikawa 6M, el cual organiza las causas en seis ramas, las cuales buscan responder a interrogantes que en caso de obtener una respuesta negativa, se tendrá que buscar la causa de ello.

- **Mano de obra:**

- ¿La empresa cuenta con operadores experimentados y estables?
- ¿Se presentan malas prácticas a la hora de distribuir la carga laboral?
- ¿Los operadores son especializados o multifuncionales?
- ¿Hay operadores que representan cuellos de botella en caso de no estar presentes en la empresa?

- **Máquina:**

- ¿Qué tan variables son los tiempos de operación en las 109 órdenes de producción?
- Con los tiempos de operación más variables ¿Qué máquinas presentan cuellos de botella en la empresa?
- ¿La empresa realiza un mantenimiento preventivo o reactivo en sus máquinas?

- **Material:**

- ¿Se presentan materias primas con demora en sus tiempos de entrega?
- ¿Las materias primas recibidas presentan las características físicas y químicas requeridas?
- ¿En la producción se genera gran cantidad de desperdicios de materia prima?
- ¿Qué uso da la empresa a estos desperdicios?

- **Medida:**
  - ¿Qué herramientas de medición posee la empresa para garantizar las especificaciones de medida del producto final?
  - ¿Las herramientas de medición que posee son suficientes para garantizar la calidad del producto final?
  
- **Método:**
  - ¿Se poseen procedimientos o instructivos estandarizados para el área de producción?
  - ¿Los procedimientos o instructivos estandarizados traen valor agregado al producto final?
  
- **Medio ambiente:**
  - ¿Se posee una distribución de planta efectiva?
  - ¿La empresa mantiene limpios los espacios de trabajo?

Teniendo una comprensión del panorama general, se puede revisar la aplicación de posibles herramientas de mejoramiento Lean Manufacturing en la empresa. Algunas de ellas son:

**Herramienta 5S:** la herramienta de las 5 eses (5S), con sus cinco conceptos, reduce significativamente las mudas de transporte, desplazamiento y esperas al tener como objetivo, eliminar espacio de trabajo inútil; organizar el espacio de trabajo de forma eficaz y mejorar el nivel de limpieza del lugar de trabajo lo cual lleve a una estandarización y a un empleado más cómodo en su puesto de trabajo.

**Herramienta Heijunka:** busca una nivelación en la producción, haciendo pequeños lotes de producto de ciertas líneas de producción, con base en la demanda. Para lograr lo anterior, se debe tener implementado un sistema de trabajo llamado “Job Shop”, el cual organiza la maquinaria por función, creando así, células de trabajo.

**Herramienta SMED:** busca hacer más eficientes los tiempos de alistamiento de la maquinaria. Se deben separar las operaciones en dos tipos, internas y externas, las primeras son aquellas que se pueden realizar sin la máquina estando en funcionamiento, las segundas necesitan de la máquina en funcionamiento, el objetivo de SMED es lograr pasar la mayor cantidad de actividades internas a externas y que las que inevitablemente tengan que ser internas se hagan lo más rápido posible.

### 3.2.5 Lean Services

Herramienta basada en los principios y herramientas Lean Manufacturing, pero orientada a los servicios. Cabe recalcar, que la aplicabilidad de sus principios depende enfáticamente de la naturaleza del servicio. Así, sus principios, son:

**Eliminación de residuos:** Eliminar todo lo que se presente en la elaboración del servicio por el que el cliente no esté dispuesto a pagar.

**Cero defectos:** Para lograrlo, se necesita de un control de calidad en cada sección de manufactura, para que ninguna célula trabaje en un producto ya mal hecho. Haciendo referencia a la “Gran C” de Juran.

**Pull en vez de Push:** Funcionando bajo pedido, evita el entrar en mudas como sobreproducción y exceso de inventario y hace más evidente las mudas como: esperas y sobre-procesamiento.

**Equipos multifuncionales:** el formar equipos de trabajo provee una mayor efectividad a la empresa debido a que cada uno se encarga de responder por un trabajo bien hecho.

**Descentralización de responsabilidades:** como se dijo anteriormente, cada equipo responde por sus actividades, fomentando así el compromiso, la responsabilidad y el liderazgo en una de las personas del equipo.

**Sistemas de información vertical:** la información no es exclusiva a los altos mandos. Cada equipo de trabajo obtiene información correspondiente a lo hecho y a lo que se hará, para así saber que se puede mejorar y a la vez tener los objetivos en mente, respectivamente.

**Mejora continua:** infaltable, pieza fundamental al igual que lo es en Lean Manufacturing.

Aplicando los anteriores, se consiguen los siguientes beneficios:

- Estandarizar y simplificar las actividades.
- Aumentar la velocidad y la reducción de los tiempos de suministro y entrega.
- Mejorar la productividad y la calidad del proceso.
- Aumentar el compromiso y la satisfacción en el trabajo.
- Desarrollar las competencias y la polivalencia de las personas.

### 3.2.3 Modelos de gestión

Los modelos de gestión son un conjunto de disposiciones tomadas por la empresa para la comprensión, análisis y modificación de su realidad. Hecho diferenciador para las empresas, debido a que permite una administración en busca del cumplimiento de metas y objetivos, haciendo evidente cuando estos no se cumplan.

Uno de los más practicados es el modelo PHVA, descrito por Walter Shewhart en 1939. Este es considerado como la primera representación gráfica del principio de mejora continua. El Planear, Hacer, Verificar y Actuar es un ciclo que se puede ejercer para todo proceso en la empresa, así como para la red de procesos desde una perspectiva holística.

**Planear:** establecer objetivos, recursos y planes de contingencia.

**Hacer:** implementar lo planeado.

**Verificar:** fase más importante del proceso debido a que analiza si la situación actual corresponde a la esperada.

**Actuar:** acciones para alcanzar la situación ideal en caso de que la verificación demuestre que no se han obtenido los resultados deseados.

### 3.3 Contribución intelectual o impacto del proyecto

El personal directivo debe estar orientado en la implantación de acciones basadas en una cultura de mejoramiento continuo, buenas prácticas y adaptabilidad a los cambios. De lo contrario, no se posicionaran como opción para el mercado local e internacional, sobre todo para este último con los cambios en los aranceles y el re direccionamiento de la producción de los distintos países entrando en competencia por nuevos mercados internacionales. Es por esto que es crucial encontrar los factores que conllevan a que Grupo WEDM no pueda entregar sus órdenes de producción a tiempo, realizando un diagnóstico 6M y formulando propuestas de mejora a base de este. Resultando en un trabajo guía para cualquier empresa que presente alta variabilidad en sus productos y que quiera hacer más eficiente su proceso de producción.

## 4. Metodología

1. Para el diagnóstico y análisis 6M se realizaron visitas a la empresa para encontrar información clave sobre su producción. Para esto se establecieron criterios de evaluación para cada M, los cuales fueron la base de las entrevistas con el personal de producción y administrativo. En esta etapa se utilizaron las siguientes herramientas:
  - Un diagrama de flujo para el proceso de “generación de órdenes de producción”.
  - Análisis estadístico de una muestra de órdenes de producción. Para el análisis de máquina se usó el lenguaje R, el cual es un lenguaje de programación para analizar de manera profunda la dispersión de los tiempos de producción encontrados y así permitir comprender con más exactitud el panorama de esta “M”.
2. De acuerdo con los antecedentes bibliográficos y conversaciones con profesores del área de mejoramiento, se evaluaron las herramientas más usadas para resolver la ineficiencia en una empresa del sector metalmecánico, encontrando como una opción algunas herramientas de la filosofía Lean Manufacturing. Es así como se revisaron las metodologías y con base en las debilidades de la empresa, se seleccionaron 5S, SMED y Heiyunka.
3. Las propuestas se presentaron teniendo en cuenta el ciclo PHVA, para lo cual, algunas actividades de mejora se enfocan en el “Planear” de los procesos. Otro grupo de actividades están encaminadas al “Hacer” y finalmente se propone un análisis estadístico de la información que le permita a la empresa mediante una metodología de solución de problemas cerrar el ciclo con “Verificar” y “Actuar”.

## 5. Resultados

### 5.1 Presentación y discusión de resultados

El proceso de toma de órdenes de producción de Grupo WEDM SAS empieza con el cliente solicitando una cotización de la pieza que necesita. La cotización se puede originar a través de dos formas: el vendedor se encuentra con el cliente para ofrecerle el servicio y después lleva a encargados de producción los planos de diseño con las medidas específicas del producto junto con las características físicas y mecánicas que este debe cumplir o el cliente se contacta directamente con Grupo WEDM entregándole toda la información. El gerente de producción con base en su experiencia dictamina un estimado en la cotización, representando un problema, pues si el cliente acepta el estimado, se realiza una orden de producción, diligenciada a mano, en la que se obtiene el costo real del producto junto con el precio real de venta, el cual, a veces, difiere bastante con el precio mencionado en la cotización. Lo anterior se refleja con el siguiente diagrama de flujo (Diagrama 2).

Para la planeación de la producción, se cuenta con el programa de gestión de proyectos “Trello”, exclusivo para el supervisor y los dos gerentes de producción, el cual es un programa de organización de proyectos, en el que se ingresan las operaciones y fechas de ejecución, para entregársela a los operarios. El criterio de priorización para las órdenes de producción es por proximidad a la fecha de entrega. Después de la ejecución de la orden de trabajo se procede a llevar el trabajo al cliente y a archivar la orden de producción, perdiendo así un recurso importantísimo: los datos, tomándose decisiones sin ellos.

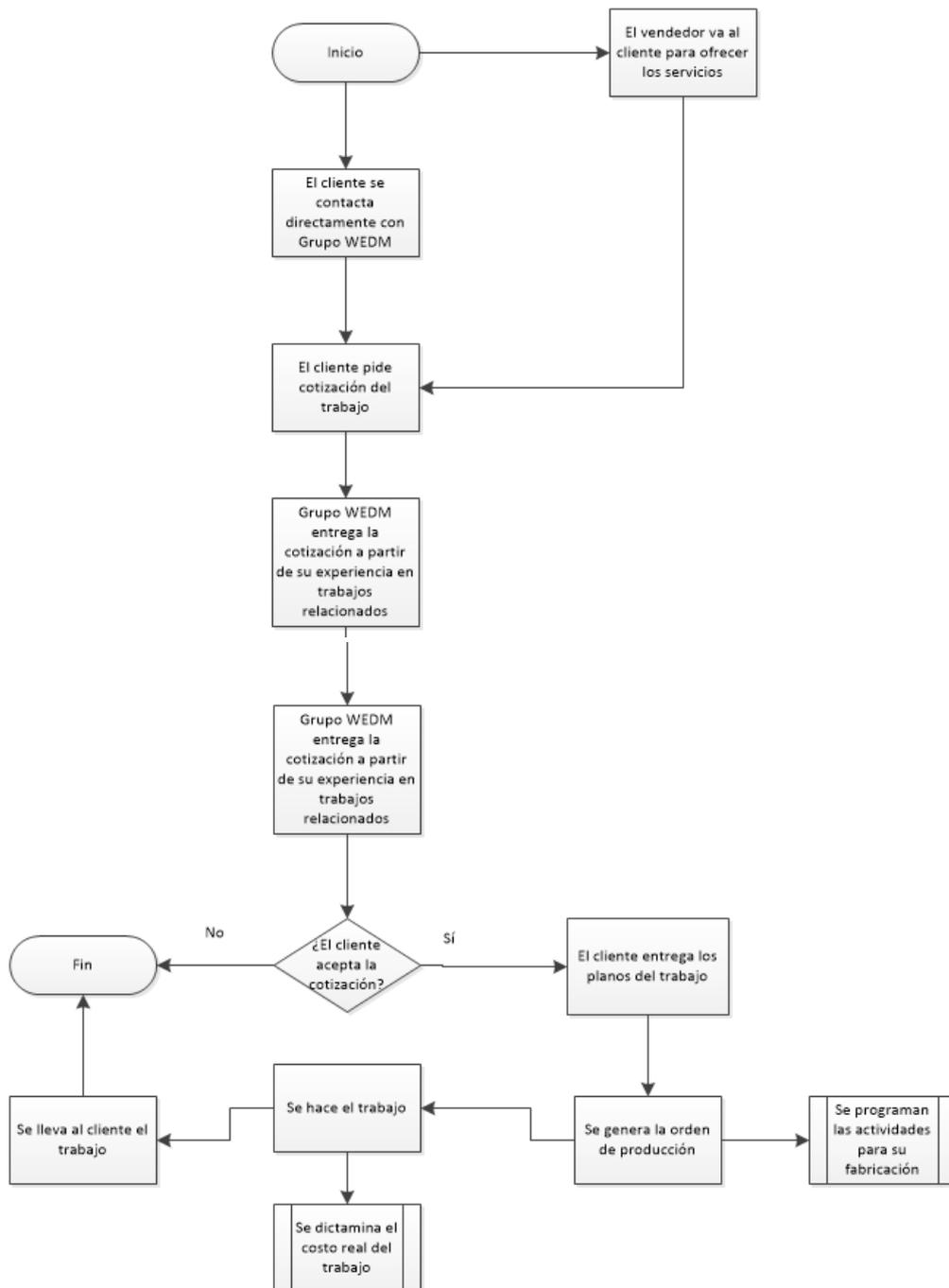


Diagrama 3. Diagrama de Flujo para la Generación de Órdenes de Producción

Fuente: El autor

### **5.1.1 Diagnóstico y análisis 6M**

Para la realización del diagnóstico y análisis 6M se tomó una muestra de 109 órdenes de producción equivalentes al trabajo hecho por la compañía en el mes de Diciembre de 2018 y en los primeros dos meses de 2019. Con estas se generó una base de datos en Excel con las siguientes columnas: cliente, número de orden, fecha de inicio, fecha de entrega, fecha de inicio de la operación, nombre de la operación, fecha y hora inicial de la operación, hora final de la operación, duración, operario y máquina. El ser las órdenes de producción tan antiguas no representa un problema para el análisis, pues la empresa no ha realizado cambios en el sistema de producción desde entonces.

Se tuvieron en cuenta solo operaciones con frecuencia mayor a tres, para lograr un análisis enfatizado en las operaciones más influyentes en el proceso de producción.

Se observó que a lo largo de todas las órdenes, a veces, se diligencia con un solo tiempo la realización de dos o más operaciones. Esto es considerado una mala práctica pues lleva a que el análisis no sea exacto. Lo anterior, se observó en todas las máquinas, pero se presentó con una mayor frecuencia en el banco (espacio para el trabajo con herramientas). Los distintos errores de unión de operaciones (47 en total) se pueden encontrar en el anexo 2 y estos no fueron tomados en cuenta en el análisis al igual que las operaciones ilegibles, al ser diligenciadas a mano las órdenes de producción.

#### **5.1.1.1 Diagnóstico y Análisis de Mano de Obra**

En este análisis se pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿La empresa cuenta con operadores experimentados y estables?
- ¿Se presentan malas prácticas a la hora de distribuir la carga laboral?
- ¿Los operadores son especializados o multifuncionales?
- ¿Hay operadores que representan cuellos de botella en caso de no estar presentes en la empresa?

La empresa cuenta con operadores experimentados y estables al tener operadores con 5 años mínimos de experiencia en la máquina que laboran y al no haber despedido a ninguno por desempeño laboral.

Analizando la información de las 109 ordenes de producción, referente a tres meses de producción, se encontró el tiempo de las operaciones entregadas a cada operario, con el que se realizó el análisis de cargas de trabajo. En el anexo 3, se

encuentran los operadores de cada máquina con sus respectivos tiempos de operación. A continuación se presentan los resultados encontrados:

- Se presenta una mala práctica al tener una inequitativa distribución en la carga laboral, al sobrecargar de trabajo al operador 1 y al operador 2 con 17.342 y 10.376 minutos de operación respectivamente, en comparación con los demás operarios con una media de 6000 minutos.
- Se presenta otra mala práctica en la distribución laboral al encontrar que el 56% de los trabajos realizados en el banco son ejercidos por personal que trabaja maquinaria, siendo esto un error, pues el banco posee un personal establecido, al realizarse aquí los trabajos con menores requerimientos de habilidad. Se recomienda que las personas que son especializadas en el trabajo de máquina, no ejerzan ningún trabajo en el banco.
- Los operarios son multifuncionales pues 8 de los 10 operarios no se especializan en una sola máquina.
- Los operadores con mayor carga laboral son los que representan un cuello de botella para la empresa, pues en caso de presentar ausencia o en caso de incapacidad, al ser imprescindibles para el trabajo en algunas máquinas, estos conllevarán a que la producción se detenga, desembocando en tiempos muertos de producción.
  - El operador 1 al ser responsable del 85,89% del trabajo en la erosionadora por hilo (máquina responsable del 11,49% de trabajos totales) y al ser responsable del 62,81% de los trabajos en la CNC (máquina responsable del 18,92% de trabajos totales).
  - El operador 2 al ser el encargado del 52% de los trabajos hechos en la rectificadora, siendo el operador 3 (encargado del 30% de los trabajos) un buen suplente si no se encargara del 77% de los trabajos hechos en la erosionadora por penetración (máquina responsable del 9% de trabajos totales).
  - El operador 2 no representa un cuello de botella para la empresa en la afiladora, pues aún siendo el único que la controla, la afiladora solo realiza el 1% de los trabajos totales de la empresa.

### 5.1.1.2 Diagnóstico y Análisis de Máquina

En este análisis se pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Qué tan variables son los tiempos de operación en las 109 órdenes de producción?
- Con los tiempos de operación más variables ¿Qué máquinas presentan cuellos de botella en la empresa?
- ¿La empresa realiza un mantenimiento preventivo o reactivo en sus máquinas?
- ¿La empresa posee maquinaria adecuada para garantizar el cumplimiento de las especificaciones?

Se inició el diagnóstico midiendo por máquina la variabilidad en sus tiempos de operación. Para ello se hizo uso de un diagrama múltiple de cajas. Los resultados se presentan a continuación (Diagrama 4).

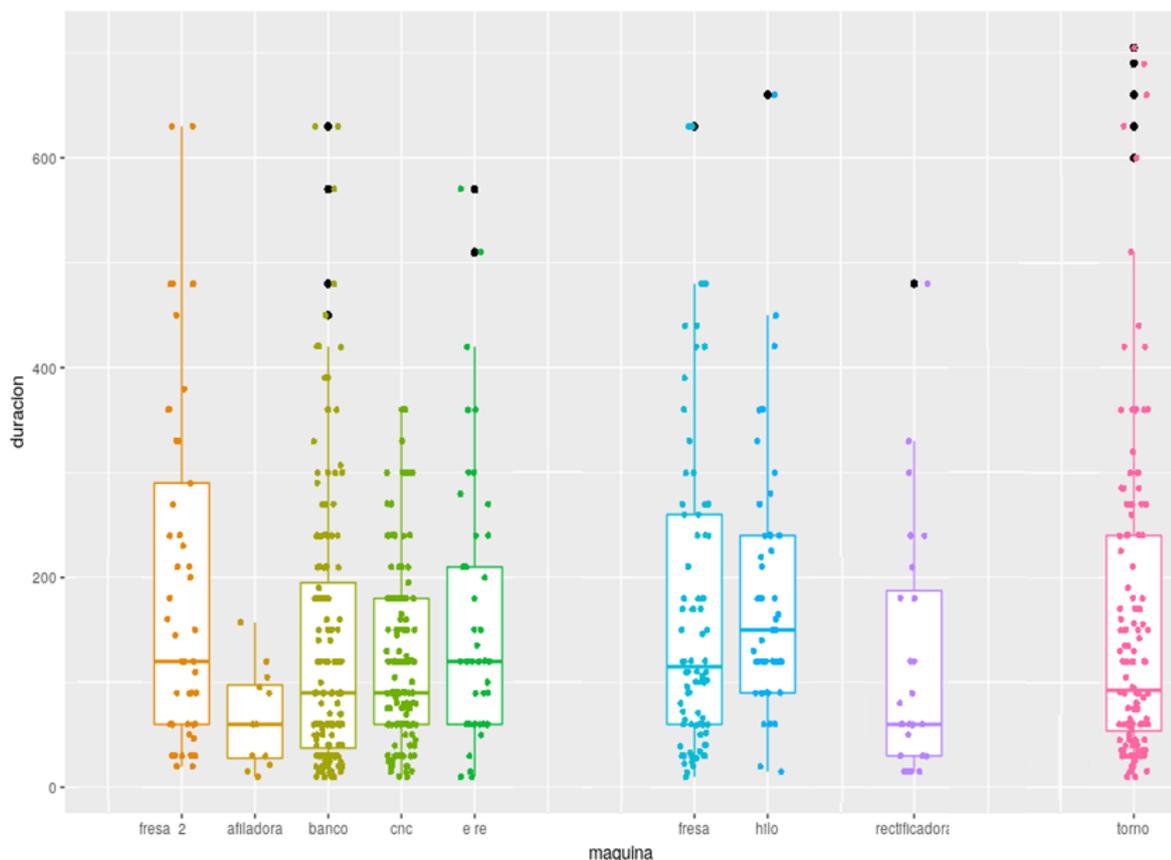


Diagrama 4. Distribución de Tiempos de Operación por Máquina

Fuente: El autor

Al haber tantos puntos atípicos se comprende que todas las máquinas poseen una alta variabilidad en sus tiempos de operación. El torno y el banco destacan al poseer los mayores tiempos atípicos (puntos por fuera de las 3 desviaciones estándar).

Teniendo en cuenta que la alta variabilidad en tiempos de operación puede deberse a la alta cantidad de operaciones por máquina, se indaga en la variabilidad de tiempos por cada operación del torno. (Diagrama 5)

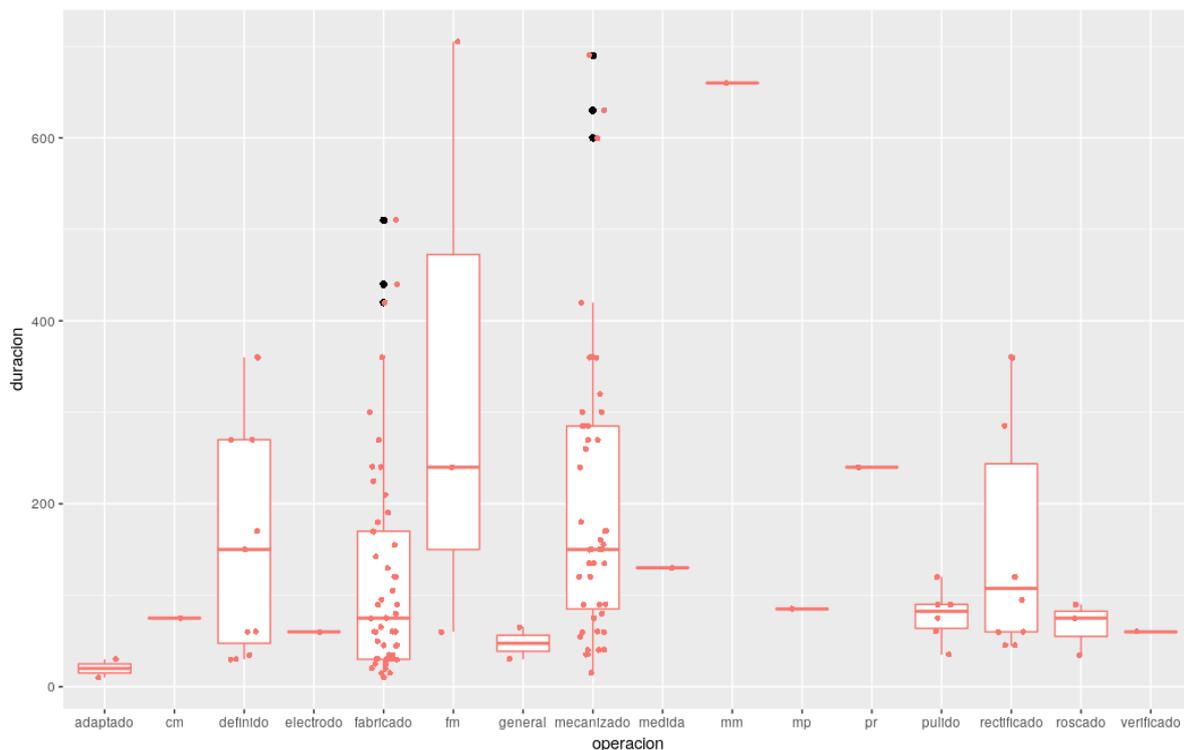
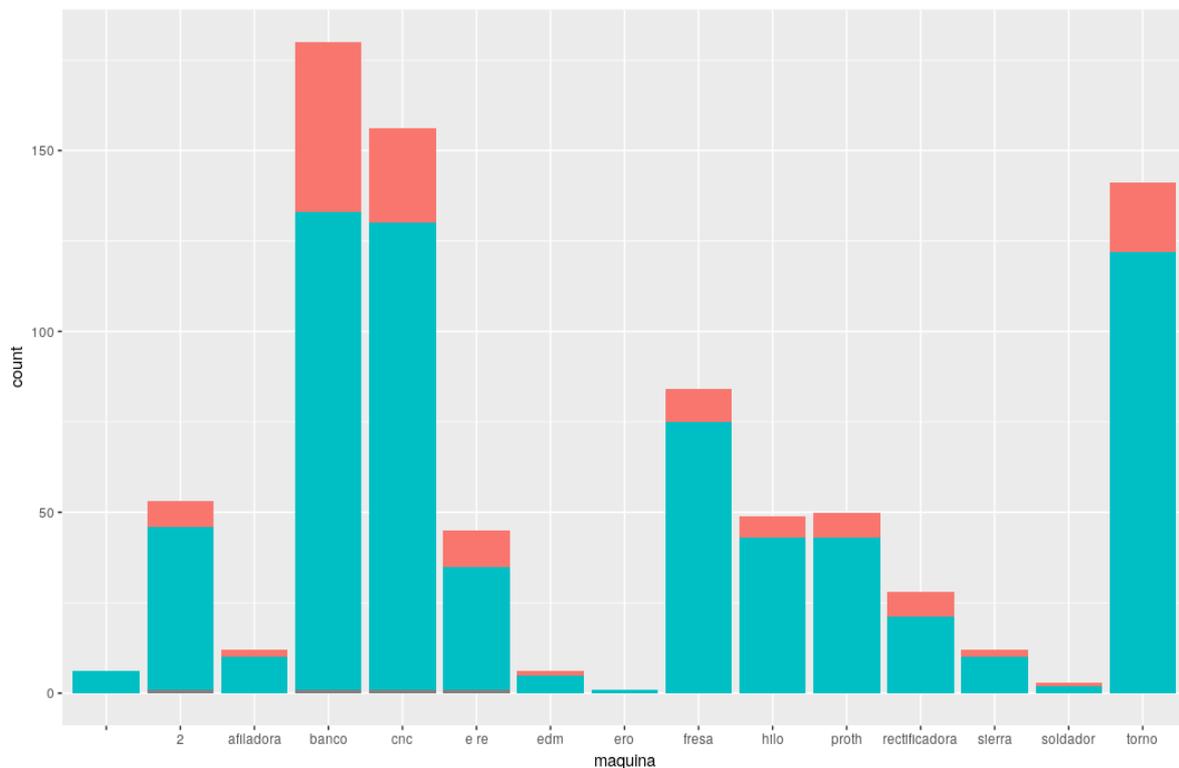


Diagrama 5. Distribución de Tiempos por Operación del Torno

Fuente: El autor

Se observa que las operaciones “fabricado”, “mecanizado” y “fm” (mal práctica de tener solo un tiempo de operación para las dos operaciones) presentan también una alta variabilidad en sus tiempos de operación. Lo anterior, se debe a que cada operación es radicalmente distinta por cada servicio, siendo esto impredecible, pues no se puede predecir con confiabilidad alta, tiempos futuros de operación, llevando a que no se pueda estandarizarse una metodología para cada operación y marcando una establecida diferenciación con las empresas manufactureras con operaciones definidas.

Al momento, en el análisis se ha concluido que algunos operarios como el operario 1 y 2 y algunas máquinas como el torno y la CNC presentan cuellos de botella para la empresa. Para cuantificar lo anterior, se procedió a realizar un análisis de cuellos de botella con el siguiente supuesto: toda operación que se planea es ejecutada inmediatamente, la única forma en que no se ejecute de manera inmediata es que la máquina o el operador se encuentren ocupados.



Gráfica 1. Cantidad de Cuellos de Botella por Máquina

Fuente: El autor

En el gráfico de columnas apiladas, el color azul representa la cantidad de operaciones por máquina que presentaron cuellos de botella en la organización, en rojo las que no. Se evidencia que toda máquina en repetidas ocasiones hace detener el sistema productivo. Evidenciándose con un mayor grado, el torno, la CNC y el banco. Las mismas máquinas que evidenciaron mayor variabilidad en sus tiempos de operación y que son manejadas por los mismos operarios que representan un cuello de botella.

Se consultó al personal administrativo por el tipo de mantenimiento realizado en las máquinas, respondiendo que era de tipo reactivo, generando retrasos en el cumplimiento de pedidos al dañarse una máquina y deber repararla.

Por último, se observa que las máquinas son adecuadas para garantizar las especificaciones de los productos y esto se corrobora por la satisfacción de los clientes con el producto final.

### **5.1.1.3 Análisis de Material**

En este análisis se pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Se presentan materias primas con demora en sus tiempos de entrega?
- ¿Las materias primas recibidas presentan las características físicas y químicas requeridas?
- ¿En la producción se genera gran cantidad de desperdicios de materia prima?
- ¿Qué uso da la empresa a estos desperdicios?

En entrevista con el gerente de producción se encontró que:

- En promedio, al mes, se realizan diez pedidos de materia prima. En promedio, cada dos meses, solo un pedido presenta una demora en su tiempo de entrega, la cual nunca es mayor de un día.
- Las materias primas recibidas siempre presentan las características físicas y químicas requeridas.
- Los desperdicios de materia prima mínimos pues estos representan un 5% del total del material, debido a que Grupo WEDM compra por orden el bloque de materia prima con las medidas más cercanas a las del producto final.
- Los desperdicios de materia prima se almacenan para complementar futuras órdenes de producción.

### **5.1.1.4 Análisis de Medida**

En este análisis se pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Qué herramientas de medición posee la empresa para garantizar las especificaciones de medida del producto final?
- ¿Las herramientas de medición que posee son suficientes para garantizar la calidad del producto final?

Para asegurar las medidas correctas en los productos terminados en cada máquina y en los productos finales, los operarios por máquina poseen los siguientes instrumentos de medición:

- Un pie de rey
- Un goniómetro
- Un flexómetro
- Una galga
- Un calibrador

El banco cuenta con tres torquímetros y para medir la dureza de los materiales se cuenta con un durómetro. Todos los anteriores instrumentos de medición se calibran anualmente.

La empresa al no tener problemas con la cantidad de instrumentos ni con la calidad de sus productos, lleva a afirmar que cuenta con los suficientes instrumentos de medición siendo estos idóneos.

#### **5.1.1.5 Análisis de Método**

En este análisis se pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Se poseen procedimientos o instructivos estandarizados para el área de producción?
- ¿Los procedimientos o instructivos estandarizados traen valor agregado al producto final?

La empresa posee tres procedimientos no documentados y un instructivo documentado para el área de producción:

- Un procedimiento para el cálculo de la cotización del cliente.
- Un procedimiento para traducir los planos en 2D al producto final (3D).
- Un procedimiento para la planeación de las órdenes de producción.
- Un instructivo para verificar la calidad de un producto en los aspectos claves que deben estar preestablecidos para satisfacción de un cliente.

A continuación se explica de manera resumida cada uno de ellos:

El procedimiento para la cotización del cliente ya ha sido mencionado con anterioridad. Se hace énfasis en su falta de valor agregado al producto final pues en ocasiones se presentan cotizaciones que difieren bastante con el precio real a pagar por el cliente.

Para traducir los planos en 2D al producto final (3D), el procedimiento consiste en el uso del software SolidWorks para modelar en 3D los trabajos que representan una mayor complejidad en su mecanizado, agregando valor agregado al producto final.

La planeación de las órdenes de producción consiste en que el gerente de logística analiza las operaciones que son necesarias a realizar en cada orden de producción, segregando las operaciones por máquina e introduciendo la información resultante en el programa de gestión de proyectos "Trello". El valor agregado del procedimiento es dudoso, pues si el gerente pasa por alto una o varias operaciones por realizar, se presentaran retrasos en las órdenes de producción.

Para garantizar la calidad del producto final, el instructivo estandarizado plantea que al recibir la materia prima se debe revisar que esta cumpla con las propiedades físicas y químicas, al igual que con las medidas solicitadas. Al terminar un trabajo en cada máquina se debe revisar que las medidas sean correctas, lo mismo debe hacerse para el producto final. El instructivo trae valor agregado pues permite que un producto mal manufacturado no pase a la siguiente máquina.

#### **5.1.1.6 Análisis de Medio Ambiente**

En este análisis se pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿La planta de producción posee una correcta clasificación y orden para sus máquinas y objetos?
- ¿La planta de producción posee de instructivos estandarizados para su limpieza?
- ¿Las condiciones de infraestructura física es adecuada para que el proceso fluya de manera eficiente?

Las respuestas a los interrogantes se presentan a continuación:

- La empresa no clasifica ni ordena sus máquinas por células de trabajo, al no tener un criterio específico o aplicación de un modelo para la distribución de las mismas.
- No hay clasificación de espacios en los que se permita el desplazamiento de los trabajadores.
- Se presenta desorden al encontrar varios bancos de herramientas para una misma máquina.

- La planta no presenta instructivos estandarizados para la limpieza, encontrándose residuos de producción esparcidos en varios espacios de la planta.
- La planta cuenta con un área de  $144 m^2$ , suficiente espacio para realizar mejoras en su distribución.

Así, con los resultados del diagnóstico 6M se puede concluir que Grupo WEDM posee las siguientes fortalezas y debilidades por cada M (Tabla 1).

"M"	Fortalezas	Debilidades
Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa cuenta con operadores experimentados y estables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los operarios 1 y 2 no poseen una inequitativa distribución de trabajo al ser sobrecargados con carga laboral.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los mismos operarios con sobrecarga laboral representan un cuello de botella para la organización.</li> </ul>
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las máquinas son adecuadas para garantizar las especificaciones de los productos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las máquinas presentan altas variaciones en sus tiempos de operación, representando cada una cuellos de botella para la organización, evidenciándose en mayor medida en el torno, la CNC y el banco.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mantenimiento de las máquinas es de tipo reactivo de tipo reactivo, generando retrasos en el cumplimiento de pedidos al dañarse una máquina y deber repararla.</li> </ul>
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los desperdicios de materia prima representan un 5% del total de materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se encontraron debilidades en esta "M"</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los desperdicios de materia prima se almacenan para complementar futuras órdenes de producción.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En promedio, al mes, se realizan diez pedidos de materia prima. En promedio, cada dos meses, solo un pedido presenta una demora en su tiempo de entrega, la cual nunca es mayor de un día.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las materias primas recibidas siempre presentan las características físicas y químicas requeridas.</li> </ul>	

<b>Medida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se poseen los suficientes instrumentos de medición para asegurar la calidad del producto final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se encontraron debilidades en esta "M"</li> </ul>
<b>Metodo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor agregado al producto final con el instructivo estandarizado de control de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La metodología usada para el cálculo de la cotización no agrega valor al producto final.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor agregado al producto final con la metodología que permite una mejor visión de las piezas a producir más complejas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La metodología usada para la planeación de las operaciones en el programa Trello no trae valor agregado al producto final.</li> </ul>

<b>Medio Ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La planta cuenta con suficiente espacio para realizar mejoras en su distribución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa no clasifica ni ordena sus máquinas por células de trabajo, al no tener un criterio específico o aplicación de un modelo para la distribución de las mismas.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay clasificación de espacios en los que se permita el desplazamiento de los trabajadores.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta desorden al encontrar varios bancos de herramientas para una misma máquina.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La planta no presenta instructivos estandarizados para la limpieza, encontrándose residuos de producción esparcidos en varios espacios de la planta.</li> </ul>

Tabla 2. Fortalezas y Debilidades de la Empresa

Fuente: El autor

## 5.1.2 Revisión de las Posibles Herramientas de Mejoramiento Aplicables a la Empresa de Acuerdo con el Diagnóstico Situacional

### 5.1.2.1 Herramienta 5S

La metodología 5S, como se mencionó en el marco teórico, es de gran ayuda para hacer más efectivo el ambiente laboral, al orientar la empresa hacia buenas prácticas de como clasificar, organizar, mantener limpio cada espacio de trabajo, estandarizar y mantener una disciplina en la planta.

#### **5.1.2.4 Aprovechamiento del Programa de Modelación 3D Solidworks**

Como se mencionó anteriormente, la empresa hace uso del software SolidWorks para modelar en 3D los trabajos que representan una mayor complejidad en su mecanizado. Cada operación necesita de una herramienta para su elaboración. Costing es una herramienta de Solidworks, que recomienda la mejor herramienta a usar en cada operación teniendo una pieza modelada en 3D. Actualmente, esta opción no está siendo usada por la empresa.

#### **5.1.2.5 Análisis Estadístico de Información Histórica**

Este trabajo solo sirve para tomar medidas frente a la situación actual de la empresa. En un futuro se necesitará nueva información de mano de obra y máquina para poder actuar acorde, es por esto que el poseer de una aplicación digital que permita el análisis estadístico de la información y actuar frente a los resultados encontrados.

#### **5.1.2.2 Herramienta SMED**

El hacer los tiempos de preparación de las máquinas más eficientes, agrega valor al proceso de producción, pero el poseer de maquinaria con distintas operaciones y al no ejecutarse una operación por un largo periodo de tiempo, hace de la metodología SMED una opción inviable en este sistema de producción.

#### **5.1.2.3 Herramienta Heijunka**

Al tener como objetivo el nivelar la producción bajo la demanda, creando líneas de producción con base en ella, es algo inviable debido a que la demanda (siempre analizada semanal) no crea líneas de producción replicables en otras órdenes de producción.

### 5.1.3 Aplicación de Propuestas de Mejora Bajo el Modelo PHVA

Las propuestas de mejora se presentan bajo un modelo de gestión PHVA para organizarlas por enfoque de mejoramiento.

#### 5.1.3.1 Propuestas que aportan al “Planear”

#### 6.1.3.2.3 Cotización, Planeación de Órdenes de Producción e Introducción a la Estandarización

La Herramienta Costing de Solidworks cuenta con una base de datos, mundialmente avalada, lista para usar, con las especificaciones técnicas (diámetro, avance, velocidad de corte, profundidad de corte y tolerancia del material) de cada herramienta usada en fresa y torno. El programa evalúa las especificaciones de cada herramienta con la operación a realizar, proporcionando la mejor herramienta para cada operación. La ilustración 1 refleja una parte de la base de datos para las herramientas de fresa.

	Clase	Material personalizado	Máquina	Tipo de herramienta	Acabado superficial	D (mm)	Fr (mm/rev.)	S (m/min.)	d (mm)	r (mm)	TER (%)	Comentarios
1	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	5,000	0,040	40,000	0,750		100,00	
2	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	5,500	0,040	45,000	1,000		100,00	
3	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	6,000	0,100	45,000	1,000		100,00	
4	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	6,500	0,100	45,000	1,000		100,00	
5	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	7,000	0,100	45,000	1,000		100,00	
6	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	7,500	0,100	45,000	1,000		100,00	
7	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	8,000	0,100	45,000	2,000		100,00	
8	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	8,500	0,100	45,000	2,000		100,00	
9	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	9,000	0,100	45,000	2,000		100,00	
10	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	9,500	0,100	45,000	2,000		100,00	
11	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	10,000	0,100	45,000	2,000		100,00	
12	Acero	AlSi 304 Inoxidable	Fresado	Fresa plana	Desbaste	10,500	0,100	50,000	2,000		100,00	

Ilustración 1. Parte de la Base de datos para las Herramientas de Fresa

Fuente: El autor

En la ilustración 2, se muestra como para una operación con fresa, la herramienta a usar debe ser la herramienta de 20 mm.

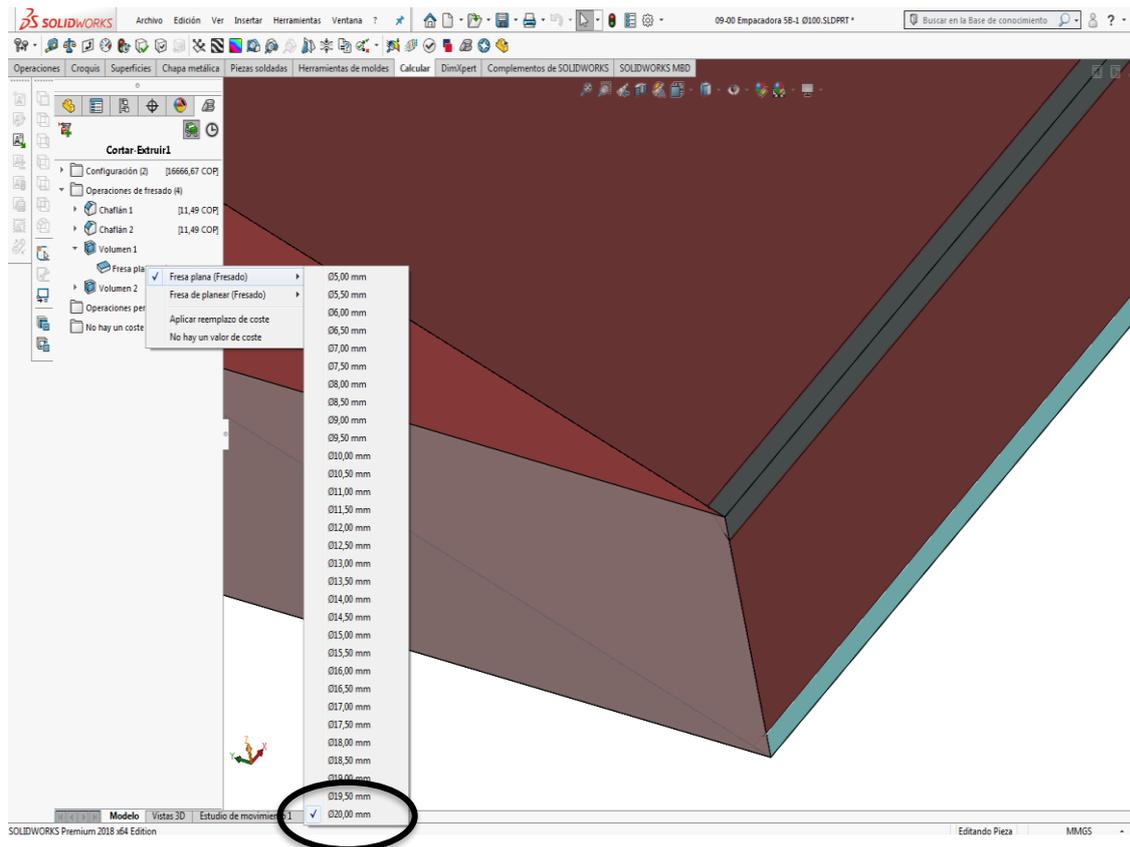


Ilustración 2. Herramienta a Usar para un Trabajo de Fresa

Fuente: El autor

Al tener el conjunto de herramientas para el mecanizado de la pieza, el programa realiza el cálculo de tiempo por operación. El usuario añadiendo en el apartado de costos, el costo hora máquina y el costo hora hombre permite al programa proveer los costos directos totales de producción.

Se espera así, que con la herramienta Costing la empresa pueda:

1. Dar una cotización más exacta a sus clientes.
2. Estandarizar el uso de las herramientas en el torno y la fresa.
3. Planear las órdenes de producción con base en las operaciones a realizar en cada máquina, buscando que estas siempre estén en funcionamiento, dando prioridad a las operaciones con mayor tiempo de operación, logrando una disminución en los tiempos muertos por el cambio reiterativo de operaciones.

### **6.1.3.2.2 Distribución de Planta**

Aplicar la herramienta Job Shop para hacer más eficiente el ambiente laboral, al clasificar las máquinas por células con base en operación realizada. Se sugieren las siguientes células de trabajo:

- Célula 1: Tornos
- Célula 2: Fresas
- Célula 3: Erosionadoras y CNC
- Célula 4: Banco

El alcance de este proyecto no abarcó el estudio de distribución por lo que se recomienda realizar un proyecto específico para esto.

### **6.1.3.2.3 Plan de Mantenimiento Preventivo**

Los gerentes de producción y logística deben obtener información estadística constante acerca de la frecuencia en el uso de máquinas. Para ello hay una propuesta más adelante en la sección “Verificar”.

Al poseer de la información, los gerentes deben buscar las instrucciones de fabricantes para mantenimiento de equipos, analizarlos y por frecuencia de uso de máquina, aplicar las acciones provistas por el instructivo.

### **6.1.3.2 Propuestas que aportan al “Hacer”**

#### **6.1.3.2.1 Implementación de la metodología 5S**

Para la implementación se tomó como guía la metodología hecha por la Universidad de Sevilla en un taller de máquinas.

Se marcó como área de implementación el área de máquinas. El encargado de aplicar las medidas correctivas será el gerente de producción pues es quien mejor conoce el trabajo en máquinas.

Primero, deberá explicar a los operadores del porqué el cambio y después sensibilizarlos acerca del alto nivel de compromiso y participación activa que todos deben de poseer. Para ello, se recomienda colocar en un lugar visible el “Panel 5S” donde se reflejará la fase en la que se encuentra la organización y el plan de acción con las propuestas de mejora por fase.

### **Fase 1. Eliminar**

El propósito de esta fase es seleccionar en el espacio de trabajo lo estrictamente necesario, eliminando el resto.

Al haber diversos bancos de herramientas para una misma máquina, el gerente de producción debe eliminarlos y delimitar solo un banco por máquina. Se debe de consultar con los operadores saber las herramientas que se usan en cada máquina. Así se libera espacio y el operador encuentra más fácilmente las herramientas al estar en un solo lugar.

### **Fase 2. Ordenar**

El propósito de la fase es reducir mudas de desplazamiento y retrasos, analizando la razón que provoca retrasos para encontrar los objetos.

Al tener un solo banco de herramientas por máquina, es de vital importancia el orden de las herramientas dentro de él. Se disponen de varios cajones dentro de cada banco de herramientas por lo que se propone que cada cajón se delimite con herramientas con la misma función. Siendo de nuevo de vital importancia que el gerente de producción consulte a los operadores para la ejecución de esta acción. Se recomienda rellenar los espacios vacíos entre herramientas con trozos de corcho.

Se deben delimitar caminos para el desplazamiento de los trabajadores, ya que al momento no se cuenta con ellos.

### **Fase 3. Limpiar**

Esta fase consiste en asegurar la mayor limpieza posible en los puestos de trabajo y la planta en general.

Para conseguir la mayor limpieza en los puestos de trabajo se debe dividir el área de máquinas por zonas, definiendo a un responsable por zona. Si la zona consta de maquinaria, se debe de remover las piezas desmontables y sumergirlas en agua a 80° C por 15 minutos, el resto de la máquina y del área debe desinfectarse con sustancias químicas.

Para una mayor limpieza en la planta se recomienda delimitar el área del torno y fresas con mallas, así el arranque de viruta que sale de estas no se esparcirá por el resto de la planta.

## **Fase 4. Estandarizar**

En esta fase se propone que la empresa cree instructivos estandarizados que identifiquen las mejoras planteadas como parte de la cultura organizacional. Se debe verificar la eficacia de estos instructivos a través de check-list de evaluación y seguimiento.

## **Fase 5. Disciplina**

La disciplina es fundamental pues sin ella los cambios logrados en las primeras cuatro fases se deteriorarán rápidamente, por lo que los gerentes deben encargarse de transmitir a los operadores una cultura de respetar los estándares logrados, mantener los buenos hábitos y mejorar en lo posible. En caso de no respetarse los instructivos estandarizados los gerentes deben de buscar el porqué de la falta de respeto y/o interés.

### **6.1.3.3 Verificar**

#### **5.1.3.1.1 Análisis Estadístico de Información Histórica**

La aplicación digital consistirá en que los operadores desde su celular podrán ingresar su nombre junto a la hora inicial y final de cada operación, proveyendo periódicamente a los gerentes los resultados del análisis de mano de obra y máquina actuales.

Así, la aplicación entregará periódicamente indicadores como distribución de carga laboral y cuellos de botella por operador o máquina, necesarios para saber si se está presentando problemas en la planeación y ejecución de la producción.

Esto llevará a que la empresa cumpla con los siguientes principios Lean Services:

- **Eliminación de desechos:** al no usar hojas de papel para las órdenes de producción las cuales solo se usaban para la cotización. Ahora esos datos son transformados en información la cual se usa para tomar decisiones, llevando a una mejora continua constante.
- **Sistema de información vertical:** al mostrar el rendimiento de trabajos realizados y la información de trabajos futuros.

Se deberán revisar estos datos semanalmente para conocer el diagnóstico situacional de la empresa. Se debe verificar también el porcentaje de entregas a tiempo, pues es el indicador que con mayor medida la empresa quiere solucionar al momento.

#### **6.1.3.4 Actuar**

El actuar dependerá si el porcentaje de entregas a tiempo es menor o mayor de un 90%. Si es menor de un 90%, los gerentes deberán revisar y dar solución a los indicadores negativos provistos por la aplicación. Si se presenta una inequitativa distribución en la carga laboral, se debe capacitar a los operadores para aumentar la polivalencia en ellos. Si se presentan cuellos de botella, los gerentes deben analizar la planeación de las operaciones. Las soluciones deben estandarizarse y documentarse, acordando acciones para prevenir la recurrencia del problema. Por otro lado, si el porcentaje de entregas a tiempo es mayor de 90%, también deben de estandarizarse y documentarse las acciones realizadas para alcanzar este resultado.

#### **6.2 Conclusiones**

Grupo WEDM S.A.S presenta debilidades en todas sus “M” a excepción de las “M” Material y Medida. En Mano de Obra la empresa presenta una inequitativa distribución en su carga laboral originando que algunos empleados representen cuellos de botella para la organización. Toda la maquinaria presenta numerosos cuellos de botella debido a la ineficiencia en la planeación de las operaciones, debido a la alta variabilidad en los tiempos de operación. En Medio Ambiente la empresa no posee de una distribución eficiente de sus máquinas ni posee una buena clasificación y limpieza en planta.

En la revisión de posibles herramientas de mejora, fueron viables la herramienta 5S, el programa de modelación 3D SolidWorks y el análisis estadístico de información histórica de la compañía. Por otro lado, fueron inviables las herramientas SMED y Heyjunka.

Las propuestas de mejora llevarán a una mayor eficiencia en la empresa pues:

- La herramienta Costing estandarizará la producción en fresas y torno dirigiendo el proceso al “no errores” en planeación y ejecución de sus operaciones.
- La herramienta 5S y el plan de distribución de planta harán que se reduzcan las mudas de transporte, desplazamientos y retrasos.
- El plan de mantenimiento preventivo hará que se reduzcan las mudas de sobre-procesamiento y rechazos.
- El análisis estadístico de la información histórica llevara a que la empresa cumpla con los siguientes principios Lean Services:

- **Eliminación de desechos:** al no usar hojas de papel para las órdenes de producción las cuales solo se usaban para la cotización. Ahora esos datos son transformados en información la cual se usa para tomar decisiones, llevando a una mejora continua constante.
- **Sistema de información vertical:** al mostrar el rendimiento de trabajos realizados y la información de trabajos futuros.

Se espera que la empresa en un futuro siga las propuestas y de solución a sus debilidades, llevando cada vez más a un mayor cumplimiento de entrega en sus órdenes de producción.

### **6.3 Recomendaciones**

- Se recalca el seguimiento y liderazgo que los gerentes deben de poseer para llevar a cabo las propuestas de mejora.

## BIBLIOGRAFÍA

PROCOLOMBIA. 2016. *Inversión en el sector metalmecánico*. Consultado el 1 de noviembre del 2018, disponible en <http://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/manufacturas/metalmecanica.html>

PROCOLOMBIA. 2017. *La industria metalmecánica en Colombia*. Consultado el 4 de noviembre del 2018, disponible en: <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/industria-metalmec-nica>

EJE 21. 2017. *Industria metalmecánica, a competir con sostenibilidad*. Consultado el 4 de noviembre del 2018, disponible en: <http://www.eje21.com.co/2017/03/industria-metalmecanica-a-competir-con-sostenibilidad/>

DINERO. 2018. *¿Qué efecto tienen los aranceles de Trump en Colombia?* Consultado el 1 de noviembre del 2018, disponible en: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/que-efecto-tienen-los-aranceles-de-trump-en-colombia/259621>.

SICEX. 2018. *Nuevos aranceles de aluminio y acero establecidos por Estados Unidos, incluyen a Colombia*. Consultado el 1 de noviembre del 2018, disponible en: <https://www.sicex.com/nuevos-aranceles-de-aluminio-y-acero-establecidos-por-estados-unidos-incluyen-a-colombia/>.

METALMECÁNICA. 2018. *¿Hacia dónde se dirigirán las inversiones de la industria metalmecánica latinoamericana en 2018?* Consultado el 1 de diciembre del 2018, disponible en: <http://www.metalmecanica.com/temas/Hacia-donde-se-dirigiran-las-inversiones-de-la-industria-metalmecanica-latinoamericana-en-2018+123011>.

INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE. 2017. *Lean Manufacturing*. Consultado el 7 de diciembre del 2018, disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing>

UNIVERSIDAD DE SEVILLA. 2019. *Mejora en la distribución en planta con técnicas Lean Manufacturing*. Consultado el 22 de abril del 2020, disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5055/fichero/8.-+APLICACI%C3%93N+DEL+M%C3%89TODO+DE+LAS+5S+AL+TALLER%252F8.-+APLICACI%C3%93N+DEL+M%C3%89TODO+DE+LAS+5S+AL+TALLER.pdf>

## **ANEXOS**

Los anexos se encuentran adjuntos a este documento.