

Priorización de problemas en talleres metalmecánicos: dos casos de estudio en Boyacá-Colombia

Prioritization of problems in metalworking workshops: two case studies in Boyacá-Colombia

Eduin Contreras Castañeda, Rafael Pérez Uribe

<https://doi.org/10.54139/reviiant.v7i27.161>

Palabras clave: mejora continua, priorización, problemas, sector metalmecánico, vulnerabilidad

Key words: continuous improvement, prioritization, problems, metalworking sector, vulnerability

RESUMEN

En los procesos de mejora continua la identificación y priorización de problemas es el punto clave de partida. En este trabajo, se presentan dos metodologías para la identificación y priorización de problemas en talleres del sector metalmecánico de Boyacá-Colombia, con el fin de aportar al mejoramiento continuo de los mismos. Para cumplir con el propósito de esta investigación se seleccionaron dos talleres metalmecánicos, identificando y priorizando los problemas vitales presentes al interior de sus procesos productivos a través del ciclo PHVA y el Análisis de Vulnerabilidad de Procesos (AVP). Se concluye que la priorización de problemas bajo las metodologías propuestas y el compromiso de la alta dirección es una etapa vital para la mejora continua de talleres y organizaciones empresariales.

INTRODUCCIÓN

En mercados altamente competitivos las empresas se enfrentan diariamente a diversos desafíos y al mejoramiento continuo de sus procesos (Forero, Grimaldo & Contreras, 2014). Las

ABSTRACT

In continuous improvement processes, identifying and prioritizing problems is the key starting point. In this chapter, two methodologies for the identification and prioritization of problems in workshops in the metalworking sector of Boyacá-Colombia are presented, in order to contribute to their continuous improvement. To fulfill the purpose of this research, two metalworking workshops were selected, identifying and prioritizing the vital problems present within their production processes, through the PHVA cycle and the Process Vulnerability Analysis (AVP). It is concluded that the prioritization of problems under the proposed methodologies and commitment of senior management is a vital step for continuous improvement of organizations.

organizaciones en su mejora continua deben priorizar los problemas que más impacto les genera en sus costos. Los problemas son un término que se refiere a actividades internas de gerencia,

mercadeo, logística, seguridad, finanzas, producción, Investigación y desarrollo, y gestión humana, que limitan o inhiben el éxito de una organización (Pérez-Uribe, 2018).

Para Gryna, Chua & Defeo (2007) existen dos tipos de problemas que los procesos deben enfrentar: esporádicos y crónicos. Un problema esporádico es un cambio repentino y adverso en un estándar que se puede remediar mediante un ajuste o una restauración del estándar. Un problema crónico es una situación adversa de larga duración que se soluciona mediante el cambio de las prácticas de la empresa o de su estándar (p. 59). Este último, es considerado un problema de solución profunda que requiere un análisis a fondo que permita ubicar las causas que lo generan (Pérez-Uribe, 2012).

La solución de problemas tanto esporádicos como crónicos está relacionada con las prácticas de mejora continua derivadas de la gestión de la calidad total. Prácticas como el kaizen y el Seis Sigma, que normalmente se valen de siete herramientas para la solución de problemas (Diagrama de Pareto, diagrama de espina de pescado, dispersión, histogramas, estratificación, hojas de verificación y gráficos de control). De hecho, Ishikawa (1985) señala que el 95% de los problemas de una organización se pueden solucionar utilizando estas siete herramientas.

En el kaizen se persigue la mejora continua y constante en los procesos de la organización, de hecho, la idea de aplicar kaizen en una empresa es la de realizar

mejoras pequeñas e incrementales desde el Gemba (en japonés sitio o lugar de trabajo) y esto traerá con el tiempo resultados de mejoramiento sorprendentes en cuanto a calidad, reducción de costos y velocidad en la entrega (Chirinos, Rivero, Méndez, Goyo, & Figueredo, 2010; Imai, 2012; Higuchi, Nam, & Sonobe, 2015).

De acuerdo con Imai (2012, p.5) "el primer paso en el proceso kaizen es establecer el ciclo planear-hacer verificar- actuar (PHVA), con miras a seguir una política de mantener y mejorar estándares que garanticen la sostenibilidad del kaizen en el tiempo". Esto implica, por ejemplo, que en la fase de Planear se identifiquen los problemas, se analicen sus causas y se planteen soluciones para que luego sean implementadas, verificadas y mejoradas.

De igual manera, la metodología Seis Sigma se basa en el uso de la estadística para mejorar el desempeño de los procesos de una organización al eliminar los defectos en los productos y reducir los costos, a través del proceso definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC, por sus siglas en inglés) (Cantú, 2011). Bajo esta metodología, en la fase de definir se busca describir el problema y priorizar las oportunidades de mejora; en medir, se busca cuantificar y analizar las causas del problema; analizar implica evaluar la estabilidad y capacidad del proceso; mejorar implica diseñar e implementar soluciones que ataquen la causa raíz del problema y; controlar se refiere a estandarizar las mejoras y mantener el problema resuelto.

Por lo tanto, la mejora de procesos bajo la práctica del kaizen y de Seis Sigma requiere de una metodología para la identificación y priorización de problemas, dado que, la definición del problema es el punto de partida en ambas metodologías. En este sentido, el objetivo de esta investigación es presentar dos metodologías diferentes para la identificación y priorización de problemas aplicadas en dos talleres del sector metalmeccánico del corredor industrial de Boyacá.

Se ha seleccionado el sector metalmeccánico puesto que en coherencia con Contreras-Castañeda, Zambrano-Arroyo & Vaca-Barrera (2018) se ha detectado la necesidad de la aplicación de metodologías de mejora continua en empresas metalmeccánicas del corredor industrial de Boyacá. De hecho, las empresas pertenecientes a este sector se han visto inmersas a cambios derivados de la globalización del mercado, lo que hace que aquellas organizaciones que no son competentes tiendan a desaparecer, según lo indica Maza (2009), quien determinó que la tasa de desaparición de este tipo de empresas esta entre 60%-90%, sin por lo menos haber superado el quinto año de operación.

Por su parte, Botía (2014) afirma que en el departamento de Boyacá se evidencia una pérdida de competitividad de la cadena de valor del sector metalmeccánico frente a la competencia y la estrategia comercial de otros lugares del país. Una de las problemáticas está asociada a la ausencia o desconocimiento de los problemas que impactan en la calidad y productividad de los talleres metalmeccánicos y al poco

interés por la certificación en ISO 9001, ya que en términos de operación interna no cuentan con un sistema de gestión que permita mejorar la productividad (Grimaldo & Contreras, 2012).

Ante esta situación, la identificación y priorización de problemas mediante el uso del ciclo PHVA (Gutiérrez, 2014) y el Análisis y Vulnerabilidad de Procesos (AVP) adaptada y desarrollada por Pérez-Urbe (2012), se convierte en una práctica útil y que define el inicio de la ruta para el mejoramiento continuo en los talleres del sector metalmeccánico. Dadas estas consideraciones, el presente documento se estructura de la siguiente manera: en la sección dos (2) se presenta el marco teórico asociado con las metodologías de mejora continua y la identificación y priorización de problemas. En la sección tres (3) se explica la metodología que se siguió para el desarrollo de la presente investigación. En la sección cuatro (4) se presentan de manera sintetizada los resultados obtenidos de la aplicación de las dos metodologías para priorización de problemas en dos talleres del sector metalmeccánico. Finalmente, en la sección cinco (5) se establecen las principales conclusiones.

Marco teórico

Metodologías para la solución de problemas

La solución de problemas por parte del hombre y de las organizaciones se relaciona con la búsqueda de la calidad, como un esfuerzo histórico que se remonta al principio de la civilización. Los seres humanos siempre han encontrado

problemas relacionados con la calidad, aunque el enfoque empleado para gestionarlo ha diferido de una época a otra. No fue hasta el siglo veinte cuando la calidad llegó a ocupar un lugar central debido a la aparición de fuerzas masivas, que exigían una revolución de calidad (Maguad, 2006).

En el proceso evolutivo del concepto de calidad se distinguen diversas etapas y enfoques, pasando por la inspección (Principios del siglo XX), control de calidad (Principios de la década de 1940), aseguramiento de la calidad (Principios de la década de 1960) y gestión de la calidad total (Principios de la década de 1980) (Torres, Ruiz, Solís, & Martínez, 2012; Weckenmann, Albert Akkasoglu & Werner, 2015). Evans, Foster & Linderman (2014) también identifican la evolución del campo de la calidad a través de las etapas de Tecnología de calidad y estadística (periodo de 1920-1960), crecimiento de la gestión de la calidad (1960-1980), Mejoramiento de la calidad (1980-1995) y Calidad estratégica (1995-2010).

Por su parte, Cantú (2011) y Gutiérrez (2014) identifican cinco etapas en el proceso evolutivo de la calidad a partir de la inspección, control estadístico de la calidad, aseguramiento de la calidad, administración de la calidad total e innovación y tecnología. Este proceso evolutivo de la calidad está ligado a la revolución industrial, la administración científica, la segunda guerra mundial y a sus años posteriores (Cubillos & Roza, 2009).

Los métodos de solución de problemas están ligados a cada una de estas etapas, en especial a los trabajos desarrollados por los gurús de la calidad a partir de los años 50, principalmente en lo que se denominó la revolución de la calidad en el Japón (Torres et al., 2012). Muchos individuos contribuyeron a este conocimiento y cinco apellidos merecen atención particular: Juran (1986), Deming (1986), Feigenbaum (1991), Crosby (1979) e Ishikawa (1985) (Gryna et al., 2007). Estos gurús hicieron una contribución sustancial a la gestión de la calidad total (TQM, por sus siglas en inglés) mediante sus teorías para mejorar la calidad en las organizaciones (Alamri et al., 2014).

De acuerdo con Yang (2017) a partir de mediados de la década de 1980, se lanzaron varios programas importantes de calidad. Además del desarrollo de TQM (Total Quality Management) (Alamri, Alharthi, Alharthi, Alhabashi & Hasan, 2014), el sistema ISO 9000 y el programa Six-Sigma (iniciado por Motorola) comenzaron en 1987. Cabe señalar que, hasta la fecha, el sistema ISO ha tenido cuatro revisiones en 1994, 2000, 2008 y 2015, respectivamente. De igual manera desde 1986, cuando se publicó el libro *Kaizen: the key to Japan's Competitive Success*, el término Kaizen fue aceptado como uno de los conceptos claves de la gerencia (Imai, 2012).

Dentro de los diferentes métodos de mejoramiento que adoptan herramientas para la solución de problemas se encuentran el Kaizen y el Seis Sigma. La palabra Kaizen se deriva del japonés "Kai" que significa cambio y "Zen" que significa

para mejorar, traduciéndose como cambio para mejorar o mejor aún mejoramiento continuo (Palmer, 2001). En el Kaizen se persigue la mejora continua y constante en los procesos de la organización, de hecho, la idea de aplicar Kaizen en una empresa es la de realizar mejoras pequeñas e incrementales desde el Gemba (en japonés sitio o lugar de trabajo) y esto traerá con el tiempo resultados de mejoramiento sorprendentes en cuanto a calidad, costo y velocidad en las entregas (Imai, 2012 citado por Contreras, 2018).

Suárez-Barraza & Miguel-Dávila (2008, 2011) indican que las principales técnicas y herramientas del kaizen que se pueden aplicar en cualquier organización y en cualquier proceso son: 5S, estandarización, aplicación del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), rediseño de procesos, red de equipos de mejora, educación y capacitación, relación maestro-aprendiz, administración del gemba, talleres de mejoras rápidas y la ruta de la calidad. De acuerdo con Imai (2012, p. 5) “el primer paso en el proceso kaizen es establecer el ciclo (PHVA), con miras a seguir una política de mantener y mejorar estándares que garanticen la sostenibilidad del kaizen en el tiempo”. Planear, para identificar problemas, analizar sus causas raíz y plantear soluciones. Hacer, para implementar la solución planificada. Verificar, para corroborar que la solución implementada elimina el problema identificado, y Actuar, para estandarizar y controlar las mejoras.

Por su parte, Gutiérrez (2014) señala que “Seis Sigma (6s) es una estrategia de mejora

continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación” (p. 280). Según Gryna et al. (2007) Seis Sigma usa cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Definir el problema es la primera fase, así como detectar y priorizar las oportunidades de mejoramiento. Medir persigue dos objetivos, primero tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad, y segundo facilitar la identificación de las causas reales del problema. Analizar, permite descubrir la causa origen del problema a través del uso de herramientas estadísticas para la mejora de la calidad. Mejorar, implica tanto el diseño como la implementación de soluciones que ataquen la causa origen. La fase final de Controlar, se encarga de estandarizar las mejoras y mantener el problema resuelto (Cantú, 2011).

Tanto en el uso del Kaizen a través del ciclo PHVA como de Seis Sigma y sus cinco fases, se busca la solución a problemas asociados con la calidad del producto o del servicio. Allí, en primera instancia se requiere la definición o priorización del problema, el análisis de las causas, plantear e implementar una solución y estandarizar la solución al problema. Para el análisis de problemas se puede utilizar la metodología de ocho pasos que sigue el ciclo PHVA o el Análisis de Vulnerabilidad de Procesos (AVP), metodología que ha sido desarrollada desde 1988 y aplicada en más de setenta empresas, así como también en el ámbito académico (Pérez-Uribe, 2012).

Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema

A Shewhart (1931) se le atribuye el inventó del ciclo PHVA, que es un proceso repetitivo de estudio que puede aplicarse a experimentos o mejoras de procesos y sistemas productivos, el cual, fue ampliamente difundido y aplicado por Deming (1986) (Rinehart, 1993). Por ejemplo, en 1950 la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (JUSE, por sus siglas en inglés) realizó un seminario orientado por el Dr. W. E. Deming sobre el control de calidad estadístico para gerentes e ingenieros con énfasis en el mejoramiento de la calidad a partir del ciclo PHVA, como captar la dispersión en las estadísticas y como aplicar las gráficas de control,

introduciendo así el control de calidad en el Japón (Ishikawa, 1985).

De acuerdo con Gutiérrez (2014) cuando un equipo se reúne con el propósito de ejecutar un proyecto para resolver un problema importante y recurrente, antes de proponer soluciones y aventurar acciones se debe contar con información y seguir un método que incremente la probabilidad de éxito. En este sentido, se propone que los equipos de mejora siempre sigan el ciclo PHVA junto con los ocho pasos que a continuación se describen en la tabla 1. Forero et al. (2014) proponen una serie de herramientas para la mejora continua que pueden ser aplicadas dentro de la metodología de los 8 pasos que acá se presentan.

Tabla 1. Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema

| Etapa del Ciclo | Paso | Nombre | Técnicas para utilizar |
|-----------------|------|---|--|
| Planear | 1 | Definir y analizar la magnitud del problema | Pareto, hoja de verificación, histograma, carta de control. |
| | 2 | Buscar todas las posibles causas | Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. |
| | 3 | Investigar cuál es la causa más importante | Pareto, estratificación, diagrama de dispersión, diagrama de Ishikawa. |
| | 4 | Considerar las medidas remedio | Por qué . . . necesidad Qué . . . objetivo Dónde . . . lugar Cuánto . . . tiempo y costo Cómo . . . plan |
| Hacer | 5 | Poner en práctica las medidas remedio | Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados. |
| Verificar | 6 | Revisar los resultados obtenidos | Histograma, Pareto, carta de control, hoja de verificación. |
| Actuar | 7 | Prevenir la recurrencia del problema | Estandarización, inspección, supervisión, hoja de verificación, cartas de control. |
| | 8 | Conclusión | Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro. |

Fuente: los autores a partir de Gutiérrez (2014)

Análisis de Vulnerabilidad de Problemas (AVP)

De acuerdo con Pérez-Urbe (2012) el AVP se ciñe dentro del ciclo PHVA, específicamente en la fase de Planear, de la cual se desprenden cuatro pasos: identificación de problemas y sus efectos, identificación de las causas, posibles soluciones y estructuración del plan de acción. El AVP hace énfasis en la identificación de problemas y sus efectos por medio de los siguientes pasos:

- Tomar conciencia del problema.
- Observar los problemas en los puestos de trabajo y analizar si son

solucionables por los operarios o por la administración.

- Definir ítems de control, a partir de: puntos clave; punto de vista de las 5M (Métodos, Mano de Obra, Mediciones, Medio Ambiente, Materiales y Maquinaria) y; de las 3M (Muda: desperdicios; Mura: irregularidades y; Muri: excesos).

Algunas de las herramientas relacionadas con AVP y que se pueden incorporar dentro de ésta metodología son: Técnica de Grupo Nominal; Brainstorming; Flipchart; Diagrama de Afinidad; Matriz Pérez para priorizar problemas (M4P); Diagramas de Dispersión y de Pareto (Pérez-Urbe, 2012).

METODOLOGÍA

El tipo de investigación utilizado para el desarrollo del presente artículo es un estudio de casos (Yin, 2017) a nivel descriptivo con diseño no experimental transeccional, dado que en este tipo de estudios según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio (2010) se presenta un panorama del estado de una o más variables en uno o más grupos de personas, objetos o indicadores y proporciona su descripción en un instante determinado.

En ese sentido, para el análisis del problema planteado mediante este tipo de investigación, se debe involucrar a la alta dirección y a los empleados que hacen parte del proceso productivo de los talleres objeto de estudio. Además, fue necesario en cada taller participante analizar el proceso productivo para detectar sus principales problemáticas asociadas con la fabricación

de sus productos, y así proponer acciones de mejoramiento.

Para la selección de los talleres caso de estudio, se acudió a las Cámaras de Comercio ubicadas en el corredor industrial de Boyacá, realizando una convocatoria formal a los talleres del sector metalmecánico interesados en participar de la presente investigación. Como estudios de caso se intervinieron dos talleres metalmecánicos que manifestaron su interés y fueron incorporados para la aplicación de las dos metodologías bajo estudio.

En el primer taller se identifican los problemas a través del ciclo PHVA siguiendo a Gutiérrez (2014) e Imai (2012). Bajo esta metodología se desarrolla la identificación de problemas en la fase de Planear, la cual, conlleva a los siguientes pasos: un primer paso consiste en identificar y definir el problema bajo

estudio, con el propósito de entender la situación problemática y determinar los principales desperdicios presentes en los procesos productivos del taller objeto de estudio. En un segundo paso se identifican las posibles causas raíz del problema y su ubicación dentro del proceso productivo del taller. Un tercer paso consiste en priorizar la causa raíz que se considera más influyente en el problema bajo estudio. En el cuarto paso se plantean medidas remedio enfocadas a atacar la causa raíz del problema y así minimizarlo o eliminarlo. En el segundo taller se aplica la metodología AVP propuesta por Pérez-Uribe (2012). Bajo esta metodología se priorizan los problemas presentes en el taller dos considerando los siguientes

pasos: Paso 1, identificar conciencia y ganas de actuar frente a los problemas presentes en el proceso productivo del taller. Paso 2, participación activa del personal involucrado en el problema bajo estudio. Paso 3, identificación de problemas bajo la perspectiva de las 5M (Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Métodos, Medidas). Paso 4. Organización de los problemas mediante lluvia de ideas o matriz de afinidad. Paso 5. Calificación relativa de los problemas detectados, mediante matriz y diagrama de dispersión M4P y diagrama de Pareto. Paso 6. Planteamiento de contramedidas que ataquen la causa raíz del problema o los problemas prioritarios.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de las dos metodologías de identificación de problemas en cada uno de los talleres objeto de estudio.

Identificación de problemas bajo el ciclo PHVA

En el Taller denominado No. 1 del sector metalmecánico dedicado al diseño y fabricación de estructuras para remolques, tanques, carrocerías y equipos de transporte, se llevó a cabo la identificación y priorización de problemas siguiendo la etapa de Planear del ciclo PHVA a partir de sus cuatros pasos.

Etapa Planear, paso 1.

Dentro de las visitas realizadas al Taller 1 se analizaron seis áreas que comprenden el proceso productivo de dicho taller a saber: corte y doblado, soldadura y ensamble, sandblasting, y pintura. En cada área se analizó la presencia de los siete desperdicios o mudas (desperdicio en japonés) presentes a lo largo del sistema productivo del Taller 1. Para la detección de problemas asociados con los desperdicios generados en las diferentes áreas del Taller bajo estudio, se siguió la escala propuesta en la tabla 2 por Contreras-Castañeda et al. (2018).

Tabla 2. Escala de valoración para la presencia de desperdicios o mudas

| Símbolo | Rangos |
|---|--|
|  | 76% - 100% (128 a 168 puntos), malo, se evidencia un alto porcentaje de presencia del desperdicio. |
|  | 51% - 75% (85 a 127 puntos), regular, se evidencia parcialmente la presencia del desperdicio. |
|  | 26% - 50% (43 a 84 puntos), bueno, se evidencia un bajo porcentaje de presencia del desperdicio. |
|  | 0% - 25% (0 a 42 puntos), muy bueno, se evidencia un muy bajo porcentaje de presencia del desperdicio. |

Fuente: Los autores a partir de Contreras-Castañeda et al. (2018)

De acuerdo con la escala anterior, se identificaron en la tabla 3, la presencia de desperdicios en el Taller 1. Según la tabla 3, en todas las áreas de producción del Taller 1 se presentan mudas de movimiento y espera, siendo la estación de pintura la que

mayor presencia de mudas presenta por inventarios (80%), rechazo de productos defectuosos (77%), movimiento (95%), procesamiento (30%), espera (96%) y transporte (62%).

Tabla 3. Resultados presencia de Mudas para el Taller 1.

| Estación de trabajo \ Muda | Corte y Doblado | Soldadura y Ensamble | Sandblasting | Pintura |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|--------------|---------|
| Sobreproducto | ○ | ○ | ○ | ● |
| Inventario | ○ | ○ | ○ | ● |
| Rechazo de producto defectuoso | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ● |
| Movimiento | ● | ● | ● | ● |
| Procesamiento | ◐ | ⊗ | ⊗ | ⊗ |
| Espera | ● | ● | ● | ● |
| Transporte | ⊗ | ⊗ | ◐ | ◐ |

Fuente: Los autores a partir de Contreras-Castañeda et al (2018)

Por lo tanto, el área de pintura (Figura 1) presenta la mayor cantidad de desperdicios y amerita un análisis de causas para

investigar el origen y las posibles contramedidas a implementar en ésta área.



Figura 1. Fotografía del área de pintura Taller 1

En el área de pintura y como se observa en la figura 1, se identifican ciertos factores que pueden incidir en la generación de desperdicios como el nivel de desorden y el reducido espacio en el puesto de trabajo. Aspectos que junto con la administración del taller son objeto de análisis en los próximos pasos.

Etapa Planear, paso 2.

En esta etapa se analiza el problema de los diferentes desperdicios evidenciados en el proceso productivo específicamente en el área de Pintura a través del uso del

Diagrama de Ishikawa (1985), que muestra la relación entre las características y los factores causales. El diagrama que se presenta a continuación fue elaborado en las instalaciones del Taller 1, con el acompañamiento de los investigadores, un auxiliar de investigación, el gerente y el operario responsable del proceso bajo estudio. Se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas con el ánimo de identificar la(s) posible(s) causa(s) raíz de los desperdicios generados en el área de pintura, las cuales fueron plasmadas en la figura 2.

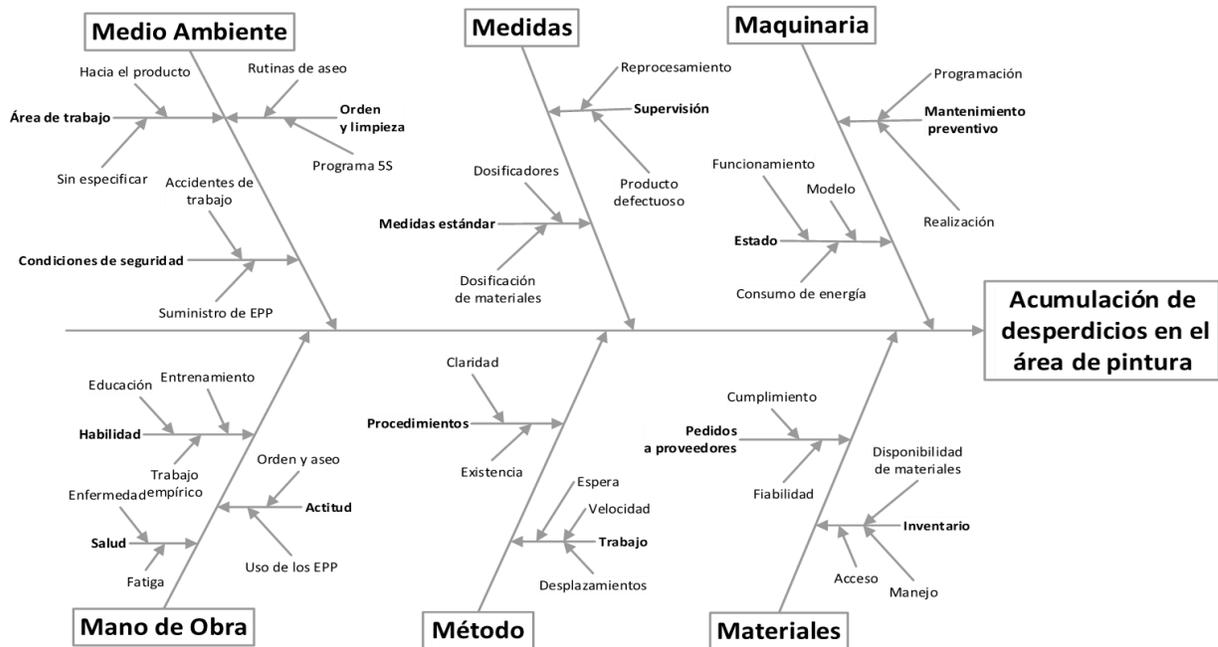


Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto Desperdicios Taller 1.

Etapa Planear, paso 3.

Para identificar cuál es la causa raíz más importante del problema de acumulación de desperdicios en el área de pintura, se les pidió a los participantes y conocedores del proceso productivo, ponderar de 1 a 5 (siendo 1 menos importante y 5 más

importante) las cinco causas que influyen directamente con el problema analizado en el paso 2. Fruto del análisis y la ponderación de los participantes se obtienen los resultados plasmados en la tabla 4.

Tabla 4. Priorización de casusas de desperdicios área de pintura Taller 1.

| Causas | Participante 1 | Participante 2 | Participante 3 | Puntaje | Justificación |
|--|----------------|----------------|----------------|---------|--|
| Área fija de trabajo | 4 | 4 | 5 | 13 | Siempre se debe adaptar y desplazar el área de pintura hacia donde se encuentre la pieza a pintar. |
| Desplazamientos entre áreas de trabajo | 2 | 3 | 3 | 8 | En ocasiones, los operarios pierden tiempo trasladando herramientas de un lugar a otro. |
| Rutinas de aseo | 3 | 1 | 1 | 5 | Algunas veces, el desorden disminuye la fluidez del proceso. |
| Procedimientos operacionales | 1 | 5 | 2 | 8 | En ocasiones, se debe hacer un reajuste a la pieza antes de poderse pintar. |
| Disponibilidad de materias primas | 5 | 2 | 4 | 11 | Casi siempre los proveedores incumplen el pacto de entrega de pedido de materiales. |

Se identifica que la causa principal de los desperdicios generados por el área de pintura está asociada con no contar con un área fija que conlleva a traslados frecuentes que los operarios de esta área deben realizar a los diferentes sitios del taller en donde se encuentran las piezas o el montaje correspondiente a ser pintado. Lo cual, genera desorden y pérdida de tiempo por la búsqueda y desplazamiento de herramientas y materias primas entre las diferentes áreas de trabajo.

Etapa Planear, paso 4.

Una vez detectada la causa principal del problema (No contar con un área fija para el pintado de piezas), se procede a considerar las medidas remedio que indiquen cómo se va abordar la solución o contramedida que ataque la causa raíz y se logre eliminar o minimizar el problema detectado en el proceso productivo del taller bajo estudio. En ese orden de ideas, en la tabla 5 se plantea el plan a seguir para implementar la contramedida propuesta para atacar la causa raíz del problema.

Tabla 5. *Contramedida Taller 1.*

| Por qué . . . necesidad | Qué . . . objetivo | Dónde . . . lugar | Cuánto . . . tiempo y costo | Cómo . . . plan |
|---|---|---|--|--|
| Por la presencia de desorden al no contar con un área fija para las operaciones de pintura. | Disminuir el desorden en el taller generado por las operaciones de pintura. | En los sitios en donde se requieren operaciones de pintura. | Tomar acciones correctivas para mejorar dicha situación en un plazo máximo de 90 días. | Aplicación del Programa de las 5S en el área de Pintado de piezas. |

La contramedida que se sugiere para atacar el desorden generado en las operaciones de pintura es la implementación en esta área del programa 5S. Seiri, para clasificar los elementos necesarios de los innecesarios en las operaciones de pintura. Seiton, para definir un lugar estándar ordenado de los equipos y herramientas dispuestas para el pintado de piezas. Seiso, para mantener limpio el lugar de trabajo antes, durante y después de las operaciones de pintura. Seiketsu, para estandarizar la aplicación sistemática de las tres S anteriores y considerar la seguridad industrial del trabajador y de su lugar de trabajo.

Finalmente, Shitsuke para la autodisciplina y la evaluación periódica del cumplimiento de las buenas prácticas de orden y aseo en el área de pintura.

Una vez que el Taller 1 logre implementar la contramedida propuesta, se debe verificar su eficacia en cuanto a la eliminación del problema priorizado, para que de esta manera se estandarice la contramedida en la rutina diaria del proceso de pintura y se mantenga el problema resuelto. La metodología propuesta para la priorización de problemas en el área de pintura, debe ser el referente en las demás áreas del Taller 1.

Identificación de problemas bajo la metodología AVP

El Taller denominado No. 2 del sector metalmecánico, se caracteriza por el diseño y fabricación de piezas mecanizadas y de moldeo por fundición. Este taller fue seleccionado para aplicar la metodología AVP propuesta por Pérez-Urbe (2012) puesto que mostró buena disposición para identificar los problemas y sus prioridades al interior de su sistema productivo. Además, de facilitar el tiempo para que los operarios participaran en las diferentes

etapas de la identificación y priorización de problemas expuestos en el área de producción.

La figura 3 muestra una panorámica del área de fundición del Taller 2, área que ha sido seleccionada para la identificación y priorización de problemas. Los problemas presentes en esta área fueron identificados con la participación de los operarios y el propietario del taller, así como la asistencia de dos estudiantes auxiliares de investigación.



Figura 3. Área de fundición de piezas Taller 2. Fuente: Auxiliares de investigación.

Para el análisis y resolución de los problemas se utilizó el punto de vista de las 5M (Mano de obra, Máquina, Materiales, Métodos y Medidas) cuyos resultados se plasmaron en la tabla 6. Bajo esta metodología, se identificaron los problemas por medio del ejercicio de observación y de lluvia de ideas, dando respuesta a la pregunta ¿Cuáles son los

factores que generan mayores problemáticas al interior del proceso productivo, desde la mano de obra, maquinaria, métodos, materiales y mediciones?

Una vez identificados los problemas generales del Taller 2 bajo el punto de vista de las 5M, se procedió con el equipo de trabajo a la ponderación de cada uno de los

problemas identificados en la tabla 6. Para ponderar los problemas, se hizo uso de la Técnica de Calificación Relativa (TCR) por medio de la matriz M4P (Matriz Perez para Priorizar Problemas) (Pérez-Uribe, 2012) en donde los miembros del equipo bajo una escala Likert de 1 a 10 valoran como 1 a

aquellos problemas que tienen menor impacto, peso, magnitud o frecuencia de repetición en el taller y como 10 a aquellos problemas que tienen mayor impacto, peso, magnitud o frecuencia de repetición en el taller.

Tabla 6. Selección de problemas en el Taller 2 punto de vista 5M

| Punto de vista 5M | Definición del problema |
|----------------------|--|
| Mano de obra | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de EPP: uso indebido o ausencia de Elementos de Protección Personal al momento de realizar las operaciones. • Inspección: los operarios no realizan o no conocen con claridad los procedimientos de inspección de las piezas. • Manejo del tiempo: desconocimiento de tiempos de fabricación de los productos. • Orden y aseo: los operarios no poseen una cultura de orden y aseo en sus puestos o áreas de trabajo. |
| Maquinaria y equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento: el taller no cuenta con planes de mantenimiento preventivo y correctivo claramente definidos. • Modernidad: la maquinaria y equipos utilizadas son antiguos y no se tiene proyectado un plan de modernización. |
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Calidad: se utilizan diferentes calidades de material, en especial en el aluminio y los tipos de arena. • Disponibilidad: no se lleva un control de inventarios adecuado para disponer de las cantidades precisas de materiales como aluminio y arena para la fabricación de los productos. • Desperdicio: se desperdicia material y se evidencian partículas en el piso y en el aire durante la fabricación. • Procedimientos: el taller no cuenta con procedimientos operacionales estándar documentados que orienten a los operarios sobre la forma correcta de realizar las tareas. |
| Métodos | <ul style="list-style-type: none"> • Inventarios: inexistencia de listas o bases de datos de inventarios de materiales y de productos terminados. • Orden y aseo: el taller no cuenta con protocolos o procedimientos de limpieza y organización de los puestos de trabajo. • Instrumentos: el taller carece de instrumentos de medición adecuados y calibrados para la inspección de piezas. |
| Mediciones | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de datos: desconocimiento de herramientas estadísticas para el análisis de datos sobre las variables críticas de calidad. • Conteo de piezas: desconocimiento de la cantidad exacta de productos elaborados y despachados. |

Para realizar la M4P se calculan dos variables, Intensidad del Problema (IP) que

implica frecuencia de repetición del problema y el Impacto en el Proceso (IEP)

que implica el grado de afectación del problema en el proceso productivo y en los productos fabricados por el taller. Luego se obtiene el total de ponderación de cada

problema a través de la multiplicación entre IP*IEP. En las tablas 7 y 8 se presentan las escalas de valoración tanto para IP como IEP respectivamente.

Tabla 7. Escala de valoración Intensidad del Problema (IP)

| Calificación | Descripción |
|-----------------------|--|
| Muy Alto (7,5 – 10,0) | Frecuente - repetidamente - a menudo ocurre |
| Alto (5,0 - 7,5) | Algunas veces ocurre y es probable que exista o se dé. |
| Medio (2,5 – 5,0) | Remoto, pero podría ocurrir |
| Bajo (1,0 – 2,5) | Es improbable que se presente - tiende a cero |

Fuente: Pérez-Uribe (2012).

Tabla 8. Escala de valoración Impacto en el Proceso (IEP)

| Calificación | Descripción |
|---------------------------|--|
| Catastrófico (7,5 – 10,0) | Podría parar el proceso o no cumplirse la Misión esperada. Esto afecta a toda la empresa. |
| Severo (5,0 - 7,5) | Afecta el proceso de manera contundente. Hay demoras considerables. El cumplimiento de la misión se ve mermado. Afecta a otras áreas de trabajo en la empresa. |
| Medio (2,5 – 5,0) | Afecta a una parte del proceso, pero se cumple con la Misión. Solo afecta a nuestra área de trabajo. |
| Bajo (1,0 – 2,5) | Afecta alguna actividad puntual o algún paso del proceso y parte de la misión. |

Fuente: Pérez-Uribe (2012).

Bajo las escalas de valoración anteriores, se obtuvo la M4P (tabla 9) y la matriz de dispersión M4P (figura 4), realizadas para las operaciones del área de fundición de piezas en el Taller 2.

De la matriz de dispersión de la Figura 4, se observa en el cuadrante superior derecho los ítems problema que resultaron con mayores puntajes en el ejercicio de ponderación bajo la metodología M4P. Estos ítems corresponden a los numerales

4, 7, 8, 10, 11 y 12 respectivamente. Para reforzar la priorización definitiva de cuáles problemáticas son vitales en el área de fundición del Taller 2, se procedió a realizar un análisis de Pareto con los resultados obtenidos de la ponderación IP*IEP de la tabla 9.

En la Tabla 10 y en la Figura 5, se muestran los resultados de priorización bajo el esquema de Pareto.

Tabla 9. M4P para problemas del área de fundición de piezas del Taller 2.

| No. | Ítem Problema | IP | IEP | Total (IP*IEP) |
|-----|---|-----|-----|----------------|
| 1 | Uso indebido o ausencia de Elementos de Protección Personal al momento de realizar las operaciones. | 7 | 3 | 21 |
| 2 | Los operarios no realizan o no conocen con claridad los procedimientos de inspección de las piezas. | 5 | 3 | 15 |
| 3 | Desconocimiento de tiempos de fabricación de los productos. | 5 | 2 | 10 |
| 4 | Los operarios no poseen una cultura de orden y aseo en sus puestos o áreas de trabajo. | 10 | 9,5 | 95 |
| 5 | EL taller no cuenta con planes de mantenimiento preventivo y correctivo claramente definidos. | 7 | 3 | 21 |
| 6 | La maquinaria y equipos utilizadas son antiguos y no se tiene proyectado un plan de modernización. | 5 | 2,5 | 12,5 |
| 7 | Se utilizan diferentes calidades de material, en especial en el aluminio y los tipos de arena. | 10 | 9,8 | 98 |
| 8 | No se lleva un control de inventarios adecuado para disponer de las cantidades precisas de materiales como aluminio y arena para la fabricación de los productos. | 10 | 9 | 90 |
| 9 | Se desperdicia material y se evidencian partículas en el piso y en el aire durante la fabricación. | 9 | 1 | 9 |
| 10 | El taller no cuenta con procedimientos operacionales estándar documentados que orienten a los operarios sobre la forma correcta de realizar las tareas. | 9 | 9,5 | 85,5 |
| 11 | Inexistencia de listas o bases de datos de inventarios de materiales y de productos terminados. | 10 | 8 | 80 |
| 12 | El taller no cuenta con protocolos o procedimientos de limpieza y organización de los puestos de trabajo. | 10 | 9,2 | 92 |
| 13 | El taller carece de instrumentos de medición adecuados y calibrados para la inspección de piezas. | 7,5 | 2,5 | 18,75 |
| 14 | Desconocimiento de herramientas estadísticas para el análisis de datos sobre las variables críticas de calidad. | 8 | 2 | 16 |
| 15 | Desconocimiento de la cantidad exacta de productos elaborados y despachados. | 5 | 3 | 15 |

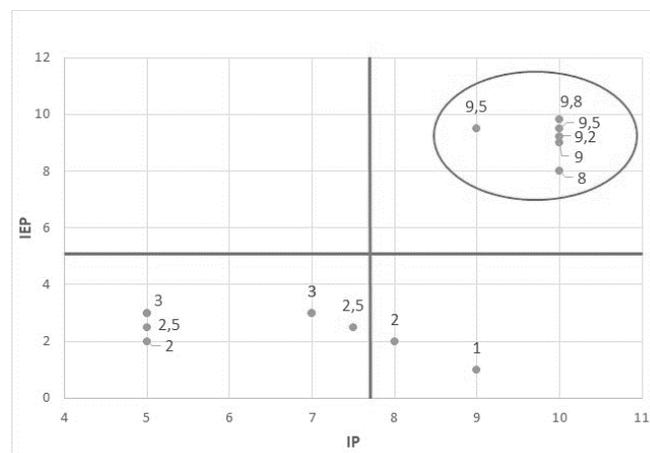


Figura 4. Matriz de dispersión para la M4P del área de fundición en el Taller 2.

Tabla 10. Pareto para priorización de problemas área de fundición Taller 2.

| No. | Ítem Problema | Total (IP*IEP) | F. Acum. | % | % Acum. |
|-----|---|----------------|----------|-------|---------|
| 7 | Se utilizan diferentes calidades de material, en especial en el aluminio y los tipos de arena. | 98 | 98 | 14,4% | 14% |
| 4 | Los operarios no poseen una cultura de orden y aseo en sus puestos o áreas de trabajo. | 95 | 193 | 14,0% | 28% |
| 12 | El taller no cuenta con protocolos o procedimientos de limpieza y organización de los puestos de trabajo. | 92 | 285 | 13,6% | 42% |
| 8 | No se lleva un control de inventarios adecuado para disponer de las cantidades precisas de materiales como aluminio y arena para la fabricación de los productos. | 90 | 375 | 13,3% | 55% |
| 10 | El taller no cuenta con procedimientos operacionales estándar documentados que orienten a los operarios sobre la forma correcta de realizar las tareas. | 85,5 | 460,5 | 12,6% | 68% |
| 11 | Inexistencia de listas o bases de datos de inventarios de materiales y de productos terminados. | 80 | 540,5 | 11,8% | 80% |
| 1 | Uso indebido o ausencia de Elementos de Protección Personal al momento de realizar las operaciones. | 21 | 561,5 | 3,1% | 83% |
| 5 | EL taller no cuenta con planes de mantenimiento preventivo y correctivo claramente definidos. | 21 | 582,5 | 3,1% | 86% |
| 13 | El taller carece de instrumentos de medición adecuados y calibrados para la inspección de piezas. | 18,75 | 601,25 | 2,8% | 89% |
| 14 | Desconocimiento de herramientas estadísticas para el análisis de datos sobre las variables críticas de calidad. | 16 | 617,25 | 2,4% | 91% |
| 2 | Los operarios no realizan o no conocen con claridad los procedimientos de inspección de las piezas. | 15 | 632,25 | 2,2% | 93% |
| 15 | Desconocimiento de la cantidad exacta de productos elaborados y despachados. | 15 | 647,25 | 2,2% | 95% |
| 6 | La maquinaria y equipos utilizadas son antiguos y no se tiene proyectado un plan de modernización. | 12,5 | 659,75 | 1,8% | 97% |
| 3 | Desconocimiento de tiempos de fabricación de los productos. | 10 | 669,75 | 1,5% | 99% |
| 9 | Se desperdicia material y se evidencian partículas en el piso y en el aire durante la fabricación. | 9 | 678,75 | 1,3% | 100% |

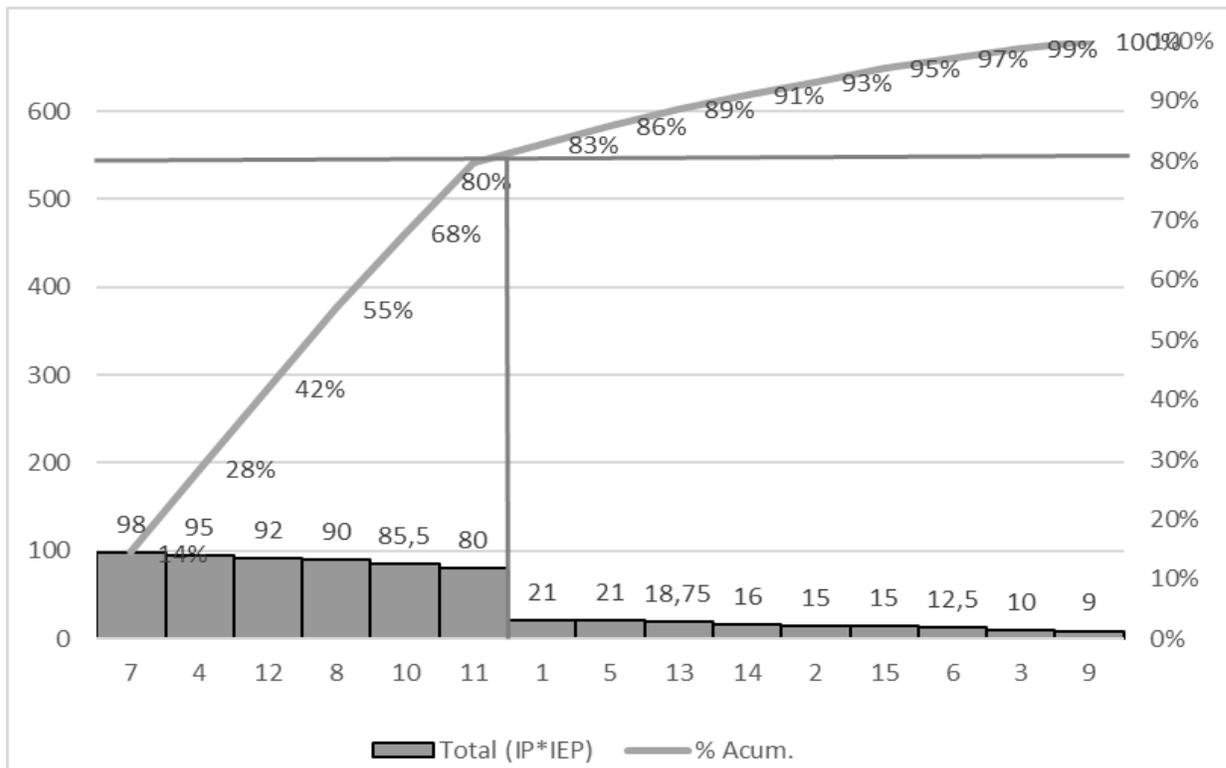


Figura 5. Diagrama de Pareto problemas área de fundición Taller 2.

A partir del análisis de Pareto realizado a las problemáticas identificadas en el área de fundición del Taller 2, se lograron identificar como vitales aquellas que representan un 80% del total de problemáticas presentes en el área de fundición.

En consecuencia, las problemáticas a atacar de manera prioritaria por parte del Taller 2 son: 7: Se utilizan diferentes calidades de material, en especial en el aluminio y los tipos de arena. Con un peso del 14,4%; 4: Los operarios no poseen una cultura de orden y aseo en sus puestos o áreas de trabajo. Con un peso del 14%; 12: El taller no cuenta con protocolos o procedimientos de limpieza y organización de los puestos de trabajo. Con un peso del 13,6%; 8: No se

lleva un control de inventarios adecuado para disponer de las cantidades precisas de materiales como aluminio y arena para la fabricación de los productos. Con un peso del 13,3%; 10: El taller no cuenta con procedimientos operacionales estándar documentados que orienten a los operarios sobre la forma correcta de realizar las tareas. Con un peso del 12,6%; y 11: Inexistencia de listas o bases de datos de inventarios de materiales y de productos terminados. Con un peso del 11,8%. Identificados los ítems 7, 4, 12, 8 y 10 como las problemáticas vitales, se procedió a plantear contramedidas (Tabla 11) que mitiguen dichas problemáticas para que sean implementadas en el área de fundición del Taller 2.

Tabla 11. *Contramedidas Taller 2.*

| Por qué ... | Qué ... objetivo | Dónde ... lugar | Cuánto ... tiempo y costo | Cómo ... plan |
|---|--|--|--|--|
| Se utilizan diferentes calidades de material, especial en el aluminio y los tipos de arena. | Disminuir la porosidad presente en la piezas fundidas. | En el área de moldeo para la fundición de piezas. | Tomar acciones correctivas para seleccionar proveedores que suministren aluminio y arena de alta pureza en un plazo máximo de 60 días. | Selección de nuevos proveedores y diseño experimental con los nuevos tipos de aluminio y arena. |
| No se llevan protocolos de orden y aseo y los operarios no poseen esta cultura. | Eliminar el desorden y los desperdicios presentes en el área de fundición. | En los sitios en donde se requieren operaciones de fundición. | Tomar acciones correctivas para mejorar dicha situación en un plazo máximo de 90 días. | Aplicación del Programa de las 5S en el área de fundición de piezas. |
| No se lleva un control para la gestión de inventarios de materiales, productos en proceso y productos terminados. | Disminuir los costos asociados con el manejo de los inventarios. | En el área de almacenamiento de materiales y producto terminado. | Tomar acciones correctivas para mejorar dicha situación en un plazo máximo de 60 días. | Establecer una política de Gestión de Inventarios que asegure las cantidades adecuadas a pedir, número de pedidos, tiempo entre pedidos a un costo mínimo. |
| El taller no cuenta con procedimientos operacionales estándar. | Estandarizar las operaciones en el área de fundición principalmente. | En los sitios en donde se requieren operaciones de fundición. | Tomar acciones correctivas para mejorar dicha situación en un plazo máximo de 60 días. | Caracterizar procesos y documentar procedimientos. |

A partir de las contramedidas planteadas, el Taller 2 debe iniciar la implementación de cada una de ellas en los plazos establecidos, verificando que las contramedidas sean efectivas en cuanto a la eliminación de los problemas priorizados. Una vez verificada la eficacia de las contramedidas, el Taller 2 debe estandarizarlas dentro de su rutina diaria y

así mantener los problemas resueltos y sus procesos bajo control. De esta manera, se asegura el mantenimiento de la mejora continua en el proceso de fundición, el cual, sirve de ejemplo para que se aplique esta metodología en las otras áreas de mecanizado, almacenamiento y distribución.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados evidencian la necesidad que tienen los talleres metalmecánicos por iniciar procesos de mejoramiento continuo e implementar sistemas de gestión que apunten a resolver problemas asociados con el orden y aseo, la estandarización y la eliminación de desperdicios en sus procesos productivos (Contreras-Castañeda et al., 2018). De tal manera que, a través de la aplicación de metodologías para la priorización de problemas como PHVA y AVP usadas en el Kaizen (Suárez-Barraza, & Miguel-Dávila, 2008), Control total de la calidad y Seis-Sigma (Pérez-Uribe, 2012) se logren atacar los problemas vitales que afectan los procesos productivos de una organización, en este caso los procesos de pintura y fundición en dos talleres metalmecánicos. Esto sugiere adecuar un sistema de gestión que cree la cultura del enfoque basado en procesos y en la priorización de los problemas allí presentes por medio del PHVA o AVP, para que el empresario del sector metalmecánico logre comprender las problemáticas presentes que se deben corregir en el corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de alcanzar mayores niveles de satisfacción en sus clientes y partes interesadas. Por consiguiente, las dos metodologías para priorización de problemas conllevaron a identificar qué problemas

deben atacarse con prioridad y qué alternativas de mejora se proponen. En los dos casos bajo estudio, se deben priorizar los problemas asociados con el desorden y el desaseo en los lugares de trabajo, la falta de estandarización de procesos y una inadecuada gestión de inventarios. Las contramedidas propuestas para atacar los problemas prioritarios en cada taller se relacionan con la adopción del programa 5S, caracterización y estandarización de procesos y procedimientos, seleccionar mejor a los proveedores y plantear políticas para la gestión de inventarios. Lo anterior, para que se cumpla con los requisitos del cliente y se estandaricen las actividades misionales de cada taller, aspecto que propicia una base para la implementación del estándar NTC-ISO 9001:2015.

En suma, la identificación y priorización de los problemas con PHVA y AVP utilizados en este trabajo, pueden ser aplicados en cualquier sector económico y a partir de sus resultados es posible plantear estrategias de mejora continua encaminadas hacia la estandarización y el orden en los procesos, evidenciando así la reducción de actividades que no agregan valor al proceso, productos de calidad, mayor velocidad en las entregas y un aumento en la productividad. Sin embargo, para que esto sea factible, es necesario generar en la alta dirección y los trabajadores una cultura de calidad, compromiso y responsabilidad.

REFERENCIAS

- Alamri, A. M., Alharthi, A. M., Alharthi, D. K., Alhabashi, W. S., & Hasan, S. A. (2014). Organization performance improvement using TQM. *International Journal of Computer Applications*, 108(9), 29–33. <https://doi.org/10.5120/18942-0361>
- Botía, R. (2014). El Sector Metalmeccánico: perfiles laborales y oportunidades de inclusión social en el corredor Duitama – Sogamoso de Boyacá. *Revista In Vestigium Ire*, 6(1), 41–54. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivesvigium/article/view/783>
- Cantú, H. (2011). *Desarrollo de una cultura de calidad (4th ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Chirinos, E., Rivero, E., Méndez, E., Goyo, A., & Figueredo, C. (2010). El kaizen como un sistema actual de gestión personal para el éxito organizacional en la empresa ensambladora Toyota. *Revista Negotium*, 16(5), 113–135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78216323006>
- Contreras-Castañeda, E. D., Zambrano-Arroyo, D., & Vaca-Barrera, Y. F. (2018). Análisis de mudas en el sector metalmeccánico de Boyacá-Colombia. *Revista ESPACIOS*, 39(16), 30. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/a18v39n16p30.pdf>
- Crosby, P. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill.
- Cubillos, M. C., & Roza, D. (2009). El concepto de calidad: historia, evolución e importancia para la competitividad. *Revista Universidad de La Salle*, (48), 80–99. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1170&context=ruls>
- Deming, W. E. (1986). *Out of crisis*. Boston: MIT Center for Advanced Engineering Study.
- Evans, J.; Foster, S. & Linderman, K. (2014). A content analysis of research in quality management and a proposed agenda for future research. *Quality Management Journal*, 21(2), 17–44. <https://doi.org/10.1080/10686967.2014.11918383>
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Total quality control (3rd ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Forero, S., Grimaldo, G., & Contreras, E. (2014). *Herramientas para la mejora continua aplicadas a la industria de artes gráficas en Tunja (Boyacá)*. Tunja: Ediciones Universidad de Boyacá. <https://doi.org/https://doi.org/10.24267/9789588642499>
- Grimaldo, G. & Contreras, E. (2012). *Diagnóstico empresarial de talleres de mecanizado de piezas bajo plano en el corredor industrial de Boyacá*. Tunja: Ediciones Universidad de Boyacá.
- Gryna, F. M., Chua, R. C., & Defeo, J. A. (2007). *Método Juran. Análisis y planeación de la calidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2020). *Calidad total y productividad (5th ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación (5th ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Higuchi, Y., Nam, V. H., & Sonobe, T. (2015). Sustained impacts of Kaizen training. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 120, 189–206. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2015.10.009>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy (2da ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? The Japanese way*. New York: Prentice-Hall.
- Juran, J. M. (1986). The quality trilogy. *Quality Progress*, 8(10), 19–24.
- Maguad, B. (2006). The modern quality movement: Origins, development and trends. *Total Quality Management and Business Excellence*, 17(2), 179–203. <https://doi.org/10.1080/14783360500450608>
- Maza, J. (2009). *Crecimiento de la industria metalmeccánica en Colombia*.

<http://www.immiller.com/noticias/108-crecimiento-de-la-industria-metalmeccanica-en-colombia.html>

Palmer, V. S. (2001). Inventory management Kaizen. In Proceedings 2nd International Workshop on Engineering Management for Applied Technology. EMAT 2001 (55–56). IEEE <https://doi.org/10.1109/EMAT.2001.991311>

Pérez-Uribe, R. (2012). Priorización de problemas en ambientes de seguridad operacional y mantenimiento de aeronaves: dos aplicaciones. *Ciencia y Poder Aéreo*, 7(1), 8–18. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.16>

Pérez-Uribe, R. (2018). *Gerencia Estrategica Corporativa*. Bogotá: Ediciones Ecoe Ltda. <https://doi.org/https://doi.org/10.18667/9789589940648>

Rinehart, G. (1993). *Quality Education*. Wisconsin: ASQC Quality Press.

Shewhart, W. A. (1931). *Economic control of quality of manufactured product*. New York: D. Van Nostrand Company, Inc.

Suárez-Barraza, M. F., & Miguel-Dávila, J. Á. (2008). Encontrando al kaizen: un análisis teórico de la mejora continua. *Pecunia*, 7, 285–311. <https://doi.org/10.18002/pec.v0i7.696>

Suárez-Barraza, M. F., & Miguel-Dávila, J. Á. (2011). Implementación del Kaizen en México: un estudio exploratorio de una aproximación gerencial japonesa en el contexto latinoamericano. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 21(41), 19–37. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81822806003>

Torres, K. M., Ruiz, T. S., Solís, L., & Martínez, F. (2012). Calidad y su evolución: una revisión. *Dimensión Empresarial*, 10(2), 100–107. <https://doi.org/10.15665/rde.v10i2.213>

Weckenmann, A.; Akkasoglu, G., & Werner, T. (2015). Quality management – history and trends. *The TQM Journal*, 27 (3), 281–293. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2013-0125>

Yang, C. (2017). The Evolution of Quality Concepts and the Related Quality Management. In *Quality Control and Assurance - An Ancient Greek Term Re-Mastered management* (3–21). Taiwan: IntechOpen. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/67211>

Yin, R. (2017). *Case study research and applications: design and methods*. USA: Sage Publications.

Autores

Eduin Dionisio Contreras Castañeda. Ingeniero Industrial, Magíster en Diseño y Gestión de Procesos, Doctor en Gestión (Universidad EAN). Docente titular de la Universidad de Boyacá, Colombia.

ORCID: 0000-0001-6949-1416

Email: econtreras@uniboyaca.edu.co

Rafael Pérez Uribe. Administrador de Empresas, UJTL; Especialista en indicadores de gestión EAN; Magíster en Gestión de Organizaciones, Universidad EAN; Msc Universidad Du Quebec a Chicoutimi; Ph.D. en Ciencias Empresariales, Universidad Nebrija. Profesor IMA y Universidad EAN, Colombia.

ORCID: 0000-0001-9924-6657

Email: riperez@universidadean.edu.co

Recibido: 11-07-2021

Aceptado: 06-12-2021