

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



ISSN: 2709-4502

Alpha Centauri

Vol. 02 Nro. 03 | 2021



Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho



Lean methodology for reduction of non-conforming parts, detected by quality control, prior to delivery



Metodologia Lean para redução de peças não conformes, detectadas por controlo de qualidade, antes da expedição

<https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.52>


Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho


Lean methodology for reduction of non-conforming parts, detected by quality control, prior to delivery

Metodologia Lean para redução de peças não conformes, detectadas por controlo de qualidade, antes da expedição

 MIRANDA CHÁVEZ, Wendel Joel
Universidad Nacional Mayor De San Marcos

 MONTOYA CÁRDENAS, Gustavo Adolfo
Universidad César Vallejo

 VILCARA CÁRDENAS, Edgardo Arturo
Universidad Nacional Agraria La Molina

 DIAZ DUMONT, Jorge Rafael
Universidad Nacional Autónoma De Tayacaja
Daniel Hernández Morillo

RESUMEN

El objetivo del estudio de caso analizado fue identificar y corregir los tipos de defectos más repetitivos en el proceso productivo de piezas de acero y hierro, a fin de reducir el porcentaje de piezas no conformes. La metodología empleada por su finalidad fue aplicada; por su nivel, explicativo; por su enfoque, cuantitativo; el diseño pre experimental que consistió en la aplicación de los diagramas de Pareto e Ishikawa; las metodologías fueron: Lean de 8 pasos, evento Kaizen, ERP y la herramienta 5s. Los resultados observados fueron la reducción de piezas no conformes de 3,96% a 2,71%, ahorro aproximado de S/. 195 905,00 nuevos soles, incremento en la capacidad de atención al público, reducción de horas extras del personal y del equipo operativo; así como, del tiempo de espera del moldeo. Del caso analizado se concluye que el uso de la metodología Lean, apoyada con las otras metodologías empleadas en el proyecto en estudio, permitió la identificación de los defectos más repetitivos; así como, la mejora de la operatividad, eficiencia y rentabilidad en la industria de fundición.

Palabras clave: piezas no conformes, proceso productivo, metodología Lean, Pareto, Ishikawa, 5S, Quality control.

ABSTRACT

The objective of the case study analyzed was to identify and correct the most repetitive types of defects in the production process of steel and iron parts, in order to reduce the percentage of non-conforming parts. The methodology used was applied for its purpose; for its level, explanatory; for its approach, quantitative; the pre-experimental design consisted of the application of Pareto and Ishikawa diagrams; the methodologies were: 8-step Lean, Kaizen event, ERP and the 5s tool. The results observed were the reduction of nonconforming parts from 3.96% to 2.71%, savings of approximately S/. 195,905.00 nuevos soles, increase in customer service capacity, reduction of overtime for personnel and operating equipment, as well as reduction of waiting time for molding. From the case analyzed, it is concluded that the use of the Lean methodology, supported by the other methodologies used in the project under study, allowed the identification of the most repetitive defects, as well as the improvement of operability, efficiency and profitability in the foundry industry.

Keywords: non-conforming parts, production process, Lean methodology, Pareto, Ishikawa, 5S, Quality control.

RESUMO

O objectivo do estudo de caso analisado era identificar e corrigir os tipos de defeitos mais repetitivos no processo de produção de peças de aço e ferro, a fim de reduzir a percentagem de peças não conformes. A metodologia utilizada foi aplicada em termos da sua finalidade; explicativa em termos do seu nível; quantitativa em termos da sua abordagem; o desenho pré-experimental consistiu na aplicação de diagramas de Pareto e Ishikawa; as metodologias utilizadas foram: Lean em 8 etapas, evento Kaizen, ERP e a ferramenta 5s. Os resultados observados foram a redução de peças não conformes de 3,96% para 2,71%, poupança de aproximadamente S/. 195.905,00 solas nuevos, aumento da capacidade de atenção ao público, redução de horas extraordinárias de pessoal e equipamento operacional, bem como o tempo de espera para a moldagem. Do caso analisado, conclui-se que a utilização da metodologia Lean, apoiada pelas outras metodologias utilizadas no projecto em estudo, permitiu a identificação dos defeitos mais repetitivos, bem como a melhoria da operabilidade, eficiência e rentabilidade na indústria da fundição.

Palavras-chave: peças não conformes, processo de produção, metodologia Lean, Pareto, Ishikawa, 5S, Controlo de qualidade.



INTRODUCCIÓN

En este estudio se hizo uso de la metodología Lean, para la mejora del área logística; de una empresa fundidora; la cual, se encontraba poco desarrollada y controlada, quedando expuesta a tener relevantes diferencias de inventarios, lo cual, por la naturaleza de los insumos utilizados, representaba una pérdida considerable de dinero. Asimismo, la falta de información en línea, registro de transacciones (ingresos y egresos de materiales) hacía, que estos, sean susceptibles a robos, ya que los registros se realizaban manualmente y por escrito, para luego ser digitados en una hoja de Excel. Adicionalmente, se observó la inexistencia de proactividad en la mejora del control de insumos y su valorización en los inventarios.

Esta situación, originó reclamos por parte de las áreas de fundición y auditoría de calidad respecto a piezas no conformes y por los costos adicionales originados por los rechazos y reprogramaciones. Asimismo, es importante que el área de acabado reciba las piezas en el tiempo correcto, con el menor número de defectos, para no programar horas extras en sus correcciones, o por quedar expuestos al incumplimiento de la fecha de entrega. Del mismo modo, los retrasos generados por defectos en las piezas, además de quejas y reclamos por parte del cliente interno; es decir, el área de acabado ha generado gastos adicionales por pérdidas de fabricación. En el año 2015, el cálculo del costo total aproximado ascendió a S/. 620 628,72 nuevos soles, con respecto a piezas no

conformes o rechazadas por control de calidad. El objetivo de este proyecto fue identificar y corregir los tipos de defectos más repetitivos en el proceso productivo, a fin de reducir el porcentaje de piezas no conformes.

Revisión de la literatura

Según explican Saetta y Caldarelli (2020) los conceptos de la producción lean y la producción verde, fueron estudiados por separado, para los problemas típicos de producción, sin embargo, en estos tiempos, se ha vuelto usual utilizar y fusionar estos conceptos para agregar más valor a los procesos productivos de fundiciones, se usan típicamente estas 12 herramientas de mejora continua, estas herramientas lean elegidas fueron: Kaizen, 5S, JIT, Visual Management, VSM, Andon, Gemba, TPM, Takt Time, SMED, SCM, Cellular Layout, recordar que estas herramientas se enfocan en elevar la productividad y mejorar la calidad de los sistemas de manufactura de funciones. Durante el desarrollo de la metodología de implementación es a) analizar la fundición, b) Identificar donde se puede usar tecnologías innovadoras, c) Identificación de necesidades de cambio en producción de línea, d) identificar las primeras consideraciones. Como conclusiones se encontraron que el análisis intensivo mediante el uso de estas herramientas, propuestas nos permiten tener un panorama muy completo de los cambios que debemos realizar en un lapso de 6 meses para

lograr cambios significativos en los procesos de manufactura en fundiciones.

Considerando las observaciones de Barot et al. (2020) la industria de la función tiene muchos defectos en producción tales como orificios de soplado, caída de arena, grietas, desplazamiento del núcleo, rotura del molde, porosidad, cierre en frío, aire, etc. que pueden identificarse y reducirse, según diferentes parámetros tales como tiempo de solidificación, sistema de compuerta, métodos de preparación del molde, composición triste, gradiente de temperatura, apisonamiento inadecuado. Para reducir los errores se utilizan múltiples técnicas de mejora continua como métodos estadísticos, análisis de Pareto, matriz de causa efecto, análisis de los 5 porqués, incluido la metodología del DMAIC incluido el DMADV, identificando los niveles sigmas de los procesos. Como tal, el uso de estas herramientas presentadas reduce significativamente los errores y defectos en los sistemas productivos de las funciones, debido a que realizan un análisis profundo de los procesos y plantea mejoras significativas. Como conclusiones nos deja este artículo lo siguiente: El nivel de rechazo se puede reducir mediante un enfoque sistemático hacia el control de calidad. El trabajo propuesto identifica una mejora significativa en el área de trabajo y el nivel sigma utilizando el principio lean. Se concluye del análisis que el defecto de las gotas de arena disminuyó del 15,9% al 6,4%. Después de la implementación lean se observa que se ahorra tiempo de hasta 30 min en los que se incurrió en la clasificación e identificación de las diferentes materias primas. El tiempo total de preparación del horno se redujo de

90 min a 60 min. Verifique las listas y pancartas provistas para sustentar las soluciones en el futuro.

Revisando lo afirmado por Raj (2019) la lista de herramientas lean implementado en su caso aplicado son las siguientes, Los datos de producción, defectos e inspección de seis meses se recopilan para evaluar el desempeño de la empresa. El diagrama de flujo del proceso, el diagrama SIPOC, el diagrama de la red de actividades, la puntuación 5S se utilizan para documentar la realidad de la organización. El diagrama de Pareto, la causa y el efecto, el estudio de tiempos, el equilibrio del tiempo de ciclo, los AMEF se utilizan para el estudio de defectos / rechazos y la búsqueda de soluciones y contadores. medidas. El análisis de Costo de Calidad se utiliza para comparar los gastos de la organización antes y después de la implementación de la metodología de Mejora Continua. La adopción de la Mejora Continua usando PDCA - KAIZEN mejoró el tiempo de la Ruta de Operación, la puntuación de 5s, la reducción del porcentaje de rechazo y el COPQ. Como resultados se lograron lo siguiente; los resultados de la investigación muestran que, el tiempo de ruta de operación se redujo en 5 minutos, el porcentaje de rechazo se redujo de 16,37% a 9,5% y el COPQ a porcentaje de ventas para el mes de julio se redujo en 10%

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se utiliza para establecer prioridades. Según Vega (2016) esta herramienta permite la asignación de prioridades y así dar paso

para el tratamiento de los problemas más relevantes.

Diagrama de Ishikawa

En este diagrama de causa y efecto, usualmente, se dividen las causas en varias categorías genéricas. Para esto, se dibuja un diagrama vacío en una pizarra o rotatorio y se especifica un efecto final no deseado; por lo general, de forma posterior; entonces, se realiza una sesión de lluvia de ideas para identificación de las posibles causas, sub-causas, etc. Los participantes, para la construcción de este diagrama, deben incluir personas con un conocimiento práctico del proceso, así como expertos en la materia (Kubiak y Benbow, 2009).

Metodología Lean

Lean es una palabra de origen inglés que, aplicada a un sistema de producción puede traducirse como ágil o flexible, entendiéndose como adaptable a las necesidades del cliente (Vargas et al., 2016).

Lean Manufacturing es una filosofía que consiste, básicamente, en la eliminación sistemática de todo tipo de despilfarro, habiendo sido aplicada exitosamente a procesos administrativos y de ingeniería (Santos et al., 2015).

El Lean manufacturing es filosofía, metodología y un conjunto de herramientas que tiene por objetivo reducir o eliminar el desperdicio, tomando en cuenta que el desperdicio son actividades que no agregan valor (Pérez et al., 2011). Asimismo, esta herramienta, procura

ofrecer el mayor valor posible a los clientes empleando la menor cantidad de recursos de todo tipo (Montero, 2016).

Lean Manufacturing busca eliminar las actividades que no agregan valor, de esta forma, se obtienen mejoras continuas en los sistemas productivos disminuyendo los costos derivados de la eliminación de desperdicios (Santos y Balbinotti, 2015).

Esta herramienta, de comprobada eficacia se presenta como la mejor alternativa aplicada en el sector manufacturero, en diversas industrias del mundo. Esta herramienta lean manufacturing tiene su origen en la cultura de Toyota Motor Corporation (Sarria et al., 2017)

Asimismo, Womack et al. (1996) sostienen que el Modelo Lean Production, también denominado producción ajustada, es una estrategia que plantea reducir los desperdicios y enfocarnos en aquello que agrega valor, para mejorar el clima interno, las relaciones con los clientes, y los inversionistas, es decir, mejorar toda la cadena de valor que tiene la organización para poder sobrevivir en el mercado. Es decir, es una estrategia según la cual es posible hacer más con menos o hacer más con igual, las relaciones serían más activas con un mejor uso de mano de obra, o en un tiempo menor. Esto se logra identificando aquello que el cliente está dispuesto a pagar y eliminar aquello no valorado en sus compras; se debe recordar que el producto elaborado podría ser de nuestra preferencia, pero el cliente podría no valorar el esfuerzo que hacemos o en todo caso el cliente, como consecuencia de su evolución, empieza a valorar otras cosas. Esta metodología, permite

identificar los errores que se cometen en la producción de piezas. Por esto, podemos enfocarnos en los errores, en aquello que no valora el cliente y que estamos entregando pudiendo eliminarlo de nuestra oferta de valor y enfocándonos en aquello que si es importante; asimismo, solucionando problemas de manufactura y entregando con los parámetros de calidad, costos, entrega y seguridad.

Metodología de los 8 pasos para la resolución de problemas

Cuando un equipo se reúne, antes de iniciar cualquier tipo de estrategia para la solución de un problema, se debe contar con información y seguir un método objetivo para ir construyendo un hábito para la planificación, análisis y reflexión, con lo que cual se reducirían las acciones por reacción (Aldana et al., 2011).

La metodología de los 8 pasos para la resolución de problemas incluye: (1) Delimitar y analizar la magnitud del problema (2) Buscar las posibles causas (3) Investigar cuál es la causa más importante (4) Considerar las medidas remedio (5) Poner en práctica las medidas remedio (6) Revisar los resultados obtenidos (7) Prevenir la recurrencia del mismo problema y (8) Conclusión.

Evento Kaizen

Un Evento Kaizen – EK, es un proyecto que se realiza en el corto plazo, tiene por finalidad mejorar un proceso específico; ese proceso, podría tener problemas en calidad, costos, entrega, o seguridad

que afectan la productividad laboral en el centro de trabajo. (Melnik et al., 1998). Kirby y Greene (2003) explican que el Evento Kaizen es una acción enfocada en la mejora del proceso mediante la participación de un equipo multifuncional que ejecuta la acción en menos de una semana (cinco días) con la finalidad de implementar mejoras en las tareas específicas.

ERP - (enterprise resource planning)

Para Silva y Silva (2008) los ERP se implementan con la finalidad de planificar los recursos empresariales de la organización, para poder adquirir, administrar, controlar todo esto, en tiempo real; asimismo, se puede automatizar los procesos. Es un software de alcance en los procesos del core business que la organización tiene que priorizar para entregar valor. Una de las capacidades de este software es el de realizar trazabilidad de los procesos de compras e inventario y evitar redundancia de los procesos.

5S

Esta metodología se enfoca en mejorar el medio ambiente laboral mediante la implementación de un sistema de limpieza, orden y estandarizar el área de trabajo. Este método exige la participación de todo el personal en sus diferentes niveles; es decir, desde el gerente general hasta la base de la pirámide organizacional, para poder implementar la cultura laboral. Fue desarrollada por Hiroyuki Hirano para la mejora de la industria y prepararla para recibir otras filosofías para el alcance del

reconocimiento de clase mundial, pudiendo ser calificado como excelente, en cualquier mercado y en cuanto a sus procesos. Según Tapia et al. (2017) el método de las 5's es un camino para involucrar a todos los niveles de la organización, pues exige compromiso en todos los niveles para implementar la cultura de cambio.

En el estudio de caso analizado se realizó un muestreo, en el cual la población de esta investigación quedó conformada por todos los reportes elaborados por el personal de producción y control de calidad, de esta forma se realizó un cálculo de las pérdidas obtenidas por chatarra en el año 2015. Posteriormente, se realizó un análisis del proceso productivo de la empresa para determinar todas las variables, dentro del desarrollo, que estuvieron involucradas y que son necesarias para la producción. Para ello, la metodología se enfocó en el análisis del proceso interno y por medio de los diagramas de Pareto se identificaron las causas más

prioritarias a tratar los problemas más relevantes. Seguidamente, se aplicó el diagrama de Ishikawa en las causas internas que involucraban a los procesos de fundición, para atacar los problemas críticos analizaron los puntos internos involucrados que perjudican el flujo continuo en este proceso. Posteriormente, se realizó un estudio de la propuesta, a fin de analizar los problemas más urgentes a tratar. Una vez realizado este proceso, se procedió a emplear la metodología de los 8 pasos para la resolución de problemas, los mapas Kaizen y las 5S, como se detalla a continuación:

Cálculo de pérdidas obtenidas por chatarra año 2015:

Se distribuyó el peso de piezas chatarra por tipo de aleación; posteriormente, se calculó el costo de producción por kg de aleación, lo que se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Pérdidas por piezas rechazadas. Año 2015

Pérdidas por piezas rechazadas año 2015					
Código	Aleación Nombre	Peso de piezas rechazadas (kg)	Costo de producción S/kg	Piezas Rechazadas %	Costo por piezas rechazadas (S/)
HB	Hierro Blanco	40 986,00	6,50	42,03%	266 409,00
MN	Acero al Manganeso	42 629,00	6,40	43,71%	272 825,60
CM	Acero al Cromo Molibdeno	12 330,00	5,90	12,64%	72 747,00
AR	Acero Alta Resistencia	887,00	5,60	0,91%	4 967,20
AC	Acero al Carbono	684,00	5,38	0,70%	3 679,92
	Total, Peso	97 516,00		Total, S/	620 628,72

Análisis de las Causas

Por medio de este diagrama (Tabla 2) se analizaron los tipos de errores, a fin de determinar aquellos que tienen mayor repetitividad.

Diagrama de Pareto por cantidad de defectos totales:

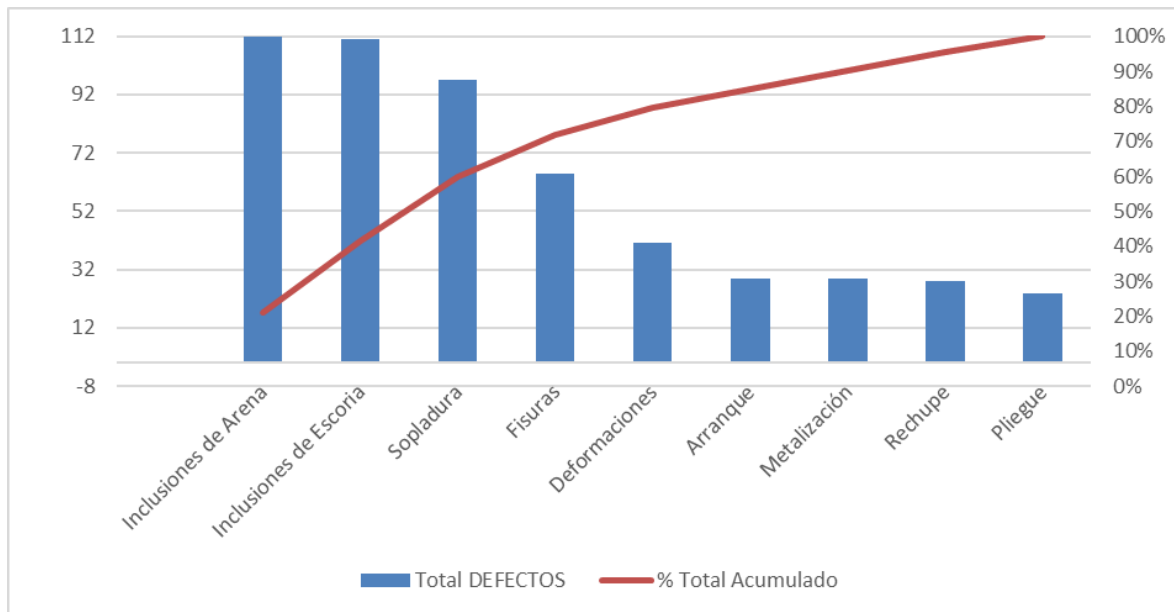
Tabla 2

Cantidad de defectos totales. Año 2015

Tipo de defectos	Cantidad de defectos			Total Defectos	N° defectos acumulado	% Total	% Total Acumulado
	Hierro Blanco	Acero al Cromo Molibdeno	Acero al Manganeso				
Inclusiones de Arena	52	56	4	112	112	20,90%	20,90%
Inclusiones de Escoria	35	66	10	111	223	20,71%	41,60%
Sopladura	48	25	24	97	320	18,10%	59,70%
Fisuras	48	13	4	65	385	12,13%	71,83%
Deformaciones	24	5	12	41	426	7,65%	79,48%
Arranque	13	10	6	29	455	5,41%	84,89%
Metalización	0	25	4	29	484	5,41%	90,30%
Rechupe	20	5	3	28	512	5,22%	95,52%
Pliegue	24	0	0	24	536	4,48%	100,00%

Figura 1

Diagrama de Pareto del proceso productivo. Defectos Totales Año 2015



Seguidamente, por medio del Diagrama de Pareto (Figura 1) se observa que los tres defectos más repetitivos son: Inclusiones de arena, inclusiones de escoria y sopladura. A continuación, se realizó el diagrama de Ishikawa (Figura 2, 3 y 4) teniendo

en cuenta estos tres defectos en todos los procesos de la elaboración del producto, los cuales incrementaban los costos de producción y retrasaban la entrega de productos a los clientes.

Figura 2

Diagrama de Ishikawa, Inclusiones de Arena – Defectos Año 2015

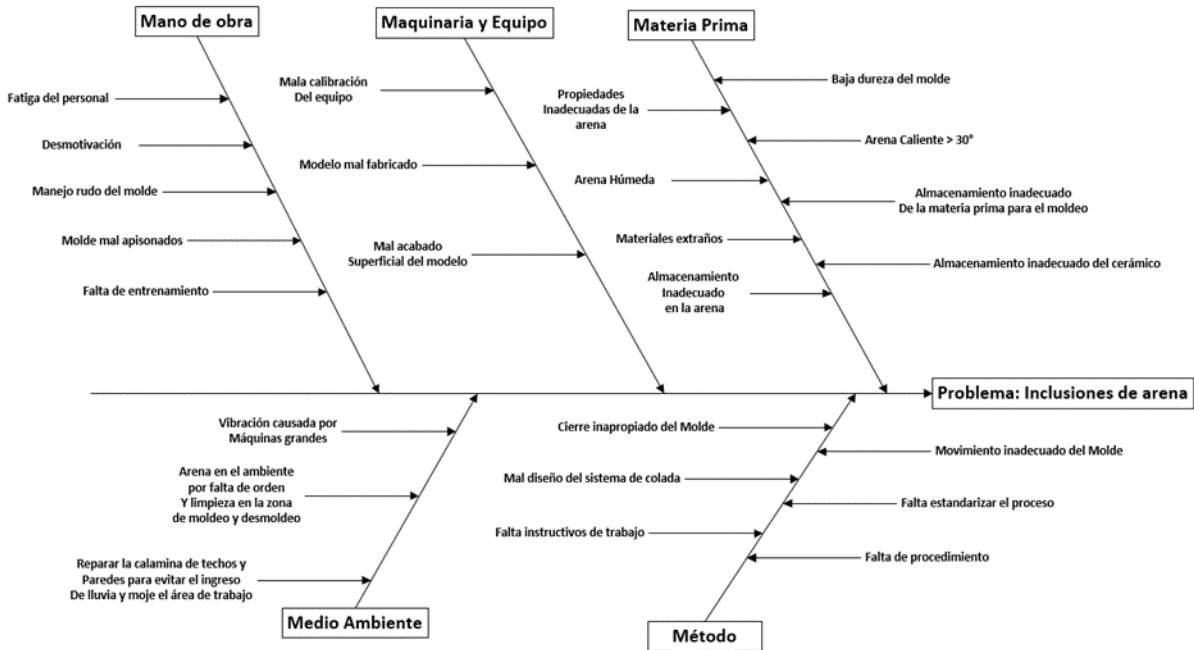


Figura 3

Diagrama de Ishikawa, Inclusiones de Escoria – Defectos Año 2015

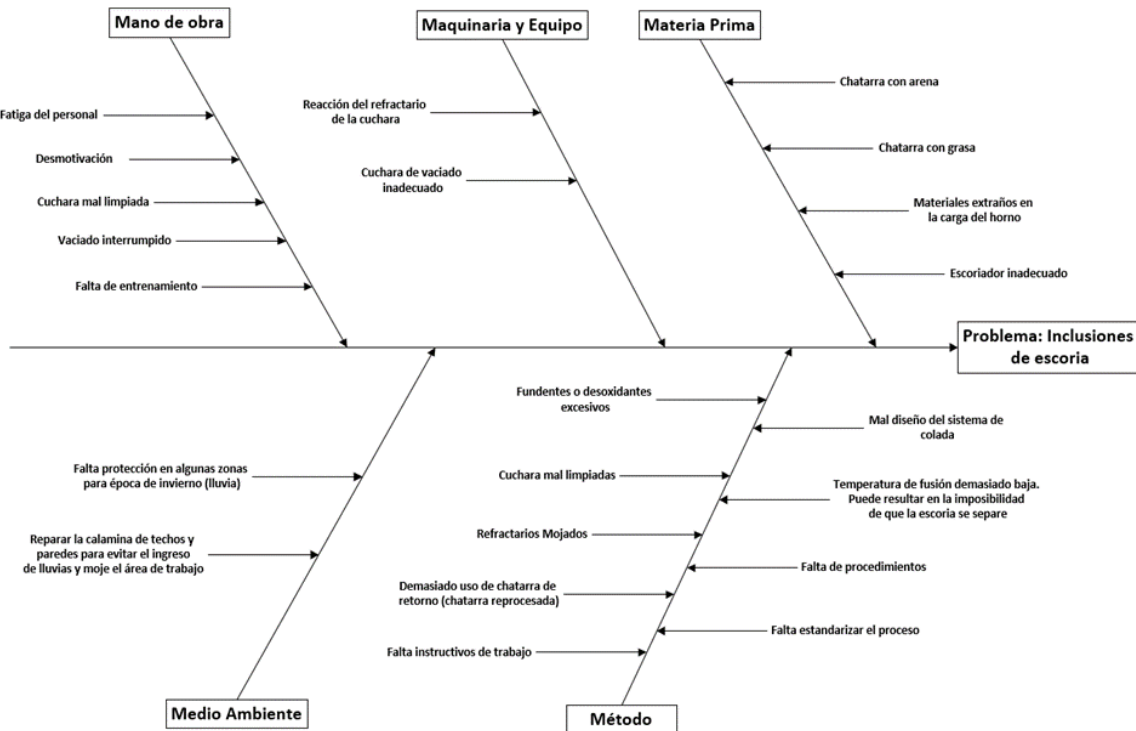
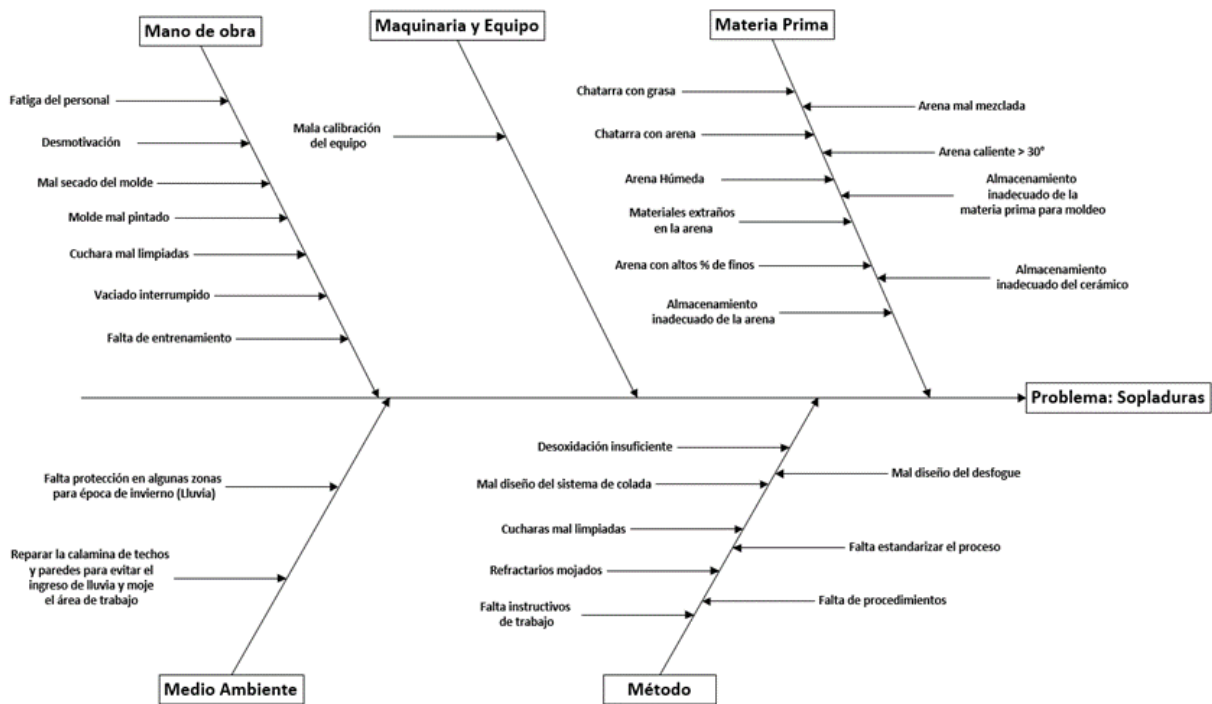


Figura 4

Diagrama de Ishikawa, Sopladura – Defectos Año 2015



Se evidenció que los materiales críticos para el moldeo, como arenas especiales y material cerámico, no se encuentran ubicados correctamente en el almacén, ocasionando deficiencias en el proceso y calidad de piezas; asimismo, la humedad en estos materiales genera defectos de porosidad, reacción metal molde e inclusiones de arena. Estos defectos, en muchos casos, pueden generar el rechazo de las piezas producidas.

Posteriormente, se empleó la metodología Lean a fin de evidenciar los errores en la producción de piezas. Para esto, se siguió la metodología de los 8 pasos, en la cual se utilizaron las herramientas de Pareto e Ishikawa para analizar la situación actual, identificado los problemas y trazando el objetivo, seguido de los mapas Kaizen (Tablas 3, 4 y 5) y la aplicación de las 5s (Tablas 6, 7, 8, 9 y 10) para la mejora de la situación actual

Tabla 3

Mapa Kaizen Almacén de Modelería

Problema: Los Modelos no cuentan con una ubicación correcta	
Mejora: Kaizen al proceso de modelería y almacenamiento de modelos.	
Antes de la mejora	Después de la mejora
	
Descripción del problema	Descripción de la solución
Los modelos no cuentan con una ubicación correcta en el almacén de modelos ocasionando deficiencia y demora en el proceso del moldeo.	Se implementará la 5S para mejorar el proceso de almacenamiento de modelos y mejorar la distribución de los modelos en el almacén reduciendo el tiempo de espera de moldeo.
Herramientas usadas: Kaizen, solución en 6 pasos y control visual.	
<u>Pérdidas</u> Incremento de tiempo en el proceso de moldeo. Pérdidas de tiempo de personal y equipo. Insatisfacción del cliente interno “Moldeo”.	<u>Beneficios Reales</u> Aumento de capacidad de atención. Reducción de horas extras del personal y equipo operativo. Reducción del tiempo de espera de moldeo.
Reaplicable	Revisado por:
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/>



Tabla 4

Mapa Kaizen Almacén de materia prima

<p>Problema: La materia prima crítica no cuentan con una ubicación correcta en el almacén de materia prima</p> <p>Mejora: Kaizen al proceso de almacén de materia prima crítica en el proceso de moldeo.</p>	
<p>Antes de la Mejora</p>	<p>Después de la Mejora</p>
	
<p>Descripción del problema</p> <p>Los materiales críticos para moldeo como las arenas especiales y el material cerámico no cuentan con una ubicación correcta en el almacén ocasionando deficiencias en el proceso y en la calidad de las piezas. La humedad en estos productos genera defectos de porosidad; reacción metal molde, inclusiones de arena. Estos defectos, en muchos casos puede generar piezas rechazadas.</p>	<p>Descripción de la solución</p> <p>Se implementará las 5S para mejorar el proceso de almacenamiento de material cerámico y arenas especiales con el objetivo de minimizar los defectos ocasionados por la humedad del producto.</p>
<p>Herramientas usadas:</p> <p>Kaizen, 5S, Control Visual.</p>	
<p><u>Pérdidas</u></p> <p>Incremento de tiempo en el proceso de fabricación de piezas.</p> <p>Pérdidas de tiempo de personal y equipo en reparación de defectos o reprocesos.</p> <p>Las piezas no conformes equivalen a 3,96% de la producción; generando un costo de S/ 620 628, 72 en el año 2015.</p> <p>Insatisfacción del cliente externo y cliente interno (Producción).</p>	<p>Beneficios Reales</p> <p>Aumento de capacidad de atención.</p> <p>Reducción de horas extras del personal por reparación de defectos de porosidad, reacción o inclusiones de arena.</p> <p>Reducción del tiempo de entrega y mejora en la calidad de los productos.</p> <p>Reducir el porcentaje de piezas no conformes anual de 3,96% a 2,71% genera un ahorro total aproximadamente = S/ 195 905,00).</p> <p>Satisfacción del cliente externo y del cliente interno (Producción).</p>
<p>Reaplicable</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Si</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">No</div> </div>	<p>Revisado por:</p> <p>_____</p>

Tabla 5

Mapa Kaizen Fundición

<p>Problema: Los regresos del horno que son utilizados como materia prima están contaminados con arena.</p> <p>Mejora: Kaizen al proceso de fundición y regreso del horno.</p>	
<p>Antes de la Mejora</p>	<p>Después de la Mejora</p>
 <p style="text-align: center;">Retorno Contaminado con Arena</p>	 <p style="text-align: center;">Retorno en lingote libre de contaminación de Arena</p>
<p>Descripción del problema</p> <p>En el vaciado del molde hay material sobrante que es utilizado para la siguiente colada; este regreso es vaciado en moldes de arena de poca resistencia contaminado los regresos con arena. Estos regresos al formar parte de la carga del horno generan escoria que aparecen en las piezas generando piezas rechazadas por parte de control de calidad.</p>	<p>Descripción de la solución</p> <p>Se implementó las 5S para mejorar el proceso de fundición y retorno con el objetivo de minimizar los defectos ocasionados por escoria en la pieza.</p>
<p>Herramientas usadas: Kaizen, 5S, Control Visual.</p>	
<p>Pérdidas</p> <p>Incremento de tiempo en el proceso de fabricación de piezas. Pérdidas de tiempo de personal y equipo en reparación de defectos. Las piezas no conformes equivalen a 3,96% de la producción; generando un costo de S/ 620 628,72 en el año 2015. Insatisfacción del cliente externo y cliente interno (Producción).</p>	<p>Beneficios Reales</p> <p>Aumento de capacidad de atención. Reducción de horas extras del personal por reparación de defectos de escoria en la pieza. Reducción del tiempo de entrega y mejora en la calidad de los productos. Reducir el porcentaje de pieza no conforme anual de 3,96% a 2,71% genera un ahorro Total aproximado: S/ 195 905,00). Satisfacción del cliente externo y del cliente interno (Producción).</p>
<p>Reaplicable</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No </p>	<p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">_____</p>

Implementación de las 5s

Tabla 6

Puntaje de lo mínimo a lo máximo para el diagrama Radial

0	1	2	3	4
NADA	MALO	FALTA	BIEN	MUY BIEN

Tabla 7

Puntaje colocado en las 5S luego del actual

Seiri (Clasificar)	Seiton (Ordenar)	Seiso (Limpiar)	Seiketsu (Mantener)	Shitsuke (Disciplina)
2	2	2	2,2	3

Figura 5

Radar 5S

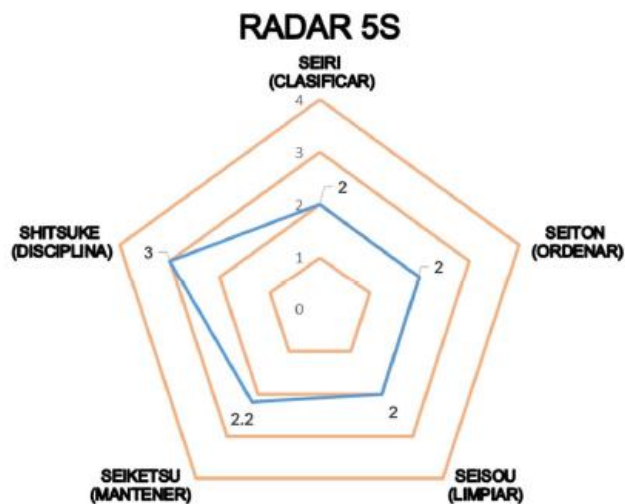


Tabla 8

Puntaje comparativo del actual con el esperado

Seiri Clasificar	Seiton Ordenar	Seiso (Limpiar)	Seiketsu (Mantener)	Shitsuke (Disciplina)
3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
2	2	2	2,2	3

Figura 6

Radar esperado 5S

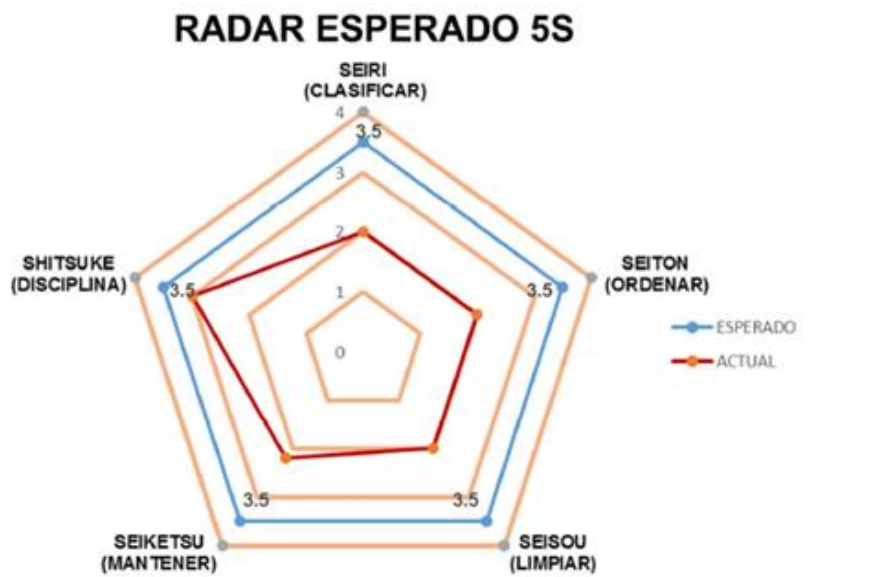


Tabla 9

Cálculo después de la implementación

Cálculos después de la implementación					
Código	Aleación Nombre	Peso de piezas rechazadas (kg)	Costo de Producción (S/kg)	Piezas Rechazadas (%)	Costo por pieza rechazadas (S/)
MN	Acero al Manganeso	29 074,60131	6,40	43,53%	S/ 186 077,45
HB	Hierro Blanco	27 915,5646	6,50	41,80%	S/ 181 451,17
CM	Acero al Cromo Molibdeno	8 228,47475	5,90	12,32%	S/ 48 547,98
AR	Acero alta resistencia	887	5,60	1,33%	S/ 4 967,20
AC	Acero al Carbono	684	5,38	1,02%	S/ 3 679,92
Total Peso		66 789,63739			S/ 424 723,72

Tabla 10

Resultados de aplicar las 5S antes y después

Estado	Peso de piezas Rechazadas kg año ⁻¹	Costo Total Rechazadas kg año ⁻¹	Reducción	Ahorro
Sin 5S	97 516	S/ 620 628,72	32%	S/ 195 905,00
Con 5S	66 789,64	S/ 424 723,72		

El porcentaje de defectos se redujo de 3,96% a 2,71%, con lo cual se obtuvo un ahorro aproximado de S/. 195 905,00 nuevos soles. Esto se pudo

conseguir con la implementación de las 5S en el almacén de materia prima; lo cual, incentivó la autodisciplina en los empleados y redujo los

movimientos innecesarios para la realización de sus actividades, incrementando la eficiencia de trabajo.

Después de la implementación del programa Lean, se observó el incremento en la capacidad de atención al público; la reducción de horas extras del personal, del equipo operativo y el tiempo de espera en el moldeo.

Asimismo, con la implementación de la herramienta de control visual, se pudo distinguir las anomalías en el almacenamiento de materia prima que producen defectos en las piezas y generan sobrecostos y reprocesos.

Según nos mencionan Saetta y Caldarelli (2020) los conceptos de lean manufacturing y la mejora continua son herramientas vigentes que se adaptan para la fusión con nuevos conceptos y enfoques tal como la aplicación en la producción limpia; sin embargo, lo evidente son las herramientas como 5S, Kaizen, con la intención de incrementar la productividad y mejorar la calidad de los sistemas productivos; por esta razón, se puede encontrar herramientas recurrentes que ayudan a mejorar los procesos de manufactura. Para Barot et al. (2020) en los procesos de manufactura de fundiciones se han encontrado listados los defectos típicos y en este artículo se mencionan: Inclusiones de arena, inclusiones de escoria, sopladura, fisuras, deformaciones, arranque, metalización, rechupe, pliegue, como los defectos que afectan a los procesos de fundición; siendo los 6 primeros defectos mencionados anteriormente, como los que representan el 80% de los problemas que debemos enfocarnos, que en este caso se utilizó como herramientas de mejora

continua, recurrentes al análisis de Pareto y matriz de causa efecto. Mediante estas y otras herramientas se logró disminuir de 15,9% al 6,4% y en tiempo de preparación de horno se redujo de 90 minutos a 60 minutos y se logró reducir los defectos de 3,96% a 2,71%. En el estudio realizado por Raj (2019) las herramientas lean coinciden en la mejora de procesos, entre los cuales se encuentran la aplicación de las 5S, diagramas de flujo, diagrama de Pareto, análisis causa efecto, análisis de costo de calidad, metodología Kaizen y reducción de los rechazos de 16,37% a 9,5%, los costos de no calidad disminuyeron en 10% y en este estudio de caso, la reducción fue de 32% mostrando que la aplicación del Kaizen se evidenció impactos económicos favorables.

CONCLUSIONES

Los tres defectos más repetitivos en la industria de fundición son las inclusiones de arena, de escoria y de las sopladuras. Éstas son ocasionadas en parte por un mal almacenamiento de la materia prima, lo cual se corrige con la implementación de la metodología Lean.

Es necesario que en los almacenes de materia prima se invierta en ampliación, instalación de anaqueles e implementación de un sistema ERP (enterprise resource planning) el cual automatizará la gestión de inventarios en la recepción, almacenamiento, despacho y en la devolución del inventario, a fin de conocer con exactitud la cantidad de materia prima, productos en proceso o terminados de los que se puede disponer.

La metodología Lean exige un cambio cultural en toda la organización; por tanto, debe implementarse paulatinamente, brindando capacitación periódicamente al personal de almacén, en temas de almacenamiento, manejo de inventarios y exactitud de inventarios, que realizan las empresas respecto a la calidad y tiempo de entrega de los productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, L., Álvarez, M., Bernal, C., Díaz, M., Galindo, O., Gonzales, C. y Villegas, C. (2011). *Administración por calidad*. Fondo Editorial la Universidad de La Sabana.
- Melnyk S. A., Calantone R. J., Montabon F. L., Smith R. T. (1998), Short-term Action in Pursuit of Long-Term Improvements: Introducing Kaizen Events. *Production and Inventory Management Journal*, 39(4), pp. 69-76.
- Montero, R. (2016). Relación entre el Lean Manufacturing y la seguridad y salud ocupacional. *Revista Salud de los Trabajadores*, 24(2), 133-138
- Raj, K. (2019). Continuous Improvement Methodology for Improving Manufacturing Processes and Product Quality in a Foundry Industry. <https://www.semanticscholar.org/paper/Continuous-Improvement-Methodology-for-Improving-in-Raj/1900c12e67213248b168cce89d89a6d121361e5a>
- Kirby, K., Greene, B. (2003). How Value Stream Type Affects the Adoption of Lean Production Tools and Techniques. *Proceedings of the 2003 Industrial Engineering and Research Conference*, Portland, OR.
- Kubiak, T.; y Benbow, D. (2009). *The certified six sigma black belt handbook*, (2nd ed.)
- Pérez, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M. y Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 19(3), 396-408.
- Saetta, S., y Caldarelli, V. (2020). Lean Production as a tool for green production: the Green Foundry case study. *Procedia Manufacturing*, 42, 498-502. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.042>.
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., y Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Revista Procedia Manufacturing*, 3, 5947-5954.
- Santos, J., Wysk, R. A., y Torres, J. M. (2015). *Mejorando la producción con Lean Thinking*. Ediciones Pirámide.
- Sarria, M; Fonseca, G, y Bocanegra C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista EAN*, 83, 51 - 71.



- Silva P, Manuel A, Silva, M. y Darío R. (2008).
Sistemas de planificación de recursos
empresariales utilizados en el estado
Bolívar. Universidad, Ciencia y Tecnología,
12(46), 49-54.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212008000100008&lng=es&tlng=es.
- Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martines, G., y
Estebané, V. (2017). Marco de Referencia de
la Aplicación de Manufactura Esbelta en la
Industria. Ciencia & trabajo. 19(60)
Santiago Chihuahua. Mexico.
- Vargas, J., Muratalla, G. y Jiménez, M. (2016).
Lean Manufacturing ¿una herramienta de
mejora de un sistema de producción?
Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y
Nuevas Tendencias, 5(17), 153-174
- Vega, M. (2016). Propuesta de mejoramiento para
la gestión de bodega de materiales e insumos
para impresoras de la empresa Coplan.
(Tesis de ingeniería, Universidad Andrés
Bello). Chile.
- Womack J.P, Jones D.T. (1996). Beyond Toyota:
how to root out waste and pursue perfection.
Harvard Business Rev, 74(5), 140

CORRESPONDENCIA:

Wendel Joel Miranda Chávez
wendel.miranda@unmsm.edu.pe

