

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE OCASIONAN EL PROBLEMA DE
POROSIDAD EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DEL HIERRO GRIS Y PROPUESTA
DE MEJORA PARA REDUCCIÓN DE INDICADOR POR ESTA CAUSA DE PNC EN
INDUSTRIAS LAVCO LTDA.**

Andrea Katherine Torres Angarita

Universidad Pontificia Bolivariana

Facultad de Ingeniería Industrial

Seccional Bucaramanga

2018

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE OCASIONAN EL PROBLEMA DE
POROSIDAD EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DEL HIERRO GRIS Y PROPUESTA
DE MEJORA PARA REDUCCIÓN DE INDICADOR POR ESTA CAUSA DE PNC EN
INDUSTRIAS LAVCO LTDA.**

Autor: Andrea Katherine Torres Angarita

Director: Ing. William Hoyos Torres

Supervisor: Jhon Vera Redondo

Práctica empresarial presentada con el fin de optar por el título de:

Ingeniera Industrial

Universidad Pontificia Bolivariana

Facultad de Ingeniería Industrial

Seccional Bucaramanga

2018

Tabla de contenido

Lista de Ilustraciones	4
Lista de Tablas.....	5
Glosario	1
Contexto de la organización	3
Logo	8
Organigrama	9
Actividad Económica	10
Misión	11
Visión	11
Principales clientes Industrias LAVCO LTDA	14
Diagnóstico de la empresa	15
Planteamiento del problema	15
Antecedentes	18
Alcance	21
Justificación	22
Objetivos	24
Objetivo General	24
Objetivos específicos	24
Marco Teórico	25
Metodología.....	46
Resultados y discusión	50
Desarrollo de la Metodología S.S.P	50
Análisis problema 1: R.P.M de las centrifugas en las que se funde el material	58
Análisis problema 2: Incumplimiento instrucciones de trabajo –Limpieza	61
Análisis problema 3: Temperatura del metal y el molde	73

Bibliografía4

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. <i>Instalaciones de Lavco Ltda.</i>	7
Ilustración 2. <i>Logo de la empresa</i>	8
Ilustración 3. <i>Organigrama LAVCO por departamentos</i>	9
Ilustración 4. <i>Camisas/ Producto terminado de INDUSTRIAS LAVCO</i>	10
Ilustración 5. <i>Clientes más importantes de LAVCO</i>	14
Ilustración 6. <i>Representación gráfica problemas de dureza y porosidad</i>	16
Ilustración 7. <i>Poros en la fundición</i>	17
Ilustración 8. <i>Representación poros vs. PNC de enero a julio de 2018 por coladas</i>	22
Ilustración 9. <i>Ciclo PHVA, Ruta de la calidad</i>	26
Ilustración 10. <i>Modelo diagrama de Causa – Efecto</i>	48
Ilustración 11. <i>Representación sobre problemas de PNC por inclusiones y dureza</i>	54
Ilustración 12. <i>Formato Planilla PNC diario Lavco Ltda.</i>	54
Ilustración 13. <i>Representación caracterización de poros en cantidad y % de camisas de los primeros ocho meses del 2018</i>	56
Ilustración 14. <i>Diagrama de causa - efecto de los poros</i>	57
Ilustración 15. <i>Centrifuga 096</i>	59
Ilustración 16. <i>RPM de centrifugas de Industrias Lavco</i>	60
Ilustración 17. <i>Tacómetro y toma de prueba de R.P.M centrifuga 096</i>	61
Ilustración 18. <i>Plano centrifugas y operario a cargo</i>	71
Ilustración 19. <i>% poros por operario de fundición</i>	72
Ilustración 20. <i>Grupo de fundición</i>	72

Ilustración 21. <i>Muti- lab y prueba de cuña</i>	73
Ilustración 22. <i>Pirómetro / Molde y dispositivo de calentamiento</i>	74
Ilustración 23. <i>Tubos rechazados por escasez interior</i>	75
Ilustración 24. <i>Recalculo diámetro de coquillas</i>	77
Ilustración 25. <i>Plano centrifugas corregido</i>	78
Ilustración 26. <i>Socialización acciones correctivas</i>	79
Ilustración 27. <i>Operaciones del proceso de fundición</i>	80
Ilustración 28. <i>Instructivo para mantener temperatura en el horno</i>	84
Ilustración 29. <i>Diámetro de sobre material del tubo fundido para cada línea</i>	87

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Histórico PNC por problemas de dureza y porosidad, primer semestre de 2018</i>	16
Tabla 2. <i>Instructivo operaciones fundición</i>	70
Tabla 3. <i>Temperaturas día de fundición</i>	82

Glosario

PNC. Sigla que indica que es un producto no conforme (**P**= Producto, **N**= No, **C**= Conforme).

Producto No Conforme. Producto o servicio que no es conforme con los requisitos; que no cumple las especificaciones y se denomina con la sigla **PNC**.

Corrección: Acción tomada para eliminar una no conformidad.

Calidad: Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que confiere su aptitud para satisfacer las necesidades dadas.

Fundición: Proceso en el cual un aumento gradual y controlado de la temperatura se pasa la materia de un estado sólido a un estado líquido.

Fundición de hierro gris: Proceso mediante el cual el material de hierro gris pasa de estado sólido a líquido mediante un aumento gradual y controlado de la temperatura, con el objetivo de ser depositado en un molde o troquel para otorgarle una nueva forma, conservando sus características químicas.

Porosidades. Los pequeños agujeros y las sopladuras representados en burbujas esféricas o aplanadas (vesículas) de superficie lisa del material.

Misión. Es una formulación de la razón de ser de la organización que depende de la actividad que la organización realice, así como del entorno en el que se encuentra y de los recursos de los que dispone. Si se trata de una empresa, la misión dependerá del tipo de negocio

del que se trate, de las necesidades de la población en ese momento dado la situación del mercado.

Visión. Se refiere a una imagen que la organización plantea a largo plazo sobre cómo espera que sea su futuro, una expectativa ideal de lo que espera que sea su futuro, una expectativa ideal de lo que espera que ocurra. La visión debe ser realista, pero puede ser ambiciosa, su función es guiar y motivar al grupo para continuar con el trabajo.

Políticas. Son los medios que permiten alcanzar los objetivos. Las políticas incluyen directrices, reglas y procedimientos establecidos para apoyar los esfuerzos dirigidos al logro de los objetivos enunciados. Las políticas son guías para la toma de decisiones y para manejar situaciones repetitivas o recurrentes.

R.P.M: Una revolución por minuto es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular. En este contexto, se indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje, en este caso de las centrifugas donde se vierte el metal.

Agradecimientos

A Dios por darme la oportunidad de estudiar y alcanzar mi título profesional como Ingeniera Industrial y ayudarme a superar cada etapa de mi vida, a mis padres por su apoyo, confianza, amor y esfuerzo ya que gracias a ellos hoy soy una mujer que trabaja por sus sueños.

A mi universidad, mis profesores y compañeros estos fueron un eje fundamental en la adquisición de mis conocimientos académicos, y mi crecimiento personal ante la sociedad, muchas gracias por la paciencia y tantas enseñanzas, sin duda nunca olvidaré mi etapa universitaria.

A LAVCO por confiar en mí y brindarme los conocimientos, y la oportunidad de vivir mi práctica profesional aprendiendo día a día la importancia de tomar decisiones y acciones que contribuyan a mejorar la productividad de la planta. Al Ingeniero Jhon Vera, por su paciencia y sus consejos que guardo para la vida profesional, y finalmente a mis compañeros del grupo de calidad me llevó muchas anécdotas y enseñanzas que guardaré por siempre, que grato fue conocer y aprender de cada uno de ustedes.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE OCASIONAN EL PROBLEMA DE POROSIDAD EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DEL HIERRO GRIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA REDUCCIÓN DE INDICADOR POR ESTA CAUSA DE PNC EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

AUTOR(ES): ANDREA KATHERINE TORRES ANGARITA

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR(A): WILLIAM HOYOS TORRES

RESUMEN

Lavco Ltda. es una empresa metalmeccánica que está en continuo mejoramiento en cuanto a la calidad de sus procesos y productos. Dentro de sus procesos, el más complejo es el de la fundición de hierro gris, en este se obtienen los tubos que son luego mecanizados. Debido a continuos rechazos de PNC por el problema de inclusiones en la fundición fue necesario cuantificar mediante un indicador las perdidas el porcentaje mes a mes de la producción, y encontrar las causas de dicho problema a través de la metodología Causa- efecto, la cual ayudó a analizar cada causa y mediante la Metodología S.S.P. fueron resueltos dichos problemas que tenían que ver con la falta de control y seguimiento a los procesos. Finalmente fueron ejecutadas acciones relacionadas con capacitaciones al personal, ajuste de equipos y maquinarias, estas ayudaron a reducir el indicador de PNC por poros validando la eficacia de las decisiones y acciones propuestas.

PALABRAS CLAVE:

Fundición, Calidad, PNC, Poros.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: IDENTIFICATION OF THE CAUSES THAT CAUSE THE PROBLEM OF POROSITY IN THE CASTING PROCESS OF GRAY IRON AND PROPOSAL OF IMPROVEMENT TO REDUCE THE INDICATOR FOR THIS CAUSE OF NCP IN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

AUTHOR(S): ANDREA KATHERINE TORRES ANGARITA

FACULTY: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: WILLIAM HOYOS TORRES

ABSTRACT

Lavco Ltda. is a metalworking company that is in continuous improvement in terms of the quality of its processes and products. Within its processes, the most complex is that of gray iron casting, in which the tubes are obtained and then mechanized. Due to the continuous rejection of the NCP due to the problem of inclusions in the smelter, it was necessary to quantify through an indicator the losses of the monthly percentage of production, and find the causes of this problem through the Cause-Effect methodology, which helped to analyze each cause and through the SSP Methodology These problems were resolved that had to do with the lack of control and follow-up of the processes. Finally, actions related to personnel training, adjustment of equipment and machinery were executed, these helped to reduce the indicator of NCP through pores validating the effectiveness of the decisions and proposed actions.

KEYWORDS:

Foundry, Nonconforming Product, Inclusions, Quality.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

La mayoría de empresas, buscan día a día ser más rentables y competitivas, para lograrlo deben ofrecer productos y servicios con altos estándares de calidad. Por lo tanto, la gestión de la calidad ha sido reconocida como un paradigma de la administración para mejorar el funcionamiento y competitividad organizacional.

La implementación de acciones correctivas logradas a través de la medición de los procesos de una empresa es una importante estrategia para encontrar la calidad y mejorar la productividad en las empresas. Esto fue lo que se llevó a cabo en la empresa Industrias Lavco Ltda. durante la práctica profesional, la cual estuvo enmarcada en el área de calidad y consistió básicamente en revisar el PNC diariamente, de acuerdo a estos informes se tuvo como principal objetivo eliminar o reducir el indicador de rechazos por el problema de poros e inclusiones ya que era el de mayor magnitud, fue necesario analizar cada causa a través de la metodología Causa – efecto y proponer acciones que mejoraron notablemente el rendimiento de la planta relacionados con el personal, la maquinaria y equipos, además del compromiso de todos los involucrados en el proceso de fundición.



Ilustración 1. *Instalaciones de Lavco Ltda.*

Contexto de la organización

Industrias Lavco Ltda.

Ubicación: Kilómetro 4 Autopista Floridablanca
Piedecuesta.

Tel: (57-7) 638 – 1921

Fax: (57-7) 638 – 4993

INDUSTRIAS LUIS ARMANDO VESGA Y COMPAÑÍA - LAVCO LTDA., es una empresa manufacturera y de servicios, del sector metalmecánico, constituida legalmente desde Enero de 1.991, y que proviene de otra razón social anterior, denominada METCO (Metalúrgica de Colombia, Ltda.), que funcionó entre 1.975 a 1.990, cuyo objeto social incluía además de la fabricación de camisas centrifugadas para motores, el servicio de rectificación de motores para el sector automotriz. El objeto social de INDUSTRIAS LAVCO LTDA., es la fabricación de Camisas Centrifugadas para motores y barras o material centrifugado para fabricar asientos de válvulas, además de ofrecer Servicios especializados para el sector industrial, especialmente energético, y comercializar partes complementarias importadas.

Los mercados atendidos por LAVCO están conformado por empresas de Colombia y el exterior comercializadoras de partes para motor, talleres de rectificación de motores y organizaciones dedicadas a la explotación y mantenimiento del sector industrial, petrolero y energético, industria de palma de aceite y alimentos, entre otros sectores.

Desde 1.992 son el principal exportador colombiano de este renglón económico con destino a más de 13 países de la Comunidad Andina, Centro y Norte América y el Caribe siendo su principal destino, los Estados Unidos de América.

LAVCO exporta a los siguientes países: Estados Unidos de América, México, Puerto Rico, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana, Curazao, Venezuela, Ecuador, Perú).

Jefe inmediato:

Ing. Jhon Vera Redondo (Director de Calidad y Jefe de la planta Industrial)

Logo



Ilustración 2. *Logo de la empresa*

Organigrama



Ilustración 3. Organigrama LAVCO por departamentos

Actividad Económica

LAVCO produce y comercializa camisas en fundición gris centrifugada para la gran mayoría de automotores Diesel y Gasolina. También produce en la línea industrial, camisas para motores estacionarios industriales, compresores y bombas reciprocantes en gran variedad de rangos; así mismo, presta el servicio de reparación de cilindros compresores reciprocantes. Gracias a su planta de fundición propia, fabrican entre otras partes, pistones en hierro gris y aluminio, funden piezas en bronce, hierro nodular, piezas moldeadas como rejillas y parrillas para plantas industriales y hacen reparaciones de partes para equipos del sector industrial.

Ilustración 4. Camisas/ Producto terminado de INDUSTRIAS LAVCO



Las líneas de trabajo que maneja la empresa son:

Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina y Diesel

Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina

Línea de Camisas Húmedas para Motores Diesel

Línea de Camisas para Grandes Motores y Cilindros Compresores

Línea de Bujes para Asientos de Válvulas

Línea de Servicios Especializados de reparación de Cilindros Compresores

Misión

Industrias Lavco Ltda. es una empresa industrial productora y comercializadora de partes para motor, proveedora de servicios de reparación y otros componentes internos relacionados directamente con el desempeño de motores y compresores. Cuentan con clientes a nivel nacional e internacional en los segmentos de: Comercialización de partes, Talleres de Rectificación de Motores y Mecánica Industrial Diesel, así como organizaciones del sector Industrial y Energético que son atendidas directamente o a través de sus respectivos proveedores de servicios.

Visión

Ser un proveedor líder del mercado colombiano, reconocido en Latinoamérica, por la calidad de los productos fabricados y comercializados, así como un ofertante de servicios metalmeccánicos consolidado en los sectores industriales y energéticos que cuente con aliados estratégicos a nivel nacional e internacional, de quienes recibamos inversión en transferencia de conocimiento, tecnología y capital.

Valores Corporativos

La administración de la empresa reconoce que no es suficiente con cumplir con su objeto social, sino que además es importante comprometerse con un conjunto de valores que sean aplicados y respetados por todos sus empleados en todos los rangos. Estos valores primordiales son:

Trabajo en equipo: Cada persona desde su cargo entiende y trabaja por el logro de los objetivos propuestos para su propio proceso sin perder de foco su impacto e integración con los de la compañía en general.

Honestidad: La empresa y su personal se caracterizan por adherirse a las más estrictas normas de integridad personal y profesional en las relaciones con compañeros, clientes, proveedores, accionistas y demás personas que traten dentro o fuera de la organización.

Adaptabilidad al cambio y creatividad: Aceptamos que el cambio es la constante en la Empresa, y en los negocios. Reconocemos que la propia capacidad para detectarlo y adaptarnos prontamente al mismo es importante para la compañía. Se estimula la innovación en todos los ámbitos dentro de esquemas de orden y coherencia.

Autonomía y responsabilidad: La empresa busca el empoderamiento con responsabilidad exigiendo resultados, propiciando la gestión gerencial de cada cargo.

Ahorro: Los despilfarros no se toleran en ningún oficio ni sección y los procesos productivos se diseñan y analizan buscando optimizar su rendimiento.

Servicio excepcional: Se muestra desde cada cargo un genuino entusiasmo por servir con parámetros que se puedan calificar como excepcionales, tanto al cliente interno como externo.

Responsabilidad ambiental: Se trabaja con entusiasmo por un desarrollo sostenible participando en actividades encaminadas a proteger el medio ambiente y adoptar prácticas de producción más limpia.

Seguridad: Todos los empleados de la organización, personal directo temporal o contratista, serán conscientes de la importancia del autocuidado, la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades de origen laboral, reportando oportunamente condiciones y actos inseguros, y cumpliendo con los parámetros de seguridad definidos por la organización. Comprenderán la “Seguridad”, como un valor primordial antes, durante y después del desarrollo de las actividades,

los comportamientos individuales serán el reflejo de la cultura en seguridad de toda la organización.

Es necesario resaltar que LAVCO es una empresa exportadora certificada con la NTC ISO 9001:2015 recientemente actualizada, así que la calidad de sus productos es una de sus principales prioridades. La industria metalmecánica en la que compete LAVCO, es una de las más importantes debido a la complejidad de los procesos de su actividad económica. Esta es la industria que se encarga de transformar el acero en bienes que van desde laminados, tuberías, estructuras metálicas y alambres, hasta maquinaria industrial como ascensores y calderas. Actualmente existen más de 680 empresas dedicadas al sector metalmecánico a lo largo de la cadena manufacturera en Colombia. (PROCOLOMBIA, 2017).

En Santander se calculan aproximadamente diez empresas metalmecánicas de gran tamaño, (Industrias Lavco Ltda, Industrias Tanuzi S.A., Transejes S.A, Penagos Hermanos y Compañía Ltda, Organización Industrial S.A., Famag Ltda, Hierros y Rolados S.A.S., Farmavícola S.A., Forjados S.A., Metalúrgica de Santander S.A.) las cuales hacen parte de la Asociación Grupo Metalmecánico 10M.

Principales clientes Industrias LAVCO LTDA



Ilustración 5. *Cientes más importantes de LAVCO*

Diagnóstico de la empresa

Planteamiento del problema

Lavco LTDA actualmente presenta problemas y una serie de inconvenientes relacionados con los procesos productivos necesarios para su actividad económica, los cuales son principalmente en el material (hierro gris) lo que conlleva al aumento del PNC (Producto No Conforme) por defectos principalmente como dureza, poros en el material y errores en el mecanizado de las camisas. Esto se evidenció revisando los reportes diarios del departamento de calidad y en diálogo con algunos trabajadores de la planta, lo que impide el cumplimiento de indicadores de calidad y metas de producción.

En entrevista directa con el Ingeniero Jhon Vera, Director de calidad y Jefe de la planta industrial, él manifiesta la necesidad de identificar las causas actuales que están dando como resultado este repetitivo problema de inclusiones en las camisas, cabe resaltar que este proceso es el realizado en el área de fundición, luego de la chatarrización del hierro y colado en el horno.

Revisando los datos históricos de PNC del año 2018 se muestran los mayores errores los cuales se dan por los problemas de porosidad seguido de la dureza, lo cual implica revisar exhaustivamente las operaciones de la sección de fundición, necesaria para el posterior mecanizado de las camisas. Analizando los datos recopilados se tienen constantes incidencias que alcanzan hasta el 20.825% de rechazos por estas dos problemáticas en un mes, el mes de mayo. Con respecto a los poros la situación más crítica se presentó en este mismo mes de mayo donde se obtuvieron 3.468 camisas porosas de una producción de 27.991 unidades representadas en camisas automotrices. Con respecto a la dureza el mes en el que con más frecuencia se dio este problema fue el mes de junio con 3.078 unidades desechadas de un total de 29.798 producidas.

En la tabla adjunta se muestran el mes en el que se realizó la producción, la cantidad de camisas porosas (Poros), la cantidad de camisas que presentaron dureza (D), la suma de camisas porosas y duras (P Y D), el total de camisas producidas y terminadas, el porcentaje de poros, el porcentaje que representa la dureza y finalmente la suma de camisas porosas y duras en porcentaje.

Las pérdidas para el mes de mayo ascienden a los 8 millones de pesos en mano de obra, reprocesos e insumos.

MES	POROS	DUREZA	P Y D	PRODUCCION	% POROS	% DUREZA	% POROS Y DUREZA
Enero	1981	88	2069	30078	6,59%	0,29%	6,88%
Febrero	2811	278	3089	36011	7,81%	0,77%	8,58%
Marzo	2015	319	2334	33757	5,97%	0,94%	6,91%
Abril	3469	1198	4667	36065	9,62%	3,32%	12,94%
Mayo	3468	2361	5829	27991	12,39%	8,43%	20,82%
Junio	2753	3078	5831	29798	9,24%	10,33%	19,57%
Julio	2305	492	2797	36016	6,40%	1,37%	7,77%
Agosto	2766	281	3047	24941	11,09%	1,13%	12,22%
TOTAL	21568	8095	29663	254657	8,47%	3,18%	11,65%

Tabla 1. Histórico PNC por problemas de dureza y porosidad, primer semestre de 2018

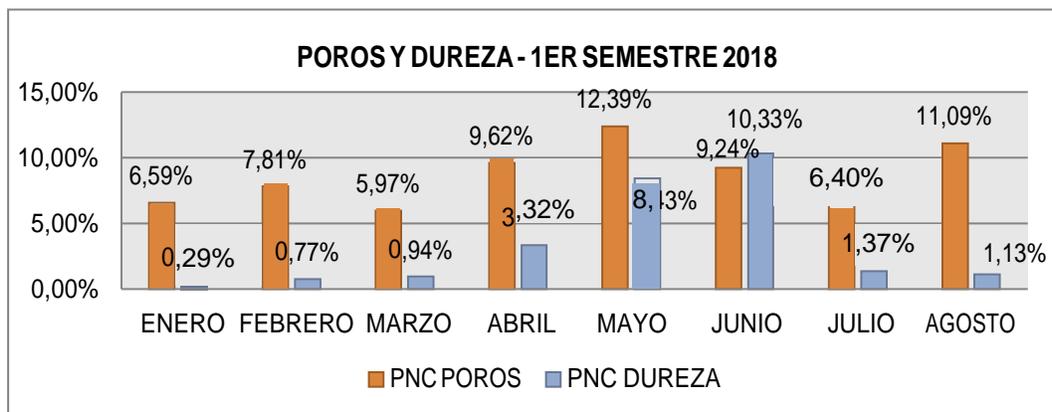


Ilustración 6. Representación gráfica problemas de dureza y porosidad

La gerencia es clara en querer conocer las causas que están dando estos resultados, así que se decide poner especial atención a los procesos, métodos y variables involucradas en el área de

fundición relacionadas con las inclusiones ya que es el problema más representativo de la empresa.

Para poder formular alternativas que mejoren los indicadores de PNC, es necesario conocer los reportes diarios de material con inconformidades, para hacer seguimiento a los procesos que arrojan este producto en proceso. Por tal motivo se da la pregunta de investigación:

¿Cuáles son las causas de los poros o inclusiones visibles en los tubos fundidos actualmente y como se pueden hacer mejoras en estos problemas para lograr un aumento de la productividad y calidad de los procesos?



Ilustración 7. *Poros en la fundición*

Antecedentes

La Gestión de Calidad es el conjunto de acciones, medidas y soluciones orientadas a la mejora continua de los procesos internos de una organización, tomando como objetivo principal el aumento de la productividad.

Se evidencian investigaciones realizadas relacionadas con la presente práctica de grado, como lo son los siguientes trabajos de grado:

Proyecto de Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga “DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EN LAS OPERACIONES DE MANUFACTURA DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA” realizado por Nazly Yorley Prado Sánchez, (2.006), en el cual:

Se desarrolló un Modelo de Control Estadístico de Procesos que permitió hacer seguimiento a variables que afectan la productividad de la empresa con respecto a los procesos de fundición y mecanizado en donde se identificaron causas y se controlaron las variables mediante herramientas estadísticas (Diagrama Causa- Efecto, Diagrama de Pareto, Histogramas y Cartas de Control) que redujeron el producto no conforme.

Proyecto de la Universidad de San Buenaventura en Cali del programa de Ingeniería Industrial: “IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ESTANDAR DE CONTROL DE CALIDAD PARA LOS PROCESOS OPERATIVOS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECANICO” realizado por Carlos Andrés Cortes Ibarguen y José Manuel Ricaurte Hurtado, (2.011), en el que se muestra que:

Se estudió la Implementación de un Sistema Estándar de Control de Calidad para los Procesos operativos en una empresa del sector Metalmecánico, el cual buscó realizar el

mejoramiento de los procesos de fabricación de muebles para oficina, a través de una metodología que se basó en la aplicación de las diferentes herramientas de calidad, la interpretación y aplicación de la norma ISO 9001, sus 8 principios y la aplicación de la herramienta de planeación QFD, (Quality Function Deployment), esto es transmitir a través de los procesos organizacionales los atributos de calidad que el cliente demanda, para que cada uno de los procesos pueda contribuir a el aseguramiento de estas características. Fue utilizada la aplicación de un enfoque cuantitativo de tipo estadístico y utilizando conceptos de sistema de gestión de calidad, metodología de indicadores de gestión, mejoramiento de procesos a través del análisis de indicadores, la solución de problemas, utilizando herramientas básicas, como diagrama de Pareto, lluvia de ideas y matriz de afinidad, matriz de Vester, graficas de tipificación de problemas, árbol de problemas, árbol de objetivos, 5W+1H y diagrama causa - efecto.

Proyecto de la Universidad Tecnológica de Pereira. “DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD, BAJO LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ISO 9001:2015 EN LA EMPRESA LUMICENTRO PEREIRA”. Realizado por: **Oscar David Sepúlveda Garcés, Daniela Villegas Mejía**, en que muestra:

La búsqueda de la calidad en los productos y servicios ofrecidos por las organizaciones ha sido una constante a lo largo de la historia, de este modo el componente de calidad cada día adquiere mayor importancia en todas las organizaciones a nivel nacional e internacional, ya que es considerado como una ventaja competitiva, además de ser una variable que provee confianza al cliente.

De ahí que la aplicación de la norma ISO 9001:2015 es una posibilidad para que la empresa LUMICENTRO genere las sinergias necesarias para el aseguramiento de la

calidad y el cumplimiento de los requisitos documentales estipulados en la norma, con lo cual se abren nuevos mercados, se entra en la captura de nuevos clientes y en la renovación de los procesos de la empresa, mediante la aplicación de los principios, directrices y requisitos de la misma.

Los estudios ya mencionados se tendrán como guía y apoyo durante el plan de trabajo en caso de requerirlos.

Alcance

Respecto a lo que se busca con el estudio e identificación de problemas en fundición es minimizar los índices de producto no conforme (PNC) por inclusiones y poros por lo menos a un 6% y lograr un mayor control del proceso asegurando la calidad, para que posteriormente en el mecanizado de las camisas no se dé ningún rechazo relacionado con malas prácticas en la fundición del material. Es necesario encontrar las causas actuales reales que genera la problemática para dar soluciones que aumenten la productividad y la calidad representadas en maximizar el producto terminado conforme a especificaciones, controlando las variables del proceso. Para esto es necesario realizar una investigación descriptiva y explicativa en donde se aborden las causas raíces para hacer mejoras de estos con el fin de aumentar la calidad y productividad de dicho proceso.

Justificación

El sector metalmecánico ha sido perfilado como uno de los sectores potenciales y de mayor interés para el desarrollo económico y empresarial dentro de la ciudad. Industrias Lavco, siempre se ha preocupado por la calidad de sus productos y es por eso que requiere de una completa estructuración en cuanto a sus problemas, para que pueda focalizar sus esfuerzos en eliminar las no conformidades del proceso progresivamente entrando al esquema de la mejora continua.

El departamento de Calidad en acuerdo con la Gerencia decide poner su atención en reducir el problema de porosidad que durante el año han llevado a continuos reprocesos y pérdidas de tiempo e insumos, los cuales cuantificados suman más de 20 millones de pesos en lo que va transcurrido del año. Además, los constantes reclamos por parte de clientes relacionados con los problemas en cuestión, que son mínimos porque suelen ser encontrados antes de enviar el producto terminado final.

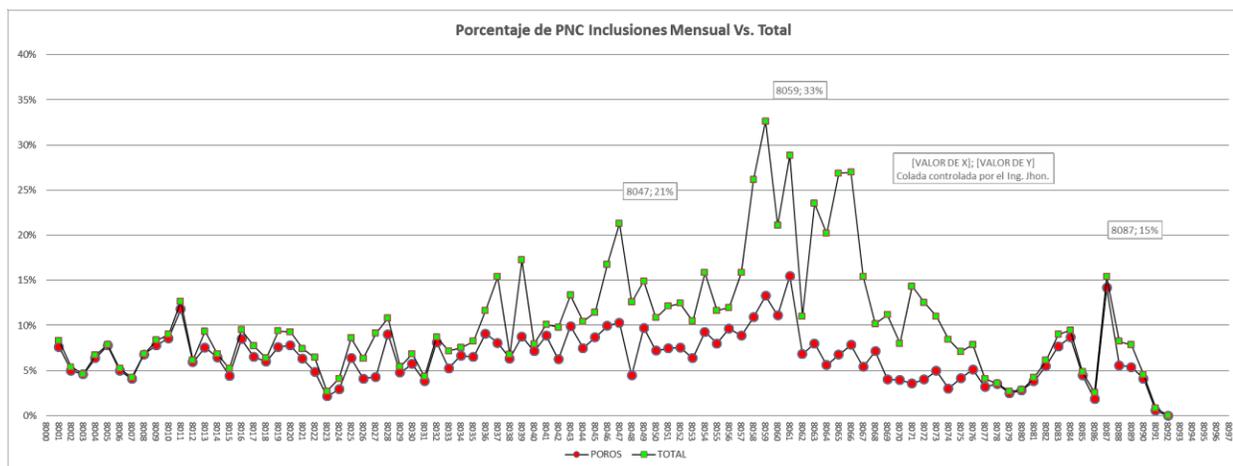


Ilustración 8. Representación poros vs. PNC de enero a julio de 2018 por coladas.

En la gráfica (Ilustración 8) se muestra la relación entre las inclusiones y el total del producto no conforme del primer semestre del año es decir de enero a julio del 2018 por coladas, cabe aclarar que cada día de fundición se funde una colada distinta. Los poros representan más del 50% del PNC de la empresa y por eso es necesario estudiar y analizar lo que induce a este repetitivo problema. Por tal razón se indagarán las causas actuales y reales que están dando cifras tan altas de PNC que debe ser desechado por problemas de porosidades en la fundición del hierro gris.

Mantener el control en lo posible de estos dos problemas mejoraría la calidad y aumentarían la productividad de la planta industrial.

Objetivos

Objetivo General

Identificar, caracterizar y analizar el PNC de Industrias Lavco seleccionando el defecto más representativo, proponiendo acciones de mejora que busquen reducir los índices de PNC por ese motivo validando la eficacia de las acciones propuestas.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial del producto no conforme diario y específicamente de las inclusiones porosas, analizando las causas que los originan.
- Garantizar que se identifiquen y se controlen las variables del PNC por fundición del material que ocasionan los poros.
- Formular un diagrama de causalidad que evidencie el porqué de las no conformidades de porosidad con sus respectivas propuestas de mejoramiento.
- Definir acciones de mejora a realizar según las causas identificadas que afectan la fundición del hierro gris de tal manera que contrarresten el PNC.

Marco Teórico

Comúnmente se entendía que productividad y calidad eran incompatibles, la razón radicaba en que al fijar la atención en la producción se resiente la calidad. El autor basa esta situación como consecuencia de no saber cuándo y qué es calidad ni cómo conseguirla, señalando también que existen claros vínculos de compatibilidad. El nexo entre ambos conceptos lo demuestra el autor mediante la relación la cual afirma que al mejorar la calidad se aumenta la productividad por menores equivocaciones, menores reprocesos, menores retrasos, mejor utilización de tiempo-máquina y mejor utilización de los materiales. (Deming, 1989).

Al mismo tiempo la baja de productividad se manifiesta en su complemento, como la ineficiencia que implica no sólo mayores costos de producción por unidad fabricada sino baja calidad de ellas, vale decir que no se alcanza el propósito de satisfacer la necesidad humana o técnico-productiva; pero al propio tiempo el costo resulta desproporcionado. (Gutiérrez, 2018)

A partir de los años 50 se impuso el modelo japonés de controlar todas las etapas de fabricación, manteniendo bajo control todas las variables que pueden afectar a la calidad final del producto, y haciendo sólo los controles y chequeos necesarios en cada etapa para garantizar que el producto es válido antes de pasar a la siguiente transformación. De esta manera el producto defectuoso se minimiza drásticamente o, en el peor de los casos, se identifica justo después de generarse, reduciendo las pérdidas y teniendo un proceso global mucho más fiable. (Badia, 2014)

Tener un sistema de aseguramiento de la Calidad sólido en un proceso productivo es un requisito que actualmente ninguna compañía se permite obviar. Este ofrece diferentes tipos de beneficios, entre ellos se encuentran:

- ✓ Aumento de la calidad de los procesos y productividad de la planta.

- ✓ Concede reconocimiento internacional de los productos.
- ✓ Incremento de la cuota de mercado.
- ✓ Refuerza la seguridad de clientes y trabajadores.
- ✓ Optimiza tiempo y recursos.

La metodología a utilizar será basada en el ciclo PDCA propuesto por Deming, o ciclo

PHVA, el cual:

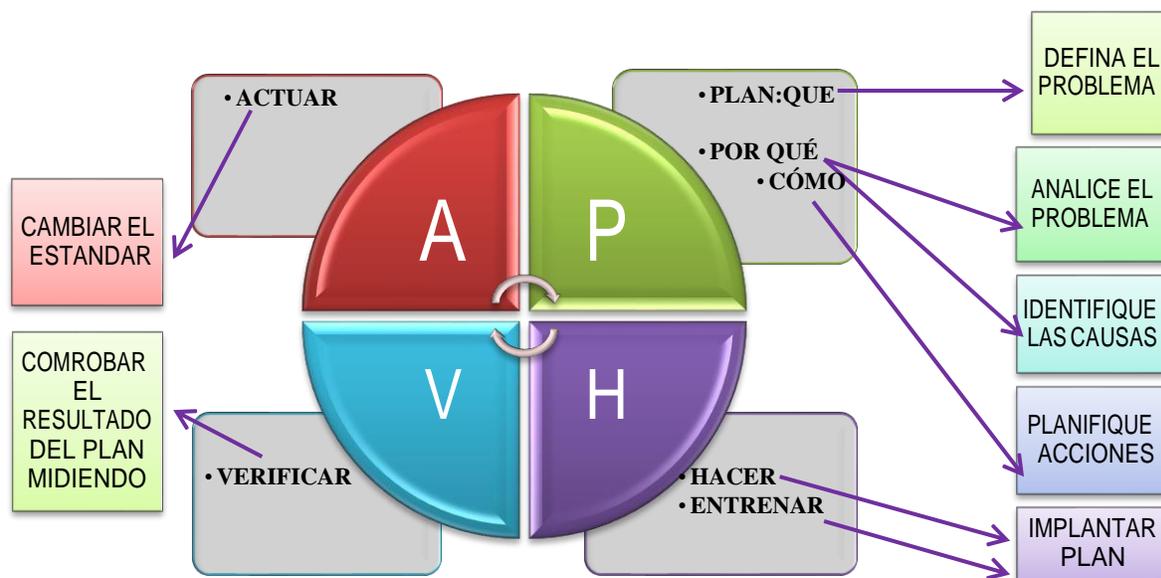


Ilustración 9. *Ciclo PHVA, Ruta de la calidad*

La ruta de la calidad es un procedimiento para solucionar problemas. En los términos usados en ella, un problema se define de la siguiente manera:

“Un problema es el resultado no deseado de una tarea”.

Un problema se soluciona de acuerdo con los siguientes siete pasos;

1. Problema: Identificar el problema
2. Observación: Reconocimiento de las características del problema

3. Análisis: Búsqueda de las principales causas.
4. Acción: Acción para eliminar causas.
5. Verificación: Confirmación de la efectividad de la acción.
6. Estandarización: Eliminar permanentemente las causas.
7. Conclusión: Revisión de las actividades y planeación del trabajo futuro.

Si estos 7 pasos se clarifican e implementan en el mismo orden, las actividades de mejora serán lógicamente consistentes y se acumularán establemente.

SOLUCIÓN SISTEMÁTICA DE PROBLEMAS (S.S.P.)

La S.S.P. es un método básico de selección, análisis, y mejoramiento de un proceso: un método de interrelación de mejoras introducidas y de determinación de acciones futuras para asegurar la mejora continua a aquellos procesos a los que les es aplicada. (Torres, 2010)

El S.S.P es un mapa que dará una dirección gradual en cada una de las etapas de mejoramiento de un proyecto. Se estructura como una aplicación importante del ciclo Deming de mejoramiento, PHVA y de la ruta de calidad.



Las etapas para llevar a cabo el método de S.S.P son:

1. Selección del proyecto

Objetivo: Seleccionar un problema específico o proceso que deba ser mejorado, el cual puede ser seleccionado por la gerencia, por el grupo o por la voz del cliente. Se pueden usar métodos como tormenta de ideas, diagrama de Pareto, etc.

2. Formación del equipo

Objetivo: Designar los miembros iniciales del equipo de mejora, clarificando roles y responsabilidades.

3. Definición del objetivo

Objetivo: Clarificar el propósito del proyecto y determinar la forma para medir los resultados esperados, estimando el tiempo para concluir el proyecto.

4. Situación actual

Objetivo: Es el estudio de la situación como es hoy, que incluye a los niveles de desempeño actual y desempeño deseado.

5. Análisis

Objetivo: Identificar y analizar las causas principales del problema.

6. Plan de mejoramiento

Objetivo: Proponer mejoras (medidas preventivas). Seleccionar y probar la medida preventiva más efectiva.

7. Resultados

Objetivo: Medir el efecto del plan de mejoramiento. Comparar con el objetivo para mejoría de la etapa N°4.

8. Estandarización

Objetivo: Asegurar que las actividades de mejoría se conviertan en una rutina del proceso.

9. Oportunidades de mejora futuras

Objetivo: Analizar y explicar los problemas y temas adicionales o que fueron descubiertos como resultado del trabajo en este proyecto.

10. Lecciones aprendidas

Objetivo: Evaluar lo que el grupo aprendió acerca del proceso de solución de problemas.

2. Variables que intervienen en el proceso de fundición

2.1 La Temperatura

2.1.1 Temperatura del hierro: La temperatura dentro del cubilote se desarrolla mediante la combustión de dos componentes esenciales el carbón y el oxígeno. Es necesario mantener completamente regulado este proceso, ya que de lo contrario se producirán óxidos indeseables dentro de la aleación.

2.1.1.1. Oxígeno: El volumen de oxígeno que debe entrar al cubilote depende del tamaño de la cámara de fusión, la temperatura a la cual debemos llevar los aleantes para que se produzca el proceso de fusión y por lo tanto la cantidad y calidad de carbón necesaria para este fin.

2.1.1.2. Carbón: Anteriormente se mencionaba la importancia del carbón en el proceso de lograr la temperatura deseada dentro del cubilote, asegurando a que a mayor cantidad de carbón mayor temperatura se logrará, solo si el porcentaje de oxígeno que recibe para producir la combustión es el apropiado. Otro aspecto importante del carbón dentro del cubilote es su capacidad para formar parte de la aleación integrándose en esta para producir lo que comúnmente se conoce como grafito.

Se puede manejar la cantidad de grafito que se quiere integrar a la aleación, controlando la cantidad de carbón que se utiliza dentro del cubilote para producir la combustión, desde el momento de encender el horno, en razón del volumen de aleantes utilizados por carga para producir la mezcla.

Generalmente en un proceso de fundición se prefiere manejar la cantidad de carbón con que se alimenta el horno y no el tamaño de las cargas. (Volumen de aleantes), ya que esto implicarla mayor esfuerzo por parte del cargador.

2.1.1.3. La carga: Los tamaños y composición de las cargas utilizadas en el proceso de fundición generalmente se determinan en razón del porcentaje de aleantes que se deben obtener al realizar el análisis metalográfico de una muestra considerada ideal o patrón; teniendo como límite superior la capacidad de alimentación y potencia del horno. Es por tal razón que no se recomiendan volúmenes exagerados, ya que inducir su proceso de fusión representa una mayor carga para el cubilote alterando su rendimiento. Así mismo tampoco son deseables fragmentos exageradamente pequeños que se van a fundir rápidamente y no van a alcanzar a reaccionar con los demás provocando un proceso de ebullición temprana y su consecuente desaparición, alterando así el equilibrio de la aleación final.

2.1.2. Temperatura de la cámara de fusión

El mayor porcentaje de las reacciones de formación de la aleación se realizan en la cámara de fusión que a su vez sirve de reservorio del material fundido antes de que sea evacuado del cubilote. Es por tal razón que se considera muy importante conservar en la cámara de fusión la temperatura que se logra en el depósito de carga.

Con este fin es que se considera muy importante un volumen de aire apropiado a este nivel. Es importante aclarar que lograr mantener la temperatura en la cámara de fusión no es función exclusiva del oxígeno introducido a través de las toberas, juega papel muy importante también la regularidad con que se realice la alimentación y el desalojo del material del horno para mantener niveles de aleación en estado líquido allí. Si esta relación se descompensa inmediatamente se puede ocasionar una pérdida de temperatura perjudicial para el funcionamiento del cubilote o el desperdicio de aleación que se desborde por el escoriador, y porque no en el peor de los casos el derrame de esta a la tobera provocando su obstrucción y deterioro, que a su vez también trae como consecuencia pérdida de temperatura en la cámara por disminución del nivel de oxígeno que entra a esta.

2.1.3. Temperatura del caldero

El caldero es un implemento de fundición que consiste en un recipiente metálico recubierto por un material refractario utilizado para transportar la aleación fundida desde el cubilote hasta el sitio donde se realizará el vaciado de la pieza moldeada. Este recipiente por estar recubierto de un material refractario preparado con agua como solvente principal debe ser sometido a un precalentamiento antes de ser utilizado, ya que de lo contrario puede provocar una reacción de explosión de la aleación depositada en un caldero que no ha sido previamente calentado lo suficiente, comenzará a provocar la ebullición de la humedad superficial de este, ocasionando un burbujeo que puede ser perjudicial para el resultado final de la pieza moldeada.

Otro aspecto importante relacionado con la temperatura del caldero tiene que ver con su capacidad para mantener la temperatura de la aleación en estado líquido debido a que se encuentra recubierto con un material refractario. Esta característica solo es apreciable si el proceso de vaciado y llenado del caldero es ágil y muy frecuente, de lo contrario provocará un

efecto inverso ocasionando un mayor y más rápido descenso de la temperatura de la aleación fundida.

Finalmente es recomendable mantener el caldero en un reservorio de carbón mineral encendido si por alguna razón debe interrumpirse su uso temporalmente, con el fin de no perder drásticamente su temperatura de trabajo.

2.1.4. Temperatura de la cuchara

La cuchara es un implemento de características físicas similares al caldero pero de un tamaño más reducido, generalmente ajustado a la cantidad de aleación necesaria para realizar el vaciado y los cuidados que se tienen para mantener la temperatura de los calderos son completamente aplicables a este elemento.

2.1.5. Temperatura de la tetera

La tetera es un implemento de fundición utilizado para verter la aleación fundida en el molde, guiando esta desde el exterior, a través de un canal hasta el interior del troquel. Al igual que los calderos y la cuchara están recubierto por material refractario que cumple las mismas funciones anteriormente descritas para el caso de los calderos y la cuchara, por lo tanto, es de vital importancia también mantener este implemento a temperaturas elevadas y esto solo se logra mediante la implementación de una frecuencia de trabajo adecuada.

Adicionalmente y muy frecuentemente se recomienda recubrir el material refractario de los calderos, cucharas y vaciaderos con una solución de grafito preparada empleando como solvente el agua, que una vez entra en contacto con la superficie del refractario se evapora alojando una fina capa de grafito. Esta capa cumple dos funciones importantes, permitir una mayor fluidez de

la aleación sobre su superficie y evitar que el material se adhiera a la superficie del refractario, alargando la vida útil de este.

2.1.6. Temperatura del troquel

El troquel es finalmente el molde en donde va a ser vaciada la aleación y puede ser desechable o reutilizable, cuando la pieza a fundir es moldeada en tierra se consideran estos moldes desechables ya que tan solo sirven para ser utilizados en un proceso. Otro tipo de molde es el troque reutilizable y básicamente consiste en una coquilla metálica o cerámica que debe ser recubierta con una fina capa de material refractario para facilitar el proceso de moldeo de la aleación y su posterior desalojo sin que se adhiera a su superficie.

La temperatura del troquel ejerce gran influencia sobre el resultado final de la aleación fundida, tanto en sus características físicas como estructurales.

Se ha determinado que solamente es posible realizar vaciados de aleaciones fundidas en troqueles metálicos reutilizables si el choque térmico no provoca el estallido del material dentro del molde y esto se previene manteniendo el troquel a temperaturas elevadas antes y durante el proceso de fundición.

Cuando el proceso de fundición está comenzando, los troqueles deben ser sometidos a un precalentamiento gradual hasta lograr alcanzar un punto rojo (800°C aprox. Para hierro gris), antes de realizar el primer vaciado. Una vez el troquel ha recibido su primera carga de aleación fundida es primordial mantener la temperatura alcanzada (Superior a 800°C para hierro gris) mediante un ritmo de trabajo adecuado, o de lo contrario no se podrá garantizar un buen resultado en las piezas obtenidas en el transcurso de la fundición.

Debido a las altas temperaturas que debe alcanzar el troquel es esencial que la fina capa del material refractario que cubre la superficie interna de este soporte este régimen térmico, o de lo contrario se quemara provocando su desprendimiento, lo que traería como consecuencia un fuerte choque térmico entre el troquel y la aleación produciendo un vaciado con pérdida de continuidad por burbujas en todo su cuerpo y zonas “metálicas a manera de mancha en los sitios de intimo contacto con el troquel.

2.2. Limpieza

2.2.1. Limpieza de la materia prima

La calidad de la materia prima es uno de los factores más importantes dentro de los objetivos de calidad en un proceso de fundición.

Se debe tener en cuenta que la materia prima son todos aquellos elementos que componen la carga del cubilote y adicionalmente aquellos que se deben utilizar para poder realizar el proceso de fundición como material refractario, etc.

En cuanto a los componentes de una carga los aleantes deben contener el menor porcentaje de residuos de óxido, arena, pintura, aceites, etc. Ya que estos elementos pueden alterar el proceso interno del cubilote y por ende el resultado final de la aleación. Así mismo es conveniente verificar la homogeneidad de los elementos utilizados para elaborar el material refractario, ya que la presencia de impurezas en estos puede producir fallas en su funcionamiento o su mismo desprendimiento ocasionando el deterioro de la pieza protegida y la inclusión de estas partículas en el cuerpo de la aleación final.

2.2.2. Limpieza de la aleación final

Como se mencionó anteriormente la aleación final es el resultado del proceso interno en el cubilote que sufren todos los aleantes al someterse a altas temperaturas.

En este proceso existe un sistema interno de limpieza debido a altas temperaturas. Elementos como el óxido, aceites, arenas, etc., se desprenden del material y en alto porcentaje se evaporan. Los residuos más densos se aglutinan gracias a la acción de la piedra de cal y se adhieren a los residuos del carbón formando una mezcla que evacua el cubilote por un orificio que se denomina escoriador. A esta mezcla se le denomina escoria y su apariencia es brillante, de color verde y presenta gran fragilidad.

El color de la escoria determina con la experiencia si la mezcla Oxígeno/carbón utilizada en ese momento es la ideal. Cuando la escoria pierde su color verde y adquiere un color negro mate se debe presumir que la cantidad de aire que entra por las toberas es muy alto en comparación al carbón y por lo tanto si se quiere conservar esta temperatura sin perjudicar el resultado de la aleación se debe agregar gradualmente más carbón hasta volver a obtener el color verde brillante, en este momento el proceso de combustión es óptimo. Si este efecto no se logra conseguir se debe pensar en la calidad del carbón empleado. Un material fundido bajo una combustión desbalanceada puede ocasionar una aleación final con alta capacidad de reacción superficial y por lo tanto con gran capacidad de oxidación en un medio ambiente húmedo.

2.2.3 Limpieza del caldero y la cuchara

Una vez la aleación es extraída del cubilote a través de la “piquera” recibe una serie de residuos provenientes de la acción de destapar el orificio de la piquera y volverlo a sellar. Estos residuos flotarán sobre la superficie del caldero debido a su bajo peso en comparación con el peso de la

aleación fundida, antes de realizar el primer vaciado en la cuchara se recomienda limpiar la superficie del caldero con un instrumento en forma de pala realizando varios barridos superficiales hasta eliminar por completo los residuos. En algunos casos estos residuos se adhieren a las paredes del caldero y si no se retiran periódicamente lo van obliterando. También puede suceder que estos residuos se desprendan en el momento de realizar el vaciado y caigan a la cuchara, por tal razón es recomendable repetir la acción de barrido superficial también en la superficie de este implemento, con el fin de prevenir que en el momento de realizar el vaciado estos elementos se incorporen en el cuerpo de la pieza moldeada ocasionando defectos que generalmente se traducen en porosidad.

Es muy probable encontrar sobre la superficie de la aleación una vez es depositada en el caldero una capa de material con consistencia densa que al hacer el movimiento de barrido superficial se adhiere a la pala formando un cuerpo pegajoso que impide realizar esta acción. Esta capa está formada por escoria que no fue evacuada por el escoriador debido a que el nivel de la aleación no era el suficiente para permitir su evacuación. Este problema revela una pérdida de continuidad en el proceso de carga con respecto a la cantidad del material evacuado del horno y se asume de inmediato que el proceso interno del cubilote no se encuentra perfectamente balanceado y en este momento se puede estar presentando adicionalmente una pérdida en la temperatura interna del cubilote y en la cantidad de grafito de la aleación final, por lo tanto, se debe proceder a balancear nuevamente el proceso de combustión interna.

Para eliminar esta capa de escoria de la superficie del cubilote se recomienda aplicar una cucharada de cal al cubilote antes de realizar el vaciado de la aleación en este y adicionalmente una porción de cal sobre la superficie de la aleación para producir la cristalización de la escoria y así poderla eliminar más fácilmente de la superficie del caldero.

2.2.4 Limpieza de la tetera

El proceso de limpieza de la tetera se reduce simplemente a mantener esta completamente libre de residuos que hayan quedado adheridos por enfriamiento.

Estos residuos pueden desprenderse en el siguiente vaciado y ocasionar defectos en la superficie del material vaciado. Para prevenir este problema se recomienda mantener la tetera constantemente protegida con una capa de grafito para permitir mayor fluidez de la aleación hacia el interior del troquel.

2.2.5 Limpieza del troquel

Si se han tenido hasta el momento las precauciones de limpieza necesarias para los procesos anteriores, se puede afirmar que la aleación a moldear en el troquel se encuentra físicamente libre de impurezas. A partir de este momento juega un papel muy importante la limpieza del troquel o molde.

El troquel llega al punto de vaciado cubierto por material refractario, una vez la aleación es vaciada esperamos un tiempo prudencial (diferente para cada molde y cada aleación), antes de retirar la nueva pieza, sin que esta se deforme. Una vez es retirada, dentro del troquel quedan depositados residuos del material refractario, que deben ser eliminados, preferiblemente utilizando medios físicos, como cepillos y/o aire a presión. Si estos residuos permanecen dentro del troquel y no son limpiados pueden ocasionar problemas en el nuevo material refractario y por consiguiente en la pieza que posteriormente será vaciada, produciendo defectos como inclusiones de partículas y sedimentos que se convertirán posteriormente en poros sobre la superficie de la pieza.

Una vez termina un ciclo en el que se ha obtenido una nueva pieza se procede a recubrir nuevamente el troquel con el material refractario, este al hacer contacto con el troquel sufre un proceso de quemado que desprende partículas de sílice de su capa más superficial. Estas partículas deben ser eliminadas, empleando aire a presión para que como en el caso anterior no se mezclen con la aleación y produzcan defectos sobre la superficie de la nueva pieza.

Una vez se han cumplido estas condiciones de limpieza dentro del troquel, este se encuentra listo a recibir un nuevo vaciado de aleación con la seguridad de que no se van a producir defectos por inclusión de sedimentos en la nueva pieza producida.

2.3 Tiempo

2.3.1 Tiempo en el cubilote

Este factor juega un papel importante si se analiza desde puntos de vista contrarios, es decir que sucede si la aleación permanece demasiado tiempo dentro del cubilote o si permanece un tiempo insuficiente.

Como medir que tiempo debe permanecer la aleación dentro del cubilote de tal forma que sea ideal para un proceso de fundición, depende de muchos factores y entre ellos encontramos el tipo de aleación que se está preparando, la temperatura del cubilote, el tamaño de la carga, la calidad del carbón, etc.

Un tiempo insuficiente de la aleación dentro del cubilote puede ocasionar problemas por baja temperatura y alteración de la calidad del producto final debido a la imposibilidad de permitir una reacción completa de los aleantes dentro del cubilote para formar la aleación deseada.

En el caso contrario una aleación que permanezca demasiado tiempo dentro del cubilote puede perder parcialmente temperatura al depositarse en la cámara de fusión y al mismo tiempo

provocar procesos de oxidación indeseables de sus componentes, ya que se encuentra en permanente contacto con el oxígeno a través de las toberas y en ausencia casi total de carbón, lo que nos indica claramente que la combustión no se encuentra balanceada a este nivel.

En conclusión, el tiempo ideal de la aleación dentro del cubilote corresponde a la suma del tiempo transcurrido desde que es introducida la carga y está por proceso de fusión desciende hasta la cámara de fusión, en donde completa su reacción y es evacuada del cubilote.

2.3.2. Tiempo en el caldero

A partir del momento en que la aleación abandona el cubilote y entra en contacto con el ambiente externo comienza una lucha contra el cronometro para evitar pérdidas de temperaturas importantes. Debemos recordar que la aleación de hierro gris permanece a temperaturas superiores a 1250°C dentro del cubilote y al salir de este y hacer contacto con el medio externo ($25\text{-}35^{\circ}\text{C}$) sufre un choque térmico que de inmediato le provocará un descenso gradual de temperatura.

Es por estas razones que se considera muy importante un traslado inmediato de la aleación hacia el sitio donde se realizará el vaciado y una limpieza eficaz y rápida de los residuos que se depositan sobre la superficie de la aleación en el caldero.

2.3.3. Tiempo en la cuchara

Continúa en este momento la lucha contra el cronometro para evitar la pérdida de temperatura de la aleación.

El proceso de traslado de la aleación a la cuchara debe tener precauciones importantes adicionalmente al tiempo mínimo empleado para tal motivo. Se debe prestar gran atención a la cantidad de aleación depositada en esta. Una cantidad insuficiente puede provocar una pieza mal

moldeada con pérdida de su forma patrón y defectos en sus dimensiones, que para el caso de la fundición centrífuga corresponden a diámetros internos y en el peor de los casos también a longitudes insuficientes.

Si se presenta el caso contrario y la cantidad de aleación utilizada es exagerada puede provocar un desperdicio significativo de material y para el caso de la fundición centrífuga el peligro de provocar accidentes por el desplazamiento forzado hacia el exterior de estos excesos en forma de riego.

Es por tal razón que se considera importante conjugar en este paso y en general en todos los procesos de fundición una óptima concentración del operario, un método adecuado, una gran habilidad, destreza y experiencia en el desarrollo de esa función para poder evitar y sortear contratiempos que puedan presentarse en el proceso de vaciado.

2.3.4 Tiempo en el troquel

El tiempo que debe permanecer una aleación dentro del troquel sobre el cual fue vaciada corresponde al tiempo transcurrido entre el momento que finaliza el proceso de vaciado y el momento en que la aleación ha pasado por completa a su estado sólido y permite su desalojo del molde.

Es importante tener en cuenta que a mayor tiempo dentro del troquel mejores características obtendrá el producto final y más fácilmente será el proceso de desalojo de la pieza por parte del operario debido a la contracción sufrida por el material gracias al proceso de enfriamiento que sufre este dentro del troquel.

2.3.5. Tiempo final de enfriamiento

Se puede afirmar que en este momento ocurre la consolidación de las características microestructurales de la pieza fundida. Este aspecto es de una relevante importancia debido a que muchas de las características de funcionamiento de una pieza fundida dependen de este factor. Al respecto podemos decir que a mayor tiempo de enfriamiento mejores características presentará el material fundido al someterse a un análisis metalográfico debido a que solo así se permitirá el proceso de formación y crecimiento de los núcleos hasta adquirir su forma final.

Por ejemplo. El porcentaje, tamaño y tipo de grafito que se presenta en una fundición de hierro gris es de gran importancia para determinar la calidad del material. En cuanto al porcentaje de grafito solo lo podemos asegurar mediante un proceso óptimo de la aleación dentro del cubilote. Con respecto al tamaño y tipo de grafito juega un papel muy importante el tiempo de enfriamiento. Un enfriamiento brusco impide la completa formación de los nódulos de crecimiento y su posterior desarrollo lo que provocará tamaños de grafito reducidos y grafitos del tipo D y E, compatibles con estos tamaños.

Estas características le restan calidad y confiabilidad a la pieza ya que la hacen más frágil y menos resistente a la abrasión.

2.4 Velocidad de Centrifugación

En los procesos de fundición centrífuga, la velocidad de centrifugación es pilar fundamental para el éxito del proceso. Dentro de esta variable del proceso entran a formar parte algunas sub variables como:

- Diámetro interno del troquel
- Diámetro interno de la pieza fundida.

- Espesor de la pared de la pieza fundida.
- Velocidad centrifuga del troquel (R.P.M.)
- Con respecto a estas sub variables se han establecido una serie de relaciones que deben cumplirse para que el resultado del proceso de centrifugación exitoso.
”A mayor diámetro del troquel menor velocidad de centrifugación”
”A menor diámetro interno de la pieza fundida mayor velocidad de centrifugación”

Todas estas relaciones cobran validez en la medida en que la temperatura permanezca constante y permita el correcto moldeo de la pieza del troquel.

Para que exista una flexibilidad tal que permita ajustar el proceso según las dimensiones de la pieza que se va a fundir, la relación del troquel debe contar con tantas poleas como sea necesario para variar la velocidad de centrifugación con tal propósito.

2.5 Los aleantes

La calidad de los aleantes principales y secundarios es de vital importancia para el correcto funcionamiento del proceso de fundición y al mismo tiempo para la calidad del resultado final del mismo. Se deben tener en cuenta factores como:

- Composición
- Cantidad
- Calidad
- Tamaño
- Forma

En cuanto a la composición debemos analizar esta para cada uno de los aleantes que entran al proceso de manera individual y lógicamente su desempeño en conjunto.

La cantidad afecta el proceso en la medida en que variaciones en esta pueden alterar la composición final de la aleación y por lo tanto la calidad esperada del resultado final.

La calidad juega un papel muy importante en el proceso, ya que como hemos visto anteriormente la presencia de impurezas, defectos, etc alteran el resultado final esperado en su composición física. Así mismo la calidad hace referencia a aspectos tales como la normalización de los productos, cumplimiento con entregas, etc. Que no afectan la parte física del producto, pero si afectan el normal funcionamiento del sistema preparado para el proceso de fundición.

El tamaño y la forma de los aleantes tienen un papel importante en el desempeño del cubilote y por supuesto en la factibilidad o dificultad para que se produzca la aleación esperada.

2.6. Material Refractario

Ya se han analizado los cuidados necesarios que se deben tener con los aleantes, ahora se analizará el papel que juega el material refractario dentro del proceso de fundición.

En este variable también existen una serie de factores que se encuentran relacionados y desempeñan parte activa en el logro de un proceso exitoso de fundición.

- Humedad
- Limpieza
- Estado del equipo de preparación, mantenimiento y aplicación del material refractario.
- Espesor y uniformidad de la pared del material refractario.
- Adhesión de la película de material refractario.
- Cuerpo del material refractario.
- Composición del material refractario.

- Método utilizado para aplicar el material refractario.

Todos estos factores por estar muy sujetos a las necesidades de cada proceso deben analizarse teniendo como base la norma de calidad de cada sistema de fundición.

De manera general se pueden realizar una serie de afirmaciones que se cumplen para cualquier proceso.

A mayor humedad dentro del material refractario mayor choque térmico sufrirá la aleación al entrar en contacto con este y por lo tanto existirá la posibilidad de formación de defectos con características de burbuja dentro de la aleación una vez ha solidificado.

El espesor de la película del material refractario depende de su utilidad, pero a mayor espesor más difícilmente se podrá eliminar la humedad de su cuerpo y más problemas de funcionamiento pueden ocasionar; pero al mismo tiempo mejor cumplirá su función.

2.7 Talento humano

Existen dos elementos fundamentales para medir el desempeño de un operario de fundición.

El primer elemento hace referencia a su preparación técnica en el área. Es de gran utilidad para el operario conocer cada detalle del proceso que realiza, la utilidad específica de cada paso del proceso, el objetivo que debe lograrse y como se debe lograr de la mejor manera, siendo más eficientes y corriendo menos riesgos.

Deben ser del dominio del operario de fundición áreas como el manejo del cubilote, el manejo de la temperatura, las características metalográficas, detalles del proceso de centrifugación y la preparación óptima y empleo de los materiales refractarios. También debe conocer áreas importantes como moldeo en tierra, sistemas de mantenimiento preventivo,

productivo y curativo de equipos de fundición, así como conocimientos básicos de electricidad.

Otro aspecto muy importante que interviene tiene que ver con la concentración y habilidad para desarrollar las operaciones y esto se logra y está íntimamente relacionado con su experiencia en el área y su salud mental.

Cabe aclarar que los días de fundición son los lunes, miércoles y viernes, y los días de preparación los martes, jueves y sábados.

Metodología

El tipo de investigación a realizar es de tipo descriptivo - explicativo, en el cual se recolectarán una serie de datos que indiquen la incidencia de las inclusiones que se dan en fundición representado en PNC. Posteriormente se utilizará la metodología S.S.P (Solución Sistemática de Problemas) explicada en el Libro “Un libro de Calidad” cuyo autor es el Ing. William Hoyos Torres, en la cual se formularán planes de mejora para aquellas operaciones que no cumplen los requisitos de calidad en el proceso de fundición, y por ende llevan a los repetitivos problemas de porosidad.

Para mayor información se harán entrevistas con los operarios y encargados directamente que tienen experiencia y conocen el proceso de fundición, además de la inspección y seguimiento visual del proceso, entendiendo los componentes que hacen posible la obtención del tubo fundido. Luego, se ordenará la información comparando los resultados diarios de PNC y generando tabulaciones y esquemas fáciles de entender. ¿Cómo hay que inspeccionar? Como metodología más efectiva, se deben identificar todas las variables del proceso de fabricación (temperaturas, concentraciones, métodos, etc.) que en la fundición del hierro gris afectan al conjunto de parámetros que se han identificado como detectables y valorables por el usuario. Hay que acotar y controlar la variabilidad de estas variables del proceso, de manera que se tengan las máximas garantías de que el producto final es óptimo. De esta manera se minimizarán las inspecciones de calidad en el sentido clásico y el control de la Calidad pasa a consistir básicamente en el chequeo de que las variables del proceso que afectan a la calidad del producto están dentro de límites. Seguir esta metodología consigue aumentar el nivel de calidad general de fabricación.

El desarrollo del marco teórico del proyecto y el alcance de los objetivos establecidos se lleva a través del método inductivo, que consiste en un análisis lógico del problema, tomando como punto de partida datos reales mediante la observación de situaciones que involucren el problema y aclaren los fenómenos del estudio para llegar a conclusiones generales, que, para el caso, emana desde la realidad empresarial de LAVCO y su deseo de garantizar la satisfacción a sus clientes.

Finalmente se hará un diagrama de causa efecto, y según el análisis será usado el árbol de causalidad para identificar las principales causas y se pondrá sobre la mesa alternativas de mejora que mitiguen esta problemática, además de sugerir mejores prácticas en el proceso de fundición.

Herramientas utilizadas para realizar el análisis de la solución sistemática de problemas:

1. Diagrama causa efecto

La base para resolver un problema real o potencial es la identificación de las posibles causas que lo originan. En muchos casos estas son desconocidas, existiendo solo “probables causas”. La identificación de las probables causas se debe realizar en conjunto con aquellos que conocen la evolución del producto o servicio en sus etapas anteriores.

El valor de una característica de calidad depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

La variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, debemos investigar para identificar las causas del mismo. Para ello nos sirven los Diagramas de Causa – Efecto, conocidos también como Diagramas de Espina de Pescado por la

forma que tienen. Estos diagramas fueron utilizados por primera vez por Kaoru Ishikawa.

Todos los diagramas Causa y Efecto presentan en su lado derecho el efecto o problema y al lado izquierdo y las causas.

Análisis del diagrama

El objetivo es utilizar los hechos para encontrar la máxima de potencial de mejora con el mínimo número de soluciones, separando los pocos elementos, pero vitales relativos al problema, de los muchos y útiles. El equipo responsable del proyecto identificará los elementos vitales mediante el porcentaje acumulado del total, que nos dirá que elementos (pocos) contribuyen en el problema en un alto porcentaje.

Normalmente, este bajo número de elementos, sobre el 20%, constituirá aproximadamente un 80% del problema.

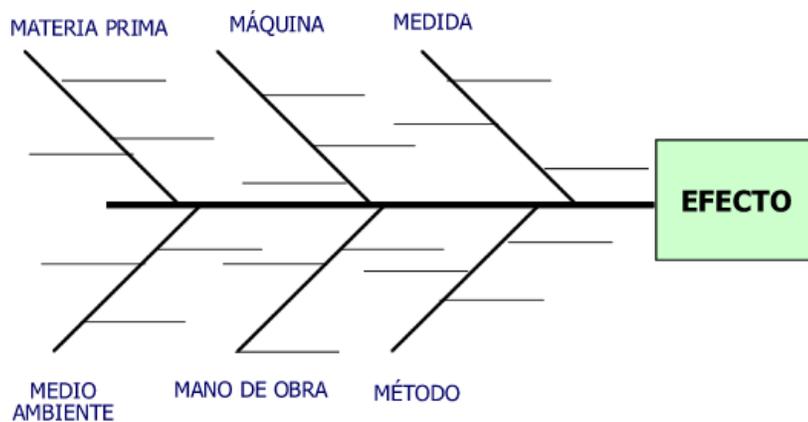


Ilustración 10. Modelo diagrama de Causa – Efecto

2. Diagrama de árbol

El método árbol de causas persigue evidenciar las relaciones entre los hechos que han contribuido en la producción de un accidente.

La pregunta clave es '¿Qué tuvo que ocurrir para que este hecho se produjera?'. Se persigue reconstruir las circunstancias que había en el momento inmediatamente anterior al accidente y que permitieron o posibilitaron la materialización del mismo.

Ello exige recabar todos los datos sobre tipo de accidente, tiempo, lugar, condiciones del agente material, condiciones materiales del puesto de trabajo, formación y experiencia del accidentado, métodos de trabajo, organización de la empresa... y todos aquellos datos complementarios que se juzguen de interés para describir cómo se desencadenó el accidente.

La construcción del árbol es un proceso lógico que consta de dos fases diferenciadas:

1. Toma de datos: Lo primero que hay que saber es qué ha ocurrido. Para ello deberemos tomar información de primera mano.

2. Investigación del accidente: La investigación propiamente consiste en establecer relaciones entre las diferentes informaciones. Se construye un 'árbol' partiendo del suceso último: daño o lesión. A partir del suceso último se delimitan sus antecedentes inmediatos y se prosigue con la conformación del árbol remontando sistemáticamente de hecho en hecho, respondiendo a la pregunta '¿qué tuvo que ocurrir para que este hecho se produjera?'.

Se busca así, no quedarse sólo en las causas inmediatas que desencadenaron el último suceso, sino identificar problemas de fondo que originaron las condiciones en las que

sucedió el accidente. Las medidas que se adopten, por ejemplo, respecto a la mejora de la acción preventiva, servirán para la mejora global y así para evitar otros accidentes.

Las conclusiones deben traducirse en un plan de trabajo, con fechas, acciones concretas, objetivos, responsables, debe ser además objeto de un seguimiento en cuanto a su cumplimiento y a su eficacia. El contenido, las medidas correctoras, deben incorporarse al plan de prevención de la empresa.

Resultados y discusión

Desarrollo de la Metodología S.S.P

Etapas del método S.S.P:

Etapas 1. Selección del proyecto

Descripción del proyecto

La preocupación de la empresa está puesta en reducir en por lo menos a un 6% el PNC por inclusiones pertenecientes al área de fundición ya que esto genera demasiado desperdicio en tiempo, dinero e insumos.

Teniendo como meta clave la reducción de estos ítems se procedió en primera instancia a revisar el reporte mensual histórico de PNC de la planta lo que confirmó que si son los poros el mayor problema que tiene actualmente la planta. Para llegar más al fondo se procedió a encuestar a los dos más grandes clientes nacionales de la empresa y estos afirmaron la hipótesis inicial. Claramente el proceso de fundición es el más complejo de todos los que se llevan a cabo en la organización, así que se estudiarán las variables anteriormente mencionadas.

Etapa 2. Formación de equipos

En acuerdo con el grupo de calidad

Nombre del equipo: Control proceso

- Víctor Anteliz: Encargado de metrología y despacho de tubos a mecanizado
- Leonardo Rodríguez: Encargado del laboratorio de metrología, inspecciones de calidad
- Norberto Jiménez: Encargado de recopilar los datos de fundición
- José Méndez: Coordinador de fundición
- Andrea Torres: Encargada de la revisión de PNC, informes y entrevistas.
- Jhon Vera: Director de calidad, aprueba o desaprueba acciones.

Se acuerdan hacer reuniones los lunes a las 10 am semanales para hablar sobre el avance de la producción y revisión de cumplimiento de objetivos de calidad.

Es importante saber que los días de preparación son los sábados, martes y jueves y los días de fundición los lunes, miércoles y viernes. Las actividades a desarrollar por el grupo el día de preparación son:

- ✓ Probeta para prueba de metalografía en el extremo y centro de los tubos seleccionados el día de fundición.
- ✓ Conteo y entrega de tubos a mecanizado
- ✓ Diligenciar kardex de chatarra
- ✓ Calculo de PNC coladas en curso
- ✓ Revisión de PNC fundición.

El día de fundición las actividades que se desarrollan son:

- ✓ Prueba de cuña (Wedge Test)
- ✓ Control de temperatura de moldes metálicos al inicio, durante y fin de la jornada
- ✓ Control de temperatura hierro líquido en el cacharro.
- ✓ Pruebas de multilab para el control de silicio, carbón y carbón equivalente.
- ✓ Control dimensional diámetro interior de tubos.
- ✓ Control de producción hora a hora auxiliares de fundición (cumplimiento de meta).

Etapas 3. Definición del objetivo

¿Quién nos puede clarificar el propósito?

El Ingeniero Jhon Vera, Director de Calidad y encargado de la planta insiste en que en la fundición se juegan distintas variables que ya se controlan, pero es indispensable poner vital importancia en que verdaderamente se estén cumpliendo los procedimientos para llegar a la causa de los problemas que acarrearán inclusiones en el material ya mencionados.

¿Qué es lo que realmente tratamos de hacer?

Identificar las causas actuales de los problemas que resultan en inclusiones en la fundición para contrarrestarlos implementando acciones que mejoren el proceso. Cada integrante del grupo se encargará de supervisar las distintas variables para corroborar cuáles están siendo las fallas.

¿Qué necesidades de nuestros clientes no han sido satisfechas?

Los reclamos por poros en algunas camisas además de los que llegan al PNC diario son grandes inconvenientes y representan pérdidas para la empresa. La meta más ambiciosa es reducir

definitivamente este problema, pero es casi que imposible por lo tanto la meta más realista es reducir a un 6% este defecto en el material.

Beneficios esperados:

Reducción de la cantidad mensual de problemas de fundición por inclusiones, mayor producción y calidad en el producto entregado al cliente. Reducción de un porcentaje del 12% al 6%.

Necesidades de la gerencia:

Control del proceso de fundición al menos en un 90% evitando los reprocesos.

Formas de medir el desempeño:

Cumplimiento de indicadores de producción.

$\text{Cantidad Defectos por inclusiones} / \text{Cantidad Fundida} * 100$

Reducción de índice de PNC.

Fecha estimada para finalizar el proyecto: 06 de diciembre de 2018

Etapas N. 4 Situación actual.

Descripción de la situación actual:

Actualmente se tienen demasiados reportes por problemas de fundición en las camisas producidas por Lavco de manera que se han desechado hasta el 20.82% de la producción por problemas de dureza e inclusiones tal como lo demuestra la tabla en detalle. Aunque los dos son grandes problemas debido a la complejidad de los defectos y tomando como prioridad el

más grave y representativo se procederá a estudiar minuciosamente el defecto de inclusiones en las camisas.

MES	POROS	DUREZA	P Y D	PRODUCCION	% POROS	% DUREZA	% POROS Y DUREZA
Enero	1981	88	2069	30078	6,59%	0,29%	6,88%
Febrero	2811	278	3089	36011	7,81%	0,77%	8,58%
Marzo	2015	319	2334	33757	5,97%	0,94%	6,91%
Abril	3469	1198	4667	36065	9,62%	3,32%	12,94%
Mayo	3468	2361	5829	27991	12,39%	8,43%	20,82%
Junio	2753	3078	5831	29798	9,24%	10,33%	19,57%
Julio	2305	492	2797	36016	6,40%	1,37%	7,77%
Agosto	2766	281	3047	24941	11,09%	1,13%	12,22%
TOTAL	21568	8095	29663	254657	8,47%	3,18%	11,65%

Ilustración 11. Representación sobre problemas de PNC por inclusiones y dureza

La situación requiere de acertadas acciones que reduzcan los porcentajes de pérdidas por inclusiones en el material sólido, las cuales se basarán en la identificación de las causas.

Etapa N. 5 Análisis.

Para analizar la situación se inicia llevando seguimiento y registro diario de los rechazos de PNC de toda la planta, pero específicamente de las inclusiones, caracterizando la forma de los poros, la centrifuga y operario que fundió dicho material y la cantidad rechazada.

29/09/2018							TOTAL PNC	TOTAL KILOS	IR AL INFORME	TIPO DE INCLUSIONES				
							143	277,2		Punt	Acomula	Extrem	Centi	Pequeñ
FECHA	COLADA	HT	OPERARIO QUE REPORTA	CLIENTE	REFERENCIA	MEDIDA								
28/09/2018	8112	50089	Wilson Fontecha	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 165	3.845 X 4.0655 X 7.000								
28/09/2018	8112	50089	Wilson Fontecha	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 165	3.845 X 4.0655 X 7.000								
28/09/2018	8112	50084	Jairo Pereira	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 111	3.532 X 3.753 X 7.218								
28/09/2018	8112	50087	Wilson Fontecha	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 162	3.782 X 4.003 X 6.875	2	2			2			
28/09/2018	8112	50087	Wilson Fontecha	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 162	3.782 X 4.003 X 6.875								
28/09/2018	8112	50086	Juan Rueda	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 428 A	3.782 X 4.003 X 10.250								
28/09/2018	8108	49820	Albert Uribe	ALMACEN AUTORIENTE	0	3.1116 X 6.508								
28/09/2018	8109	49866	Yebrinso Palma	ANDREA ELIANA TROYA	0	4.316 X 10.114 X P+60	1				1	1		
28/09/2018	8109	49866	Yebrinso Palma	ANDREA ELIANA TROYA	0	4.316 X 10.114 X P+60	4			4		4		
28/09/2018	8112	50061	Wilson Fontecha	ALMACEN AUTORIENTE	0	4.200 X 8.114	1			1		1		
28/09/2018	8112	50098	Yebrinso Palma	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 297	4.220 X 4.503 X 7.000	1				1	1		
28/09/2018	8112	50098	Yebrinso Palma	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 297	4.220 X 4.503 X 7.000	2			2		2		
28/09/2018	8112	50082	Yebrinso Palma	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 112	3.270 X 3.4905 X 8.187	2				2	2		
28/09/2018	8112	50082	Yebrinso Palma	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 112	3.270 X 3.4905 X 8.187	3			3		3		
28/09/2018	8112	50043	Juan Diaz	ANDREA ELIANA TROYA	0	15 X 40	1			1		1		
28/09/2018	8112	50043	Juan Diaz	ANDREA ELIANA TROYA	0	15 X 40								
28/09/2018	8112	50047	Jhon Uribe	ANDREA ELIANA TROYA	0	3.1516 X 10.114								
28/09/2018	8112	50098	Jhon Uribe	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 297	4.220 X 4.503 X 7.000								
28/09/2018	8104	49546	Jhon Uribe	OLGA PATRICIA VESGA RUEDA	0	4.12 X 10.114								
28/09/2018	8108	49780	Yebrinso Palma	ANDREA ELIANA TROYA	0	15 X 40	1			1		1		
28/09/2018	8112	50086	Juan Rueda	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 428 A	3.782 X 4.003 X 10.250								
28/09/2018	8112	50086	Juan Rueda	MELLING CYLINDER-(147)	CSL 428 A	3.782 X 4.003 X 10.250	2			2		2		
28/09/2018	8104	49546	Jerson Torres	OLGA PATRICIA VESGA RUEDA	0	4.12 X 10.114	1			1		1		

Ilustración 12. Formato Planilla PNC diario Lavco Ltda.

En la ilustración 12 se evidencia el formato utilizado para la recolección de datos relacionados con el PNC de la planta, los cuales son luego tabulados según la referencia. Se muestra la fecha de la producción, la colada en la que fueron fundidas las camisas, la hoja de trazabilidad, el cliente que las pidió, la referencia y medida de las camisas, además de la cantidad y la no conformidad por la que fueron rechazadas. El dato diario de PNC alimenta el consolidado mensual de cada mes, este finalmente es analizado por el grupo de calidad, para tomar acciones correctivas con respecto al proceso y los operarios.

Tomando como punto de partida los datos recolectados se procede a caracterizar el problema de los poros en la figura 1, de manera que se clasifican según la forma y ubicación del poro. Según esto se tiene tienen poros interiores (PI), poros exteriores (PE), poros en las caras (PC) del tubo y grumos, sopladuras o sospecha de poros (SP) en el interior de la camisa los cuales si se sigue disminuyendo el diámetro de la camisa en el mecanizado resultarán siendo poros puntuales.

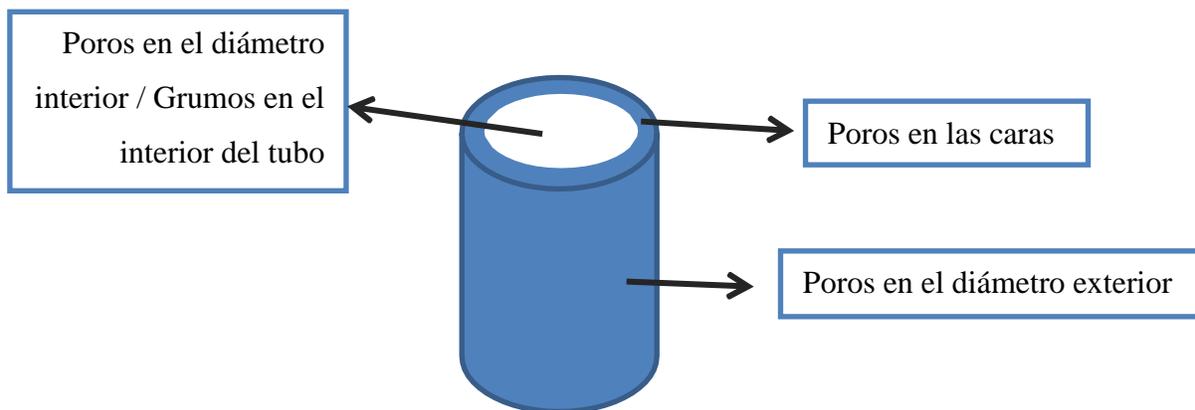


Figura 1. Representación de los poros en las camisas

Para el análisis se recolectaron las cantidades de camisas porosas de los primeros ocho meses del año en la ilustración 13, de manera que sumaron 21568 unidades, según esto los poros interiores tienen la mayor frecuencia de ocurrencia con 44,64% seguida de los poros exteriores con un 43.30% finalmente los poros en las caras tienen un 3.46% y las sopladuras o grumos en el interior un 8,60%.

Los meses más críticos fueron el mes de mayo y abril, respecto a las alarmantes cantidades que se obtuvieron. Debido a la complejidad de los problemas de inclusiones interiores se va enfocar la práctica a resolver este problema que va ligado a los grumos en el interior de las camisas.

MES	PI	PE	PC	SP
Enero	1003	963	8	7
Febrero	1314	1482	14	1
Marzo	859	1081	58	17
Abril	1485	1829	115	40
Mayo	1706	1490	136	136
Junio	1367	816	116	454
Julio	817	930	86	472
Agosto	1077	749	213	727
Total	9628	9340	746	1854

MES	PI	PE	PC	SP
Enero	10,42%	10,31%	1,07%	0,38%
Febrero	13,65%	15,87%	1,88%	0,05%
Marzo	8,92%	11,57%	7,77%	0,92%
Abril	15,42%	19,58%	15,42%	2,16%
Mayo	17,72%	15,95%	18,23%	7,34%
Junio	14,20%	8,74%	15,55%	24,49%
Julio	8,49%	9,96%	11,53%	25,46%
Agosto	11,19%	8,02%	28,55%	39,21%
Total	44,64%	43,30%	3,46%	8,60%

Ilustración 13. Representación caracterización de poros en cantidad y % de camisas de los primeros ocho meses del

Para entender mejor la situación se procedió a utilizar un diagrama causa efecto que se muestra en la Ilustración 14, en el cual se caracteriza la problemática de los poros. Ya que los poros se dan en el interior y exterior del tubo, por la representación alarmante en cifras de los poros interiores serán estos los analizados. Esta información fue recogida a través de entrevistas con encargados de fundición y observación directa del proceso.

Diagrama de Causa – Efecto (Poros)

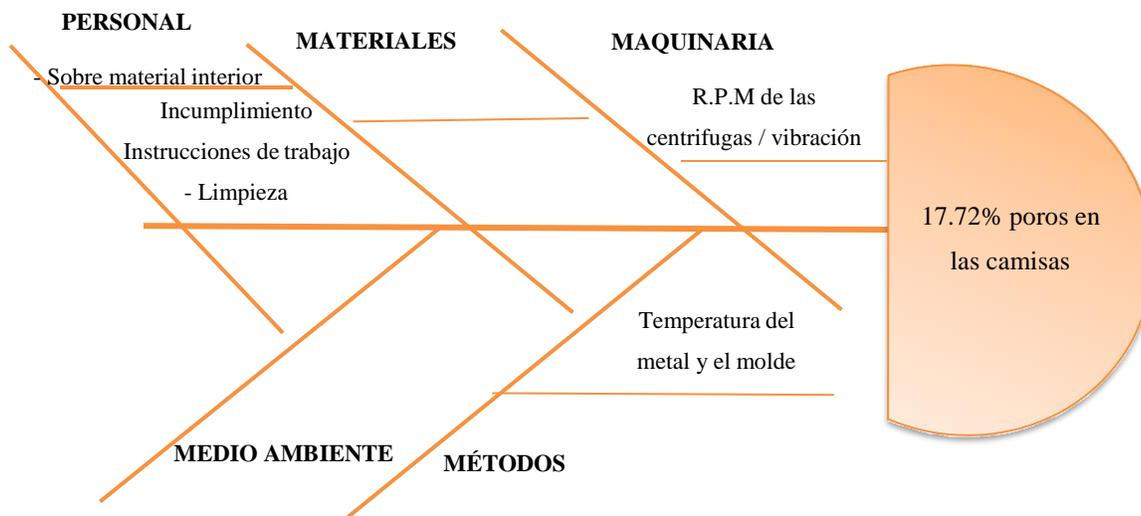


Ilustración 14. Diagrama de causa - efecto de los poros

Dentro del diagrama de causalidad del 17.72% expuesto en la ilustración 14, se obtuvieron las principales causas que originan el problema de inclusiones, en estas se encuentran desajustes en las R.P.M de las centrifugas, el sobre material interior ya que debe haber un control del diámetro del tubo fundido que luego será mecanizado, incumplimiento en las instrucciones de trabajo y limpieza de la coquilla por parte del trabajador, además de la temperatura del metal y el molde. Para profundizar y entender mejor cada causa se analizará una por una.

Análisis problema 1: R.P.M de las centrifugas en las que se funde el material

Durante el diagnóstico de los procesos de fundición, se encontró que en el factor máquina el análisis debe hacerse con respecto a la velocidad del colado de centrifugación, así que se estudiaron las condiciones de las centrifugas donde se dan las R.P.M. (Revoluciones por minuto) en las que se vierte el molde para la posterior solidificación del tubo fundido, cada centrífuga debía tener especificadas las RPM ideales con la que se debe colar. Para iniciar con la revisión de posibles causas que generen inclusiones o vibraciones, es necesario conocer las R.P.M de cada centrifuga y asegurarse de que están dentro de lo ideal para el proceso, para realizar este chequeo fue necesario calcular las R.P.M según el diámetro interior de la coquilla (Dc) de cada centrifuga y luego revisar con base en la fórmula de cálculo que estén dentro de parámetros. La fórmula para obtener el rango adecuado de trabajo de R.P.M fue calculado en Excel, validando que estuviera correcto acorde al proceso. También se usaron dos factores de gravedad de 60 y 80 los cuales establecen los límites de R.P.M.:

$$\frac{30^2 \cdot 2 \cdot g}{D_c^2} \cdot GF$$

N: Velocidad angular de la coquilla.

Dc: Diámetro interior de la coquilla.

g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

GF: Factor de gravedad (60 - 80).

Se encontraron irregularidades en la velocidad del colado que aportan en la presencia de inclusiones en el material, así que se procedió a inspeccionar. En este troquel se vierte el hierro fundido para enfriamiento del hierro gris y se obtiene el tubo para posterior mecanizado.



Ilustración 15. *Centrifuga 096*

Se revisaron las centrifugas y se encontraron que las que mayor incidencia de inclusiones presentaban, se debían a desajustes en las RPM. Las centrifugas F055, F048, F007, F015 y F013 se deben ajustar las RPM para evitar daño por vibración. La F008 tendrá que ser reconstruida y la F075 está en mantenimiento con las RPM que presentan, este chequeo fue realizado el 25 de septiembre por Norberto Jiménez.

En la ilustración 16, se muestran de izquierda a derecha: la centrifuga, el diámetro de la coquilla requerida para la producción, las R.P.M actuales y finalmente el rango de R.P.M. necesario para el buen funcionamiento de la operación de centrifugado.

DIAMETRO			MINIMO	MAXIMO	
CENTRICOQUILLA	REAL	GF=60	GF=80		
mm m	rpm	rpm	rpm		
95	76	0,076	1196	1188	1372
81	78	0,078	1181	1173	1355
73	52	0,052	1440	1437	1659
50	94	0,094	1076	1069	1234
49	92	0,092	1086	1080	1247
5	58	0,058	1370	1360	1571
47	50	0,05	1495	1465	1692
94	54	0,054	1414	1410	1628
82	50	0,05	1575	1465	1692
74	92	0,092	1090	1080	1247
58	78	0,078	1185	1173	1355
57	68	0,068	1260	1256	1451
6	56	0,056	1394	1385	1599
55	52	0,052	1435	1437	1659
98	78	0,078	1186	1173	1355
48	50	0,05	1920	1465	1692
56	100	0,1	1040	1036	1196
7	50	0,05	1698	1465	1692
8	RECONSTRUCCIÓN				
96	84	0,084	1140	1130	1305
97	50	0,05	1530	1465	1692
54	84	0,084	1140	1130	1305
53	60	0,06	1345	1338	1545
52	80	0,08	1170	1158	1338
51	90	0,09	1093	1092	1261
83	70	0,07	1245	1238	1430
15	62	0,062	1310	1316	1519
14	88	0,088	1110	1104	1275
13	60	0,06	1578	1338	1545
12	60	0,06	1350	1338	1545
69	58	0,058	1360	1360	1571
75	MANTENIMIENTO				
19	84	0,084	1135	1130	1305
18	106	0,106	1006	1006	1162
17	64	0,064	1305	1295	1495
16	80	0,08	1170	1158	1338
68	94	0,094	1077	1069	1234
76	66	0,066	1285	1275	1473

BLOQUE 1

BLOQUE 2

BLOQUE 3

Ilustración 16. RPM de centrifugas de Industrias Lavco

En la Ilustración 16, se muestran los parámetros que están siendo incumplidos, se señalan en amarillo, es decir, se evidencia que la F055 se encuentra en 1435 R.P.M cuando el rango permitido es 1437 a 1659 R.P.M, la F048 en 1920 y el rango ideal es 1465 a 1692 R.P.M, la F007 tiene 1698 R.P.M y debería tener entre 1465 y 1692 R.P.M. La F015 presenta 1310 R.P.M y su rango ideal es entre 1316 y 1519. La F013 está en 1578 R.P.M y debería estar entre 1338 y 1545. Esta inspección se realizó usando como instrumento de medición el tacómetro, de manera que se pone en funcionamiento la centrifuga, y el láser del instrumento recoge el número veces en que gira la centrifuga en un minuto. El parámetro de R.P.M., va ligado al diámetro de la coquilla como lo representa la ilustración 17.



Ilustración 17. Tacómetro y toma de prueba de R.P.M centrifuga 096

Análisis problema 2: Incumplimiento instrucciones de trabajo –Limpieza

Durante la observación del proceso de fundición y tomando como referencia el instructivo de trabajo se evidenció que en muchas ocasiones los operarios omiten la operación de la limpieza y quedan restos de la fundición del tubo anterior lo que lleva a que aparezcan grumos e inclusiones. Para esto se chequearon las actividades que se muestran en la tabla 2, este desglosa el paso a paso de cada operación requerida. Los operarios deben limpiar con una grata y luego pasar el soplador al molde, para verter el hierro. Este factor va directamente relacionado con el cumplimiento de las actividades de los operarios de fundición ya que, si

limpian adecuadamente, no se evidenciarán poros por esta causa. En el transcurso del proceso de vertido del hierro en fase líquida dentro del molde se deben tener en cuenta factores como la limpieza y el grateado del molde, el ritmo y la rapidez del vertido, por ende, es vital que el operario sea ágil y cumpla de manera que el muge presente en el hierro alcance a salir y no quede atrapado dentro del molde ya que esto llevará a la presencia de poros. A continuación, se describe el instructivo del proceso de fundición. (Tabla 2).

DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN	MEDIDA PREVENTIVA
<p>El Auxiliar de Fundición (colador) debe realizar un autoanálisis sobre las condiciones físicas, emocionales en las que se encuentra.</p> <p>Auto - observación</p> <p>Auto - evaluación</p> <p>Auto - reconocimiento</p> <p>(Observar, mirar, planear, ejecutar)</p>		<p>Si antes de iniciar o durante el ejercicio de la labor no está en condiciones de salud demostrables, favor abstenerse de comenzar o seguir. Informar al jefe inmediato.</p> <p>Revisar programa para el comportamiento de la tarea crítica.</p>

INSPECCIONAR:

- Área,
- EPP
- Herramientas, Máquinas

CONDICIONES OPTIMAS DE LA

CENTRIFUGA:

- Verificar estado de rodamientos y correas,
- Mecanismos lubricados según indicaciones de mantenimiento,
- Funcionamiento del motor, sistema de apagado y encendido



Diligenciar la Lista de chequeo pre operativo.

Desde el día de Preparación se dejan seleccionadas las cucharas seleccionadas, elija la indicada consulte al Coordinador de área (ver anexo), no utilizar o cambiar si presenta algún daño como desgaste excesivo o si es necesario cambiar la tapa, diligenciar formato de solicitud de mantenimiento (ver Procedimiento de Mantenimiento).

Con esta medida evitamos derrame del material y por ende accidentes de trabajo por quemadura.

<p style="text-align: center;">Incumplimiento</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="background-color: yellow;">LIMPIEZA DE LA COQUILLA,</p> <p>APLICACIÓN DE LA PINTURA</p>		<p>Mantener en orden las herramientas durante todo el proceso para evitar tropezar, caída de objetos, derrame del hierro líquido.</p> <p>Mantener distancia de seguridad de metro y utilizar la careta con el fin de evitar quemaduras con la pintura</p>
<p>RECOGER LA CUCHARA:</p> <p>Se encuentra en la MUFLA, previamente revestida y calentada.</p> <p>La MUFLA es el sitio donde son calentadas 1 hora y 30 minutos aprox. el mismo día que se funde por el encargado del horno.</p>		<p>El tener las cucharas en un mismo punto facilita su uso, y previene lesiones en los pies.</p> <p>La cuchara debe estar revestida, seca, precalentada, para empezar labores de no estarlo el hierro líquido rebozaría causando posibles quemaduras.</p>

		<p>La distancia optima entre compañeros en el transporte debe ser de 2 metros lo que permite al auxiliar dar el giro, evitando que se amontonen, y posibles quemaduras por salpicadura</p>
<p>POSICIÓN ERGONÓMICA:</p> <p>Se adopta una inclinación idónea la mano dominante sostiene la cuchara, mientras la otra sujeta la base, se efectúa una leve inclinación de la pierna que permitirá resistir el cambio de peso y transportar la cuchara correctamente.</p>		<p>Previene enfermedades, minimiza los riesgos.</p> <p>Se sugiere que el Auxiliar de Fundición se coloque su cuerpo de lado al caldero no de frente</p>

<p>RECIBIR EL MATERIAL LIQUIDO:</p> <p>Se procede a llenar la cuchara hasta un nivel previamente establecido; esta pesa 3.5 kg sin líquido y al recibir su peso oscila entre 10kg a 20kg según el tamaño de la camisa.</p> <p>La temperatura del material, para el colado de los productos de LAVCO debe estar entre 1250 °C a 1320 °C. Aprox.</p> <p>La cantidad de hierro líquido que se empleará se determina durante los colados iniciales y se controla durante toda la jornada mediante inspección visual del nivel de llenado establecido y/o empleando una báscula electrónica.</p>		<p>Tener precaución al máximo, respetar el espacio del otro.</p> <p>La cuchara tiene un revestimiento con material refractario.</p> <p>Las cucharas deben ser sostenidas con fuerza y concentración por los auxiliares de fundición.</p>
<p>RECORRIDO</p> <p>Dar un giro de 90° y sigue en sentido horizontal en línea recta hacia la centrifuga Industrial.</p>		<p>Para ello se debe actuar con precaución, ir despacio, sin correr, ni empujar, evitar hacer bromas, comunicarse solo en caso de emergencia o para realizar una advertencia.</p>

		<p>Respetar el espacio del otro, desplazarse solo cuando el espacio este despejado libre de obstáculos.</p>
<p>REMOCION DE ESCORIA:</p> <p>El cacharrero retira con el espumador la escoria que le cae al hierro de la caliza o el carbón</p>		<p>Mantener la distancia entre compañeros, (2 m) transitar con calma.</p> <p>Revisar el estándar de seguridad para limpieza de escoria</p> <p>PR.FU-P-004</p>

VERTER EL LÍQUIDO EN LA
COQUILLA:

A través de la tetera hacia la superficie interna de la coquilla que previamente ha sido recubierta con la pintura refractaria.



El vertido debe ser despacio para evitar que salga fuera del molde, si se realiza muy rápido el vertimiento genera chispas y posibles quemaduras. Si se va emplear otra cuchara u otro implemento, dejar todo en su lugar, mantener el ordenado el puesto de trabajo para evitar tropezones.

VERTER LIQUIDO PARA
CAMISAS INDUSTRIALES:

El colado deberá realizarse directamente desde el caldero debido al gran tamaño y volumen de las piezas a fundir.



Se realiza con la ayuda de 5 personas, donde cada una cumple una función específica.

CENTRIFUGACION:

Por acción de la fuerza centrífuga el baño metálico es depositado uniformemente sobre la superficie interna de la coquilla adoptando la forma cilíndrica del blanco de fundición.

La centrifugación se realiza durante un lapso de tiempo superior a dos minutos dependiendo de la referencia colada.

Al cabo de este tiempo el baño metálico habrá solidificado y por esta razón se podrá retirar la pieza.



Tabla 2. Instructivo operaciones fundición, Fuente: LAVCO

<p>RETIRAR LA PIEZA:</p> <p>Solo cuando la pieza este solidificada evitando deformaciones sobre la pieza.</p>		<p>Durante todo el proceso es importante mantener el área de trabajo organizado.</p> <p>Las piezas retiradas se dejan en un lugar preestablecido.</p>
<p>APAGADO DE LA MÁQUINA</p>		<p>Esto evitara accidentes de trabajo Y desgaste de la máquina.</p>

En la práctica del proceso de fundición hay altas temperaturas así que las condiciones son exigentes, de manera que los encargados deben tener un verdadero compromiso para cumplir a cabalidad con la fundición. En la tabla 2, se especifican las actividades de los operarios de fundición que van desde que reciben de material hasta la extracción del tubo frio, y durante el diagnóstico se evidenció incumplimiento en la operación de limpieza de la coquilla que han contribuido a la presencia de inclusiones. En el área de fundición se tienen 3 bloques de centrifugas. Es importante conocer los encargados de cada centrifuga para conocer los protagonistas de las fallas en el proceso, así que se muestra en la Ilustración 18 el plano de las

centrifugas de la sección de fundición y el operario a cargo de cada una. Esta información fue captada el 26 de octubre.

Ope rario	Ce ntrifuga		Ope rario
ELKIN	F095	F094	PEÑA
ELKIN	F081	F082	PEÑA
ELKIN	F073	F074	PEÑA
ELKIN	F050	F058	PEÑA
ELKIN	F049	F057	PEÑA
ELKIN	F005	F006	PEÑA
ELKIN	F047	F055	PEÑA
CESAR	F098	F097	JAVIER
CESAR	F048	F054	JAVIER
CESAR	F056	F053	JAVIER
CESAR	F007	F052	JAVIER
CESAR	F008	F051	JAVIER
CESAR	F096	F083	JAVIER
EMERSON	F015	F019	JHON
EMERSON	F014	F018	JHON
EMERSON	F013	F017	JHON
EMERSON	F012	F016	JHON
EMERSON	F069	F068	JHON
EMERSON	F075	F076	JHON

Bloque 1

Bloque 2

Bloque 3

Ilustración 18. Plano centrifugas y operario a cargo

Durante la toma de datos se reportaron incidencias de las alarmas (PNC representado en camisetas que sobrepasan las 12 unidades por la misma causa y hoja de trazabilidad). Tomando la información de las inclusiones e indagando el informe de los meses de mayo, junio, julio y agosto que muestra las personas que fueron responsables de la fundición en cada centrifuga se

encontró que Cesar Otero obtuvo 1457 camisas lo que representa el 32% de PNC por el defecto de inclusiones en el interior de las camisas, seguido de Emerson Ardila con el 23%, Peña con 15% equivalentes a 698 camisas, Javier el 13% y Jhon con el mínimo porcentaje de 8%.

OPERARIO	PNC	%
PEÑA	698	15%
ELKIN	417	9%
CESAR	1457	32%
JAVIER	572	13%
JHON	381	8%
EMERSON	1042	23%
TOTAL	4567	

Ilustración 19. % poros por operario de fundición

Después de recolectada esta información se reunieron a los operarios y se les socializó esta información, Cesar admitió que algunas veces no estaba grateando el molde ni limpiándolo, alegando que no alcanzaba. Con respecto a Emerson afirmó que este limpiaba la mayoría de veces con la grata y el soplador, otras veces solo con el soplador. Los demás operarios Javier y Jhon alegan que son problemas de escoria en el hierro fundido. Esta reunión fue realizada el 10 de octubre donde los operarios fueron informados y escuchados, como evidencia en la ilustración 20.



Ilustración 20. Grupo de fundición

Análisis problema 3: Temperatura del metal y el molde

Para el diagnóstico del factor temperatura del horno, se utilizó el mutilab, un dispositivo que mide la temperatura, el carbón y silicio del hierro gris, en diálogo con el encargado de fundición afirma que muchas veces pasa que la temperatura se baja y el fuego que se aplica al horno demora demasiado en subir la temperatura especialmente cuando no hay suficiente carbón, las cargas de chatarra son muy grandes y no están bien picadas.

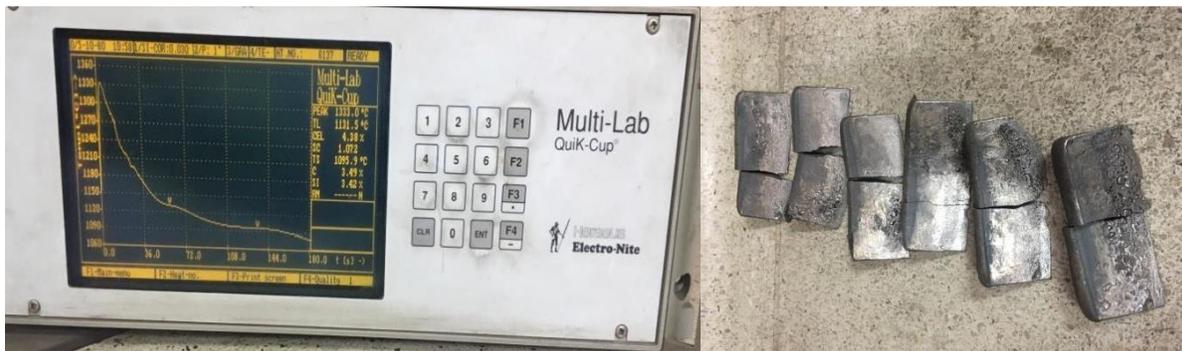


Ilustración 21. Muti- lab y prueba de cuña

En la ilustración 21 se evidencian los resultados de una prueba de temperatura para conocer el proceso, realizada el 22 de octubre donde se inspecciona la temperatura y esta da 1131°C, además el encargado de la fundición toma muestras conocidas como cuñas y son estas las que detalla el mutilab.

Con respecto al molde representado en la ilustración 22, el instrumento de medición de temperatura es el pirómetro, por lo tanto, recoge la energía radiada por el cuerpo, la almacena en un detector que generara una señal proporcional a la temperatura. Este de manera digital muestra la temperatura acercando el dispositivo al molde. Para controlar la temperatura de este se tienen unas mechas que dan calor a la coquilla y deben estar en 300°C como mínimo.



Ilustración 22. *Pirómetro / Molde y dispositivo de calentamiento*

Para el análisis de temperatura se buscaron informes de meses pasados y se encontró que no se estaban tomando las temperaturas ni llevando el seguimiento y control requeridos del proceso, por eso se establecieron los parámetros de temperatura que se deben controlar y registrar cada hora para mantener el óptimo funcionamiento del proceso. El encargado alega que tiene demasiadas funciones y tomaba esporádicamente la temperatura, por eso se encargó a Andrea Torres de llevar el registro y seguimiento para cada colada fundida a partir del mes de noviembre, de manera que es Norberto el encargado de tomar los datos de las temperaturas.

Análisis problema 4: Programación errada de sobre material interior

Otra causa de inclusiones es la escasez de material. Este ítem se analizó comparando la hoja de trazabilidad de cada lote con la medición exacta del tubo fundido. Se encontraron diferencias de medida, luego se procedió a indagar a los operarios y estos afirman que se debe a que vierten menos material líquido del debido y esto es lo que resulta. El sobrematerial interior tiene que ver con la mala programación por eso es importante que se cumpla y se fije un parámetro con respecto al diámetro de la camisa para que se disminuya la probabilidad de inclusiones ya que estos se posicionan en el interior del tubo. Observando cómo se llevaba a cabo el proceso se encontró que la razón de que se presente este problema es que de cada lote de tubos fundidos se inspeccionan uno, dos o algunos tubos por lote o en ocasiones no se miden y estos llegan hasta el mecanizado donde son rechazados por poros o escasez. Además, se funden los tubos con escasez por los operarios ya que no vierten la cantidad de material necesario.



Ilustración 23. *Tubos rechazados por escasez interior*

En la ilustración 23, se observa que el tubo está con más material de un lado que de otro, al momento de mecanizar el tubo habrá un lado que saldrá poroso o escaso de material, estos errores son los que se pueden evitar si se miden los tubos, después de fundidos. Ya que se evita que sean mecanizados. Estos errores se dan por parte de los operarios de fundición.

Etapa N. 6 Plan de mejoramiento

Identificadas las principales causas que inciden en la presencia de inclusiones se procedió a socializar y capacitar a todo el personal del área de fundición. Más adelante se explican detalladamente las acciones que contribuyeron a cada una de las causas.

1) *Ajuste a las R.P.M:*

Para ajustar las R.P.M se hizo uso de una formula la cual fue montada en Excel, esta dio como resultado las RPM necesarias para cada centrifuga según la el diámetro de la coquilla de la orden de producción. Aquí se revisaron las centrifugas y se encontraron que las que mayor incidencia de inclusiones arrojaban se debían a desajustes en las RPM. En la imagen se evidencia el plano de centrifugas con las RPM que presentan y el diámetro de la coquilla en milímetros para la fundición del tubo. Para el cálculo de las R.P.M. se tiene la fórmula:

$$RPM = \frac{30 \cdot N}{Dc} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot GF}{g}}$$

N: Velocidad angular de la coquilla.

Dc: Diámetro interior de la coquilla.

g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

GF: Factor de gravedad (60 - 80).

De esta manera se tienen el rango de revoluciones mínimo y máximo permitido de trabajo para cada centrifuga:

DIAMETRO		MINIMO	MAXIMO
COQUILLA		GF=60	GF=80
mm	m	rpm	rpm
76	0,076	1188	1372
78	0,078	1173	1355
52	0,052	1440	1659
94	0,094	1072	1234
92	0,092	1080	1247
58	0,058	1360	1571
50	0,050	1465	1692
54	0,054	1410	1628
50	0,050	1465	1692
92	0,092	1080	1247
78	0,078	1173	1355
72	0,072	1221	1410
56	0,056	1385	1599
52	0,052	1437	1659
78	0,078	1173	1355
60	0,060	1338	1545
80	0,080	1158	1338
50	0,050	1465	1692
60	0,060	1338	1545
84	0,084	1130	1305
50	0,050	1465	1692
84	0,084	1130	1305
60	0,060	1338	1545
80	0,080	1158	1338
90	0,090	1092	1261
70	0,070	1238	1430
62	0,062	1316	1519
50	0,050	1465	1692
60	0,060	1338	1545
84	0,084	1130	1305
58	0,058	1360	1571
86	0,086	1117	1290
84	0,084	1130	1305
60	0,060	1338	1545
64	0,064	1295	1495
80	0,080	1158	1338
66	0,066	1275	1473
94	0,094	1069	1234

Ilustración 24. Recalculo diámetro de coquillas

Con los datos anteriormente recolectados se ajustaron las R.P.M de las centrifugas que presentaban inconvenientes y de acuerdo a la orden de producción con respecto a los tubos a fundir se hicieron las modificaciones a las centrifugas como se muestra en la Ilustración 24.

BLOQUE 1 CENTRIFUGAS INDIVIDUALES	
F095	F094
1196 RPM / 76 mm	1414 RPM / 54 mm
112-93-590/Q060	124-104-590/Q802
F081	F082
1181 RPM / 78 mm	1575 RPM / 50 mm
118-94-590/Q038	114-96-585/Q040
F073	F074
1440 RPM / 52 mm	1090 RPM / 92 mm
106-86-590/Q135	114-96-590/Q522
F050	F058
1076 RPM / 94 mm	1185 RPM / 78mm
117-96-590/Q133	114-96-590/Q097
F049	F057
1086 RPM / 92 mm	1237 RPM/72 mm
112-93-485/Q551	98-80-590/Q094
F005	F006
1370 RPM / 58 mm	1394 RPM / 56 mm
74-53-355/Q688	58-37-240/Q757
F047	F055
1495 RPM / 50 mm	1435 RPM / 52 mm
42-27-240/Q172	67-47-240/Q835
BLOQUE 2 CENTRIFUGAS INDIVIDUALES	
F098	F097
1186 RPM / 78 mm	1530 RPM / 50 mm
117-96-590/Q107	153-126-440/Q159
F048	F054
1350 RPM / 60 mm	1140 RPM / 84 mm
89-70-590/Q088	116-89-590/Q065
F056	F053
1170 RPM / 80 mm	1345 RPM / 60 mm
111-91-485/SIN Q	101-81-590/SIN Q
F007	F052
1670 RPM / 50 mm	1170 RPM / 80 mm
100-80-590/Q146	116-89-590/Q108
F008	F051
1380 RPM / 60 mm	1093 RPM / 90 mm
108-89-485/Q129	125-103-590/Q749
F096	F083
1140 RPM / 84 mm	1245 RPM / 70 mm
140-106-360/Q635	96-73-590/SIN Q

BLOQUE 3 CENTRIFUGAS INDIVIDUALES	
F015	F019
1315 RPM / 62 mm	1135 RPM / 84 mm
119-96-560/Q080	123-102-590/Q016
F014	F018
1920 RPM / 50 mm	1350 RPM/60 mm
119-96-590/Q045	84-61-590/Q124
F013	F017
1344 RPM / 60 mm	1305 RPM / 64 mm
102-82-590/Q045	124-104-580/Q568
F012	F016
1137 RPM/84 MM	MANTENIMIENTO
124-104-590/Q791	
F069	F068
1360 RPM / 58 mm	1170 RPM / 80 mm
120-99-590/Q042	101-81-590/Q019
F075	F076
MANTENIMIENTO	1285 RPM / 66 mm
	111-91-460/Q747
NUEVA	NUEVA
1117 RPM/86 mm	1077 RPM / 94 mm
Int 466/q608	Int 466/Q572

Ilustración 25. Plano centrifugas corregido

La imagen (Ilustración 25) es el resultado del chequeo realizado por Norberto Jiménez el 29 de octubre, en el cual se evidencian los cambios realizados durante el más reciente diagnóstico de centrifugas, se procedió a cambiar las R.P.M. de modo que la F055 pasó de tener 1435 R.P.M a 1437 R.P.M, la F014 1110 a 1920 R.P.M, la F013 se dejó igual ya que son aceptables para la

fundición. La F008 fue arreglada y quedó con 1670 R.P.M, la F016 presentó daño y estará en mantenimiento. Las Coquillas (moldes) son programadas acorde al tubo requerido en cada fundición y se encuentran ok.

2) ***Limpieza, cumplimiento de instrucciones de trabajo.***

Con respecto a este ítem los operarios Cesar Otero, Elkin Tarazona, Jhon Bastidas y todos en general fueron capacitados y retroalimentados dada la incidencia de poros en los tubos fundidos por ellos. Se abordaron temas relacionados con el paso a paso que ya ellos conocen sobre el método adecuado de fundición. Estos se comprometieron a realizar la limpieza y grateado de todos los moldes para cada tubo, también se designó una persona que estará pendiente de que se cumpla. El mayor inconveniente era la falta de control, y este solo se logra si se asigna una persona la cual vigile que se cumpla a cabalidad con las actividades del proceso en este caso el señor José Méndez. Se realizó una reunión a las 9:30 a.m. con los operarios del área de fundición en el día de preparación de manera que todos se comprometieron a dar su máximo rendimiento durante la fundición, y a limpiar como se debe en la fundición de cada tubo. Se programaron reuniones una cada semana para hacer la revisión de inclusiones de coladas. Como se evidencia en la ilustración 26 se agruparon los operarios del área de fundición para ser capacitados.



Ilustración 26. *Socialización acciones correctivas*

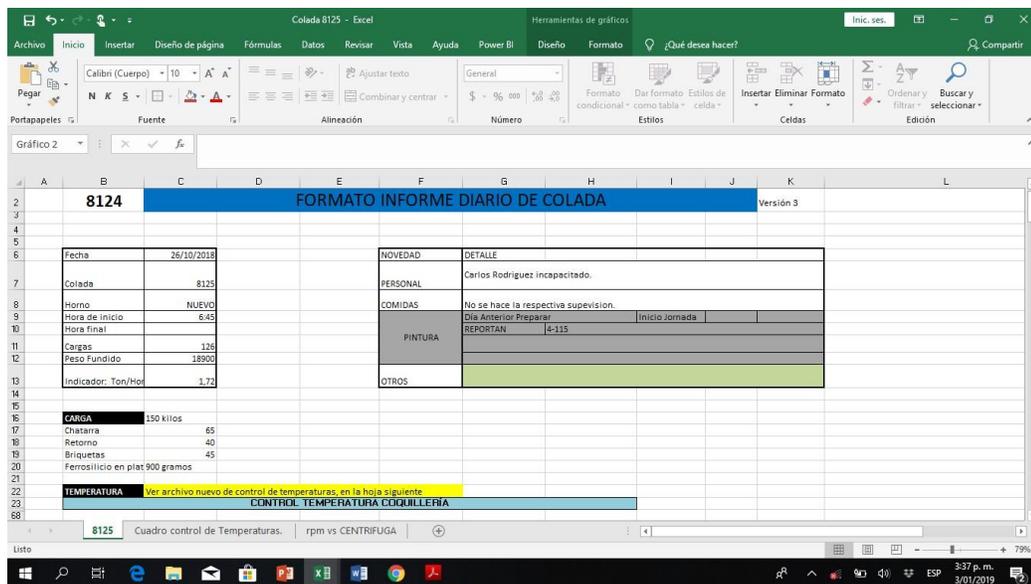
Fue elaborado un diagrama de operaciones, el cual debe ser seguido por cada operario, y es el resumen del proceso de fundición expuesto en la ilustración 27. En este se enumeran las actividades, iniciando con picado en el horno, seguido de la limpieza del cacharro, la adición de inoculante, la remoción de escoria, un primer traslado, toma de temperatura con el mutilab, sacar cuña, traslado del hierro líquido del cacharro a la cuchara, limpieza de la tetera, traslado de la cuchara a la tetera y luego a la centrifuga. Finalmente se extrae el tubo luego de 4 minutos en la centrifuga se limpia con la grata y el aire, se aplica pintura y se pone la tapa para la siguiente fundición de tubos.

	Descripción Actividades Operario	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.
1	Picar horno	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Limpiar cacharro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Agregar Inoculante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Retirar escoria cacharro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Traslado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Mutilab	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Cuña	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Cacharro - cuchara	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Limpieza escoria	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Traslado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Limpieza tetera	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Cuchara - Tetera - Centrifuga	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Extracción tubo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Limpiar grata	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Limpiar con aire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Aplicación pintura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Poner Tapa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ilustración 27. Operaciones del proceso de fundición

3) Temperatura del metal y molde

Usando como instrumentos el multilab (Para el horno cubilote) y el pirómetro (Para el molde o coquilla), una vez definidos los parámetros se realizaron chequeos de temperatura cada hora durante los días de fundición, por parte del encargado Norberto Jiménez. Donde se definió como parámetro que la temperatura del horno estuviera mínimo 50°C por debajo de los 1300°C. La temperatura ideal del molde es entre 300°C y 480°C, así que se creó un formato, con condicionales semáforos en los que si los datos son muy desfavorables se marcan de color rojo, si son regulares amarillo y si son los ideales se marcan de color verde, también se grafican de acuerdo a esto en temperatura mala, buena y regular. Para la coquilla si se exceden los 480°C provocará poros, dureza y manchas, así que en dado caso se deberá disminuir ritmo del colado hasta corregir temperatura. Se creó un formato en el que se lleva registro de temperaturas del horno y las coquillas. Este formato da como resultado:



8124		FORMATO INFORME DIARIO DE COLADA				Versión 3
Fecha	26/10/2018	NOVEDAD	DETALLE			
Colada	8125	PERSONAL	Carlos Rodriguez incapacitado.			
Horno	NUEVO	COMIDAS	No se hace la respectiva supervision.			
Hora de inicio	6:45	DIAS ANTERIOR	Preparar	Inicio Jornada		
Hora final		PINTURA	REPORTAN	4-115		
Cargas	126	OTROS				
Peso Fundido	18900					
Indicador: Ton/Hor	1.72					
CARGA	150 kilos					
Chatarra	65					
Retorno	40					
Briquetas	45					
Ferrosilicio en plat	900 gramos					
TEMPERATURA	Ver archivo nuevo de control de temperaturas, en la hoja siguiente					
	CONTROL TEMPERATURA COQUILLERIA					

Ilustración 28. Formato de control de temperaturas

HORA	en PLATAFOR	T° Multilab
7:49:00 a. m.	900,0	1272,1
8:42:00 a. m.	900,0	1295,1
9:50:00 a. m.	900,0	1287,9
10:35:00 a. m.	900,0	1294,6
11:50:00 a. m.	900,0	1308,9
12:48:00 p. m.	900,0	1294,5
2:51:00 p. m.	900,0	1294,3
4:44:00 p. m.	900,0	1296,7

Tabla 3. Temperaturas del horno día de fundición 09 Noviembre

°C	Semáforo
0-199	
200- 280	
281 - 480	

Ilustración 29. Semáforo para las temperaturas de la coquilla

	COQUILLA 1	COQUILLA 2	COQUILLA 3	COQUILLA 4	COQUILLA 5	COQUILLA 6	COQUILLA 7	COQUILLA 8	COQUILLA 9	COQUILLA 10	COQUILLA 11	COQUILLA 12	COQUILLA 13	COQUILLA 14	COQUILLA 15	COQUILLA 16	COQUILLA 17	COQUILLA 18	COQUILLA 19	COQUILLA 20
F094	194	209	224	234	232	235	232	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235
F082	219	224	232	244	274	269	252	242	274	284	290	240	210	294	292	302	313	304	292	292
F074	231	243	300	282	284	294	310	322	313	327	333	327	345	342	310	323	342	354	354	324
F058	305	249	273	294	281	291	273	284	291	312	320	280	260	304	294	304	312	290	283	283
F057	194	192	284	274	282	267	270	241	270	245	300	321	290	294	281	281	280	261	284	284
F006	230	242	234	241	250	231	224	257	265	254	254	244	284	271	261	237	250	241	272	272
F055	242	249	213	210	224	210	223	242	257	243	245	273	243	274	254	232	273	242	264	264
F095	304	230	283	304	311	297	283	273	291	303	310	314	300	317	300	310	333	341	333	333
F081	352	240	273	294	314	302	290	274	284	305	314	303	312	320	305	312	320	304	332	332
F073	321	230	291	274	282	273	284	283	290	291	304	321	310	314	294	293	303	294	290	322
F050	190	194	244	274	293	290	271	300	291	301	312	315	312	322	312	311	323	314	323	323
F049	295	294	323	345	307	374	382	374	392	374	390	371	391	340	391	370	321	342	300	300
F005	191	240	271	288	289	230	244	244	269	270	275	271	240	290	243	231	224	200	204	204
F047	189	253	244	291	300	284	271	240	281	292	284	285	271	237	272	284	230	242	200	200
F097	230	272	292	291	275	284	280	270	280	281	284	302	313	295	292	294	280	284	284	284
F054	323	240	254	300	294	294	304	311	313	307	281	313	293	294	321	311	315	319	323	323
F053	344	242	294	322	304	294	303	314	319	300	314	300	307	319	342	310	332	344	353	353
F052	191	273	303	324	341	277	311	322	329	320	284	307	315	314	321	334	343	243	324	324
F051	200	239	310	324	300	302	300	300	300	242	241	310	302	309	310	310	313	300	204	204
F083	180	282	284	297	280	283	274	304	293	302	254	300	309	294	302	284	240	270	242	242
F098	150	200	274	294	314	310	299	302	310	281	242	294	304	310	314	312	297	300	314	314
F048	34	300	270	284	302	294	300	304	314	240	290	309	312	319	322	321	324	334	324	324
F056	190	294	310	299	312	304	312	320	334	304	324	300	317	320	329	310	344	341	332	332
F007	31	231	240	270	289	282	297	301	314	282	292	284	240	300	297	311	297	294	284	284
F008	301	290	302	272	290	280	291	271	289	312	319	300	314	321	272	312	314	324	300	300
F096	323	292	284	280	320	322	242	324	323	310	324	320	323	324	310	323	242	242	242	242
F019	191	191	210	200	304	242	200	282	300	314	304	321	294	321	322	334	341	244	244	324

Tabla 4. Temperaturas de las coquillas por centrifuga

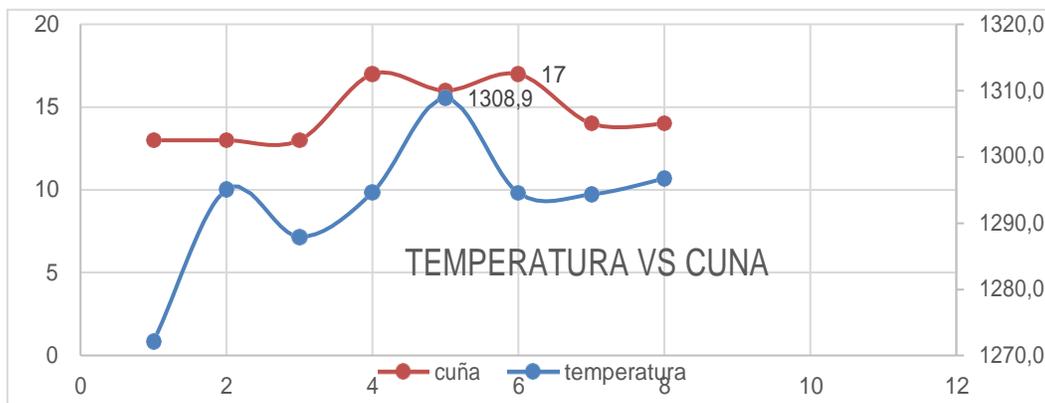


Ilustración 30. Relación temperatura del horno – cuña día 09 nov

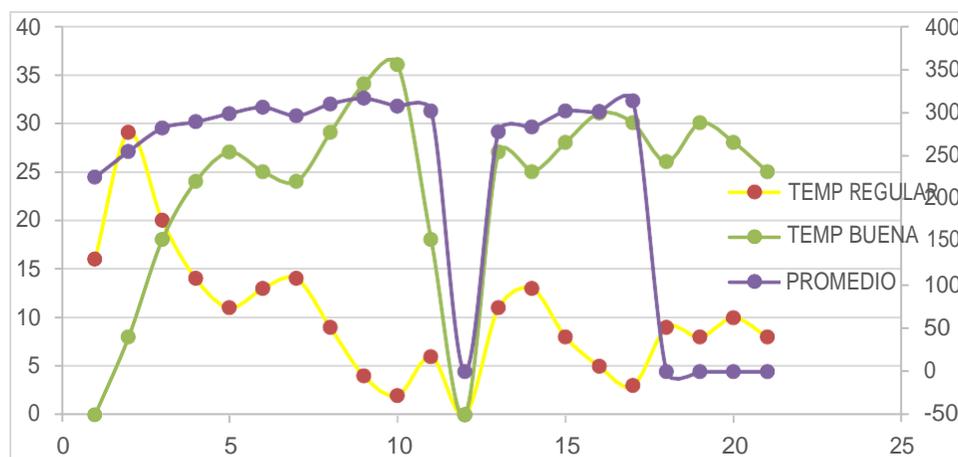


Ilustración 31. Gráfica general temperaturas coquillas

Las acciones que se evitaron y se tendrán en cuenta con respecto a la *temperatura del molde* son:

Que no se le haya realizado la limpieza de la coquilla después de su uso en la última colada.

Que la llave interna del gas (al lado del contador) esté parcialmente cerrada e impida el paso normal del gas.

Que la manguera del quemador esta tapada o tenga alguna fuga.

Que la válvula del quemador no esté suficientemente abierta e impida el paso normal del gas.

Que el quemador este muy adentro de la coquilla lo cual no permite la entrada de suficiente oxígeno para combustión, por lo cual se ahoga la llama.

Para mantener la *temperatura en el horno* es necesario que se siga el siguiente paso a paso:

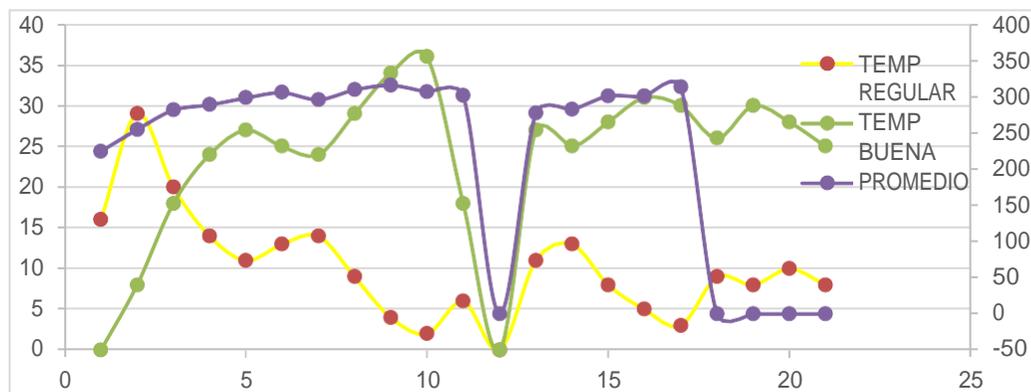
Se colocan dos quemadores: Uno en la puerta de encendido (lateral)	Las TOBERAS deben estar ABIERTAS La válvula reguladora del AIRE debe estar CERRADA. Si se deja abierta, el calor que lleve el aire puede dañar el motor
Esto confirma que el carbón esté encendido encima de las toberas	Puede tomar 45-60 minutos. La verificación se hace mirando a través de las TOBERAS
Cierro toberas y prendo el aire. Se debe subir periódicamente a verificar que la cama esté bien encendida y de altura o reponerla.	La tobera, el agujero colado y el orificio de la escoria deben mantenerse abiertos. Es necesario garantizar a este punto que el coque se encendió uniformemente por toda la sección transversal y no debería ser visible ningún punto frío. Solo uso el aire por 15 minutos
Se deben chuzar toberas buscando cama homogénea	Evitar empuentado, acomodar el carbón evitando vacíos. Facilitar cargue parejo
Iniciar Cargado	Se agregan 3 cargas en la secuencia indicada: chatarra, coque, ferrosilicio, caliza
La chatarra debe ser lo más menuda posible en las primeras 3 cargas especialmente, y ojalá en a primer hora.	Hasta la altura de la boca de carga
No nos sirve que esté goteando sino chorro continuo para cerrar	Se deja sangrar hasta que la temperatura sea la apropiada.
Tapono horno, inicio colado	Si el proceso se ha hecho correctamente, la altura de la cama se ha preservado y la temperatura del metal es la correcta.
Monitoreo cargar cada 4 minutos MÍNIMO. No suspender frecuencia y tipo de cargue so pena de ocasionar empuentado y dañar la calidad del metal producido, bajar su temperatura, etc.	El tiro de carga del cubilote DEBE PERMANECER LLENO todo el día. No se puede parar de cargarlo. Debe entrar una carga cada 3.5 a 4 minutos máximo. El cargador debe bajar periódicamente pero SIEMPRE debe ser reemplazado por alguien.

Ilustración 32. *Instructivo para mantener temperatura en el horno*

En la gráfica se evidencia el seguimiento realizado a las coladas de la semana 1 de noviembre donde se mantuvo la temperatura, gracias a que en el día de preparación se alistaron todos los implementos necesarios.

Dadas las condiciones durante el día de fundición y en constante chequeo se registraron buenas temperaturas que casi alcanzaron los 1300°C. Durante la fundición de la colada 8134 el día lunes 12 de noviembre se llevó seguimiento tanto del encargado con la temperatura de manera que se registraron los siguientes datos:

en PLATAFOR	T° Multilab	CE	C	Si	INOCULADO	CUNA 1
900,0	1272,1	4,04	3,12	3,62	4,00	13
900,0	1295,1	4,03	3,09	3,69	4,00	13
900,0	1287,9	3,89	2,99	3,57	4,00	13
900,0	1294,6	3,91	3,10	3,21	4,00	17
900,0	1308,9	4,08	3,17	3,57	5,00	16
900,0	1294,5	4,00	3,09	3,56	5,00	17
900,0	1294,3	4,07	3,17	3,54	6,00	14
900,0	1296,7	3,92	3,03	3,56	5,00	14



En esta colada se tuvieron temperaturas que cumplieron el parámetro de temperatura para evitar la presencia de inclusiones se espera que el informe de PNC del mes de noviembre se evidencie la

disminución de las inclusiones en un 6% o menos si es posible. Hubo un total compromiso por parte de los encargados de fundición y el supervisor José Méndez del proceso.

3) *Sobre material interior*

Respecto a esta causa se propuso que se midiera la coquilla antes de la fundición de manera que se cumplan los 6 o 7 mms de sobre material requerido. La temperatura hace que al enfriarse el material se contraiga 1 mm de la medida de la coquilla o molde. Ej; Si la coquilla es de 95 mm el tubo quedará de 94 mm. También se inspeccionó el 100% de los tubos fundidos por un responsable en cada lote de la colada de la semana 1 de noviembre, y este deberá anotar las medidas de manera que nada pase a mecanizado si no tiene las medidas que se necesitan. Se creó un formato que es el registro de la toma de medidas de los tubos estos tendrán la medida y deberá ser diligenciado por el encargado.



Ilustración 33. *Medición de dimensión interior de tubos*

También se estipuló un cuadro con las especificaciones y condiciones de trabajo respecto al sobrematerial en los tubos fundidos en los cuales se muestra el parámetro de longitud y diámetro interior para las líneas seca, Renault y bujes. Los operarios fueron retroalimentados también con respecto a la importancia de fundir la cantidad necesaria.

ESPECIFICACIONES ENTRADA TB PARA CORTE			
Parámetro	Tolerancia	Min	Max
Longitud	Dimensional	-5,00mm	+0,00mm
	Descentre	0,00mm	+1,00mm
	Conicidad	0,00mm	+1,00mm
SECA			
Diametro Exterior TB <= 560mm	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
Diametro Interior TB <= 560mm	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
Diametro Exterior TB > 560mm	Sobrematerial	+6,00mm	+7,00mm
Diametro Interior TB > 560mm	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
Diametro Exterior pared delgada	Sobrematerial	+6,00mm	+7,00mm
Diametro Exterior pared delgada	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
Diametro Exterior 17500	Sobrematerial	+8,00mm	+9,00mm
Diametro Interior 17500	Sobrematerial	+7,00mm	+8,00mm
Diametro Exterior CSL575	Sobrematerial	+8,00mm	+9,00mm
Diametro Interior CSL575	Sobrematerial	+8,00mm	+9,00mm
RENAULT			
Diametro Exterior R	Sobrematerial	+4,00mm	+5,00mm
Diametro Interior R	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
BUJES			
Diametro Exterior B 20 X 35- 20 X 40	Sobrematerial	+7,00mm	+8,00mm
Diametro Exterior B Otros	Sobrematerial	+5,00mm	+6,00mm
Diametro Interior B	Sobrematerial	+3,00mm	+4,00mm

Ilustración 34. Diámetro de sobre material del tubo fundido para cada línea

Etapa N. 7 Resultados

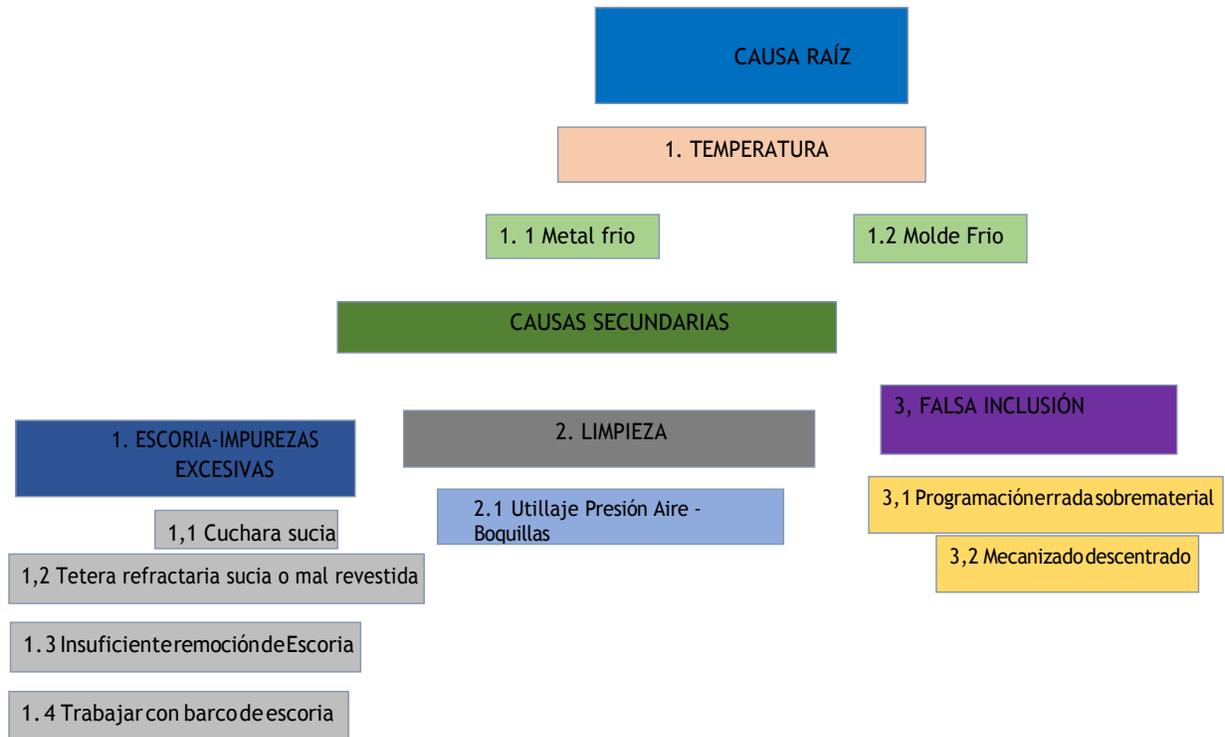
Los resultados de las acciones ejecutadas fueron una disminución considerable en los problemas de porosidad evaluados durante el mes de octubre, es decir el 5.82%. Es importante aclarar que la producción va realizada con los pedidos de los clientes por tal motivo varia de un mes a otro.

MES	PRODUCCIÓN	POROS	% POROS
Septiembre	36120	2923	8,09%
Octubre	32045	1865	5,82%

Finalmente, en el mes de noviembre la producción fue de 30097 y el PNC por inclusiones fueron de 1378 camisas, las cuales evidencian cambios significativos dentro de la producción, esto gracias al control y las capacitaciones adicional a acciones correctivas lideradas por el grupo de calidad.

Etapa N. 8 Estandarización

Los cambios realizados fueron exitosos ya que se logró la reducción del defecto relacionado con las inclusiones, de modo que se socializaron las siguientes acciones a realizar para contrarrestar las problemáticas ya mencionadas. Las acciones para prevenir la incidencia de poros son:



1. R.P.M – Calculo y programaciones iguales
2. Temperatura – Parámetro 1300°C (Horno) y 300°C (Coquilla)
3. Incumplimiento en las instrucciones de trabajo (Limpieza) – Capacitación al personal encargado de la fundición y supervisión.
4. Sobrematerial interior – Se controla con la medición.

CAUSAS SECUNDARIAS			
ITEM	FACTORES	ACCIÓN A REALIZAR	COMENTARIO ADICIONAL
1	VELOCIDAD DE CENTRIFUGADO (rpm)	Cada centrífuga debe tener especificadas las RPM IDEALES con la que se debe colar.	Hay una fórmula de cálculo que debe aplicarse siempre. Estas RPM DEBEN verificarse cada día de fundición y estar atentos a mantenimiento de máquinas.
2	STOCK DE MATERIAL INSUFICIENTE	Puede haber error al calcular el peso del metal a colar y ocasionar menor material del mínimo necesario (6 mms).	Verificar el espesor apropiado del tubo a colar y estar atento al engrosamiento de la cuchara que pudiera reducir esa dimensión a lo largo del día.
		AL PROGRAMAR: La capa normal de escoria tiene 2mms de espesor, así que, considerando la contracción del material, conicidad del molde (si aplica), 2 mms es insuficiente. Mínimo debe programarse con 3mms de espesor	Dejar establecidos parámetros que incluyan mínimo 6 mms de stock de material interior a remover. Siempre VERIFICAR EL CLAMPING en cuanto a longitud del clamping y condición del mismo.

CAUSA RAIZ			
ITEM	FACTORES	COMENTARIO	ACCIÓN A REALIZAR
A	TEMPERATURA METAL FRÍO	Si el metal es muy frío, las inclusiones no pueden irse al interior. Las inclusiones coladas quedan en el interior del espesor del tubo.	Manejo de aire y relación carbón-chatarra, están siendo debidamente manejados. Corregir el funcionamiento del horno.
B	TEMPERATURA DEL MOLDE	Si es el molde el que está muy frío (menor a 300°C), esto tendrá el mismo efecto (las inclusiones quedan en la pared del tubo). La capa de pintura podría estar excesivamente húmeda o ser excesivamente gruesa, puede aún contener agua (en este caso las inclusiones son redondas).	De forma inmediata continúe el colado de piezas y solicite nuevamente chequeo de la temperatura del molde hasta lograr el rango adecuado. Por otra parte, se debe informar a quien realiza el precalentamiento de coquilla para que mejore el método de trabajo y logre el nivel requerido para las diferentes coquillas en las siguientes coladas.

Se socializó y explicó con el encargado esta imagen a operarios del área de fundición donde se ve gráficamente la importancia del picador de chatarra y escoriador para lograr buenos resultados en la fundición de tubos.

Etapa N. 9 Lecciones aprendidas

Las conclusiones respecto a las causas principales de INCLUSIONES las cuales pueden potencializarse principalmente son:

La mayoría de causas que llevan a los poros interiores son la falta de control del proceso, así que la mejor acción fue encargar a una persona que vigilará tanto a operarios como las condiciones en las que se lleva a cabo el proceso diariamente.

Lo ideal del proceso de centrifugación es que no haya porosidad. Pero también, el proceso implica que toda la suciedad e impurezas, en condiciones ideales, antes de ser porosidad o inclusiones, se va hacia el interior y se vuelve una capa a remover, como parte natural del proceso. Así las cosas, los aspectos a tener en cuenta son:

Es importante mencionar que, a su vez, la verdadera causa raíz de baja temperatura de metal es un multifactorial que arranca en el cargado, manejo del horno, decisiones de control de metal colado, inapropiada relación coke-chatarra, piezas muy gruesas. Esos factores no permiten alcanzar buena temperatura.

El espesor de esa capa de mugre, escoria, etc, será un factor a controlar, pero lo importante es que permita un mecanizado uniforme a un espesor estandarizado aceptable.

En general la TEMPERATURA DEL METAL especialmente, pero también del MOLDE son un factor crítico que para el DIÁMETRO INTERIOR se consideran la CAUSA RAÍZ.

En presencia de alta temperatura, aún con alta presencia de humedad, escoria, etc, las impurezas lograrán irse al centro del tubo (que es el principio de la fundición centrífuga).

Hay que tener en cuenta si el defecto se presentó en solo algunas piezas (TEMPERATURA BAJA en algún momento) o si fue un defecto que se dio a lo largo de todo el día (escoria EXCESIVA).

Si el metal está muy frío, las inclusiones no pueden viajar al interior. Las inclusiones coladas se quedan en el metal.

Si la inclusión es de forma irregular, generalmente es escoria.

Si el molde está muy frío, tendrá el mismo efecto. La pintura, que además puede estar muy mojada y aplicada como una capa muy espesa, puede contener agua (inclusiones redondeadas).

Finalmente, colar despacio también es otro factor que aporta a empeorar el problema

Conclusiones

Se verificó la eficacia de la Metodología S.S.P para resolver los problemas de calidad a través del análisis del diagrama de Causa – Efecto y la puesta en marcha de acciones correctivas, reuniones y socialización de las mismas entre el grupo de trabajo. La comunicación y retroalimentación son claves para mejorar el desempeño del personal de fundición, además los incentivos por los buenos resultados contribuyen a que el personal se motive y ayuden a lograr los objetivos y metas de producción.

Se encontró una relación directa entre las R.P.M. y el diámetro interior de los tubos fundidos, así que es de vital importancia revisar periódicamente las R.P.M ya que es un factor primordial que influye en que se tengan o no poros interiores.

La fundición es un área complicada, pero se pudo evidenciar que la mayoría de problemáticas estaban relacionadas con la falta de control y seguimiento de los procesos, personal e instrumentos. Encargar a una persona que genere autoridad como en el caso de José Méndez, además que conozca claramente los procesos ayudaron a garantizar el cumplimiento de actividades que eran omitidas, además del compromiso del grupo de calidad distribuidas las funciones respectivas.

Las inclusiones generalmente se dan por falta de limpieza y mugre que queda atrapado por tal motivo es importante mantener un estricto compromiso de los operarios para que el proceso sea el óptimo.

Recomendaciones

Es indispensable llevar a cabo los controles, reuniones y seguimiento del proceso de fundición por parte del grupo de calidad semanalmente para prevenir, identificar y corregir los posibles errores o inconvenientes que se puedan presentar durante la fundición del hierro gris. El monitoreo del cumplimiento de indicadores de producción y calidad permitirán reconocer y corregir las falencias.

Se hace necesario encargar a una persona de supervisar a los operarios en cada jornada de fundición y preparación que audite el cumplimiento de las actividades y condiciones necesarias para que el proceso sea óptimo.

Lo ideal del proceso es un continuo monitoreo y control de todas las variables ya sea temperatura, componentes de la mezcla, y personas a cargo del proceso, fijar parámetros y verificar que sean cumplidos durante la trazabilidad del proceso.

Se debe mantener informado al personal de fundición sobre la cantidad de PNC por inclusiones que pueda obtener cada uno semanalmente en cada colada, de tal manera que se tengan cifras claras de los tubos que cada uno funde y el porcentaje de rechazo que involucra. Esto con el fin de corregir e identificar las causas que generen los poros.

Bibliografía

Badia, A. M. (2014). *Consideraciones sobre control de calidad en procesos de fabricación en serie*. Interempresas Media, S.L.U. - Grupo Nova Àgora.

Contreras, E. (2013). *El concepto de estrategia como fundamento de*. Sucre: Universidad Nacional de Colombia.

Cortés Carlos, R. J. (2012). IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ESTANDAR DE CONTROL DE CALIDAD PARA LOS PROCESOS OPERATIVOS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECANICO. *UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA – CALI PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL*.

David, F. R. (2008). *Conceptos de administración estratégica*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Deming, W. (1989). *Calidad Productividad y Competitividad*. Madrid: DÍAZ de SANTOS, S.A.
Recuperado el (Deming, W. *Calidad Productividad y Competitividad*. Madrid: DÍAZ de SANTOS, S.A. 1989)

GÓMEZ, L. R. (2011). *DIAGNÓSTICO DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA PROVINCIA DE VALDIVIA*.
Universidad Austral de Chile.

Gutiérrez, J. A. (14 de Agosto de 2018). *La productividad en la industria metalmecánica colombiana*. Obtenido de Biblioteca Digital UNAL: <http://www.bdigital.unal.edu.co>

Manizales, L. S. (2011). *CARACTERIZACIÓN SECTOR METALMECÁNICO DE MANIZALES*.

Manizales.

Pérez, J., & Gardey, A. (2009). *Definición.de*. Obtenido de Definición de código de comercio:

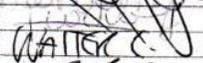
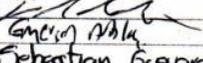
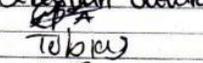
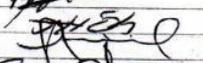
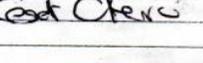
<http://definicion.de/codigo-de-comercio/>

PROCOLOMBIA. (2017). *INDUSTRIA METALMECÁNICA EN COLOMBIA. Catálogo Oferta*

Exportable Colombia.

Torres, W. H. (2010). *Un libro de calidad*. Bucaramanga.

Vega, S., & Hernandez, F. (2007). *Diseño de la documentación necesaria para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad con base en la norma ISO 9001:2000 para la editorial Lecat y reorganización de la planta*. Bogotá: Biblioteca General Pontificia Universidad Javeriana.

 LAVCO <small>Liderazgo metalmeccánico</small>		CONTROL DE ASISTENCIA		<small>RH.RH-P-006</small> <small>Página 1 de 1</small> <small>Versión 1</small> <small>Junio 29 de 2016</small>		
TEMA Socialización, retroalimentación problema poras.				TEMA		
RESPONSABLE Andrea Pinos Angaiter				DÍA	MES	AÑO
HORA 9:30 Am.				30	11.	2018
ASISTENTES	EMPRESA	CARGO	FIRMA			
Jole Rizo Bello Gonzalez	LAVCO	Aux. Calidad				
Leonardo Rodriguez Patino	Industrias Lavco Ltda	A. Calidad				
Wilson Martinez Pardo	LAVCO	Aux. Calidad				
WALTER LOPEZ A	LAVCO	LINEA INRSTMA	WALTER C.			
José Espinoza	LAVCO	Aux. Fundición				
Emelin Mula Gonzalez	LAVCO	Aux. Fundición	Emelin Mula			
Sebastian Guavara	LAVCO	Aux. Fundición	Sebastian Guavara			
Carlos Martinez M.						
Tobias B			Tobias			
PIRE TABARONA			PIRE			
Luis Pizar			Luis Pizar			
Diego Sandoval						
JOSÉ BENZON	LAVCO					
Pedro Albarracin	LAVCO	Aux. Fundición				
Coas Otenc	LAVCO		Coas Otenc			