

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AMEF
PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE
PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL
PERÚ”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR:

BACH. SILVA DAMIAN, JOSÉ ANDRÉS

ASESOR: Mg. Ing. ZELADA GARCÍA, GIANNI MICHAEL

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos, compañeros y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera, y a todas personas que de alguna manera me apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema general y específico	4
1.2. Formulación del problema general y específicos.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. Objetivo general y específico	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivo específico.....	7
1.4. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática	7
1.4.1. Delimitación espacial	7
1.4.2. Delimitación temporal.....	7
1.5. Justificación e importancia	8
1.5.1. Justificación económica:	8
1.5.2. Justificación teórica:.....	9
1.5.3. Justificación práctica:	9
1.5.4. Justificación metodológica:	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes del estudio de investigación.....	10
2.1.1. Antecedentes Nacionales	10
2.1.2. Antecedentes Internacionales	13

2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Fundición	16
2.2.2. Tipos de aleaciones utilizados en la fundición.....	17
2.2.3. Descripción del proceso de fabricación de piezas fundidas.....	21
2.2.4. Defectos en la fundición	21
2.2.5. Causas de los defectos de fundición.....	23
2.2.6. Herramientas de mejora	24
2.2.7. Aplicación de la herramienta AMEF.....	24
2.2.8. Técnicas	34
2.2.9. Sistema de Hipótesis.....	34
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1. Tipo y método de investigación.....	35
3.1.1. Tipo.....	35
3.1.2. Método	36
3.1.3. Población de estudio	36
3.1.4. Relación entre variables	36
3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.1.6. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	38
3.1.7. Procedimiento para la recolección de datos	38
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1. Resultados del objetivo específico 1:.....	39
4.1.1. Situación PRE-TEST	39
4.1.2. Aplicación de la matriz AMEF para mitigar el defecto de fuga de metal:	43
4.1.3. Situación POST-TEST.....	43
4.2. Resultados del objetivo específico 2:.....	47

4.2.1. Situación PRE-TEST	47
4.2.2. Aplicación de la matriz AMEF para mitigar el defecto de inclusión de arena: ..	49
4.2.3. Situación POST-TEST.....	53
4.3 Matriz AMEF por operaciones	55
4.4. Planificación de actividades	56
4.4.1. Diagrama de Gantt.....	57
4.5. Resumen de resultados.....	58
CONCLUSIONES:	59
RECOMENDACIONES:	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
ANEXOS:	64
ANEXO I: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....	65
ANEXO II: MATRIZ DE CONSISTENCIA:.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Defectos de rechazos	22
Tabla 2:Clasificación según gravedad o severidad de fallo.....	30
Tabla 3:Frecuencia de ocurrencia	31
Tabla 4:Detectabilidad.....	32
Tabla 5: NPR inicial-fuga de metal.....	39
Tabla 6: porcentaje de defectos enero-setiembre 2019-fuga de metal.....	39
Tabla 7: Cantidad de kg rechazados por fuga de metal para el periodo enero-setiembre 2019	40
Tabla 8:cantidad de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2019	42
Tabla 9: Acciones correctivas-fuga de metal.....	43
Tabla 10: NPR final-fuga de metal	44
Tabla 11: porcentaje de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2020	44
Tabla 12: Cantidad de kg rechazados por fuga de metal para el periodo enero-setiembre 2020	44
Tabla 13: Cantidad de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2020	46
Tabla 14: NPR inicial-inclusión de arena.....	47
Tabla 15: porcentaje de defectos enero-setiembre 2019-inxlusión de arena.....	47
Tabla 16: Cantidad de kg rechazados por inclusión de arena para el periodo enero- setiembre 2019	47
Tabla 17: Cantidad de defectos por inclusión de arena-enero-setiembre 2019	48
Tabla 18: Acciones correctivas-inclusión de arena.....	49
Tabla 19: NPR final-inclusión de arena	53
Tabla 20: porcentaje de defectos por inclusión de arena- enero-setiembre 2020	53
Tabla 21: Cantidad de defectos por inclusión de arena-enero-setiembre 2020	55
Tabla 22: Acciones correctivas-matriz AMEF	55
Tabla 23: Resumen de resultados.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cantidad de rechazos por tipo de material	5
Figura 2: Diagrama de Pareto por cantidad de defectos-periodo 2019	6
Figura 3:Fierro gris	17
Figura 4:Fierro nodular	18
Figura 5: Fierro blanco	18
Figura 6: Acero al Cr-Mo	19
Figura 7: Aceros al carbón	19
Figura 8: Aceros inoxidable	20
Figura 9: Aceros al manganeso	20
Figura 10: Diagrama Ishikawa	24
Figura 11: Fases de la herramienta AMEF	26
Figura 12: Mapa de procesos	27
Figura 13: Diagrama de flujo	28
Figura 14: AMEF-Acciones recomendadas	33
Figura 15 Alternativa de solución-fuga de metal	43
Figura 16: Primer pintado de base del molde	49
Figura 17: Segundo pintado de base del molde	50
Figura 18: Tercera base de pintado con espray	50
Figura 19: Secado con lanzallamas	51
Figura 20: Colocado de alma o macho	51
Figura 21: Segundo secado de molde	52
Figura 22: Alternativa de solución-Molde secado y pintado	52
Figura 23: Acciones correctivas-matriz AMEF	55
Figura 24: Diagrama de Gantt	57

RESUMEN

El presente trabajo contiene y describe los aspectos a ser considerados durante la reducción de defectos en la fabricación de piezas fundidas. El problema central de esta investigación gira entorno al aumento de defectos (productos no conformes) de piezas fundidas, las cuales se originan durante el proceso productivo.

El objetivo general de esta investigación es cuantificar el impacto de la aplicación de la metodología AMEF para reducir los defectos en la fabricación de piezas fundidas. Desarrollando cada una de las etapas de esta, la cual está conformado por: modo de falla potencial, efectos potenciales, causas potenciales y control del proceso.

Durante el desarrollo de esta investigación, se conoce las líneas productivas y las operaciones que se ejecutan dentro de cada una de ellas, causas de los defectos de las piezas fundidas, y la participación de los profesionales y operarios para obtener la mejor propuesta

Para medir el impacto de la propuesta de esta metodología basado en indicadores productivos se evidencio los defectos más frecuentes en las piezas fabricadas del proceso de fundición de piezas. Con la información obtenida se tomó como punto de investigación los procesos asociados a la fabricación de piezas fundidas en la planta industrial.

Mediante la propuesta de aplicación de la matriz AMEF, la cual permitió determinar el número de prioridad de riesgo (NPR), para tomar acciones correctivas ante los defectos que presentan un riesgo mayor en las operaciones de colada, tapado y acabado. Por lo tanto, se obtuvo una medida de acción correctiva en la fuga de metal, través de la fabricación de piezas de sellado y para la inclusión de arena, a través de un eficaz método de pintado y secado.

Se fragmento la variable dependiente en 2 indicadores: porcentaje de productos no conformes por inclusión de arena y fuga de metal

Palabras clave: Metodología AMEF, defectos de piezas fundidas, productos no conformes

ABSTRACT

The present investigation contains and describes the aspects to be considered during the reduction of defects in the manufacture of castings. The central problem of this research revolves around the increase in defects (non-conforming products) of castings, which originate during the production process.

The general objective of this research is to quantify the impact of the application of the FMEA methodology to reduce defects in the manufacture of castings. Developing each of its stages, which is made up of: potential failure mode, potential effects, potential causes and process control.

During the development of this research, it is known the production lines and the operations that are executed within each one of them, causes of the defects of the castings, and the participation of professionals and operators to obtain the best proposal.

To measure the impact of the proposal of this methodology based on productive indicators, the most frequent defects in the parts manufactured from the casting process were evidenced. With the information obtained, the processes associated with the manufacture of castings in the industrial plant were taken as a point of investigation.

Through the proposed application of the FMEA matrix, which made it possible to determine the risk priority number (PRN), to take corrective actions against defects that present a greater risk in casting, capping and finishing operations. Therefore, a corrective action measure was obtained in the metal leak, through the manufacture of sealing parts and for the inclusion of sand, through an effective method of painting and drying.

The dependent variable was divided into 2 indicators: percentage of non-conforming products due to sand inclusion and metal leakage

Keywords: FMEA methodology, casting defects, non-conforming products.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia a una empresa metalúrgica perteneciente al sector metalmeccánico, la cual presenta una deficiente gestión de sus procesos productivos, originando un aumento de productos no conformes, de los cuales se pudo evidenciar que la fuga de metal representa un 14% y la inclusión de arena un 7% en base a 1275 defectos hallados durante el periodo 2019

Por lo tanto, el objetivo principal de la investigación es cuantificar el impacto de la propuesta aplicando AMEF para la reducir los defectos en la fabricación de piezas fundidas, la cual buscó tomar acciones correctivas ante los defectos que se presentan con mayor frecuencia, y así garantizar una mejora del sistema productivo en las líneas productivas de modelería, moldeo, fusión y acabado

En el capítulo I, se plantea la descripción del problema en la cual se describe y se formula el problema principal, el cual está enfocado en el aumento de productos defectuosos y los problemas específicos que evidencia que los defectos más frecuentes son la inclusión de arena con un 7% y la fuga de metal con un 14%. Este capítulo sirvió como base para realizar el estudio de la presente investigación.

El capítulo II contempla el marco teórico, en donde se redactan los antecedentes que aportan conocimiento de investigaciones de otros autores, como Zegarra en su investigación sobre “la reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF” y Paredes en su investigación sobre “la propuesta de mejora para reducir las no conformidades en el proceso de envasado de leche UHT en bolsa aplicando la herramienta AMFE “, las cuales que puedan apoyar y sustentar la investigación realizada.

En el capítulo III, se detallan las características metodológicas de la investigación, así como la población y muestra de donde se extrajo la información para la investigación.

En el capítulo VI, se presenta y analiza los resultados que se obtuvo al procesar los datos de la información obtenida, el cual muestra una reducción del NPR del 20% en el defecto de inclusión de arena, y del 30% en el defecto de fuga de metal, además de la frecuencia con

que se presenta la inclusión de arena disminuyo en 1% y para la fuga de metal disminuyo en 7%. Finalmente se mostró las propuestas de solución para la mejora de cada uno de los objetivos.

También se describió todas las fuentes de información como libros, papers e investigaciones pasadas que se consultaron para el armado de la estructura de la investigación.

Por último, se presentan los anexos los cuales muestran los formatos para la recolección de datos, las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio realizado.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación se desarrolla en una empresa metalúrgica en el Perú, la cual pertenece al sector industrial de manufactura/fabricación de metales comunes.

Según la fuente industria Perú, la industria metalmecánica fue impulsada por proyectos de los sectores minería, hidrocarburos y construcción, la cual engloba la producción de un amplio abanico de bienes que resultan claves para el desarrollo del resto de actividades económicas. En este sentido, se trata de una actividad que forma parte de diversas cadenas de valor y sectores productivos, proveyendo insumos y bienes finales destinados a la producción, el consumo y la inversión.

Es así que en el último año se registró una mayor producción de las ramas industriales vinculadas al sector metalmecánico, el cual presenta un incremento de 13,87% de productos metálicos para uso estructural, mientras que la industria básica de hierro y acero registro un crecimiento de 13,6%, ante una mayor producción de materiales para construcción.

Ante este crecimiento del sector metalmecánico hace que se vuelva más competitivo y por ende la importancia de una buena gestión en sus procesos.

La empresa metalúrgica a la cual a la cual hacemos referencia en este presente estudio de investigación se asemeja a esta realidad, la cual se origina por una deficiente gestión de sus procesos productivos, lo cual repercute en el aumento de productos no conformes, originando una baja productividad.

Por lo tanto, el objetivo principal de la investigación es cuantificar el impacto de la propuesta aplicando AMEF para la reducir los defectos en la fabricación de piezas fundidas, enfocándonos en la solución de los defectos más frecuentes, lo cual permitió mejorar el sistema productivo en las líneas productivas de modelería, moldeo, fusión y acabado.

1.1. Descripción del problema general y específico

La empresa que sirve como modelo para la ejecución del presente trabajo de investigación desarrolla sus actividades en el sector de la industria metalúrgica la cual proporciona servicios en los diferentes tipos de industria como; la minería, metalmecánica y cementera, es decir, contribuyendo en el desarrollo del país.

Las piezas fundidas es el producto final de esta empresa, las cuales presentan un aumento en la cantidad de defectos de fundición; los cuales reducen la productividad, los defectos que se presentan con mayor frecuencia son: la fuga de metal (14%) y la inclusión de arena (7%) en base a 1275 defectos hallados durante el periodo 2019; sin embargo, para el periodo enero-septiembre 2019 se evidencio un total de 151 defectos para fuga de metal, el cual representa un (14%) y 27 defectos para inclusión de arena el cual representa un (3%) en base a 1057 defectos evidenciados.

Los defectos del producto se determinan como una “no conformidad” en la fabricación de piezas fundidas, la presente investigación está orientada a reducir las no conformidades. Por lo tanto, se describirá las líneas productivas donde se producen estos defectos.

El proceso productivo está conformado por las líneas de modelería, moldeo, tapado, fusión, tratamiento térmico y acabado, en donde se ejecuta un conjunto de operaciones orientadas a la fabricación de las piezas fundidas, y en las cuales se pueden producir los defectos antes mencionados.

En primer lugar, la línea de modelería se encargan de hacer el modelo en madera de la pieza y modelo en madera del alma de acuerdo con el diseño de plano.

En segundo lugar, la línea de moldeo se encarga de moldear la pieza de madera con arena sílice, resina y catalizador, estas se efectúan en dos partes: base y tapa.

En tercer lugar, la línea de tapado se encarga de destapar las dos mitades de la pieza moldeada y colocar el alma moldeada, lo pinta en tres capas con pintura grafito, alcohol industrial y se seca con fuego. Es en este paso donde se produce la inclusión de arena si no se ejecuta de manera correcta.

Una vez terminado el diseño de colada, la línea de tapado une las dos partes, y calcula cuantas pesas deben ser colocadas según el tipo de pieza. Es en este paso donde se produce la fuga de metal, si no se calcula correctamente la cantidad de pesas.

En cuarto lugar, la línea de fusión se ejecuta el vaciado del metal fundido mediante el bebedero, en donde se calcula la temperatura del material fundido.

En quinto lugar, la línea de tratamiento térmico modifica la estructura de la pieza

Por lo tanto, si se modifica la estructura de la pieza, las propiedades mecánicas (dureza, resistencia al impacto, flexibilidad, fragilidad, etc.) pueden verse afectadas, y provocar un tipo de rechazo que es la fisura.

Finalmente, en la línea de acabado, se realiza el corte de los alimentadores hechos en el diseño de colada de la línea de moldeo, la cual es una operación importante que, de no ejecutarse de manera correcta, se produce el defecto de fisura en las piezas fundidas.

En la búsqueda de reducir los productos no conformes, se inicia la investigación de los defectos que se producen en las piezas fundidas, las cuales evidenciaremos de manera cuantitativa según la cantidad de defectos y por el tipo de material, por lo tanto, en el primer grafico se muestra que material son los que presentan mayor cantidad de defectos.

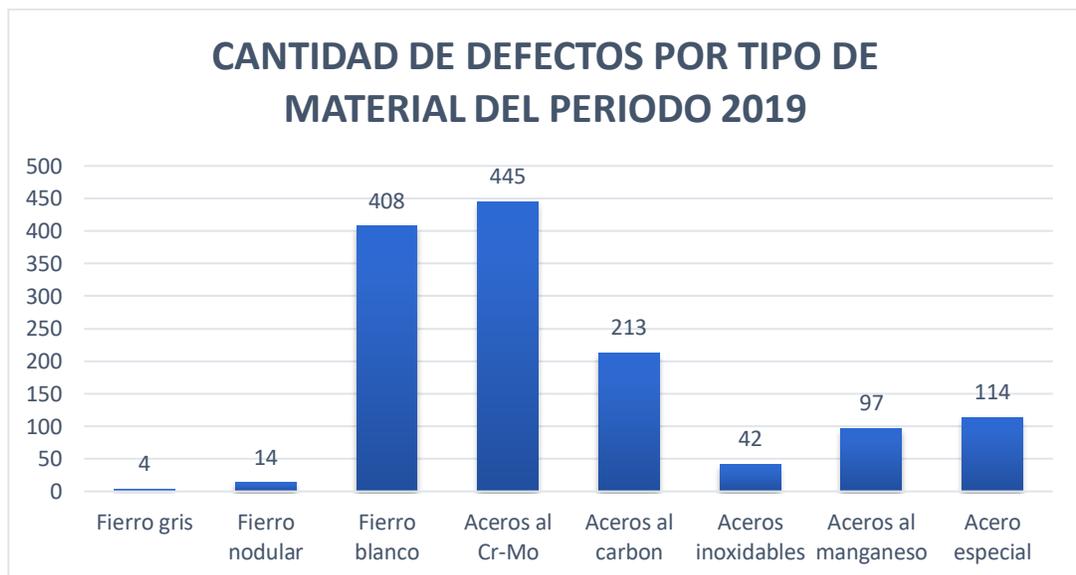


Figura 1: Cantidad de rechazos por tipo de material

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que las piezas fundidas de Acero al Cr-Mo con 445 unidades no conformes durante el periodo 2019.

Por último, en el segundo gráfico, se mostrará la cantidad de defectos que se manifestaron durante el periodo 2019:

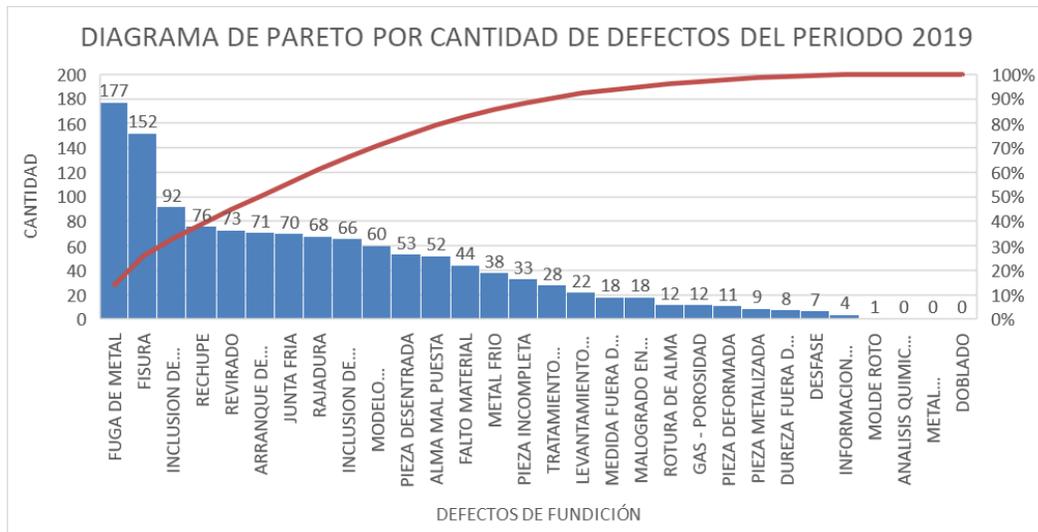


Figura 2: Diagrama de Pareto por cantidad de defectos-periodo 2019

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que los defectos que se presentan frecuentemente son la fuga de metal, con 177, la fisura con 152 y la inclusión de arena con 92. Estas son las veces que se han presentado estos defectos durante el periodo 2019.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

¿En cuánto impacta la propuesta aplicando AMEF para la reducción de defectos en la fabricación de piezas fundidas?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En cuánto impacta la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para la reducción de defectos "por inclusión de arena" en la fabricación de piezas fundidas?
- b) ¿En cuánto impacta la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para la reducción de defectos "por fuga de metal" en la fabricación de piezas fundidas?

1.3. Objetivo general y específico

1.3.1. Objetivo General

Cuantificar el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para la reducción de defectos en la fabricación de piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

1.3.2. Objetivo específico

- a) Cuantificar el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para la reducción de defectos por inclusión de arena en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.
- b) Cuantificar el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF para la reducción de defectos por fuga de metal en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

1.4. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática

1.4.1. Delimitación espacial

El recojo y procesamiento de datos se llevará a cabo en una empresa metalúrgica en el Perú.

1.4.2. Delimitación temporal

El estudio abarca, las piezas fundidas más representativas durante el periodo Enero-setiembre 2019.

1.5. Justificación e importancia

“Es necesario justificar las razones que motivan la investigación. Es conveniente explicar por qué es necesario llevar a cabo la investigación y cuáles son los beneficios que se derivarían de ella. Se puede proponer una serie de criterios para evaluar la utilidad de la investigación y cuanto mayor sea el número de criterios cubiertos, la investigación tendrá bases más sólidas para justificar su realización”. (Coral Sullcaray Bizarro ,2013, p.50)

Este estudio se justifica en el impacto positivo que una empresa metalúrgica encargada de la fabricación y comercialización de piezas fundidas al sector minero, cementero, agrícola, hidrocarburos.etc.

perteneciente al sector metalmecánico tendría a través de la propuesta de la aplicación del AMEF en la reducción de defectos en las piezas fundidas, lo cual disminuirá la cantidad de reclamos.

1.5.1. Justificación económica:

“Es fundamental que los propósitos de la empresa o sus gestores profesionales definan de manera clara y previa que objetivos y metas se tienen que alcanzar, por lo que se refiere a la mejora del nivel de beneficios de la posición competitiva o la valoración de las acciones de la empresa en el mercado de valores”. (Bernal Torres,2010, p)

La investigación tiene como justificación económica, la propuesta del impacto aplicación del AMEF para reducir los defectos en las piezas fundidas, lo cual permitirá reducir los productos no conformes, y en consecuencia el costo por TN rechazadas.

1.5.2. Justificación teórica:

“En investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente.” (Bernal Torres,2010, p.106)

La investigación tiene una justificación teórica, puesto que permitirá identificar las principales deficiencias en el proceso productivo y el procedimiento para la solución de los defectos de las piezas fundidas, lo cual generará conocimiento científico en investigaciones académicas asociadas a empresas metalúrgicas.

1.5.3. Justificación práctica:

“Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo.” (Bernal Torres,2010, p.106)

La investigación tiene un carácter de justificación práctica, puesto que propone una alternativa de solución al problema del aumento de productos no conformes, lo cual permitirá agilizar y minimizar errores en el sistema productivo.

1.5.4. Justificación metodológica:

“En investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable.” (Bernal Torres,2010, p.107)

La investigación tiene como objetivo describir una propuesta de solución para la mejora de la calidad en la fabricación de piezas fundidas, con la ayuda de técnicas metodológicas en el proceso de recolección de información y análisis de resultados, la cual servirá como información pertinente para demostrar en cuanto impacta la aplicación del AMEF en la reducción de los defectos de fundición.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Zegarra (2017) realizó una investigación sobre la “reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF”

El objetivo principal de investigación fue reducir los productos no conformes en la fabricación de jabones de modelo ovalado de un laboratorio dedicado a la venta de jabones de tocador para el sector hotelero aplicando la metodología de Análisis del modo y efecto de la falla. Se utilizó un diseño descriptivo-correlacional. La muestra representa 133600 unidades, las cuales estuvo conformadas por 334 cajas, teniendo en cuenta que cada caja contiene 400 unidades de jabón. Como instrumentos se utilizaron la hoja de registro de producción, hoja de no conformidades, focus groups y entrevista a jefe de planta. Entre las conclusiones estableció que el porcentaje de productos no conformes se redujo de 16.66%, representa 10,000 unidades, a 1.36% que representa 820 unidades de jabón de modelo ovalado. Además, se recuperó la inversión de S/. 8,365.00 nuevos soles a un mes de la implementación.

Paredes (2016), realizó una investigación sobre la “Propuesta de mejora para reducir las no conformidades en el proceso de envasado de leche UHT en bolsa aplicando la herramienta AMFE”

El objetivo principal es la reducción de productos no conformes en una empresa envasadora de leche UHT de marca “Pura vida”, desarrollando la metodología AMFE “Análisis modal de Fallos y Efectos”. Se utilizó un diseño descriptivo-correlacional. La muestra está conformada el reporte de calidad de los últimos 3 meses del proceso de envasado. Como instrumentos se utilizaron el método Ishikawa para identificar los modos potenciales, luego la metodología de los 5 porqué de los problemas identificados. Entre las conclusiones se estableció que durante el periodo de evaluación de los productos no conformes fue entre el mes de

setiembre y diciembre del año 2015 registrando 53580 unidades, el defecto de “Fuga de producto” representa el 72% con 38488 unidades. Como medida de mejora, se propone mejorar el diseño durante el embalaje, colocando una bolsa de protección de 15 cm por encima de la caja de cartón. Además, se hacen aportes de difusión y seguimiento al control de BPM con charlas de 10 minutos diarias que motivan la participación de la mejora continua realizando instrucciones de las buenas prácticas establecidas para dicha área de trabajo que se comprenden en 5 minutos de charlas y 5 minutos para resolver dudas, inquietudes o recibir algún comentario que beneficie al tema tocado. Además, se estableció un plan de sistema de control estadístico de proceso (CEP) para el diagnóstico de las temperaturas durante el proceso se realizó histogramas, pruebas de normalidad y Graficas de control de datos interpretando los datos. El uso de las herramientas de calidad y la metodología AMEF se concluye que se obtuvieron 8 modos de fallo de acuerdo con el NPR cuyas causas principales son: Contacto con el filo de la caja, Mala aplicación de las BPM, Un orificio cerca al sello transversal inferior, Piquetes de lámina, Velocidad alta en la faja de transporte.

Aguirre (2017) realizó una investigación sobre la “reducción del índice de riesgo y su efecto sobre el nivel de reclamos en la recarga de extintores”

El objetivo principal es determinar la influencia del número prioritario de riesgo (NPR) en la ocurrencia de reclamos en el proceso de recarga de extintores, llegando a este valor a través de las etapas de la metodología de modo de fallo, efectos y causales de fallo vinculados a los equipos sin presión y con baja presión producto de los constantes reclamos de los clientes. Se utilizó un diseño no experimental-longitudinal. Se utilizó una muestra no probabilística intencional a los extintores de polvo químico seco (PQS) ya que las diversas irregularidades que han venido presentando estos equipos en cuanto a su efectividad. Como instrumentos se utilizaron los reportes de producción, registro histórico de reclamos, focus groups y careo con el supervisor del taller. Entre las conclusiones se obtuvo un efecto positivo reduciendo el NPR de los extintores sin presión y de baja presión.

(Guerra &Wenceslao, 2017) realizaron una investigación sobre el “Análisis de modo y efecto de falla en los scoptrams de la empresa minera ATOCHA”

El objetivo principal es realizar un análisis de modo y efecto de falla (AMEF) en los scooptrams de la empresa minera ATOCHA, para determinar la mejora del servicio que presta el equipo pesado. Se utilizó un diseño descriptivo-no experimental. La muestra está compuesta por los scooptrams en funcionamiento durante el periodo de 6 meses. Entre las conclusiones, según la cantidad de fallas, se determinó que los equipos más críticos resultaron el scooptrams D-29, scooptrams D-44 y scooptrams D-46. La disponibilidad se realizó en forma mensual llegando a obtener la disponibilidad más alta en el mes marzo, donde el scooptrams D-46 R-1300G logro una disponibilidad del 91.28%, el scooptrams D-44 R1600H un a disponibilidad del 89.95% finalmente el scooptrams D-29 R-1600G una disponibilidad del 63.98%.

Fernández (2017), realizó una investigación sobre la” Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea”

El objetivo principal es demostrar que la aplicación de la herramienta AMEF mejora la productividad de la línea HC-1 de Yogurt en una empresa Láctea, estableciendo las acciones preventivas adecuadas para el tratamiento de los defectos detectados por materiales y máquinas durante el envasado de Yogurt. Se utilizó un diseño cuasi experimental que consiste en manipular la variable Independiente para observar su efecto en la variable dependiente, así mismo, es aplicada y cuantitativa de datos paramétricos. La muestra se compone de las producciones de Yogurt x 100mL en la línea HC-1 de Yogurt durante el periodo de 12 semanas de aplicación y medición de los indicadores del antes y después. Como instrumentos de medición se utilizó son las fichas de datos, donde se recopila la información de todos los fenómenos detectados insitu. Entre las conclusiones se halló que la aplicación de la herramienta AMEF mejora la productividad en 7.6%, la eficiencia en 3.2% y la eficacia en 4.8% en promedio de medias del antes y del después de la aplicación. Por ello, concluyo que la Aplicación de la herramienta AMEF incrementó la productividad de la línea HC-1 de Yogurt en una empresa Láctea.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Duque & Romero, Colombia (2013), En su investigación sobre la “Mejora de la calidad en el proceso productivo de la empresa Inalmegea”

El objetivo principal es mejorar la calidad en el proceso de producción en una empresa del sector de artes gráficas de la ciudad de Cali a través del método AMEF, identificar las fallas potenciales que pueden ocurrir durante el proceso productivo en la empresa INALMEGA., cuyo diseño es aplicado-experimental. La muestra está conformada por la información de reclamos y producto no conforme del año 2012 y primer trimestre del 2013. Como instrumentos se utilizaron el diagrama de Pareto, estratificación, diagrama Ishikawa, método de las 6M, lluvia de ideas, DOP, diagrama SIPOC, mapa de procesos y el sistema poka-yoke. Entre las conclusiones se evidencio que El piloto de prueba fue útil para encontrar las fallas que pueden llegar a ocurrir, identificando sus respectivas causas y consecuencias que éstas podrían traer a la empresa. Para efecto del proyecto, se realizó un ejemplo paso a paso donde se deja evidencia de la ejecución del contenido planeado para la etapa de engomado. El NPR más alto fue de 392, que pertenece a las fallas de pegue de lineal defectuoso y plegadiza despegada. Con el diagrama de Ishikawa se obtuvo que la causa raíz de estas dos fallas es el incorrecto cuadro de máquina por parte de los operarios de la empresa a la hora de calibrar los gomeros. Con este resultado, se recomiendan acciones correctivas con el fin de prevenir futuras ocurrencias y el porcentaje de problemas de quejas y reclamos de la etapa de engomado se reducirá en un 40,3%, debido al análisis y eliminación de la causa raíz.

(Pérez Carrillo & Galeano Hernández, Colombia, 2017) realizó la tesis “Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión – soplado en placa S.A”,

Teniendo como objetivo principal implementar la metodología AMEF para controlar la variabilidad del proceso de extracción. La investigación se enfoca en controlar la variabilidad del proceso de extrusión, debido al aumento de las no conformidades en el área de producción, donde afecta a la eficiencia, el alto índice de reprocesos y el aumento de productos No conformes (costo), los defectos afectan directamente en la funcionalidad del producto en sobrecostos, tiempos improductivos, reclamaciones. Cuyo diseño es descriptivo-simple. La muestra está

conformada por la información suministrada por la empresa para el año 2016 donde se contó con aproximadamente siete mil datos que luego de ser depurados, organizados y clasificados da como resultado una nueva organización donde se cuenta con 14 categorías de no conformidades, esta clasificación considera tanto las no conformidades relacionadas con el funcionamiento de la maquinaria como el desarrollo de las actividades por parte del personal operativo y del personal técnico. Como instrumentos se utilizó el diagrama Ishikawa(causa-efecto) y diagrama de Pareto, las cuales dieron la facilidad de hallar las diferentes no conformidades del proceso, Entre las conclusiones se evidencio que el proceso presenta variaciones en la mayoría de sus etapas, ya que sus controles no son efectivos (control por atributos) y en algunos casos son inexistentes o no están normalizados. Además, Al aplicar la herramienta AMEF a las dos no conformidades críticas del proceso de extrusión soplado (contaminado y boca malformada), se encontró que el nivel de riesgo más alto (NPR) en la No conformidad de contaminado está directamente relacionada con la manipulación de la materia prima y el producto a reprocesar, por otro lado, en la No conformidad de boca malformada este nivel de riesgo (NPR) está directamente relacionado con los parámetros técnicos de la máquina. Al identificar las etapas del proceso que tuvieron un NPR mayor o igual a 200 se generan una serie de acciones correctivas que contribuyeron a la disminución de la incidencia del producto no conforme en el proceso productivo en un 10% en cada una de las etapas del proceso. García, Chile (2017), En su investigación sobre el “Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado, mediante la implementación de la metodología MCC apoyado en la técnica AMEF”

El objetivo principal es mejorar el desempeño de confiabilidad del Sistema de Propulsión y Rodado de perforadora Atlas Copco PV351, con Oruga CAT 375, mediante estrategias de mantenimiento y rediseño de componentes que permitan aumentar la confiabilidad intrínseca del sistema y su conservación en el tiempo. Por lo tanto, se realizó el análisis de los Modos de Fallas y las causas raíz del sistema y sus componentes, mediante métodos AMEF y Análisis de Árbol de Falla. Se utilizó un diseño descriptivo-simple. La muestra está compuesta del registro de fallas

entregado por el sistema de gestión SIGEMM, el cual, por condiciones de implementación, abarca desde el 1 de septiembre del 2012 hasta el 30 de junio del 2013. Como instrumentos se utilizaron indicadores de desempeño de mantenimiento, diagrama de Pareto y el diagrama Jack Knife. Entre las conclusiones, se evidencia que la implementación de estas estrategias se determinó un incremento en la efectividad del sistema de un 6% y una reducción de tiempo ocioso del sistema de 38% a 14%.

Álvarez, España (2017), en su investigación sobre la “Aplicación de un análisis modal de fallos y efectos para la mejora en la seguridad de la utilización de los sistemas automatizados de dispensación de medicamentos”

El objetivo principal es Evaluar el impacto de acciones de mejora definidas en un AMFE, en la seguridad de la utilización de los Sistemas Automatizados de Dispensación de medicamentos. Se utilizó un diseño descriptivo-correlacional. La muestra está compuesta por la dispensación de medicamentos a UH con SAD del periodo marzo de 2011 hasta octubre de 2014. Como instrumentos se utilizaron el diagrama de Pareto y diagrama Ishikawa. Entre las conclusiones se evidencio que las acciones implantadas producen una reducción estadísticamente significativa de la probabilidad de error, tanto en la etapa de preparación de los pedidos (RRR: 23,1%), como en la de reposición de los SAD (RRR: 39,8%). Así mismo, aumentan el número de líneas sin error y disminuyen los errores por línea.

Véliz, Ecuador (2017), en su investigación sobre el “Análisis de modo y efecto de falla del proceso de producción de la empresa mecanizados vallejo Vargas cía. Ltda. Y su incidencia en la productividad”

El objetivo principal es mejorar el proceso de producción de metalmecánica mediante un manual de procedimientos para aumentar la productividad, disminuyendo las fallas del proceso productivo en la empresa Mecanizados Vallejo Vargas Cía. Ltda. Se utilizó un diseño descriptivo-correlacional. La muestra representa las 804 mesas base para tanques de agua, proyecto que será observado desde el inicio hasta la entrega del producto final. Como instrumentos se utilizaron fueron las entrevistas al personal de trabajo, Histograma del nivel NPR por área de trabajo, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión. Entre las conclusiones se

evidencio que para el proceso de producción metalmecánica la mejora más importante y viable es la aplicación de la herramienta AMEF, puesto que todos los problemas ocasionadas son solucionados a través de capacitación para el personal operativo y el ingreso de una persona como supervisor de calidad. Esta mejora da como resultado, mayor control entre procesos y adquisición de conocimientos para los empleados en diferentes áreas.

Conclusiones de los antecedentes revisados: Se obtiene data sobre aplicación de AMEF para los procesos en las tesis de Paredes (2016), Fernández(2017), Duque & Romero, Colombia (2013), (Pérez Carrillo & Galeano Hernández, Colombia, 2017), Álvarez, España (2017),y Véliz, Ecuador (2017); para equipos en la tesis de (Guerra &Wenceslao, 2017) y García, Chile (2017) y para productos en la tesis de Zegarra (2017) y Aguirre(2017) ; para elaborar la tesis.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundición

La fundición de metales es el proceso de fabricación de piezas mediante el colado del material derretido en un molde.

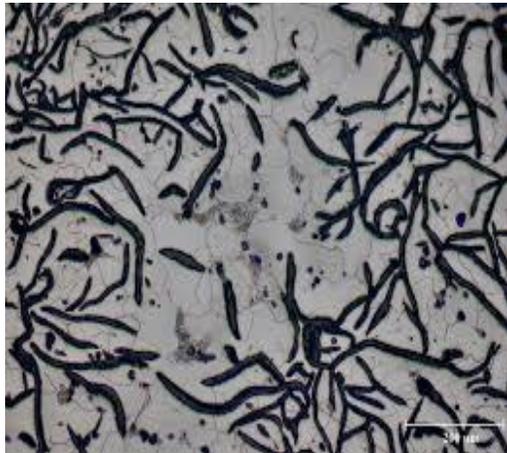
El proceso tradicional es la fundición en arena, la cual se utilizará en esta investigación, además de que casi todas las aleaciones pueden fundirse arena; de hecho, es uno de los procesos que pueden usarse para metales con altas temperaturas de fusión, como son el acero, níquel y el titanio. Su versatilidad permite fundir partes muy pequeñas o grandes, y en cantidades de producción que van de una pieza a millones de estas.

La fundición de arena consiste en vaciar el metal fundido a un molde de arena, dejarlo solidificar y romper después el molde para remover la fundición. Posteriormente la fundición pasa por un proceso de limpieza e inspección, pero en ocasiones requiere de un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades metalúrgicas. También incluye la fabricación de modelos y manufactura de moldes.

2.2.2. Tipos de aleaciones utilizados en la fundición

Las piezas fundidas están constituidas por diversos tipos de aleaciones, según lo que solicita el cliente, estas son:

-Fierro gris: Son aleaciones de hierro-carbono-silicio, y es uno de los materiales ferrosos más utilizados. Una de las características que distinguen a este tipo de hierro es que el carbono generalmente se encuentra como grafito, tomando formas irregulares las cuales se les conoce como hojuelas.



*Figura 3:*Fierro gris

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Fierro nodular: Son aleaciones de hierro-carbono-silicio. Las características de este material son de mayor elasticidad, el carbono tiene forma de esferoides y resistencia mecánica que las fundiciones grises y se utilizan en piezas donde la resistencia y ductilidad es de mucha importancia, como, por ejemplo: piñones, ejes cigüeñales, válvulas y elementos sometidos a altas presiones o cargas.

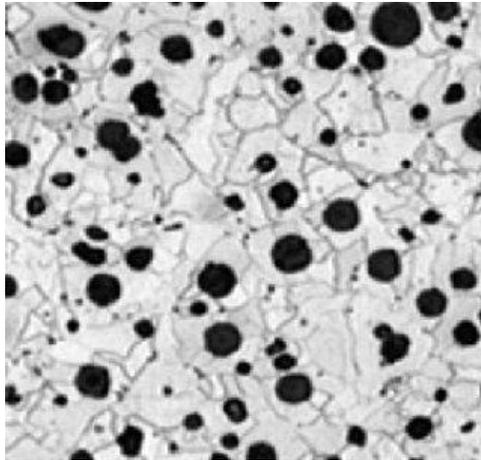


Figura 4: Fierro nodular
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Fierro blanco: Son aleaciones de hierro-carbono-silicio. Contiene entre 2 y 3.3% de carbón, este tipo de aleación puede ser utilizado para fabricar partes donde se necesite una alta resistencia a la abrasión, pero las aplicaciones son limitadas ya que es una aleación frágil, debido a que mucho del contenido de carbón está presente como carburos de hierro (Fe_3C), el cual es un compuesto duro y frágil. Presenta un color brillante y más claro en comparación con otras aleaciones de hierro. Mayormente se utiliza para producir fundiciones con fines decorativos.

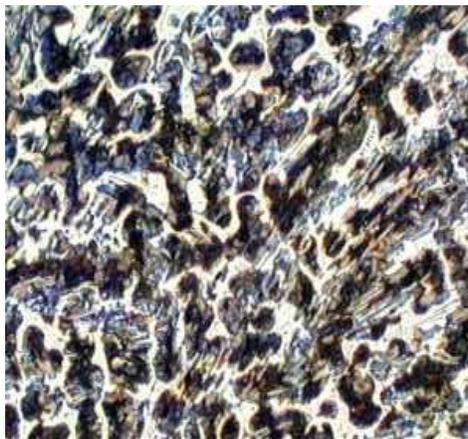


Figura 5: Fierro blanco
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Aceros al Cr-Mo: Este tipo de acero es conocido por su alta dureza y resistencia a la tensión, torsión y flexión debido a su composición, además de tener templabilidad al aceite. En su composición: El cromo es el metal que le da esa dureza adicional al acero; el molibdeno, por su parte, es el metal que ayuda a la distribución uniforme de ambos metales con el acero y proporciona la mayor resistencia. Es útil en el formado de partes, responde a todos los tratamientos térmicos y es de muy fácil maquinabilidad aún después de ser tratado, resiste temperaturas de más de 540°C sin perder ninguna de sus cualidades.



Figura 6: Acero al Cr-Mo

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Aceros al carbón: Aceros no aleados, o aceros al carbono son aleaciones base Fe, con contenidos de carbono superiores al 0,05% e inferiores al 2% en peso; la gran mayoría de estos aceros tiene contenido de C entre 0,1 y 1%. Por lo general es utilizado para fabricar maquinas, estructuras de construcción, tuberías, construcciones metálicas, piezas de maquinarias, etc.



Figura 7: Aceros al carbón

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Aceros inoxidables: Una de sus características principales es la resistencia a la corrosión que muestran este tipo de aceros, el cual se basa en la presencia de cromo (Cr) en su composición química. Por lo tanto, para que esta resistencia a la corrosión empiece a ser efectiva su porcentaje deberá ser superior al 10,5% en peso, con un máximo del 1,2% del porcentaje en peso de carbono (C). Por lo general es utilizado para fabricar tanques, tubos, bombas, válvulas, etc.



Figura 8: Aceros inoxidables
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

-Aceros al manganeso: Se trata de un acero austenítico al manganeso que contiene cerca de 1,2% C y 12% Mn. Este acero combina alta dureza y ductilidad con una gran capacidad de endurecimiento por deformación y buena resistencia al desgaste. Es utilizado en aplicaciones donde se requiere resistencia al impacto y contra la abrasión.



Figura 9: Aceros al manganeso
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

2.2.3. Descripción del proceso de fabricación de piezas fundidas

El proceso productivo está conformado por las líneas de modelería, moldeo, tapado, fusión y acabado, en donde se ejecuta un conjunto de operaciones orientadas a la fabricación de las piezas fundidas.

En primer lugar, la línea de modelería se encargan de hacer el modelo en madera de la pieza y modelo en madera del alma de acuerdo con el diseño de plano.

En segundo lugar, la línea de moldeo se encarga de moldear la pieza de madera con arena sílice, resina y catalizador, estas se efectúan en dos partes: base y tapa.

En tercer lugar, la línea de tapado se encarga de destapar las dos mitades de la pieza moldeada y colocar el alma moldeada, lo pinta en tres capas con pintura grafito, alcohol industrial y se seca con fuego.

Una vez terminado el diseño de colada, la línea de tapado une las dos partes, y calcula cuantas pesas deben ser colocadas según el tipo de pieza.

En cuarto lugar, la línea de fusión se ejecuta el vaciado del metal fundido mediante el bebedero, en donde se calcula la temperatura del material fundido.

En quinto lugar, la línea de tratamiento térmico se encarga de modificar la microestructura (dureza, flexibilidad, resistencia, etc.) de los materiales.

Existen diferentes tipos de tratamiento térmico según el tipo de material, el templado es al agua a -20°C y revenido a 40°C .

Finalmente, en la línea de acabado, se realiza el corte de los alimentadores hechos en el diseño de colada en la línea de moldeo.

2.2.4. Defectos en la fundición

Según lo mencionado anteriormente, el proceso productivo está conformado por las líneas de modelería, moldeo, tapado, fusión, tratamiento térmico y acabado. En las cuales se pueden producir defectos en las piezas fundidas durante la operación en las líneas productivas. Los defectos que se identificaron en el periodo 2019 son:

Tabla 1 *Defectos de rechazos*

Defectos de rechazos
Pieza metalizada
Análisis químico fuera de especificación
Rotura de alma
Desfase
Dureza fuera de estándar
Fisura
Gas - porosidad
Fuga de metal
Medida fuera de plano
Inclusión de escoria
Junta fría
Levantamiento de molde
Modelo incorrecto o mal marcado
Molde roto
Pieza incompleta
Rajadura
Rechupe
Alma mal puesta
Metal inadecuado
Pieza deformada
Malogrado en mecanizado
Información errónea /incompleta
Revirado
Falto material
Inclusión de arena
Tratamiento térmico
Arranque de material
Pieza descentrada
Doblado

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Causas de los defectos de fundición

Los defectos antes mencionados están basados en las siguientes causas:

Pieza metalizada: Mal limpiado de las callanas y el horno al momento de fundir el material, mal pintado de moldes en el área de tapado.

Análisis químico fuera de especificación: Un mal mantenimiento y calibración del espectrómetro (instrumento para el análisis químico).

Rotura de alma: Mal tapado de moldes, exceso de peso en los moldes al momento de tapar.

Desfase: Mal tapado de moldes, falta de peso en los moldes.

Dureza fuera de estándar: Mal tratamiento térmico, composición química fuera de estándar.

Fisura: Exceso de tiempo en el tratamiento térmico, temperatura de vaciado del material fuera de rango o especificación.

Gas-porosidad: Temperatura de vaciado del material fuera de rango o especificación.

Fuga de metal: falta de pesas en los moldes al momento de tapar.

Medida fuera de plano: mal control dimensional del área de control de calidad, instrumentos de medición mal calibrados.

Inclusión de escoria: mantenimiento de las callanas y hornos en malas condiciones, escoriado incorrecto del material al momento de fundir.

Junta fría o metal frío: temperatura del material fuera de especificación o rango, llenado del material por la mazarota.

Levantamiento de molde: falta de pesas en los moldes al momento de tapar.

Modelo incorrecto o mal marcado: mala codificación de planos por parte del área de diseño.

Molde roto: molde con demasiado tiempo de fraguado, exceso de peso sobre el molde.

Pieza incompleta: mala coordinación entre las áreas de moldeo y control de calidad, falta de conocimiento de plano.

Rajadura: exceso de tiempo en el tratamiento térmico.

Rechupe: número de manguitos fuera de especificación, temperatura de material fuera de rango.

Alma mal puesta: falta de conocimiento del personal de tapado sobre el modelo al tapar.

Metal inadecuado: internamiento de pedido mal codificado por parte del asesor de ventas, confusión de material al momento de hacer el programa de fusión por parte del encargado de pcp.

Pieza deformada: inadecuado tratamiento térmico, mal tapado de molde, modelo en madera fuera de medida de plano.

Malogrado en mecanizado: Instrumento de medición no están calibrados, descuido personal por parte del técnico mecánico.

Información errónea/incompleta: Internamiento de pedido mal codificado por parte del asesor de ventas.

Revirado: Desviación del modelo al momento de tapar y pintar.

Falto material: Internamiento de pedido mal codificado por parte del asesor de ventas, cálculo de balance de carga incorrecto.

Inclusión de arena: Mal soplado de molde al momento de pintar.

Tratamiento térmico: Falta de conocimiento por parte del personal del área.

Arranque de material: Tiempo de desplome antes de lo estimado.

Pieza descentrada: Mal tapado del molde, modelo en madera fuera de medidas.

Doblado: Exceso de tiempo en tratamiento térmico lo que provocaría una rajadura.

2.2.6. Herramientas de mejora

2.2.6.1. Análisis de causa raíz (Diagrama Ishikawa)

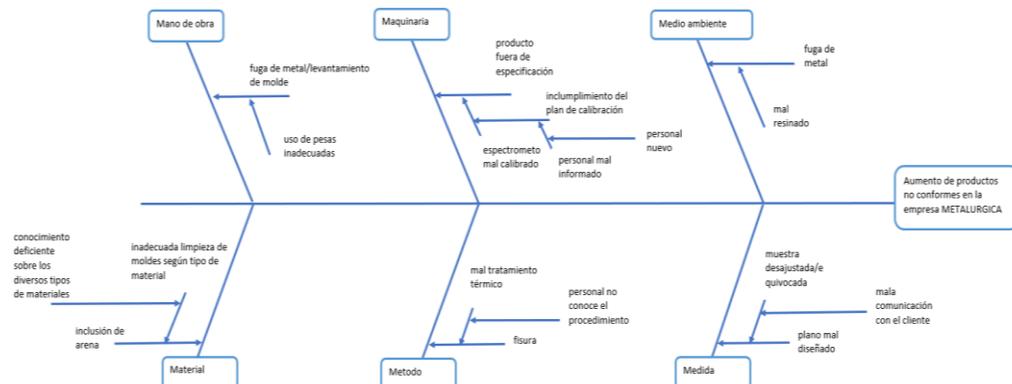


Figura 10: Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Aplicación de la herramienta AMEF

2.2.7.1. AMEF

Se define AMEF como una herramienta que permite identificar fallas en productos y procesos, y evaluar objetivamente sus defectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención (Socconini,2008, p.223)

La herramienta AMEF, se utilizará como propuesta de solución a los defectos en las piezas fundidas, para lo cual definiremos las dimensiones de esta herramienta, la cual se mide a través del índice de evaluación, que son: índice de severidad(S), índice de ocurrencia(O), índice de no detección(D), los cuales determinan el número de prioridad de riesgo $(NPR)=S*O*D$. El resultado de esta herramienta será un listado priorizado de modo de fallas potenciales, sus efectos y sus posibles causas. Además de proponer acciones recomendadas lo cual permita observar posteriormente si tiene un impacto positivo en la reducción de productos no conformes.

2.2.7.2. Metodología de trabajo para aplicar la herramienta AMEF

En las líneas productivas se evidenció un aumento de no conformidades, los cuales son: la inclusión de arena, fuga de metal y la fisura, con un 7%,14% y 12% respectivamente. Lo cual ha generado una oportunidad de mejora mediante la aplicación de una herramienta que permita reducir la cantidad de productos defectuosos que se evidencian durante la fabricación de piezas fundidas.

La herramienta AMEF (Análisis de modo y efecto de falla) es una alternativa de mejora para cada una de las líneas productivas, puesto que al ser aplicada se evidenciar las fallas en cada proceso, por lo tanto, permite seleccionar y abordar acciones correctivas. El desarrollo de esta herramienta está conformado por las siguientes fases:

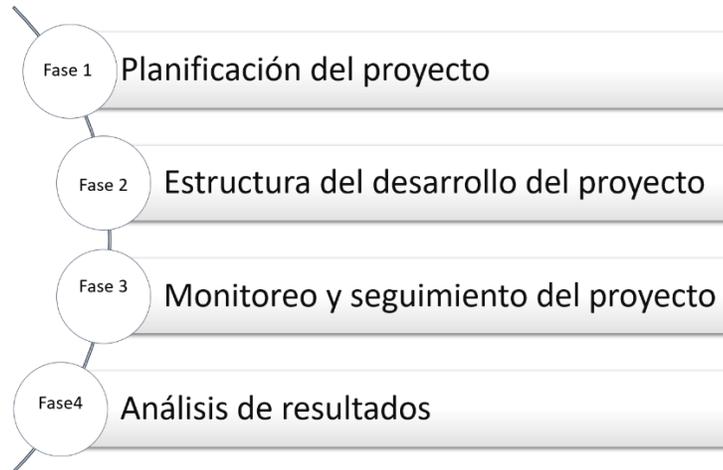


Figura 11: Fases de la herramienta AMEF

Fuente: Elaboración propia

Para la presente investigación el AMEF realizado está enfocado en los procesos, puesto que se ejecuta el seguimiento en cada una de las líneas productivas, lo cual permite identificar los modos de fallas potenciales que perjudiquen el desarrollo de un proceso, para ello se debe tener identificado aquel proceso donde se producen los defectos (no conformidades), de esta manera la organización aumentará su eficiencia y reducirá los reclamos de los clientes.

Fase 1: Planificación del proyecto

1) Desarrollar mapa de proceso

La primera fase de la aplicación de la herramienta AMEF, consiste en la elaboración del mapa de procesos de la fabricación de piezas fundidas, lo cual permite esquematizar de manera secuencial el sistema productivo, y por lo tanto identificar los puntos críticos donde se pueden presentar fallas.

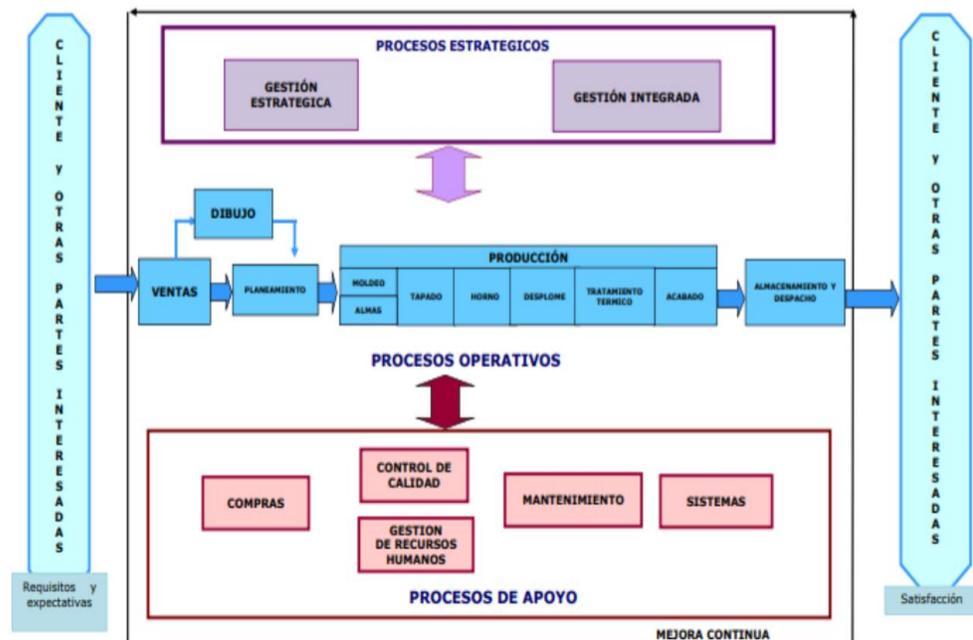


Figura 12: Mapa de procesos

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

2) Desarrollar diagrama de flujo

El diagrama de flujo permite identificar cada una de las actividades que se ejecuta en las etapas de producción, la cual complementará la búsqueda de los puntos críticos en el sistema productivo.

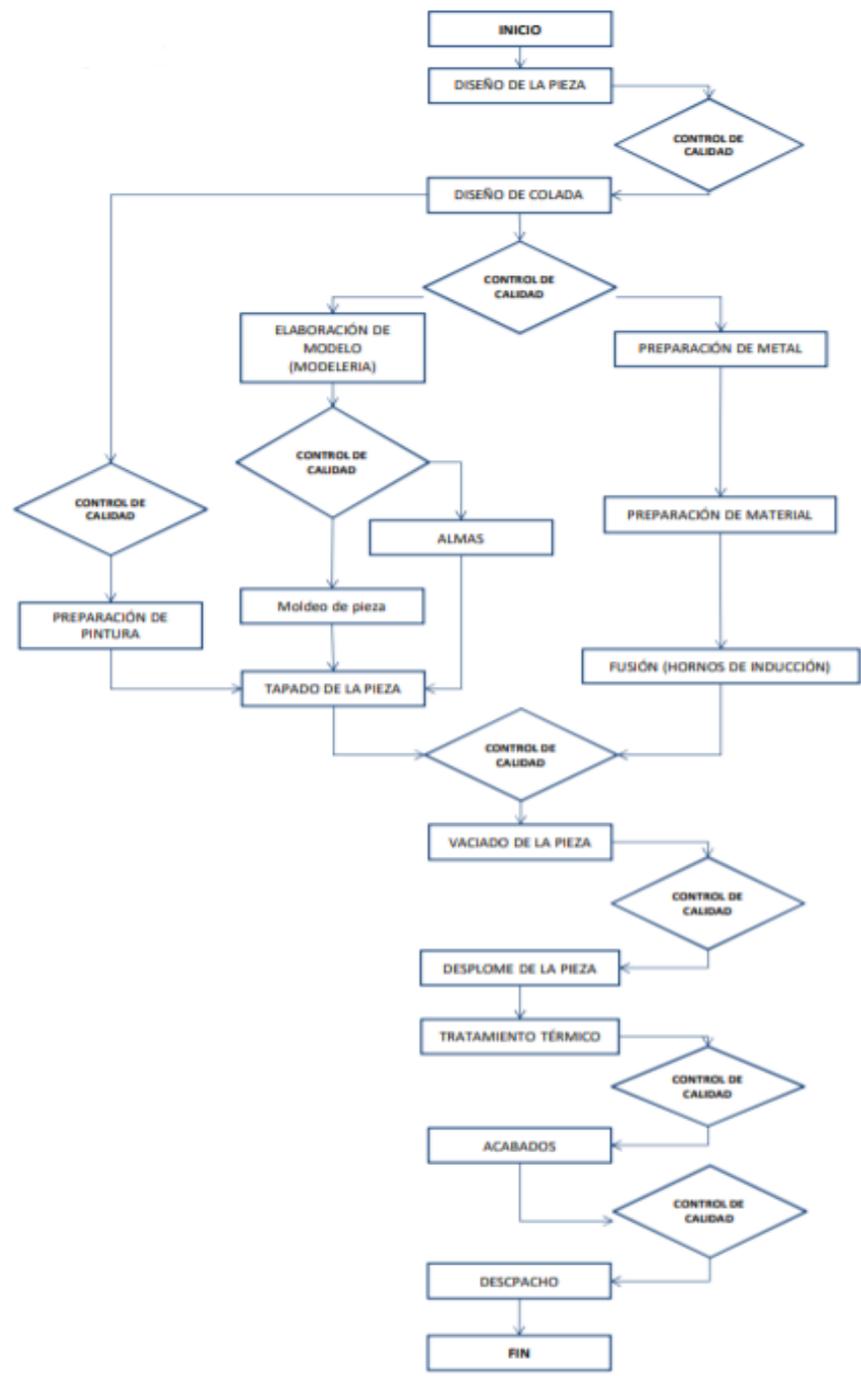


Figura 13: Diagrama de flujo
 Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

3) Análisis de la situación actual

Para identificar los procesos en donde se producen las fallas potenciales, se elabora la matriz AMEF, la cual nos permitirá evaluar la situación actual en la que se encuentra el proceso productivo de piezas fundidas.

Fase 2: Estructura de desarrollo del proyecto

4) Creación del equipo AMEF

Luego de definir el esquema del proceso productivo, se procede a formar el equipo AMEF, para el cual se convocaron personas con experiencia y conocimiento en las líneas productivas de la fundición de piezas.

-jefe de control de calidad con especialidad en ensayos no destructivos (END)

-Gerente de planta, el cual es un ing. metalurgista

-Encargado del PCP, el cual es un ing. industrial

-Supervisores de área, los cuales son los técnicos metalurgistas

5) Determinar los pasos críticos del proceso y clasificación de los modos potenciales de falla y sus efectos

Una vez establecido el equipo AMEF, se procede a identificar aquellos pasos críticos de las operaciones que se ejecutan en el proceso productivo que conlleve a posibles fallas, los cuales involucran el uso ineficiente de materiales, incumplimiento del programa de mantenimiento y/o ineficiente operación en alguna de las etapas de las líneas productivas.

Posteriormente a la identificación de los pasos críticos y potenciales fallas de las líneas productivas, se procede analizar cada uno de estos pasos para detectar todas las fallas posibles que involucren deficiencia en la fabricación de piezas fundidas como también sus efectos que afectan a la producción.

Definiendo las fallas y sus efectos, se procede al cálculo de los índices de gravedad o severidad (S), frecuencia de ocurrencia (O) y detectabilidad (D).

Los cuales se detallan a continuación:

a) Gravedad o severidad de fallo

Evalúa la gravedad del efecto, o la consecuencia en caso de plantearse un fallo.

Este índice valora en una escala de 1 a 10:

Tabla 2: Clasificación según gravedad o severidad de fallo

Criterio	Valor de S	Valoración equipo AMEF
Infima. El defecto sería imperceptible por el usuario	1	
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia	2-3	
Baja. El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5	
Moderada. El fallo produce disgusto o insatisfacción del cliente	6-7	
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9	
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos de vigor	10	

Fuente: Elaboración propia

b) Frecuencia de ocurrencia

Evalúa la probabilidad de que se produzca el Modo de Fallo, por cada una de las causas potenciales. Se puntúa de 1 a 10 según la siguiente escala:

Tabla 3: *Frecuencia de ocurrencia*

Criterio	Valor de O	Valoración equipo AMEF
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1	
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3	
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5	
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7	
Elevada probabilidad de ocurrencia, El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9	
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10	

Fuente: Elaboración propia

c) Detectabilidad

Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa, y el Modo de Fallo resultante, antes de llegar al cliente. Se puntúa de 1 a 10 según la siguiente escala:

Tabla 4: *Detectabilidad*

Criterio	Valor de D	Valoración equipo AMEF
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1	
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3	
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección	4-5	
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7	
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9	
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10	

Fuente: Elaboración propia

6) Obtener el número de prioridad de riesgo de cada falla y toma de decisiones

Este valor permite identificar el nivel de criticidad que presenta cada una de las líneas productivas, el cual se obtiene del producto de la puntuación efectuada a la severidad(S), ocurrencia(O), y detectabilidad(D). Según el valor del NPR obtenido se priorizan las acciones correctivas que permitan reducir o eliminar los defectos que causan un impacto negativo en el proceso productivo.

- NPR > 40 y < 100: Si la falla se encuentra dentro de estos parámetros, se considera como una falla de criticidad menor
- NPR > 100: Este valor indica que se debe tomar acciones correctivas lo más pronto posible para reducir o eliminar las fallas
- $NPR = S \times O \times D$

7) Ejecutar acciones correctivas e implementar medidas de prevención

Con los valores del NPR, se procede a la aplicación de acciones correctivas que permitan la eliminación y reducción del impacto que generan en el proceso. El AMEF permite documentar todas las acciones efectuadas, las cuales funcionan para abordar fallas posteriores que sean similares, permitiendo una solución efectiva y rápida. Luego de ejecutar las acciones correctivas se procede a recalcular el NPR para evidenciar la mejora establecida.

Proceso	Operación	Función del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	Causas Potenciales	¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Falla?	Controles de Ocurrencia	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla?	D E T	N P R	Acciones Recomendadas
PRODUCCION	Colada	Preparar colada en el molde	Rechupado	Pieza Inservible	10	Aporte del material fundido desde la mazarota equivocado	5	Visual	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla?	2	100	¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección?
			Junta Fria	Desgaste prematuro de la pieza en el proceso de tornado, por la discontinuidad de sus propiedades	4	Inadecuada temperatura en la colada, insuficiente para refundir las gotas que solidifican prematuramente al salpicar al mode	2	Ninguno	10	80	Controlar la temperatura antes del vaciado (termocupla)	
			Fuga de metal	Pieza Inservible	6	Inadecuado acoplamiento de los moldes lo que genera falta de peso en el producto obtenido	5	Visual	5	150	Controlar la operación	
	Tapado	preparar el molde para su uso en la fundición	Inclusión de arena	Pieza defectuosa visualmente (grumos)	8	Mal pintado y limpieza de las piezas	5	Cronograma de maquinarias y equipos de producción	4	160	Diseñar nuevo metodo de pintado	
			Levantamiento de molde	Pieza descentrada	7	Falta de capacitación del personal en temas de tapado de molde	3	Plan de capacitación anual	5	105	Contratar ingenieros metalurgicos que puedan capacitar al personal de tapado	
	Acabado	Realizar acabado de la pieza	Fisura	Pieza rota	9	Mal diseño de colada	10	Diseño de colada en acabado	1	90	Mejorar los sistemas de control e inspeccion	
				Calentamiento de los manguitos o alimentadores	9		10	Diseño de colada en acabado	6	540		

Figura 14: AMEF-Acciones recomendadas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el AMEF los principales riesgos se encuentran en las operaciones de colada, tapado y acabado, puesto que presentan un alto índice de riesgo en los defectos de fuga de metal (150), inclusión de arena (160), y fisura (540). Por lo tanto, se tomarán medidas de contingencia para reducir los productos no conformes.

2.2.8. Técnicas

2.2.8.1. Prueba de medias no apareadas

La prueba de medias no apareadas consiste en la comparación de resultados de medias entre la cantidad de defectos antes de la aplicación de la herramienta AMEF, y la cantidad de defectos luego de aplicarla.

2.2.9. Sistema de Hipótesis

2.2.9.1. Hipótesis general

a) Si se cuantifica el impacto de la propuesta de la aplicación de la herramienta AMEF, entonces habrá una reducción de defectos en la fabricación de piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

2.2.9.2. Hipótesis específicas

b) Si se cuantifica el impacto de la propuesta de aplicación la herramienta AMEF, entonces habrá una reducción de defectos por inclusión de arena en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

c) Si se cuantifica el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF, entonces habrá una reducción de defectos por fuga de metal en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y método de investigación

3.1.1. Tipo

Hernández, Fernández y Baptista (2011) establecen que el propósito de la investigación científica:

“Es la generación de conocimiento mediante la investigación pura y la solución de problemas mediante la investigación aplicada”

Además, menciona que: “El estudio de alcance descriptivo busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren. Y el estudio de alcance explicativo van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas”

Por esta razón, esta investigación es de tipo aplicada, ya que propone la aplicación de una herramienta que ayudara a mitigar los defectos en las piezas fundidas, para disminuir la cantidad de productos rechazados a fin de incrementar la rentabilidad de la empresa metalúrgica.

Adicionalmente, este estudio se define como una investigación descriptiva-explicativo ya que se va a describir lo que se observa en el proceso productivo, adicionalmente del impacto cuantitativo de la aplicación de la herramienta AMEF (Análisis de modo efecto y falla) para las líneas de producción donde se generan los defectos de las piezas fundidas.

3.1.2. Método

Hernández, Fernández y Baptista (2011) establece que la investigación no experimental es: “La investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (p.152)

La investigación efectuada es no experimental, puesto que se basa fundamentalmente en la observación del proceso productivo y posterior análisis del mismo

Hernández, Fernández y Baptista (2011) establece que la investigación transversal es: “Describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede” (p.154)

Esta investigación también es de tipo transversal, puesto que se recolectarán datos en un tiempo determinado, el cual en esta investigación será durante el periodo 2019.

3.1.3. Población de estudio

Velázquez (2017) define a la población “Como un conjunto de sujetos o individuos con determinadas características demográficas, de las que se obtiene la muestra o participantes en un estudio estadístico interno a la que se quiere extrapolar los resultados de dicho estudio” (p.8).

La población de esta investigación la compone todas las piezas fundidas en la empresa metalúrgica durante el año 2019.

La muestra de esta investigación es igual a la población.

3.1.4. Relación entre variables

Vicente Manzano (2013) Si existe relación entre variables significa que: “existe covariación, es decir, que el modo en que varían es más o menos conjunto. En otras palabras: observamos que cuando se da variación en una variable y en un sentido concreto, también se da variación en la otra u otras variables y también en un sentido concreto”.

Para esta investigación, la variable independiente es X: La propuesta aplicando AMEF.

Las subvariables independientes son:

X1: La propuesta aplicando AMEF.

X2: La propuesta aplicando AMEF.

X3: La propuesta aplicando AMEF.

La variable dependiente del estudio es Y: Defectos en la fabricación de piezas fundidas

Las subvariables dependientes son:

Y1: Defectos por rechupes en las piezas fundidas

Y2: Defectos por fuga de metal en las piezas fundidas

Y3: Defectos por levantamiento de molde en las piezas fundidas

3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según, Arias (2006: 53), “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información y los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”

Las técnicas para la recolección de datos para esta investigación son las siguientes:

-Observación de campo: Se ejecutó el diagnóstico de la situación actual y el de su proceso productivo en las líneas de modelería, moldeo, tapado, fusión tratamiento térmico y acabado, la cual se realizó mediante visitas periódicas al área de producción. Este instrumento fue esencial para la elaboración del diagrama de causa-efecto.

-Revisión de fuente de base de datos documentales y registros: Se examinó el histórico del reporte de piezas rechazadas del periodo 2019, en donde se evidencia la cantidad de kg fundidos por meses, cantidad de kg rechazados y el tipo de defecto por el cual fue rechazado. Esta información ha sido recopilada y procesada para su análisis y uso en esta investigación.

-Focus group: Es una técnica de recolección de datos que busca obtener información de los usuarios, sobre un determinado producto que pretende ser estudiado o analizado con el fin de investigar la percepción de los clientes del producto en estudio. Con el objetivo principal de realizar un debate en torno al tema específico que es la elaboración de la matriz AMEF y hacer que los participantes interactúen. En este presente estudio se recolecto información de las opiniones de 10 participantes (5 hombres y 5 mujeres), dentro de las instalaciones de la empresa metalúrgica en el área de producción.

3.1.6. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Según Sampieri (2014), “Toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres requisitos: Confiabilidad, validez y objetividad” (p.200).

Se entiende por grado de confiabilidad, que un instrumento brinda resultados coherentes y consistentes. La validez total evalúa todo tipo de evidencia como validez de contenido, de criterio y de constructo. Los instrumentos utilizados cumplen con los 3 requisitos, para los cuales no se ejecuta un cálculo de confiabilidad o fiabilidad para su validación.

Por último, la objetividad del instrumento es el grado que un instrumento es o no permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores califican e interpretan.

Para esta investigación no se necesita utilizar un criterio de validez y confiabilidad, puesto que la técnica de recolección de datos se puede evidenciar de manera física.

3.1.7. Procedimiento para la recolección de datos

Mediante la revisión de la fuente de base de datos documentales y registros, la observación de campo de las líneas productivas y el focus group se ejecutaron los siguientes procedimientos de recolección de datos:

- Se anotó y traslado la información evidenciada de la observación de campo de cada una de las acciones en las líneas productivas
- Se realizó un Pareto de la cantidad total de productos defectuosos del periodo 2019, mediante la cual se identificó los tres defectos más frecuentes en las piezas

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo específico 1:

Cuantificar el impacto de la propuesta aplicando la herramienta AMEF para la reducción de defectos por inclusión de arena en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú.

4.1.1. Situación PRE-TEST

Se determinó que el NPR inicial es de 150 para el defecto de fuga de metal según los índices de severidad, ocurrencia y detección de la matriz AMEF.

Tabla 5 *NPR inicial-fuga de metal*

Defectos	NPR inicial
fuga de metal	150

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que para el periodo enero-setiembre 2019 se fundieron 1479102 kg, de los cuales se rechazaron 13841kg a causa del defecto de fuga de metal, lo cual representa el 9.36% de los kg rechazados.

Tabla 6 *porcentaje de defectos enero-setiembre 2019-fuga de metal*

enero-sep. 2019			
Defectos de rechazos	Total, rechazado (Kg)	%	Total, fundido(kg)
fuga de metal	13841	9.36	1479102

Fuente: Elaboración propia

También se identificó el tipo de material, peso unitario, área de origen y kg rechazados por mes:

Tabla 7 Cantidad de kg rechazados por fuga de metal para el periodo enero-setiembre 2019

MES	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO UNI. (Kg)	CANT. RECHAZ.	PESO TOTAL	AREA DE ORIGEN	DEFECTOS
ENERO	ZAPATA DE ORUGA FRAGMENTADORA	MF-301	68	2	136.00	Tapado	fuga de metal
	ASIENTO DE VALVULA	MF-155	90	4	360.00	Hornos	fuga de metal
	MANTLE LINER HC M1, 442.9073-01 CHANCADORA CONICA SANDVIK H4	MF-510	775	1	775.00	Tapado	fuga de metal
	RUEDA	MF-303	700	1	700.00	Tapado	fuga de metal
	PISTA DE RODADURA SEGÚN MODELO	MF-503	1,380.00	1	1380.00	Moldeo	fuga de metal
	BARRA IMPACTO 4431-704	MF-155	185	1	185.00	Tapado	fuga de metal
	R10 - 310225	MF-207	72	1	72.00	Tapado	fuga de metal
FEBRERO	LABIO CENTRAL R6 - 170232 LABIO CENTRAL	MF-207	118	1	118.00	Tapado	fuga de metal
	23500215 - PLACA 1" (CH37-40/P3)	MF-154	29	30	870.00	Tapado	fuga de metal
	23500225 - PLACA 1" (CH37-40/P13)	MF-154	19	7	133.00	Tapado	fuga de metal
	23500213 - PLACA 1" (CH37-40/P1)	MF-154	16	5	80.00	Tapado	fuga de metal
	23500223 - PLACA 1" (CH37-40/P11)	MF-154	22	1	22.00	Tapado	fuga de metal
	23500219 - PLACA 1" (CH37-40/P7)	MF-154	8.2	1	8.20	Tapado	fuga de metal
	23500221 - PLACA 1" (CH37-40/P9)	MF-154	20	1	20.00	Tapado	fuga de metal
	RODILLOS	MF-402	80	1	80.00	Tapado	fuga de metal
	MANTLE MVP380 MEDIUM	MF-510	910	1	910.00	Tapado	fuga de metal
	FORRO MANHOLE	MF-205	51	2	102.00	Tapado	fuga de metal
MARZO	FORRO MANHOLE-MOLINO 5 X8 MYMSA	MF-205	72	2	144.00	Tapado	fuga de metal
	FORRO DE CILINDRO TIPO B - MOLINO 5 X8 MYMSA	MF-205	118	1	118.00	Tapado	fuga de metal

	FORRO CILINDRO TIPO B	MF-205	121	1	121.00	Tapado	fuga de metal
	PROTECTOR DE DISCO GIRANTE SP.80 2 CH. POZZATO	MF-503	9	1	9.00	Tapado	fuga de metal
	MARTILLO PARA MOLINO	MF-208	10.4	12	124.80	Tapado	fuga de metal
	DONA PICH-2000-120 MEJORADO	MF-511	140	2	280.00	Tapado	fuga de metal
	MARTILLO 275 X 165 X 196 A487 - 8R -Q-T PL 72	MF-208	52	1	52.00	Tapado	fuga de metal
	54641 - HAMMER 56-B	MF-511	146	8	1168.00	Tapado	fuga de metal
	SEAT, VALVE	MF-155	24	4	94.00	Tapado	fuga de metal
	FORRO CABEZAL CARGA/DESCARGA	MF-205	107	4	428.00	Tapado	fuga de metal
	SEAT, VALVE	MF-155	24	4	94.00	Tapado	fuga de metal
	FORRO CABEZAL CARGA/DESCARGA	MF-205	106	4	424.00	Tapado	fuga de metal
ABRIL	WEAR BLOCKK WB1, 100 X 150 X 294	MF-155	35	4	140.00	Tapado	fuga de metal
	MANTLE PARA LA CHANCADORA SYMONS 157-1019	MF-510	850	1	850.00	Tapado	fuga de metal
	REFUERZO LATERAL	MF-208	32	4	128.00	Tapado	fuga de metal
	BOWL LINER NORDBERG HP-200 STD MEDIUM	MF-510	674	2	1348.00	Tapado	fuga de metal
	MARTILLOS	MF-208	15	3	45.00	Tapado	fuga de metal
MAYO	FORROS DEL CILINDRO TIPO A MOLINO CHINO 5 X 5	MF-503	63	2	126.00	Tapado	fuga de metal
	CORAZA RANURADA INTERIOR	MF-602	36	2	72.00	Tapado	fuga de metal
	FORRO DE CILINDRO TIPO C 12010-15	MF-205	82	1	82.00	Tapado	fuga de metal
JUNIO	FORRO CILINDRO TIPO B	MF-205	238	1	238.00	Tapado	fuga de metal
	SEAT, VALVE	MF-155	24	4	96.00	Tapado	fuga de metal
	LINER TIPO P1 - 290x290x57.2MM	MF-154	37	4	148.00	Tapado	fuga de metal
JULIO	PLACA DE DESGASTE LAVADORA DE TORNILLO	MF-205	19	7	133.00	Tapado	fuga de metal

	BLOWBARS / MARTILLO HSI 4240 (16062-ING- MT-077A)	MF-510	188	1	188.00	Tapado	fuga de metal
AGOSTO	SILHOUETTE NOZZLE TIPS	MF-476	80	1	80.00	Tapado	fuga de metal
	BLINDAJE CID, X1.03.1-33	MF-503	100	1	100.00	Hornos	fuga de metal
	BLINDAJE X1.03-21	MF-503	197	1	197.00	Hornos	fuga de metal
	BLINDAJE PLANCHA TAPA X1.03.1-18	MF-503	465	1	465.00	Hornos	fuga de metal
SETIEMBRE	SEAT, VALVE	MF-155	24	4	94.00	Hornos	fuga de metal
	MARCO HIERRO NODULAR 29"x8" HERMETICO	MF-122	65	1	65.00	Hornos	fuga de metal
	FORRO CILINDRICO TIPO B - MOLINO COMESA 8 X 10	MF-205	238	1	238.00	Hornos	fuga de metal
				151	13841.00		

Fuente: Elaboración propia

Además, se identificó que la cantidad de veces que se presentó este defecto durante el periodo enero-setiembre 2019 y se determinó la media, la cual se observa a continuación:

Tabla 8 *cantidad de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2019*

X	TO	DEFECTOS DE	ENE	FEBR	MA	AB	MA	JU	JUL	AGO	SEP
	TAL	RECHAZOS	RO	ERO	RZO	RIL	YO	NI	IO	STO	TIE
								O			MB
											RE
1	151	FUGA DE	8	50	31	25	9	2	16	1	9
7		METAL									

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Aplicación de la matriz AMEF para mitigar el defecto de fuga de metal:

Por lo tanto, tras determinar el NPR inicial se tomó acciones correctivas para mitigar el defecto de fuga de metal, además de la designación de responsables encargados de verificar el cumplimiento de estas.

Tabla 9 *Acciones correctivas-fuga de metal*

Defectos en los procesos	Alternativa de solución
Fuga de metal	Para evitar la fuga del metal, se utilizará nuevas abrazaderas y piezas de sellado para que el producto vertido no escape de los moldes correspondientes. Para los productos más riesgosos, se resinarán las aberturas laterales.

Fuente: Elaboración propia

Fuga de metal:



Figura 15 Alternativa de solución-fuga de metal

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

4.1.3. Situación POST-TEST

Por lo tanto, la aplicación de la acción correctiva planteada en la matriz AMEF ayudó a disminuir el NPR de 150 a 120, lo cual indica que se disminuyó en 30% la identificación del defecto de fuga de metal en la operación de colada.

Tabla 10 *NPR final-fuga de metal*

Defectos	NPR inicial	NPR Final	%
fuga de metal	150	120	70

Fuente: Elaboración propia

Lo cual ayudó a disminuir el % de kg rechazados de 9.36% a 7.77%, teniendo en cuenta que se fundieron 971479kg y se rechazó 7546.2kg para el periodo enero-setiembre 2020.

Tabla 11 *porcentaje de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2020*

enero-sep. 2020			
Defectos de rechazos	Total, rechazado (Kg)	%	Total, fundido(kg)
fuga de metal	7546.2	7.77	971479

Fuente: Elaboración propia

También se identificó el tipo de material, peso unitario, área de origen y kg rechazados por mes:

Tabla 12 *Cantidad de kg rechazados por fuga de metal para el periodo enero-setiembre 2020*

MES	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO UNI. (Kg)	CANT. RECHAZ.	PESO TOTAL	AREA DE ORIGEN	DEFECTOS
ENERO	MARTILLO 275 X 165 X 196 A487 - 8R -Q-T PL 72	MF-208	51.00	4	204.00	TAPADO	fuga de metal
	INYECTOR DE AIRE 1-3/16" X 6-11/16"	MF-103	0.70	4	2.80	TAPADO	fuga de metal
FEBRERO	LOWER BREAKER S/P 91CH-2000-175 REV 00	MF-502	2,592.00	1	2592.00	TAPADO	fuga de metal

	PR16 - R13 PROTECTOR - RECTO /13"	MF-502	39.00	1	39.00	TAPADO	fuga de metal
	PR16 - C09 PROTECTOR - CURVO /9"	MF-502	27.00	1	27.00	TAPADO	fuga de metal
	54659 BOTTOM GRATE TSC-80- BG-2657	MF-502	1,460.00	1	1460.00	TAPADO	fuga de metal
	1000121763 MARTILLO TRIT., CMX SPM D.312- 12-02010	MF-208	115.00	1	115.00	HORNOS	fuga de metal
	BARRA DE FUNDICION 600 HBN ASTMA532 CLASE II TIPO A, 100X100X294 MM, TIPO BD-05	MF-152	21.90	6	131.40	TAPADO	fuga de metal
MARZO	MARTILLOS CORTOS HS80115	MF-511	128.00	2	256.00	TAPADO	fuga de metal
	FORRO CILINDRO TIPO A - MB 6X6 CHINO	MF-503	52.00	4	208.00	TAPADO	fuga de metal
	MARTILLO PARA FRAGMENTADORA	MF-513	151.00	2	302.00	TAPADO	fuga de metal

		FORO DEL CILINDRO TIPO A (R-2041-1)	MF-153	194.7	1	194.70	TAPADO	fuga de metal
ABRIL		FORRO DEL CILINDRO TIP B	MF-153	181.7	1	181.70	TAPADO	fuga de metal
		LINER BHN 500; TIPO:L5 (90015241)	MF-153	17	8	136.00	TAPADO	fuga de metal
MAYO	-	-	-	-	-	-	-	fuga de metal
JUNIO		SUCTION LINER WCD 20X20X54	MF-156	1508.6	1	1508.60	TAPADO	fuga de metal
JULIO	-	-	-	-	-	-	-	fuga de metal
AGOSTO		SKIRTING LINER 600 X 320 (90143251)	MF-153	47	2	94.00	TAPADO	fuga de metal
SETIEMBRE	-	-	-	-	-	-	-	fuga de metal
					40	7452.20		

Finalmente, la cantidad de veces que se presentó el defecto de fuga de metal y el cálculo de la media para el periodo enero-setiembre 2020 fue:

Tabla 13 *Cantidad de defectos por fuga de metal- enero-setiembre 2020*

X	TOT AL	DEFECT OS DE RECHAZ OS	ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MA YO	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SEP TIE MB RE
1	40	FUGA	8	5	14	10	0	1	0	2	0
4		DE METAL									

Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultados del objetivo específico 2:

4.2.1. Situación PRE-TEST

Se determinó que el NPR inicial es de 160 para el defecto de inclusión de arena según los índices severidad, ocurrencia y detección de la matriz AMEF.

Tabla 14 *NPR inicial-inclusión de arena*

Defectos	NPR inicial
inclusión de arena	160

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que para el periodo enero-setiembre 2019 se fundieron 1479102 kg, de los cuales se rechazaron 701.5kg a causa del defecto de inclusión de arena, lo cual representa el 0.47% de los kg rechazados.

Tabla 15 *porcentaje de defectos enero-setiembre 2019-inclusión de arena*

enero-sep. 2019			
Defectos de rechazos	Total, rechazado (Kg)	%	Total, fundido(kg)
inclusión de arena	1278.50	0.86	1479102

Fuente: Elaboración propia

También se identificó el tipo de material, peso unitario, área de origen y kg rechazados por mes:

Tabla 16 *Cantidad de kg rechazados por inclusión de arena para el periodo enero-setiembre 2019*

MES	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO UNI. (Kg)	CANT. RECHAZ.	PESO TOTAL	AREA DE ORIGEN	DEFECTOS
ENERO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
FEBRERO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
MARZO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena

	54653 - BASE SIDE LINERS 1086	MF-503	176	1	176.00	Tapado	inclusión de arena
ABRIL	MANTLE CONICA 3 MINYU	MF-510	515	1	515.00	Tapado	inclusión de arena
	SEAT, VALVE	MF-155	24	3	70.50	Tratamiento termico	inclusión de arena
MAYO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
JUNIO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
JULIO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
AGOSTO	-	-	-	-	0	-	inclusión de arena
SEPTIEMBRE	SEAT, VALVE	MF-155	24	22	517.00	Tapado	inclusión de arena
				27	1278.50		

Fuente: Elaboración propia

Además, se identificó que la cantidad de veces que se presentó este defecto durante el periodo enero-setiembre 2019 y se determinó la media, la cual se observa a continuación:

Tabla 17 *Cantidad de defectos por inclusión de arena-enero-setiembre 2019*

X	TOTAL	DEFECTOS DE RECHAZOS	ENE RO	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SE PTI E M BR E
3	27	INCLUSIÓN DE ARENA	0	0	0	5	0	0	0	0	22

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Aplicación de la matriz AMEF para mitigar el defecto de inclusión de arena:

Tabla 18 *Acciones correctivas-inclusión de arena*

Defectos en los procesos	Alternativa de solución
Inclusión de arena	Para evitar la inclusión de arena en las piezas que se obtienen después del fundido y moldeo, se realizará un pintado de la primera y segunda base del molde, luego se coloca el espray en la tercera base, y finalmente se procede al secado con el lanzallamas

Fuente: Elaboración propia

Inclusión de arena:



Figura 16: Primer pintado de base del molde

Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 17: Segundo pintado de base del molde
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 18: Tercera base de pintado con espray
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 19: Secado con lanzallamas
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 20: Colocado de alma o macho
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 21: Segundo secado de molde
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú



Figura 22: Alternativa de solución-Molde secado y pintado
Fuente: Empresa metalúrgica en el Perú

4.2.3. Situación POST-TEST

Por lo tanto, la aplicación de la acción correctiva planteada en la matriz AMEF ayudó a disminuir el NPR de 160 a 112, lo cual indica que se disminuyó en 20% la identificación del defecto de inclusión de arena en la operación de tapado:

Tabla 19 *NPR final-inclusión de arena*

Defectos	NPR inicial	NPR Final	%
inclusión de arena	160	112	80

Fuente: Elaboración propia

Lo cual ayudó a disminuir el % de kg rechazados de 0.47% a 0.43%, teniendo en cuenta que se fundieron 971479kg y se rechazó 416 kg para el periodo enero-setiembre 2020.

Tabla 20 *porcentaje de defectos por inclusión de arena- enero-setiembre 2020*

enero-sep. 2020			
Defectos de rechazos	Total, rechazado (Kg)	%	Total, fundido(kg)
inclusión de arena	616	0.63	971479

Fuente: Elaboración propia

También se identificó el tipo de material, peso unitario, área de origen y kg rechazados por mes:

MES	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO UNI. (Kg)	CANT. RECHAZ.	PESO TOTAL	AREA DE ORIGEN	DEFECTOS
ENERO	MARTILLO 275 X 165 X 196 A487 -8R -Q-T PL 72	MF-208	51.00	8	408.00	TAPADO	inclusión de arena
FEBRERO	-	-	-	-	-	-	inclusión de arena

MARZO	-	-	-	-	-	-	-	inclusión de arena
ABRIL	-	-	-	-	-	-	-	inclusión de arena
MAYO	-	-	-	-	-	-	-	inclusión de arena
JUNIO	1000246810 ANILLO DESGASTE,719- 84-3-1700- 90,FULLER	MF-605	68	3	204.00	TAPADO		inclusión de arena
JULIO	-	-	-	-	-	-	-	inclusión de arena
AGOSTO	DISCO PULVERIZADOR 8" SIN AGUJERO	MF-153	4.00	1	4.00	TAPADO		inclusión de arena

SETIEMBRE

inclusión de arena

12 616.00

Finalmente, la cantidad de veces que se presentó el defecto de inclusión de arena y el cálculo de la media para el periodo enero-setiembre 2020 fue:

Tabla 21 Cantidad de defectos por inclusión de arena-enero-setiembre 2020

X	TOT	DEFECTOS DE	ENE	FEBR	MAR	AB	MA	JUN	JUL	AGOS	SE
AL	AL	RECHAZOS	RO	ERO	ZO	RIL	YO	IO	IO	TO	PTI
1	12	INCLUSION DE ARENA	8	0	0	0	0	3	0	1	0

Fuente: Elaboración propia

4.3 Matriz AMEF por operaciones

Tabla 22 Acciones correctivas-matriz AMEF

Proceso	Operación	Función del Proceso	Modos de Falta Potenciales	Efectos de Falta Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles de Ocurrencia	D T E	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Resultado de acciones tomadas				
													S E V	O C U	D T E	N P R	
PRODUCCION	Cólada	Preparar colada en el molde	Rechupado	Pieza Inservible	10	Aporte del material fundido desde la mazorera equivocado	5	Visual	2	100	Aumentar la temperatura de la mazorera con calentadores	Supervisor de moldeo	Se dispondrá de calentadores que permitan a la zona de las mazoreras, contener el material con viscosidad requerida para fluir.	10	4	2	80
			Junta Fria	Desgaste prematuro de la pieza en el proceso de torneado, por la discontinuidad de sus propiedades	4	Inadecuada temperatura en la colada, insuficiente para refundir las gotas que solidifican prematuramente al salir al molde	2	Ninguno	10	80	Controlar la temperatura antes del vaciado (termocupla)	Supervisor de fusión	Se gestionará la compra de un pirómetro, que permita el control de la temperatura en esta operación.	3	2	8	48
			Fuga de metal	Pieza Inservible	6	Inadecuado acoplamiento de las moldes lo que genera falta de peso en el producto obtenido	5	Visual	5	150	Controlar la operación	Supervisor de fusión	se fabricara piezas de sellado que evitran que el material no escape de los moldes.	6	5	4	120
	Tapado	preparar el molde para su uso en la fundición	Inclusión de arena	Pieza defectuosa visualmente (grandes)	8	Mal pintado y limpieza de las piezas	5	Cronograma de maquinarias y equipos de producción	4	150	Diseñar nuevo metodo de pintado	Supervisor de tapado	Se implemento un mejor metodo de pintado el cual consiste en el uso de las brochas y soplete, además del secado mediante el licuador.	7	4	4	112
			Levantamiento de molde	Pieza descentrada	7	Falta de capacitación del personal en temas de tapado de molde	3	Plan de capacitación anual	5	105	Contratar ingenieros metalurgicos que puedan capacitar al personal de tapado	Supervisor de tapado	Colocar las capacitaciones con especialistas en tema de fundición en coordinación con el jefe de RRHH	6	2	4	48
	Acabado	Realizar acabado de la pieza	Fisura	Pieza rota	9	Mal diseño de colada	10	Diseño de colada en acabado	1	90	Mejorar los sistemas de control e inspeccion	Supervisor	se capacitará al personal para garantizar la calidad y precisión en la operación, lo cual se complementara con una evaluación constante	8	9	1	72
				Calentamiento de los mequetules o alimentadores	9		10	Diseño de colada en acabado	6	140		Asistente de control de calidad		9	10	6	140

Figura 23: Acciones correctivas-matriz AMEF

Fuente: Elaboración propia

4.4. Planificación de actividades

Para llevar a cabo la mejora, se realiza un diagrama de Gantt, el cuál sirvió para la planificación de las actividades que se realizan, fechas y días de ejecución.

También se estableció las alternativas de solución que ayudan a mitigar los dos defectos más frecuentes durante el proceso de fundición de piezas metálicas.

4.5. Resumen de resultados

Tabla 23 *Resumen de resultados*

Hipótesis específica	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES	Indicador	Pre-test	Post-test	Diferencia
1. Si se cuantifica el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF, entonces habrá una reducción de defectos por inclusión de arena en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú	PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF	DEFECTOS POR INCLUSIÓN DE ARENA EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	%IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF	NPR inicial:150 # DEFECTOS: 27 % kg rechazados:0.86	NPR final:120 # DEFECTOS:12 % kg rechazados :0.63	Para el NPR disminuyo en 20% Para el # defectos disminuyo en 15 Para el % kg rechazados disminuyo en 0.23%
2. Si se cuantifica el impacto de la propuesta de aplicación de la herramienta AMEF, entonces habrá una reducción de defectos por fuga de metal en las piezas fundidas de una empresa metalúrgica en el Perú	PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF	DEFECTOS POR FUGA DE METAL EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	%IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF	NPR inicial:160 # DEFECTOS: 151 % kg rechazados:9.36	NPR final:112 # DEFECTOS: 40 % kg rechazados :7.77	Para el NPR disminuyo en 30% Para el # defectos disminuyo en 111 Para el % kg rechazados disminuyo en 1.59%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES:

1. La propuesta de aplicación de la matriz AMEF muestra que el NPR para el defecto de inclusión de arena se logró disminuir de 150 a 120, lo cual representa una reducción del 20% de este defecto en la operación de colada. Además, se puede evidenciar que la frecuencia con que se presenta este defecto disminuyó de 27 a 12, puesto que se ejecutó la acción correctiva de establecer un nuevo método de pintado y secado, el cual se inició el día 27/11/20 y finalizó el 29/11/20.
2. La propuesta de aplicación de la matriz AMEF muestra que el NPR para el defecto de fuga de metal se logró disminuir de 160 a 112, lo cual representó una reducción del 30% de este defecto en la operación de colada. Además, se puede evidenciar que la frecuencia con que se presenta este defecto disminuyó de 151 a 40, puesto que se fabricó piezas de sellado que evitan que el material escape del molde, el cual inició su fabricación el día 25/11/20 y finalizó el 26/11/20.
3. Mediante la propuesta de aplicación de la matriz AMEF se logró una reducción de la cantidad de defectos en la fabricación de piezas fundidas. En cantidad de kg fundidos, se tiene una reducción de 9.36% a 7.77% respecto a la fuga de metal y para la inclusión de arena, hubo una ligera reducción de 0.86% a 0.63%. En cantidad de veces que se presenta el defecto de fuga de metal se tiene una reducción de 111, y para la inclusión de arena se obtuvo una ligera reducción de 15, puesto que para el periodo 2020 la cantidad de kg fundidos fue menor que el año pasado.

RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda hacer investigaciones más profundas para establecer una acción correctiva que pueda reducir la cantidad de veces que se presenta el defecto de fisura en la operación de acabado. Es por ello que se recomienda hacer un estudio metalográfico a todas las piezas para determinar el tamaño de grano de la pieza, puesto que las acciones correctivas establecidas en el diagrama AMEF no logra obtener una disminución del NPR.
2. Se recomienda hacer un estudio de rechazos para determinar qué tipo de material son los que presentan defectos con mayor frecuencia.
3. Se recomienda hacer un estudio en base al porcentaje de rechazo para determinar el costo por material y verificar el índice de productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre (2017). *Reducción del índice de riesgo y su efecto sobre el nivel de reclamos en la recarga de extintores*(Tesis de pregrado).Universidad San Ignacio de Loyola, Lima-Perú(extraído de: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3909/1/2017_Claro-Aguirre.pdf)
- Álvarez (2017). *Aplicación de un análisis modal de fallos y efectos para la mejora en la seguridad de la utilización de los sistemas automatizados de dispensación de medicamentos* (Tesis pregrado) Universidad Complutense de Madrid, España, Madrid (extraído de: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3909/1/2017_Claro-Aguirre.pdf)
- Duque & Romero (2013). *Mejora de la calidad en el proceso productivo de la empresa Inalmega*(Tesis pregrado) Universidad Icesi,Colombia,Santiago de Cali(extraído de:<file:///C:/Users/User/Downloads/MEJORA%20DE%20LA%20CALIDAD%20EN%20EL%20PROCESO%20PRODUCTIVO%20DE%20LA%20EMPRESA%20INALMEGA%20MARIA%20CAMILA%20DUQUE%20PAZOS%20LEIDY%20JULIANA%20ROMERO%20MOLINA.pdf>)
- Fernández (2017). *Aplicación de la herramienta AMEF para mejorar la productividad de la línea HC-1 de yogurt en una empresa láctea* (Tesis de pregrado).Universidad Cesar vallejo, Lima-Perú(extraído de:<http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10367/Fernandez-SW.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Guerra&Wenceslao,(2017). *Análisis de modo y efecto de falla en los scoptrams de la empresa minera ATOCHA* (Tesis de pregrado).Universidad del centro del Perú, Huancayo-Perú(extraído de:<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3669/Guerra%20Huamali.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

García(2017). *Mejoramiento del desempeño de equipo minero mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes del sistema de propulsión y rodado ,mediante la implementación de la metodología MCC apoyado en la técnica AMEF*(Tesis pregrado) Universidad técnico Federico Santa Maria,Chile,Valparaíso(extraído de:[file:///C:/Users/User/Downloads/3560900231459UTFSM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/3560900231459UTFSM%20(1).pdf))

Paredes (2016). *Propuesta de mejora para reducir las no conformidades en el proceso de envasado de leche UHT en bolsa aplicando la herramienta AMFE* (Tesis de pregrado).Universidad Técnica Federico Santa Maria,Lima-Perú(extraído de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2575>)

Pérez Carrillo & Galeano Hernández (2017). *Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión – soplado en placa S.A*(Tesis pregrado)Universidad distrital Francisco José de caldas,Colombia,Bogota(extraído de:[http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6110/1/GaleanoHern% c3% a1 ndezEdward2017.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6110/1/GaleanoHern%c3%a1ndezEdward2017.pdf))

Véliz(2017). *Análisis de modo y efecto de falla del proceso de producción de la empresa mecanizados vallejo Vargas cía.Ltda.Y su incidencia en la productividad*(Tesis pregrado) Universidad Tecnológica Indoamérica,Ecuador,Quito(extraído de:<http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/679/1/TESIS%20-%20MACIAS%20VELIZ%20MARIA%20DE%20LOS%20ANGELES%20.pdf>)

Zegarra (2017). *Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado* (Tesis de pregrado).Universidad San Ignacio de Loyola, Lima-Perú(extraído de:http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3567/1/2017_Zegarra-Silva.pdf)

ANEXOS:

ANEXO I: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: EN CUANTO IMPACTA LA PROPUESTA APLICANDO AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS					
VARIABLE	NOMBRE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICES	TIPO
1	Propuesta aplicando AMEF	Es una herramienta muy poderosa que permite identificar fallas en productos y procesos, y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención (Socconini, 2008, p.223)	<p>Para evaluar la variable independiente se realiza mediante las dimensiones de la herramienta de modo de efecto y falla, la cual se mide a través del índice de evaluación, que son: índice de severidad (S), índice de ocurrencia (O) y el índice de no detección (D), los cuales determinan el número de prioridad de riesgo (NPR) = $S * O * D$</p> <p>En donde el índice de severidad evalúa la gravedad del efecto, o la consecuencia en el caso de plantearse un fallo, este índice valora lo anterior en una escala de 1 a 10, donde 1 es "Infima. El defecto sería imperceptible por el usuario", y 10 es "Muy elevado. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor". El índice de ocurrencia evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo, por cada una de las causas potenciales, este índice se puntúa de 1 a 10, donde 1 es "Muy escasa la probabilidad de ocurrencia", y 10 es "Muy elevada la probabilidad de fallo. Y el índice de no detección evalúa para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa, y el modo de fallo resultante, este índice se puntúa de 1 a 10, donde 1 es "Muy escasa, el defecto resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes", y 10 es "Muy elevada, el defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable"</p>	Índice de severidad	ordinal
				Índice de ocurrencia	ordinal
				Índice de no detección	ordinal
2	Defectos en la fabricación de piezas fundidas	Los defectos son anomalías que se pueden presentar por diferentes motivos en una pieza, usualmente se presentan cuando se realiza el conformado de una pieza mecánica por medio del proceso de fundición, los cuales pueden ser por causa de un mal diseño de la pieza, mala elección de materiales o a su vez de deficiencias que presenta el proceso de fundición (Le breton, H, 1965)	<p>Los defectos de fabricación de las piezas fundidas, se producen en el área de producción en las operaciones de colada, tapado y acabado, puesto que en la primera, se va a preparar la colada en el molde, por lo tanto en este paso, puede ocurrir algunos defectos como es la fuga de metal, inclusión de arena, en la segunda operación se lleva a cabo la preparación del molde para utilizarlo en la fundición, y finalmente el acabado de la pieza, es aquí donde puede ocurrir el defecto de fisura. Estos tres defectos son los que tienen mayor impacto en la rentabilidad de la organización.</p> <p>Para efectos de medición de estos defectos se utilizó el diagrama ishikawa para determinar las causas del problema principal y el diagrama de Pareto o clasificación ABC, para asignar un orden de prioridad, lo cual permitió evidenciar los defectos antes mencionados</p>	Fuga de metal	nominal
				Inclusión de arena	nominal
				fisura	nominal

ANEXO II: MATRIZ DE CONSISTENCIA:

PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ					
OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES GENERALES	INDICADORES	METODOLOGÍA
OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES GENERALES	INDICADORES	METODOLOGÍA
CUANTO IMPACTA LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ?	CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	SI SE CUANTIFICA EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF, ENTONCES HABRÁ UNA REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	INDEPENDIENTE DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE DEPENDIENTE	Tipo: Aplicada Porque busca resolver problemas prácticos en el campo de trabajo Nivel: Explicativo-descriptiva Porque se trata de medir variables y encontrar explicaciones de cuales son las causas y proponer la solución al problema Tipos de Diseño: no-experimental
OBJETIVO ESPECÍFICO 1	OBJETIVOS ESPECÍFICO 1	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	VARIABLES ESPECÍFICAS 1	INDEPENDIENTE	Probar o hacer un piloto que pruebe la solución propuesta
CUANTO IMPACTA LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS "INCLUSIÓN DE ARENA" EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ?	CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS POR INCLUSIÓN DE ARENA EN LAS PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	SI SE CUANTIFICA EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF, ENTONCES HABRÁ UNA REDUCCIÓN DE DEFECTOS POR INCLUSIÓN DE ARENA EN LAS PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	X1: PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF Y1: DEFECTOS POR INCLUSIÓN DE ARENA EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	%IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF DEPENDIENTE #DEFECTOS POR INCLUSIÓN DE ARENA EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	Enfoque: Cuantitativo Se van a medir las variables del estudio Población: Todas las piezas fundidas por la Fundación objeto de estudio durante el año 2019 Muestra: Piezas fundidas más frecuentes durante el periodo Enero-Setiembre 2019
OBJETIVO ESPECÍFICO 2	OBJETIVOS ESPECÍFICO 2	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	VARIABLES ESPECÍFICAS 2	INDEPENDIENTE	Técnica de recolección de datos:
CUANTO IMPACTA LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS "POR FUGA DE METAL" EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ?	CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS POR FUGA DE METAL EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	SI SE CUANTIFICA EL IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO LA HERRAMIENTA AMEF, ENTONCES HABRÁ UNA REDUCCIÓN DE DEFECTOS POR FUGA DE METAL EN LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDIDAS DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN EL PERÚ	X2: PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF Y2: DEFECTOS POR FUGA DE METAL EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	%IMPACTO DE LA PROPUESTA APLICANDO HERRAMIENTA AMEF DEPENDIENTE #DEFECTOS POR FUGA DE METAL EN LAS PIEZAS FUNDIDAS	. Observaciones de campo registrados en el sistema de información de la empresa, revisión de fuentes documentales Técnica de procesamiento de datos: Diagrama Izhikawa