



TESIS
SC2006
86

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERECTORADO ACADEMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE
POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
ANÁLISIS DE CONDICIONES POTENCIALES DE FALLAS
QUE AFECTEN LA CALIDAD EN EL PROCESO DE COLADA
DE CILINDROS DE ALUMINIO**

Presentado por:

Orta Lezama, Estalin José

para Optar al Título de:
Especialista en Sistemas de la Calidad

Asesor

Belardi, Nelson

Ciudad Guayana, Septiembre de 2006

DEDICATORIA

Al único y sabio Dios, Padre de Nuestro Señor Jesucristo, de quien proviene toda sabiduría y todo bien.

A mi esposa Obdalis, por estar siempre conmigo, por ser el amor, la compañía, y mi tesoro... Gracias por estar.

A mis hijos Slin y Zilmy, mi mejor motivo de esfuerzo y superación.

A mis compañeros y amigos de la Gerencia de Fundición de CVG ALCASA, les dedico este trabajo especial de grado, como un modesto aporte a su calidad de trabajo, y en agradecimiento por el privilegio de trabajar para Ustedes y formar parte de ese equipo de trabajo "Los Hombres de Colada".

AGRADECIMIENTO

A mi Dios y Señor, porque "Todo lo puedo en Cristo que me Fortalece"

A CVG Aluminios del Caroní, S.A, por su apoyo en mi desarrollo profesional.

A la Universidad Católica Andrés Bello, por la acertada decisión de establecer el postgrado de Sistema de la Calidad en Ciudad Guayana, y por el privilegio de formar parte de la primera corte.

Al personal docente del Postgrado, porque más allá de la formación académica recibida, nos brindaron su amistad y su calidad humana.

A todos mis compañeros del postgrado, y en especial a mi equipo de trabajo: Nelvis, Jennyset y Alejandro por toda su ayuda, apoyo y amistad.

A todos gracias.....

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE TABLAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

EL PROBLEMA.....	4
1.- Planteamiento del Problema	4
2.- Justificación de la Investigación	5
3.- Objetivos de la Investigación	7
3.1 Objetivo general	7
3.2 Objetivos Específicos	8
4.- Alcance de la investigación	8

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO.....	9
1.- Tipo de Investigación	9
2.- Diseño de la Investigación	10
3.- Población y Muestra	12
4.- Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	12
5.- Técnicas para el análisis de los Datos	14

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO.....	15
1.- Reseña histórica de CVG ALCASA	15
2.- Descripción de la empresa	16
2.1 Aluminio del Caroní, S.A	16
2.2 Ubicación geográfica de CVG ALCASA	18
3.- Descripción de la planta de Fundición	19
3.1 Planta de Fundición	19
3.2 Productos Elaborados en Fundición	19
4.- Descripción del producto cilindro	20
5.- Tecnología de colada	21
5.1 Proceso Convencional	21
5.2 Proceso "Hot -Top" o Bóveda Cerrada	22
6.- Gestión de Procesos	25
6.1 Definición de Proceso	25
6.2 Tipos de Procesos	25
6.3 Herramientas de Gestión de Proceso	28
7.- Marco conceptual	29

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	34
1.- Definir el Ámbito de Estudio.	34
2.- Determinar el tipo de Herramienta para el Análisis de Fallas Potenciales	40
2.1 Análisis de Peligro en los Sistemas	40
2.2 Análisis de Modo y Efectos de la Falla (AMEF)	46
2.3 Análisis de las Herramientas	52
2.4 Aplicación de las Herramientas en CVG ALCASA	53
3.- Información Técnica relacionada con el Proceso	55
3.1 Descripción del Equipo	56
3.2 Características de la Unidad III de colada	61
3.3 Mantenimiento y Acondicionamiento de la Mesa de Colada	63
3.4 Producción de Aleaciones en la unidad III de Fundición I	64
3.5 Procedimiento de Colada en Mesa Wagstaff	66
3.6 Criterios de aceptación y Rechazo de Cilindros para Extrusión	70
4.- Análisis de Fallas Potenciales en el Proceso de Colada	74
4.1 Riesgos Asociados a Colada de Aluminio	74
4.2 Análisis del Proceso de Colada con la Herramienta AMEF	76
5.- Acciones preventivas para colada de cilindros en mesa wagstaff.	100

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	115

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS...

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1.	<i>Plan de Trabajo de Investigación.....</i>	11
2.	<i>Aleaciones de la Serie 6000 para Extrusión.....</i>	22
3.	<i>Simbología de flujograma de proceso</i>	42
4.	<i>Criterios de clasificación de Riesgos.....</i>	44
5.	<i>Criterios de evaluación de la severidad AMEF.....</i>	48
6.	<i>Criterios de evaluación de la ocurrencia AMEF.....</i>	49
7.	<i>Criterios de evaluación de la detección AMEF.....</i>	50
8.	<i>Resumen comparativo del APES y el AMEF.....</i>	51
9.	<i>Criterio de aceptación y rechazo dimensional.....</i>	72
10.	<i>Clasificación de las factores de análisis de fallas.....</i>	93
11.	<i>Criticidad para la severidad baja.....</i>	94
12.	<i>Criticidad para la severidad media.....</i>	95
13.	<i>Criticidad para la severidad alta.....</i>	96
14.	<i>Criticidad de los riesgos de la Preparación de Colada.....</i>	97
15.	<i>Criticidad de los riesgos de la del Arranque de Colada....</i>	98
16.	<i>Criticidad de los riesgos de la Colada en Régimen.....</i>	99
17.	<i>Criticidad de los riesgos del fin de Colada.....</i>	100
18.	<i>Lista de chequeo: Preparación de Colada.....</i>	105
19.	<i>Lista de chequeo: Revisión de fosa.....</i>	106
20.	<i>Lista de chequeo: Rutina de Pre-Arranque.....</i>	107
21.	<i>Lista de chequeo: "Mesa de colada en taller".....</i>	108
22.	<i>Carta de control: tipo proceso-calidad.....</i>	110
23.	<i>Carta de control: tipo proceso- producción.....</i>	111

INDICE DE GRAFICOS

Grafico No.	Pág.
1. Ubicación geográfica de CVG ALCASA.....	19
2. Planta de Fundición II	20
3. Productos de Fundición.....	21
4. Proceso convencional de (solidificación en el molde).....	23
5. Esquema del molde “Hot Top”	24
6. Unidad de colada de cilindros.....	25
7. Proceso genérico.....	27
8. Interrelación de los procesos con las funciones.....	28
9. Mapa de proceso	30
10. Diagrama de proceso	31
11. Esquema del proceso producción de aluminio.....	33
12. Esquema del proceso de fabricación	35
13. Mapa de proceso: Sistema de gestión Fundición.....	36
14. Mapa de proceso: Fabricación de cilindros.....	37
15. Flujograma de proceso de fabricación de cilindros.....	38
16. Mesa de moldes	55
17. Vista superior e inferior de la mesa Wagstaff.....	56
18. El molde y sus componentes.....	57
19. Mesa de cabezotes y cabezotes	59
20. Fosa vacía (a), fosa con mesa (b) colada en fosa (c).....	60
21. Rutina de mantenimiento de la mesa de colada.....	62
22. Secuencia del proceso de colada en mesas Wagstaff.....	68

ANÁLISIS DE CONDICIONES POTENCIALES DE FALLAS QUE AFECTEN LA CALIDAD EN EL PROCESO DE COLADA DE CILINDROS DE ALUMINIO.

Autor: Ing. Estalin Orta

Tutor: Ing. Nelson Belardi

RESUMEN

Las organizaciones de clase mundial han enfocado el mejoramiento continuo de sus procesos en la "detección y prevención de fallas potenciales" iniciando con la identificación, el análisis de las fallas y la implementación de acciones preventivas y de mejora orientadas al control del proceso, ya que a menor ocurrencia de fallas en el proceso, mayor es la confiabilidad, mayor es productividad, asegurando la calidad del proceso y del producto a fin de satisfacer a los clientes internos y externo.

En este trabajo se analizó el proceso de colada de cilindros de aluminio en la unidad III de Fundición I de CVG ALCASA y se determinó las fallas potenciales que afectan la calidad del mismo, para ello se realizó una investigación de tipo documental para seleccionar una herramienta de análisis de fallas, se diseñó una metodología para analizar el proceso objeto de estudio y se realizó una investigación de campo que permitió identificar el modo y el efecto de las fallas que afectan al proceso de colada de cilindro, la criticidad del riesgo asociado a ellas y establecer acciones recomendadas para la prevención, detección y control de las condiciones desencadenantes de las fallas.

La investigación finaliza recomendando acciones preventivas dirigidas a disminuir la probabilidad de ocurrencia de las fallas en el proceso de colada de cilindro de aluminio, mediante el establecimiento del control y evaluación del proceso, a través de la implementación de listas de chequeo, cartas de control y procesos de auditorías de proceso.

Palabras Claves: Falla Potencial, Modo, Causa, Efecto, Severidad, Ocurrencia, Detección, Riesgo, Criticidad y Acciones Preventivas.

INTRODUCCIÓN

Todos los procesos debido a su desempeño, gestión y mantenimiento son sujetos a fallas que generalmente limitan la capacidad de llevar a cabo la función para la cual fue diseñado el proceso. Esta limitación o cese de la función pretendida para generar los resultados (salidas) especificados, impacta directamente la calidad del proceso y por ende los resultados que de él se esperan como son: los productos, servicios e información.

Para asegurar que un proceso se desempeñe como fue planificado, se requiere detectar, corregir y anticipar la ocurrencia de fallas o riesgos potenciales que afecten la calidad de proceso. Existen metodologías y herramientas cuyo objeto es analizar fallas potenciales o actuales en los procesos con la finalidad de prevenir y controlar los eventos que pudieran afectar la calidad de los mismos.

La aplicación de cualquiera de estas metodologías, se inicia con la formación de equipo de trabajo, con formado principalmente por los líderes responsables del proceso y el personal ejecutor y mantenedor del mismo; que de forma integral analizan la falla (qué, cuándo, cómo, dónde, porqué) y con el uso de una metodología sistemática se plantean como detectar, corregir y anticipar la falla para evitar su ocurrencia o disminuir su impacto.

Las técnicas más frecuentes, aplicadas para el análisis de fallas y resolución de problemas incluyen: Causa- Efecto, Diagrama de Pareto, Árbol de Fallas, Detección Analítica de Fallas (DAF), las Ocho Disciplinas (8D) y la metodología de los Siete Pasos (7P); Sin embargo para el análisis de fallas potenciales o actuales en procesos o productos la herramienta más completa es el AMEF (Análisis del modo y efecto de la falla potencial).

Actualmente las organizaciones de clase mundial, enfocada en la gestión de los procesos, han basado su mejora en la detección y prevención de fallas, para su completa erradicación a fin de obtener mayor confiabilidad y productividad asegurando la calidad de sus procesos y productos.

Considerando lo planteado anteriormente, y en vista de que en el proceso medular de la planta de Fundición de CVG ALCASA, es la Colada, surge la inquietud de investigador en aplicar una herramienta de análisis de fallas potenciales a nivel del *Proceso de Colada de Cilindros para Extrusión*.

Se plantea entonces llevar a cabo una Investigación – Evaluativa y de Campo, cuyo objetivo es establecer las acciones preventivas que aseguren la calidad en el proceso de colada de cilindros de aluminio en mesas Wagstaff.

Para alcanzar este objetivo se cumplirá un plan de actividades que inician con la definición del ámbito de estudio, la selección de la herramienta aplicar para el análisis de fallas potenciales, la revisión documental del proceso, el análisis de las fallas potenciales y el establecimiento de de acciones preventivas para la detección, control y erradicación de las fallas potenciales.

Los resultados de este trabajo se constituirán en una referencia de consulta para la aplicación de la herramienta AMEF, en el análisis de fallas potenciales a nivel de procesos industriales de CVG ALCASA.

El trabajo consta de 5 capítulos, que se describen a continuación:

El capítulo I “El Problema” presenta el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos planteados y el alcance de la investigación.

El capítulo II “Marco Metodológico” incluye lo referente a la metodología a emplear en la investigación, el tipo de investigación, la población y muestra a

utilizar, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas para el análisis de los datos resultados de la investigación.

Capítulo III “Marco Teórico” contiene las bases teóricas que sustentan la investigación.

Capítulo IV “Análisis de los Resultados” se analizan e interpretan los datos recopilados y se elaboran propuestas de acciones correctivas para la prevención y detección oportuna de las fallas analizadas

Capítulo V “Conclusiones y Recomendaciones “,se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El grado de satisfacción del cliente, está definiendo actualmente el concepto de "Calidad". La calidad no es sencillamente cualidad, atributos o características de un bien o servicio, sino que se puede afirmar que es el resultado de la gestión de la calidad en los procesos empresariales. Al ser los procesos los que generan los resultados de una empresa, su planificación es clave y debe estar enfocada en satisfacer las necesidades y expectativas del cliente.

La planificación de la calidad en una empresa que adopta una organización por procesos, considera una serie de factores claves del éxito que se pueden definir como << trabajos claves que deben ejecutarse muy bien para que la organización llegue a ser exitosa (Ronald, 1961). Estos factores también son llamados factores críticos del éxito. Entendiendo que "un proceso es un conjunto de actividades que reciben una o más entradas y crean un producto o servicio de valor para el cliente" (Hammer y Champy, 1993).

Un error concebido en algunas organizaciones es planificar sus procesos a fin de que sus resultados siempre sean positivos en términos de calidad y productividad y no considerar que también existen factores claves que contribuyen a no alcanzar el éxito, generando resultados no deseados como la improductividad, altos costo, y mala calidad en los productos y servicios.

El análisis de las fallas potenciales en los procesos operativos, permite prever con antelación bajo que condiciones o causas se presentan las fallas, generando un efecto negativo en los resultados esperados por la gestión de la calidad en los procesos. La ley de Murphy establece que "Si algo puede fallar, seguramente fallará", por lo tanto es imprescindible analizar los procesos

identificar las fallas potenciales, evaluar la criticidad de las mismas, los costos de calidad asociados a su ocurrencia y establecer las acciones preventivas que aseguren la calidad en el proceso.

En la planta de fundición de la empresa CVG ALCASA, están claramente definidos los procesos operativos, identificados y representados en mapa de procesos, planes de calidad y sus indicadores de gestión, no obstante, no se han analizado las fallas potenciales a nivel de los equipos de colada, insumos y materiales y en la ejecución de la práctica operativa, que pueden desencadenar efectos que impactan sobre la calidad en la producción de cilindros para extrusión.

Se plantea entonces para este trabajo especial de grado, realizar un análisis en un proceso operativo con un método que esté basado en la detección de fallas, riesgo o peligros industriales y la búsqueda del acontecimientos indeseable o desencadenante, ya que éstos pueden ser responsables directos de los errores que impacten sobre la calidad planificada en los procesos, para lo cual el investigador se **plantea las siguientes interrogantes**: ¿Están determinadas las fallas potenciales y sus efectos en el proceso de colada? ¿Existe planes de control y acciones preventivas para minimizar la frecuencia de las fallas y su efecto potencial?; ¿Está determinado el impacto de las falla y errores (severidad) en el proceso de colada de cilindro?

2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Desde los años ochenta se observan dos grandes tendencias de gestión de la calidad, la primera es la del Aseguramiento de la Calidad, de acuerdo con el modelo establecido en las normas ISO 9000 y la segunda es la Gestión de la Calidad Total, orientada a la mejora de la gestión y los resultados de las empresas, basada en grandes modelos, como el Modelo Europeo de Excelencia Empresarial

(EFQM) y el Malcolm Baldrige norteamericano. Ambas tendencias coinciden primordialmente en el enfoque de los procesos.

Con la nueva revisión de las normas ISO 9000 (ISO 9001: 2000), la implantación del Sistema de Gestión de la Calidad, acerca a las organizaciones a la Gestión de la Calidad Total, lo cual hace que las empresas analicen sus procesos para ver de qué manera están orientadas a la satisfacción del cliente y cómo a través de la gestión de los procesos y el mejoramiento continuo, pueden alcanzar mejores estándares de calidad, productividad y costos que les permitan ser competitivos en un mercado actualmente globalizado.

Para alcanzar la calidad requerida por el cliente es necesario ejecutar una planificación de los procesos, sin embargo las condiciones potenciales de fallas y errores pueden estar presentes y ocurrir en cualquier etapa, actividad o elemento del proceso. Es aquí donde es necesario asociar a los procesos conceptos como Análisis – Riesgos – Control – Prevención - Costos y Calidad.

El análisis de potenciales fallas en los procesos de fabricación, empleando modelos desarrollados para detección de fallas, análisis de riesgo y control de puntos críticos, le permite a las empresas considerar como parte de la Gestión de los procesos la identificación de los riesgos o peligros, la valoración de la gravedad y probabilidad de aparición; así como establecer las medidas preventivas para su control.

Con este trabajo se pretende dar una contribución a las gerencias responsables del Sistema de Gestión de la Calidad, dando a conocer una metodología de fácil aplicación y bajo costo, que les permita identificar, evaluar y tomar acciones preventivas sobre aquellas condiciones potenciales que generan fallas recurrentes en sus procesos afectando los resultados de la gestión de calidad.

La realización del análisis de condiciones potenciales de fallas que afectan la calidad de los procesos, se traduce en beneficios para las empresas tales como:

- a. Contar con información pertinente que permita planificar procesos de medición, seguimiento, análisis y mejora en los procesos operativos.
- b. Asegurar la conformidad del sistema de gestión de la calidad.
- c. Mejorar continuamente la eficacia de los procesos.
- d. Aplicar un concepto de control y prevención que incluye tomar medidas (acciones) en todas las etapas del proceso para detectar, disminuir o evitar la ocurrencia de fallas o errores antes de que impliquen mayores costos y afecten la calidad en el proceso.
- e. Disminuir los costos de la no calidad (desperdicios, fallas operacionales, fallas de equipos, accidentes y riesgos) generados por potenciales fallas o riesgos presente en los procesos que se hacen evidentes bajo condiciones no previstas.

Para abordar este trabajo se aplicaran los conocimientos adquiridos durante los estudios de Especialización en Sistemas de la Calidad, específicamente, se hace uso de los conceptos: enfoque en procesos, Análisis de Riesgos, Gestión, Control, Prevención, Costos y Calidad, adquiridos en las cátedras de Planificación de la Calidad, Fomento y Mejora de la Calidad y Gerencia de la Calidad.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Objetivo General

Recomendar acciones preventivas que aseguren la calidad en el proceso de colada de cilindros de aluminio en mesas Wagstaff.

3.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar las condiciones potenciales de fallas que afecten la calidad en el proceso de colada de cilindros
- b. Aplicar una herramienta para el análisis de fallas potenciales y su efecto en los procesos industriales
- c. Identificar los riesgos asociados y su criticidad en el proceso de colada de cilindros.

4. ALCANCE

El estudio planteado pretende analizar el proceso de colada de cilindros de aluminio en la planta de fundición de CVG. ALCASA , específicamente en la unidad III de colada de Fundición I, con la aplicación de un método formal y cualitativo que permita identificar, evaluar criticidad y tomar acciones preventivas sobre las condiciones potenciales de fallas que afecten la calidad del proceso. El alcance determinado para esta investigación incluye los siguientes aspectos:

- a. La revisión documental del proceso, el histórico de producción y fallas presentadas en el proceso de colada de la unidad III de Fundición durante el año 2005 a fin de determinar la situación actual.
- b. La selección y aplicación de una herramienta que permita realizar el análisis de fallas potenciales y su efecto en proceso de colada de cilindro .en mesas de colada semi-continua vertical de tecnología Wagstaff.
- c. Identificación de los riesgos potenciales y sus efectos asociados en la calidad del proceso de colada de cilindros de aluminio.
- d. Recomendar acciones preventivas que aseguren la calidad en el proceso de colada.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo II se expone la metodología a seguir en la investigación, respondiendo al cómo se llevara a cabo el estudio para alcanzar los objetivos propuestos.

Según indica Malavé, L (2003):

El marco metodológico de la investigación, es el fundamento para desarrollar el trabajo de investigación propiamente dicho y está constituido por las secciones:

- Definición del tipo de investigación
- Diseño de la investigación
- Población y muestra
- Técnicas e instrumentos de recolección de datos
- Técnicas de procesamiento y análisis de los datos
- Operacionalización de los objetivos

Este conjunto de elementos conjugados se encaminan a hacia la búsqueda de solución o respuesta a un problema de investigación

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación en cuanto a su forma es una **investigación aplicada**, de acuerdo con la clasificación de Tamayo (1998), la investigación es pura, si está orientada a la generación de conocimientos, y aplicada si se preocupa por la aplicación del conocimiento en la resolución de problemas.

Igualmente podemos caracterizar este estudio de acuerdo al planteamiento del problema y a los objetivos, como una investigación **evaluativa**, ya que consiste en la aplicación de una herramienta de análisis a un proceso de producción, para la búsqueda de soluciones a problemas o necesidades de tipo práctico. De igual manera cabe destacar que en la investigación se describe la situación actual del proceso 'cómo es', y la situación esperada 'cómo podría o cómo debería ser' una vez aplica la herramienta de análisis y ejecutadas las acciones preventivas. La investigación es de **campo**, porque se realiza con la presencia del investigador en el lugar donde se lleva a cabo el proceso que se pretende analizar, se toma la información directamente de la realidad que se presenta.

2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es de campo de acuerdo con el plan que sigue el investigador para dar respuesta a las interrogantes y objetivos planteados. Para Hernández, Fernández, Batista (1991:108) "El diseño, señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se ha planteado y analizar las certezas de las hipótesis en un contexto particular, definiendo el proceso de recolección de datos, los análisis e interpretación de los mismos.

Considerando que en la presente investigación se pretende generar un análisis de las causas potenciales de fallas que afectan la calidad en el proceso de colada de cilindros de aluminio, en la planta de Fundición de CVG ALCASA, el investigador ejecutara el siguiente plan resumido en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Plan de Trabajo de Investigación.

ACTIVIDAD	COMO	RESULTADO ESPERADO
1. Definir el ámbito de estudio.	Determinar proceso, sub. procesos y actividades	Identificar el objeto de estudio
2. Determinar el tipo de herramienta para el análisis de fallas potenciales	Estudio de las diferentes herramientas para análisis de fallas Realizar una matriz de selección	Seleccionar la herramienta para el análisis de fallas potenciales.
3. Revisión documental del proceso.	Caracterización del proceso, Flujograma de proceso, Especificaciones de equipos Especificación del producto, Práctica operativa, Norma técnica, Practicas de mantenimiento, Plan de la calidad, Estadísticas Fallas y demoras en las operaciones, Uso de los productos, Programa de Mantenimiento preventivos y paradas, Riesgo al personal, Riesgo al equipo, Defectos de calidad en los productos.	Obtener la información documental del proceso.
4. Realizar análisis de fallas potenciales	Aplicación de la metodología de análisis de fallas potenciales <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tormenta de ideas ▪ Participación del equipo de trabajo. 	Determinar en un formato todas las condiciones de riesgos y fallas potenciales que afecten la calidad del proceso.
5. Recomendar acciones preventivas.	Aplicar tormentas de ideas Consulta a personal especializado Para la identificación y selección de acciones correctoras y preventivas.	Propuestas de acciones preventivas.

Diseño: El investigador (2006).

3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para Malavé, L; (2003), El “conjunto total” de individuos que se desea estudiar y poseen una o más características en común representan una población en estudio y hasta ésta se generalizan los resultados de la investigación. La muestra es un subconjunto que se extrae de la de la población y es capaz de reflejar las características de la población.

En la presente investigación la unidad de análisis objeto de estudio fue la planta de Fundición I de CVG ALCASA, la cual cuenta con 03 unidades de colada semi-continua vertical de cilindros de aluminio para extrusión; es importante señalar que las unidades están equipadas con equipos similares y el proceso de fabricación es relativamente idéntico. La población o universo de estudio para la investigación planteada estará conformada por 03 unidades de colada, lo cual constituye una población de tipo finita.

Estas características servirán para definir la muestra, que como indica Malavé, L (2003) es “**Probabilística y escogida al azar simple**”, ya que todos los elementos de la población tienen igual probabilidad de ser componentes de la muestra. Y debido a que es conocido y finito el número de elemento de la población (03), la muestra fue seleccionada, asignando un número a cada elemento y seleccionando un número al azar.

4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En este apartado de se debe explicar con claridad los procedimientos, lugar y condiciones en que se va recoger información acerca de los elementos a estudiar, razón por la cual deben estar definidas las técnicas y e instrumentos de recolección de los datos.

Para Malavé, L (2003) **las técnicas de recolección** de datos, son las diversas maneras de obtener los datos requeridos para llevar a cabo la investigación y **los instrumentos** son los medios materiales previstos para registrar la información.

Es importante señalar que de acuerdo al tipo de investigación, la búsqueda de información para el estudio planteado seguirá las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

- a) Inmersión inicial en el campo u objeto de estudio: consiste en obtener la mayor información del área o lugar donde se recolectara la información, acudir al lugar y observar el funcionamiento, tomar notas de las observaciones y de las entrevistas preliminares con operadores y supervisores a fin de familiarizarse con el sitio de trabajo.
- b) La observación cualitativa (observación de campo), ya que esta aplica para comprender el procesos (Jorgensen, 1989) e identificar problemas (Grinnell, 1997); así como para obtener información directa al momento de realizar el seguimiento del proceso (actividades, tareas, prácticas operativas) y visualizar detalles que son importantes para el análisis posterior del proceso.
- c) Grupos de enfoque o mesa de trabajo: consiste en realizar reuniones con grupos pequeños de personas con competencia en tema de estudio, a fin de obtener información validada y consensada por el grupo.
- d) La entrevista cualitativa: Técnica que se aplica para la obtención de información oral relevante para la investigación.

En cuanto a los instrumentos utilizadas para el registro de los datos se emplearon:

- Formatos para Flujo gramas de proceso

- Formatos de trabajo prediseñados para la aplicación de la herramienta de análisis de fallas potenciales.
- Fichas de registros para observaciones de campo.
- Formato de Minutas de reunión.
- Lista de cotejo

5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Después de aplicar las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos es necesario procesar la información a fin de facilitar el análisis de los mismos. Es importante señalar que los datos de esta investigación son de corte cualitativo, por lo cual aplican las siguientes técnicas de análisis de datos:

- a. Elaboración de Tablas y Cuadros, que indiquen:
 - Flujo gramas de los procesos
 - Actividades, fallas potenciales, efectos ó riesgos, actividades de control, acciones preventivas entre otras
 - Análisis FODA para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en el proceso.
- b. Gráficos y Cuadros, que indiquen el histórico de las fallas en el proceso y la afectación de la producción.
- c. Análisis de la Información obtenida en las entrevistas cualitativas, en reuniones con el grupo de enfoque, y las observaciones de campo, a fin de triangular la información y verificar su validez.

Estas técnicas permiten la ordenación, organización y presentación de los datos a fin de que sean analizados y se genere en información relevante para los objetivos de la investigación.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

1. RESEÑA HISTÓRICA DE CVG ALCASA

En diciembre de 1960, se constituye en Venezuela la empresa CVG Aluminio del Caroní, S.A. (ALCASA), quedando oficialmente inaugurada el 14 de octubre de 1967, con una capacidad de producción de 10.000 TM/Año de aluminio primario.

Las instalaciones puestas en servicio en la planta de Puerto Ordaz en 1973, permitieron cubrir el mercado nacional y el de otros países signatarios del acuerdo de Cartagena hasta 1977, según las estimaciones oficiales del consumo subregional, cuya cuantía sería superior a las 50.000 TM/Año, para la fecha señalada. Por tal motivo, por las condiciones de los mercados internacionales en los próximos años y por las condiciones financieras existente en el país, CVG ALCASA inicia las gestiones necesarias para elevar la capacidad instalada de reducción a 120.000 TM/Año, con las necesarias instalaciones de soporte.

En el año 1978 entra en operación la ampliación de reducción y laminación en la planta de Puerto Ordaz, alcanzando una capacidad de producción de 120.000 TM/Año de aluminio primario y de 30.000 TM/Año de láminas de aluminio. Cabe destacar el hecho de que entre los años 1981-1985 el suministro nacional de aluminio primario se duplicó en 74.000 TM/Año, el consumo interno creció sólo en 8.400 TM/Año; es decir, a un 3,8% interanual y el procesamiento del metal para las exportaciones pasó de 25.800 TM a 92.100 TM; es decir a una tasa de crecimiento de 37,4% interanual

En el año 1981 CVG ALCASA decide realizar un estudio de mercado de FOIL de aluminio, cuyos productos más significativos son el papel para cigarrillos, papel doméstico, láminas para techos, semirígidos, convertidores y aletas para aires

acondicionados. La capacidad de producción de FOIL en la planta de Guacara para esta fecha es de 6.000 TM/Año, dando como resultado en el estudio de mercado que para 1985 la demanda nacional de FOIL se aproxima a los 8.200 TM/Año.

De esta manera, en 1985 se concluye este proyecto, alcanzándose una capacidad de producción de FOIL de 3.000 TM/Año adicionales. Esta inversión fue financiada a través de préstamos de la Banca Nacional e Internacional y mediante recursos propios. Las ampliaciones ejecutadas permitieron para 1990 una producción de 210.000 TM/Año de aluminio primario, incrementando la laminación gruesa a 70.000 TM/Año y la de laminación delgada a 12.000 TM/Año. Los programas de inversión por consolidarse permitirían producir para 1992 400.000 TM/Año de aluminio primario, susceptible de ser transformada para 1994 hasta 140.000 TM/Año de láminas gruesas y 20.000 TM/Año de láminas delgadas

Actualmente, CVG ALCASA posee una capacidad instalada de producción de aluminio primario de 210 mil toneladas métricas anuales y de 60 mil TM/Año para la elaboración de láminas blandas de la serie 1000 y 3000.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Aluminio del Caroní, S.A. (C.V.G ALCASA)



Es una Industria básica del estado venezolano, tutelada por la Corporación Venezolana de Guayana, productora y comercializadora de aluminio primario, cilindros y productos laminados.

Misión

C.V.G ALCASA tiene como misión producir y comercializar productos de aluminio en forma competitiva, con calidad integral de gestión, participando activamente en la definición de las políticas de desarrollo de la cadena productiva del sector aluminio, asumiendo el papel que a la empresa corresponde:

- *Eficiente y rentable.*
- *Suministro confiable en calidad y oportunidad para la transformación y agregación de valor.*
- *Precio competitivo.*
- *Desarrollo sustentable del sector transformador del aluminio en el país.*

Visión

Avanzar durante los próximos cinco años en nuestro posicionamiento competitivo como país productor de aluminio consolidándonos a nivel nacional, después del petróleo, como el sector industrial con mayor contribución al crecimiento económico del país, a través de la producción y comercialización de un producto con un alto valor agregado y un nivel de integración en la cadena productiva, capaz de garantizar la sustentabilidad del sector, dentro de los parámetros de eficiencia exigidos por la industria mundial del aluminio.

Política de Calidad, Ambiente y Seguridad

La empresa C.V.G ALCASA tiene como política el fortalecimiento y la participación del recurso humano en el mejoramiento continuo de los procesos, cumpliendo con las prácticas de conservación contempladas en la normativa ambiental venezolana vigente y manteniendo áreas de trabajo seguras y controladas, garantizando de esta manera, que los productos obtenidos satisfagan los requerimientos y las expectativas de sus clientes, con altos niveles de rentabilidad, competitividad y desempeño, acorde a lo establecido en su misión y visión.

2.2 Ubicación Geográfica de ALCASA

C.V.G. Aluminio de Caroní S.A ALCASA, es una empresa del estado venezolano cuya misión es producir y comercializar aluminio y sus derivados en forma productiva y rentable. Está se encuentra ubicada en la zona Industrial Matanzas en el margen derecho del río Orinoco en la parte sur-oeste de Ciudad Guayana, Estado Bolívar (ver Grafico 1), ocupando una superficie total aproximada de 174 hectáreas. Esta formada por la unión del Fondo de Inversiones de Venezuela (FIV), la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G) y la Reynolds International (INC.).



Grafico 1. Ubicación Geográfica de C.V.G. ALCASA.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE FUNDICIÓN.

La Planta de Fundición, está conformada por dos (02) áreas geográficamente separadas: Fundición I y Fundición II cuyas instalaciones reciben actualmente aluminio líquido de Celdas II y III (Línea III y IV de Reducción). La primera mantiene una nave de dos aguas con un área de planta de 5460 m², ubicada en la zona adyacente a las líneas I y II de Reducción, con edificaciones de una sola planta, fundamentalmente en esta área se producen cilindros de aluminio para extrusión

que comercializa ALCASA, además de los productos en forma de lingotes de aproximadamente 454 Kgs. y de 680 Kgs. La segunda mantiene una nave industrial a dos aguas, tiene una superficie de 20.900 m², ubicada al lado de Celdas II y de Limpieza de Crisoles, en esta área se producen planchones para Laminación, cilindros para extrusión y lingotes para refusión de 22.5 Kg y 450 Kg.

3.1 Planta de Fundición



En esta área se preparan las mezclas o aleaciones con otros metales, de acuerdo con los requerimientos del mercado. El metal proveniente de las celdas de reducción, que es 99,8% aluminio puro, se vacía en los hornos de retención donde se le añade otros metales como el titanio, magnesio, cobre o hierro, para preparar las distintas aleaciones.

Gráfica 2. Planta de Fundición II

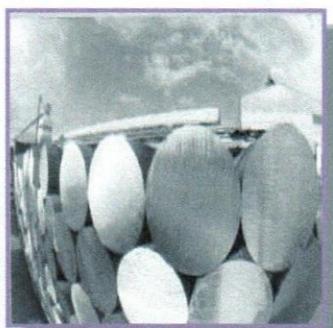
El metal líquido dentro de los hornos es sometido a diversas pruebas y controles de calidad, para luego ser vaciado en la mesa de colada. En la colada se vierte el metal líquido, a través de canales, a los diferentes moldes que son enfriados por agua. El producto final son aleaciones de aluminio en forma de pailas, cilindros, planchones y lingotes, según el uso que se les vaya a dar y de acuerdo con las necesidades del cliente.

3.2 Productos Elaborados por Fundición

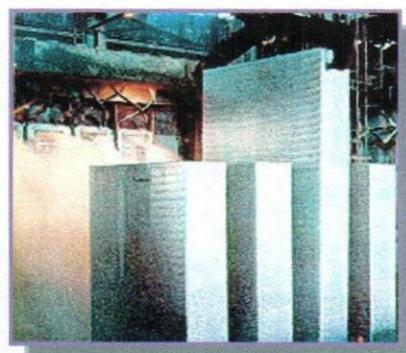
La producción de aluminio en ALCASA se hace en forma de lingotes tipo estaca y tipo paila, cilindros para extrusión, planchones para laminación, bobinas, láminas, cintas y planchas. En el Grafico 3, se muestran algunos de los productos que se elaboran en la empresa.



a) lingotes;



b) cilindros



c) planchones

Gráfico 3. Productos de Fundición.

4. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO CILINDRO

Lingote de aluminio para extrusión o cilindro: son piezas de aluminio aleadas o no aleadas en forma cilíndrica, que se obtiene por enfriamiento directo del aluminio líquido a estándares específicos.

Las aleaciones más comunes es la serie 6000 tal como 6063, 6060, 6061, 6005. A continuación se presenta un cuadro resumen con todas los tipos de aleaciones:

Cuadro 2: Aleaciones de la Serie 6000 para Extrusión.

CILINDROS	
Serie 6000	
	6060, 6061
	6005
	6063 A.T.P, 6063 A.V, 6063 HR
	6105
	6201
	6463

5. TECNOLOGÍA DE COLADA

De los diferentes métodos ideados para solidificar aleaciones de aluminio destinadas para deformación plástica se pueden mencionar tres: el vaciado en molde estático, colada continua horizontal y colada semi-continua vertical siendo el último proceso el más difundido en la industria del aluminio y el utilizado por ALCASA en la elaboración de cilindros para extrusión y planchones para laminación.

El proceso de colada vertical semi-continua (DC), el más empleado en la industria Clasificándose este último en dos grandes grupos que a continuación se describen.

5.1 Proceso Convencional “bajo piel” con Pico y Flotador

El metal fundido proviene del horno ingresa a la canal de colada y por medio de un pico o bocina llena la cavidad del molde, donde el nivel de metal es regulado por un flotador que obtura la base del pico. El metal se distribuye por los canales que presenta el flotador por su parte sumergida. Durante la colada se origina una capa de oxido sobre la superficie libre de metal la cual es retenida por le flotador sirviendo de protección al metal líquido que se desplaza debajo de ella, de aquí se origina el nombre de “Bajo Piel”. (Gráfico 4)

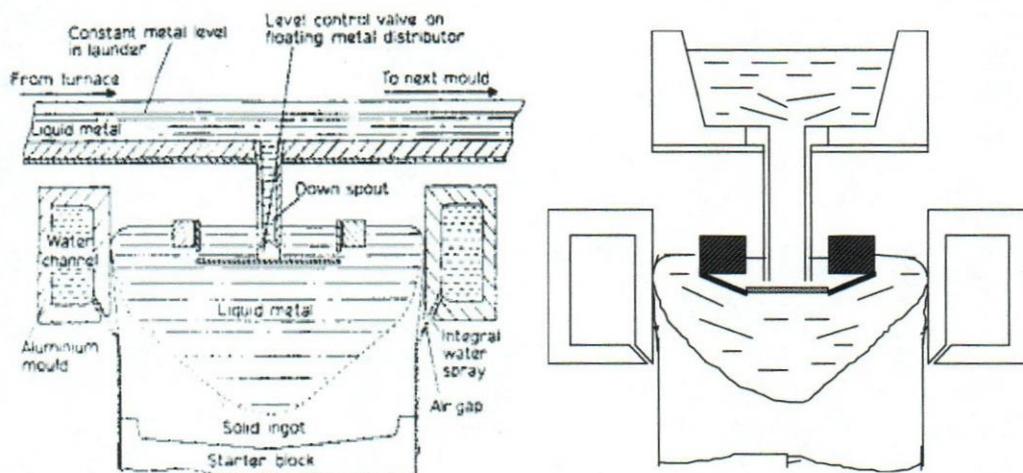


Gráfico 4. *Proceso Convencional* (solidificación en molde)

5.2. Proceso "hot-top" Colada a nivel o Bóveda Cerrada.

El proceso hot-top consiste en una estructura (mesa de colada) que reúne al distribuidor y al molde mediante piezas de material aislantes. El metal entra a través de los canales de la mesa de colada y llena la cavidad del molde encontrándose el metal a un solo nivel en la mesa (ver Gráfico 5).

En ambos métodos el proceso de solidificación se caracteriza por un molde refrigerado por agua que realiza la primera etapa de solidificación (enfriamiento indirecto) extrayendo calor a través de las paredes del molde para formar el primer sólido de forma anular y de pocos el agua de enfriamiento indirecto es orientada a la superficie de la pieza colada que se separa del molde, produciéndose la segunda etapa de enfriamiento (enfriamiento directo) que finaliza con la solidificación completa de la pieza. En la base del molde están presentes orificios ó ranuras a través de las cuales fluye agua para el enfriamiento directo de la pieza en proceso de solidificación interna. El metal llena toda la cavidad del molde que esta cerrada en la parte superior por material aislante y se observa un único nivel de metal.

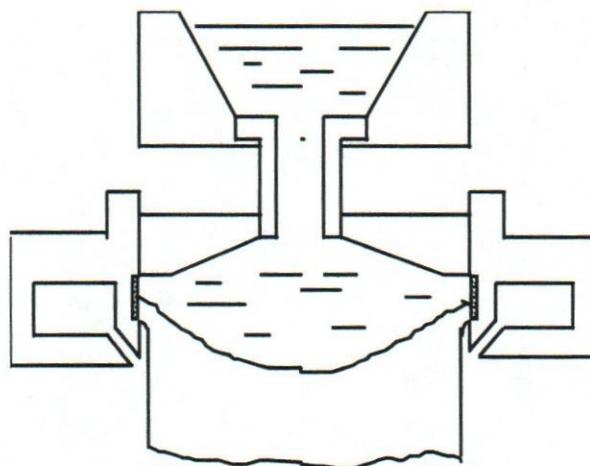


Gráfico 5. Esquema del Molde “Hot- Top”.

En este sistema, el metal fundido proviene del horno de retención –fusión y es vertido en la mesa de colada y distribuido a su vez a los diferentes moldes cilíndricos contenidos en la mesa superior de colada. En los gráficos 4 y 5 se detalla el sistema de vaciado para la colada semi-continua. Al contacto del metal con el cabezote del molde y con las paredes del molde enfriado por agua, se forma una depresión poco profunda en forma de casco de metal- el casco solidificado contiene un núcleo fundido que se somete a templado directo, mientras que la base del molde (mesa inferior de cabezotes) puede bajar a una velocidad que dependerá principalmente del diámetro del lingote, la temperatura de colada y el flujo de agua para el enfriamiento.

Durante el vaciado el metal líquido es sometido a un “enfriamiento primario” mediante la extracción de calor latente por conducción a través de las paredes de contacto entre el metal y el molde refrigerado por agua; seguidamente pasa a una zona de “enfriamiento secundario” donde se complementa la solidificación por la aplicación directa de chorros de agua a la costra sólida en la medida que esta desciende de la cavidad del molde.

A cierta distancia por encima del extremo inferior del molde el metal se contrae y se separa de la cara interna, produciéndose una franja de aire (gap). La extracción de calor en esta zona se reduce por la barrera de aire (gap), lo cual puede conducir a una refusión parcial de la costra ya sólida antes que el enfriamiento secundario tenga efecto.

Las características más resaltantes de la colada vertical CD para cilindros, es el uso de moldes mas cortos y la inyección de una mezcla de oxígeno y nitrógeno (aire seco en otras tecnologías) a través de un anillo, con el objeto de minimizar el enfriamiento primario.

El lubricante es suministrado de manera intermitente durante el proceso de colada. Los mejores resultados se obtienen con secuencias de inyección (on, off) de arranque y estabilización que se determinan experimentalmente.

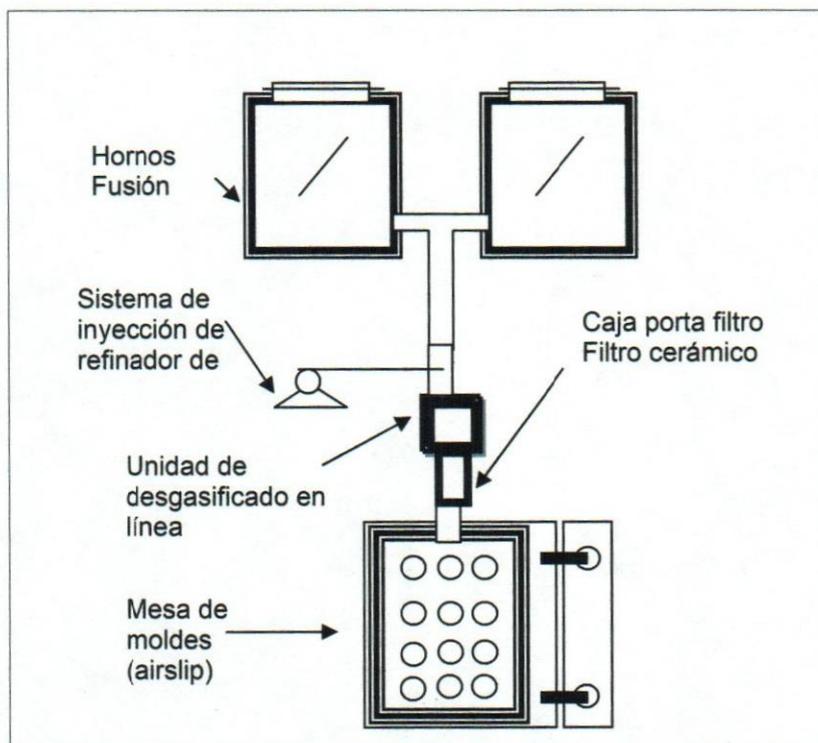


Gráfico 6. Esquema de Unidad de Colada de Cilindros

6. GESTIÓN DE PROCESOS

¿Qué es gestión por proceso?

La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como “*enfoque basado en proceso*”. Un enfoque de proceso es un camino para organizar y gestionar, cómo las actividades laborales crean valor para el cliente y otras partes interesadas.

La gestión por procesos es la forma de gestionar toda la organización basándose en los procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. La gestión de procesos, percibe la organización como un sistema interrelacionado y ordenado conforme al flujo natural de sus procesos.

6.1.- Definición de Proceso.

Un proceso se define como “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (ISO 9000:2000). Estas actividades requieren de asignación de recursos tales como: recursos humanos y materiales. El Gráfico 7, muestra un proceso genérico.

Proceso también es definido como “una secuencia de actividades orientadas a generar un valor agregado sobre una entrada para conseguir un resultado, y una salida que a su vez satisfaga los requerimientos de los clientes”.

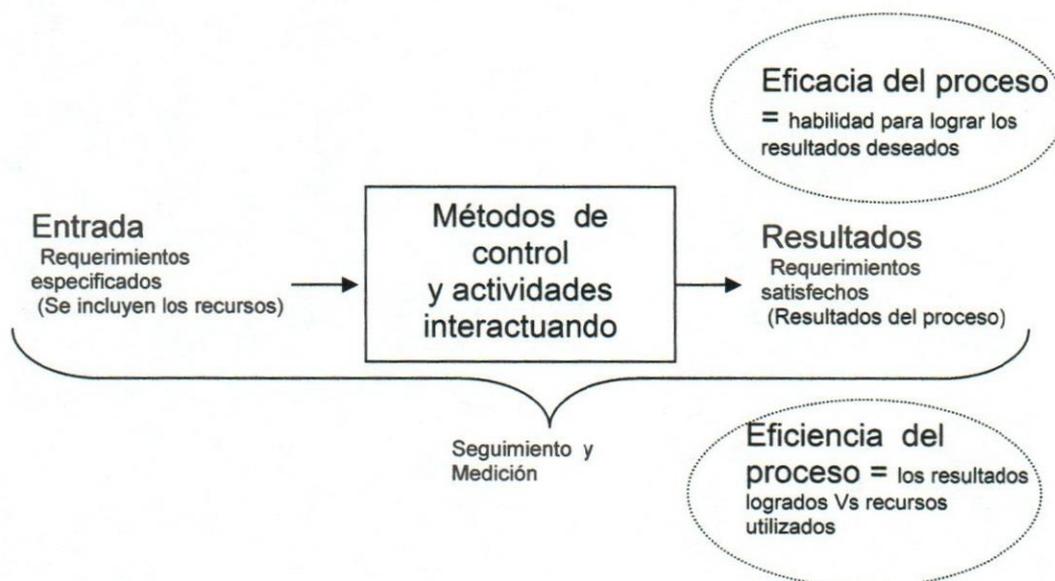


Grafico 7. Proceso Genérico.

Se habla de gestión de proceso si cumple las siguientes características en los procesos:

- se pueden identificar y describir las entradas y las salidas de los procesos
- En un proceso las entradas y los resultados pueden ser tangibles (tal como equipos, materiales, métodos, mano de obra, ambiente o componentes) o intangibles (tal como energía o información). Sin embargo los resultados de un proceso pueden ser no intencionados o esperados; tales como desperdicio, fallas, demoras, mala calidad o polución.
- Cada proceso tiene proveedores, clientes y otras partes interesadas que son afectadas por los procesos y quienes definen los resultados requeridos de acuerdo con sus necesidades y expectativas
- El proceso cruza uno o varios límites funcionales, y son capaces de cruzar verticalmente y horizontalmente a la organización (ver Gráfico 8).

- El enfoque en proceso introduce a una gestión horizontal, cruzando las barreras entre diferentes áreas funcionales y unifica sus enfoques hacia las metas principales de la organización, gestionando los procesos como un sistema, donde se crea y se interpreta la red de procesos con sus interrelaciones.

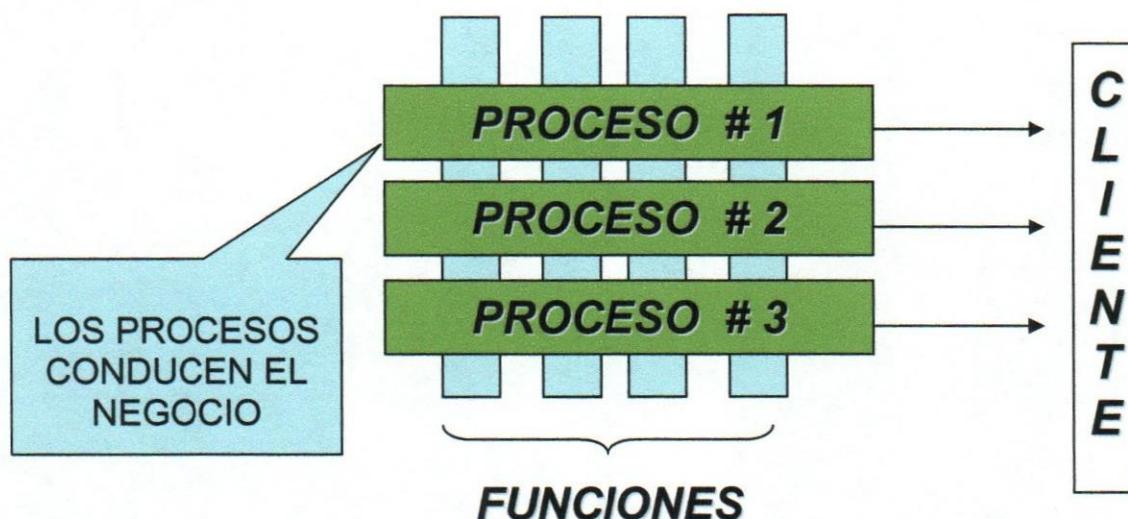


Gráfico 8. Interrelación de los procesos con las funciones

- El proceso se establece sobre metas y fines en vez de acciones y medios.
- La gestión y el control de proceso deben ser utilizada para reunir datos, los cuales deben ser analizados para suministrar información relacionada con el desempeño de los procesos y para determinar la necesidad de acciones preventivas o mejoras.
- La eficacia y la eficiencia del proceso pueden ser aseguradas a través de los procesos de revisión interna o externa.
- El proceso debe tener un responsable (propietario) designado que asegure la eficiencia y eficacia del mismo.

- El proceso debe ser fácilmente comprendido por cualquier persona de la organización.
- Debe ser auditado y controlada su gestión mediante indicadores.
- El nombre asignado a cada proceso debe ser sugerente de los conceptos y actividades incluidos en el mismo.

6.2.- Tipos de Procesos.

- 1) Procesos de Dirección o Gestión: son los que están relacionados con la gestión de una organización, entre ellos tenemos: la planificación estratégica, las revisiones por la dirección, el establecimiento de políticas entre otros.
- 2) Procesos de apoyo: esta orientado a la gestión de recursos que son necesarios para los procesos de gestión, realización y de medición de una organización. Estos incluyen proceso de logística, suministro, servicios y personal entre otros.
- 3) Procesos de realización (operativos): estos incluyen a todos los procesos que proveen los resultados deseados por la organización.
- 4) Proceso de medición, análisis y mejora: estos incluyen aquellos procesos necesarios para la medición, recolección de datos para realizar análisis del desempeño y mejora.

El desempeño de una organización puede ser mejorado a través de uso del enfoque en proceso, mediante el cual se alcanzan los siguientes beneficios:

- 1) Integración y alineación de los procesos que permitan alcanzar los resultados planificados.
- 2) Genera confianza en los clientes y otras partes interesadas acerca del desempeño de la organización.
- 3) Habilita a la organización para enfocar el esfuerzo en la eficacia y eficiencia de los procesos.
- 4) Transparencia e información de las actividades dentro de la organización.
- 5) Estimula al personal a aclarar sus responsabilidades, evitando la existencia de fronteras funcionales sin responsables identificados.
- 6) Resultados mejorados, consistentes y predicables.

6.3 Herramientas de la Gestión de Proceso

- **Mapas de Procesos:** Es una aproximación de la organización como un sistema de procesos interrelacionados. Los mapas de proceso permiten visualizar el proceso operativo, estratégico y de soporte y mejoran la coordinación entre los procesos claves de la organización, constituyéndose en el primer paso para seleccionar los procesos sobre los cuales actuar.

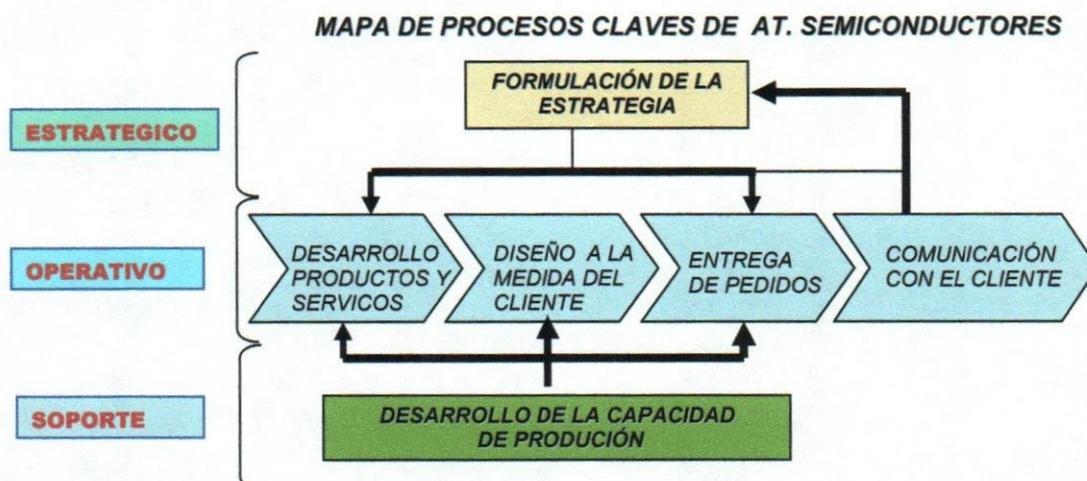


Gráfico 9. Mapa de procesos

- **Modelado de Procesos:** modelar es desarrollar una descripción lo más exacta posible de un sistema y de las actividades llevadas a cabo en él. El modelo constituye la base para el rediseño, mejora y establecimientos de indicadores en los puntos intermedios del proceso y en sus resultados.

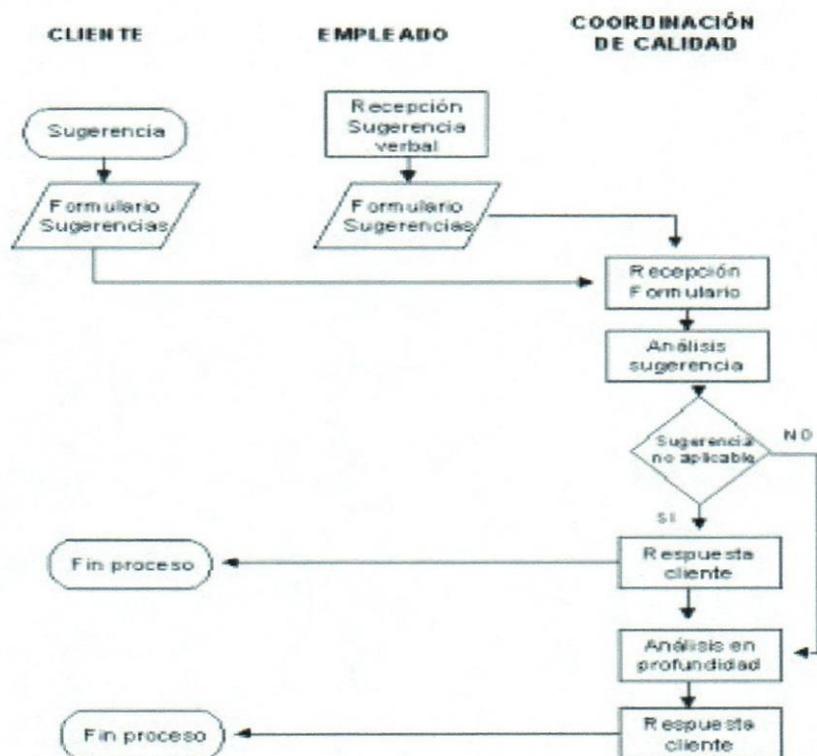


Gráfico 10. Diagrama de Proceso.

- **Documentación de los procesos:** La documentación de los procesos consiste en la aplicación de una metodología estructurada para comprender el contexto y los detalles con que se ejecutan los procesos. Siempre que un proceso vaya a ser controlado, mejorado o rediseñado, su documentación es esencial como punto de partida.

- **Equipos de procesos:** La formación de equipos de procesos liderizados por el "propietario del proceso" son esenciales para desarrollar los sistemas de revisión y control de la gestión de proceso.

- **Rediseño y Mejora de los Procesos:** El análisis de un proceso puede generar acciones de reingeniería y mejoramiento continuo, para reducir costos, mejorar la calidad, acortar tiempos de producción y entrega del producto y servicio.
- **Indicadores de la Gestión del Proceso:** En la gestión de procesos se debe contar con un cuadro de indicadores referidos a la calidad y a otros parámetros significativos. De este modo la organización puede conocer, controlar y mejorar su gestión.

7. MARCO CONCEPTUAL

Al referirse al Marco Conceptual, Méndez, C. (op. cit.), explica:

Su función es **definir el significado de los términos** (lenguaje técnico) que van a emplearse con mayor frecuencia y sobre los cuales convergen las fases del conocimiento científico (observación, descripción, explicación y predicción).

Accidente de trabajo: todo suceso que produzca en el trabajador o trabajadora una lesión funcional o corporal, inmediata o posterior, o la muerte resultante de una acción que pueda ser determinada o sobrevenida en el curso del trabajo, por el hecho con ocasión del trabajo.

Acción preventiva: acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad inherentes de un producto, proceso o sistema que cumple con los requisitos.

Capacidad: actitud de una organización, sistema o proceso para realizar un producto que cumple los requisitos planificados.

Colada: proceso de vaciado, moldeo y solidificación de metales fundidos. En el caso que nos ocupa, la colada de cilindros se realiza con vaciado desde un horno que trasfiere el metal a una mesa de molde, donde el metal se solidifica tomando la forma geométrica de la sección del molde.

Control: acción que permite: planear, hacer, verificar y actuar afín de eliminar o minimizar el impactado de las fallas potenciales que pueden afectar al sistema.

Defecto: incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado.

Gestión: actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización.

Mesas de colada: tecnología aplicada para realizar el vaciado, moldeo y enfriamiento de la aleación de aluminio. En el caso de mesas de colada de cilindros en Fundición de CVG ALCASA se emplea una tecnología de colada directa semi-continua vertical para producir cilindros con diámetros de 5 1/8 Pulg. – 10 Pulg. con un largo máximo de 240 Pulg. El producto exhibe una calidad superficial libre de defectos.

No conformidad: incumplimiento de un requisito.

Prevención: estrategia que mejora los resultados de los procesos dirigiendo el análisis y la acción hacia la detección y corrección previa del proceso antes de que ocurran las fallas previstas.

Producto: Resultado de un proceso.

Requisito: necesidad o expectativa establecida generalmente implícitas u explícita.

Riesgo: Condición o actuación indeseable que potencialmente puede originar, accidentes al personal, daños materiales, fallas y no conformidades.

Sistema: conjunto de elemento mutuamente relacionados o que interactúan.

Proceso: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. DEFINIR EL AMBITO DE ESTUDIO

El proceso productivo del aluminio en de CVG ALCASA se observan dos procesos principales como son la producción del aluminio líquido (proceso de reducción electrolítica) y la producción de semi elaborados (proceso de fundición y proceso de laminación).

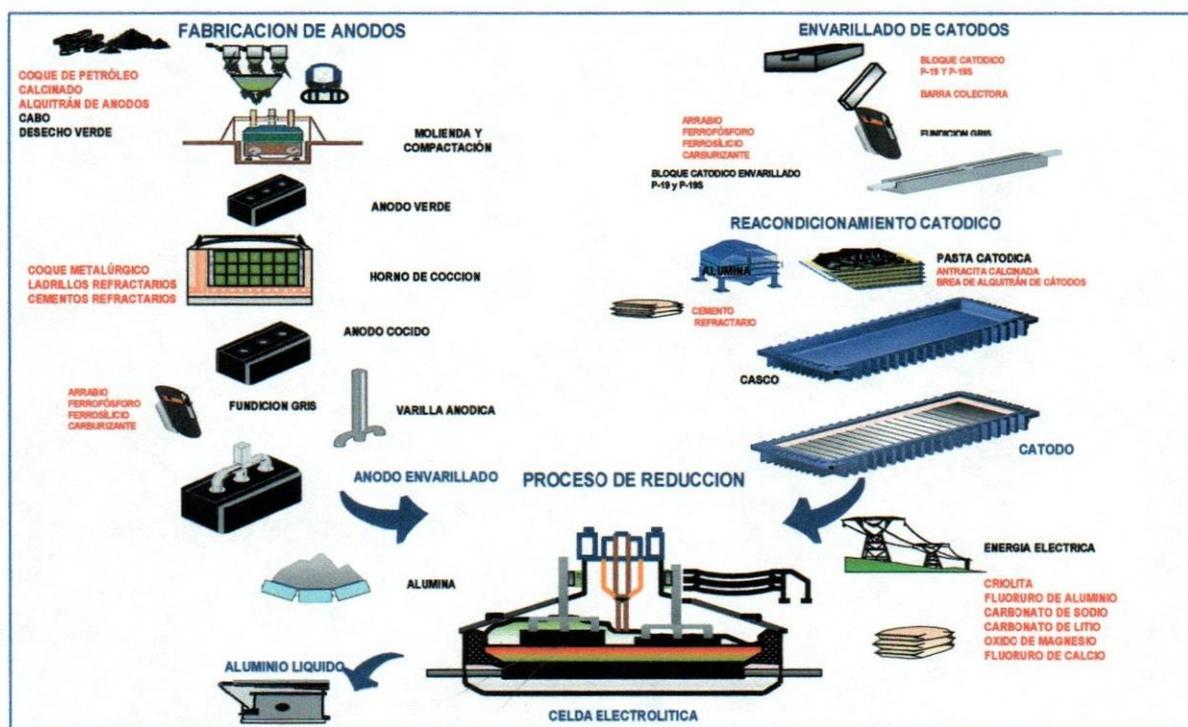


Gráfico 11. Esquema del Proceso de Producción de Aluminio Primario.

a) Proceso de Reducción: Consiste en la reducción de la alúmina (Al_2O_3) en un baño electrolítico compuesto por criolita y aditivos de fluoruro. En este proceso el carbón, el baño electrolítico y la energía eléctrica (alto amperaje) presentes en la celda electrolítica, llevan a cabo la ruptura del óxido de aluminio (alúmina)

separando el oxígeno para la obtención del aluminio metálico bajo condiciones de proceso muy controladas (Ver Gráfico 11). En el proceso de reducción es de vital importancia la fabricación de ánodos de carbón (polo positivo) y el envarillado de cátodos (polo negativo) a fin de conformar la celda de reducción electrolítica a través de la cual fluye una corriente de alto amperaje y bajo voltaje necesaria para disociar la alúmina y reducir el Al^{+3} a Al^0 .

b) Proceso de Fundición: este se inicia con la recepción de metal líquido y su posterior colada (solidificación) en diferentes formatos y productos de Colada como son:

- Los lingotes para refusión: (Estacas de 22,5 Kg., Pailas de 454 Kg. y bajo perfil de 680 Kg.)
- Los lingotes para extrusión (cilindros)
- Los lingotes para laminación (planchones)

En el proceso de Fundición, esta ubicado el subproceso de colada de cilindros en mesas de tecnología Wagstaff, el cual es el objeto de de interés para el estudio, como es señalado en el Gráfico 12, mediante el círculo punteado.

El sistema de gestión del de la calidad de Fundición, el sub proceso de colada de cilindros es parte del proceso de Fundición, el cual es un proceso medular del sistema de gestión de la calidad de CVG ALCASA. *En el Gráfico 13 se representan los procesos los sistemas de la calidad y sus interacciones, siendo Fundición el área donde se desarrollara la presente investigación.*

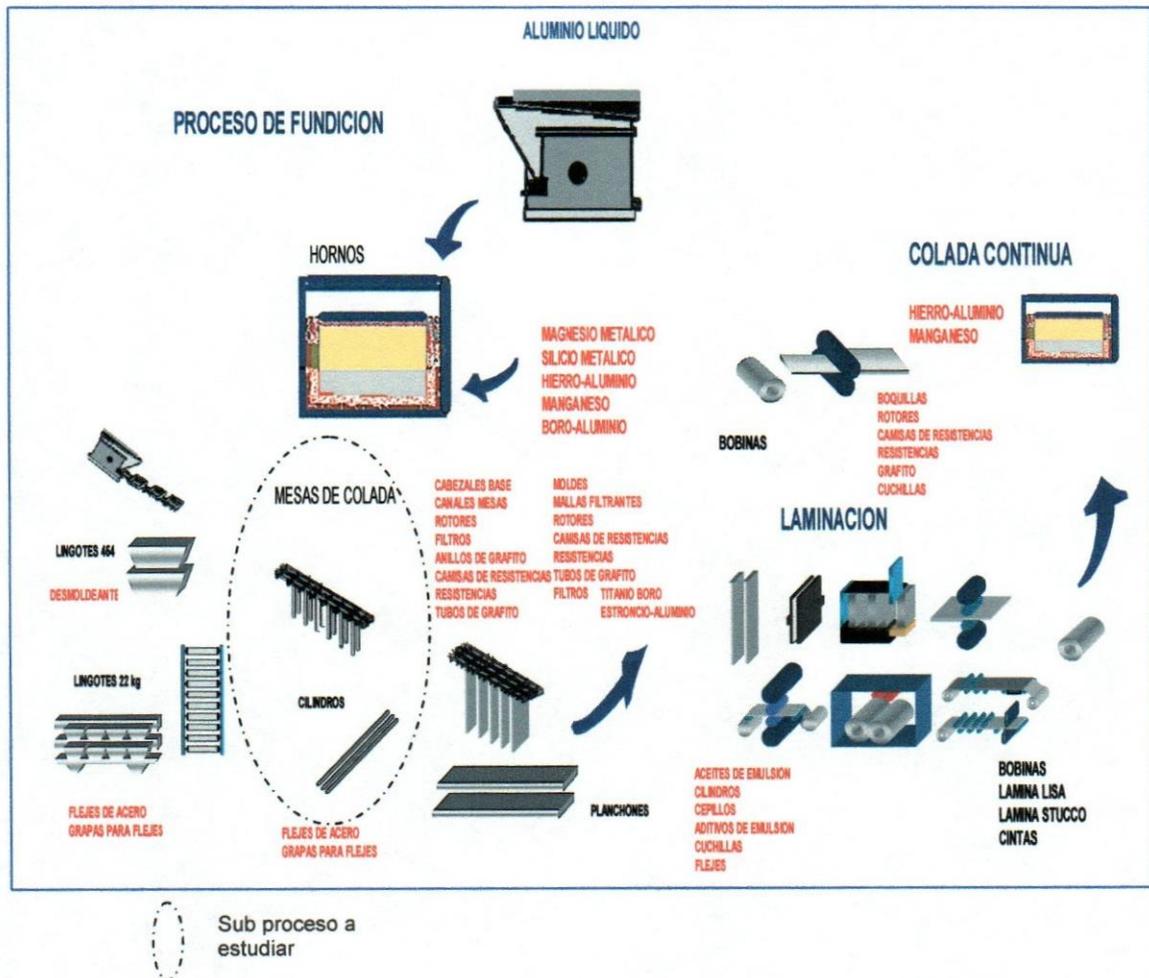


Gráfico 12. Esquema del Proceso de Fabricación

Bajo el enfoque de proceso se puede visualizar la identificación de los procesos y sus interrelación entre ellos y como se gestionan para dar satisfacción a los requerimientos de los clientes y partes interesadas.

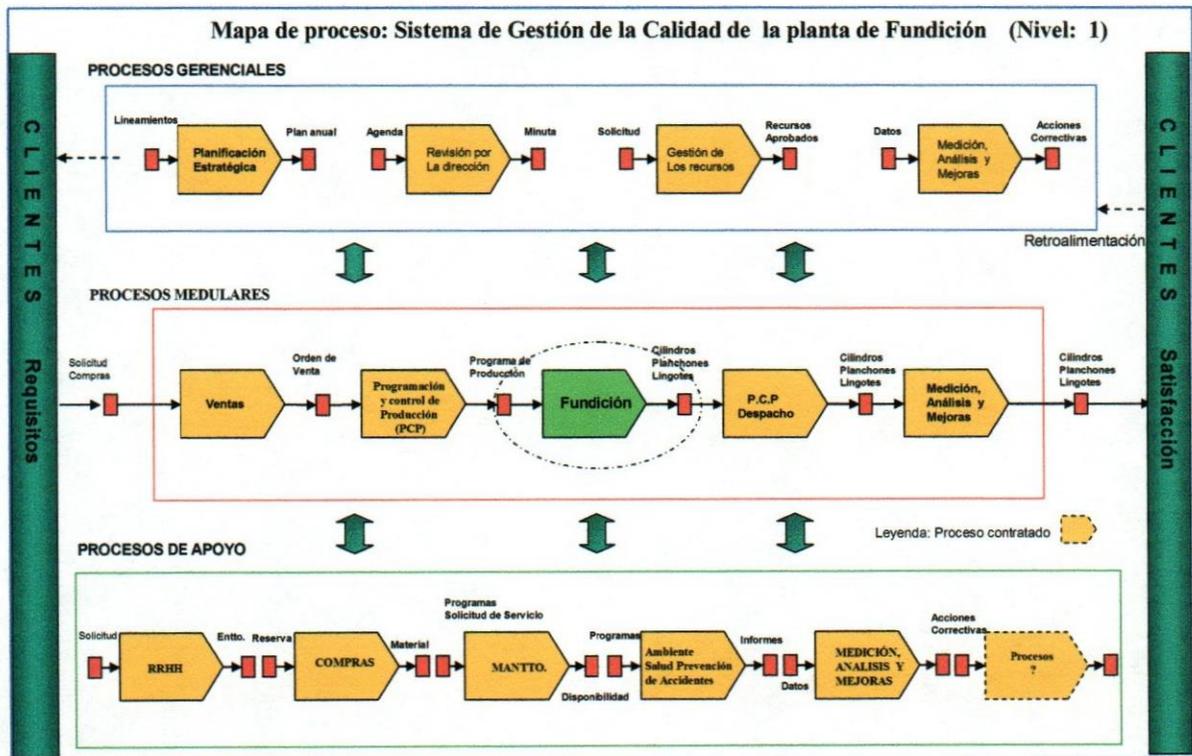


Gráfico 13. Mapa de Proceso: Sistema de Gestión Fundición

CVG ALCASA planifica la realización del producto, partiendo de la disponibilidad de metal y equipos, lo cual es la base para la elaboración del plan anual de producción, determinándose los requerimientos de aleantes para su posterior solicitud a la Gerencia de Logística, por parte de la Gerencia de Planificación y Control de la Producción (PCP).

En base al plan anual de producción, la Gerencia de Comercialización elabora el plan anual de ventas.

La Gerencia de Fundición, en conjunto con la Gerencia Técnica, planifica y desarrolla los procesos necesarios para la realización del producto, asegurando la coherencia respecto a los otros requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad.

Esta planificación es documentada en los planes de la calidad de los procesos de fabricación de Cilindros, Planchones y Lingotes.

Durante la planificación de la realización del producto se determinan:

- los objetivos de la calidad y los requisitos del producto.
- La necesidad de establecer procesos, documentos y proporcionar recursos específicos para el producto (diagramas de proceso)
- Las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, inspección y ensayo específicos para el producto, así como los criterios para la aceptación del mismo /Normas Técnicas)
- Los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos

El proceso de fundición se puede desglosar afín de evidenciar los sub procesos presentes en la realización de un producto en particular, como a continuación se presenta en el Gráfico 14.

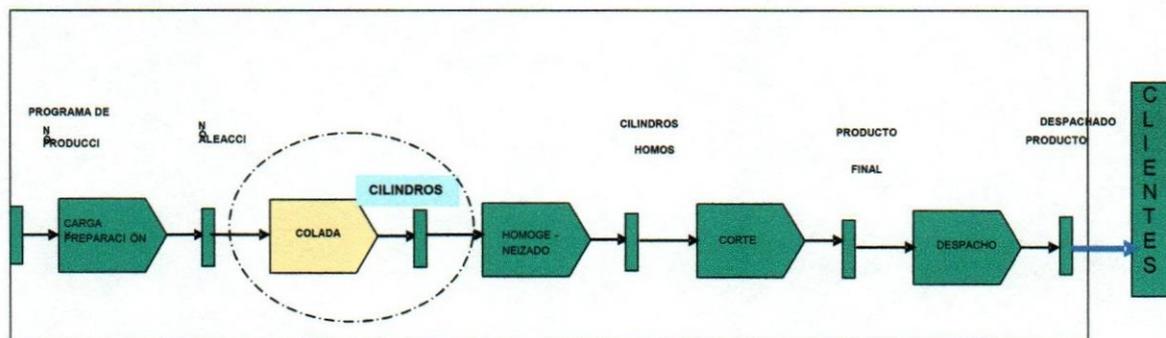


Gráfico 14. Mapa de Proceso de Fabricación de Cilindros

En el sub proceso de colada de cilindros que se señala el mapa de proceso de proceso Gráfico 14, no se resaltan las operaciones que se realizan previas a la colada, al inicio y al final de la misma como son: Preparación de la mesa de colada de cilindros, Aprobación del Ensayo de vacío, Arranque o inicio de la colada, Análisis de composición química, Inyección de refinador de grano (Ti-boro),

Colada en régimen y Fin de colada; que se resaltan en el flujograma de Proceso de Fabricación de Cilindros (ver Gráfico 15).

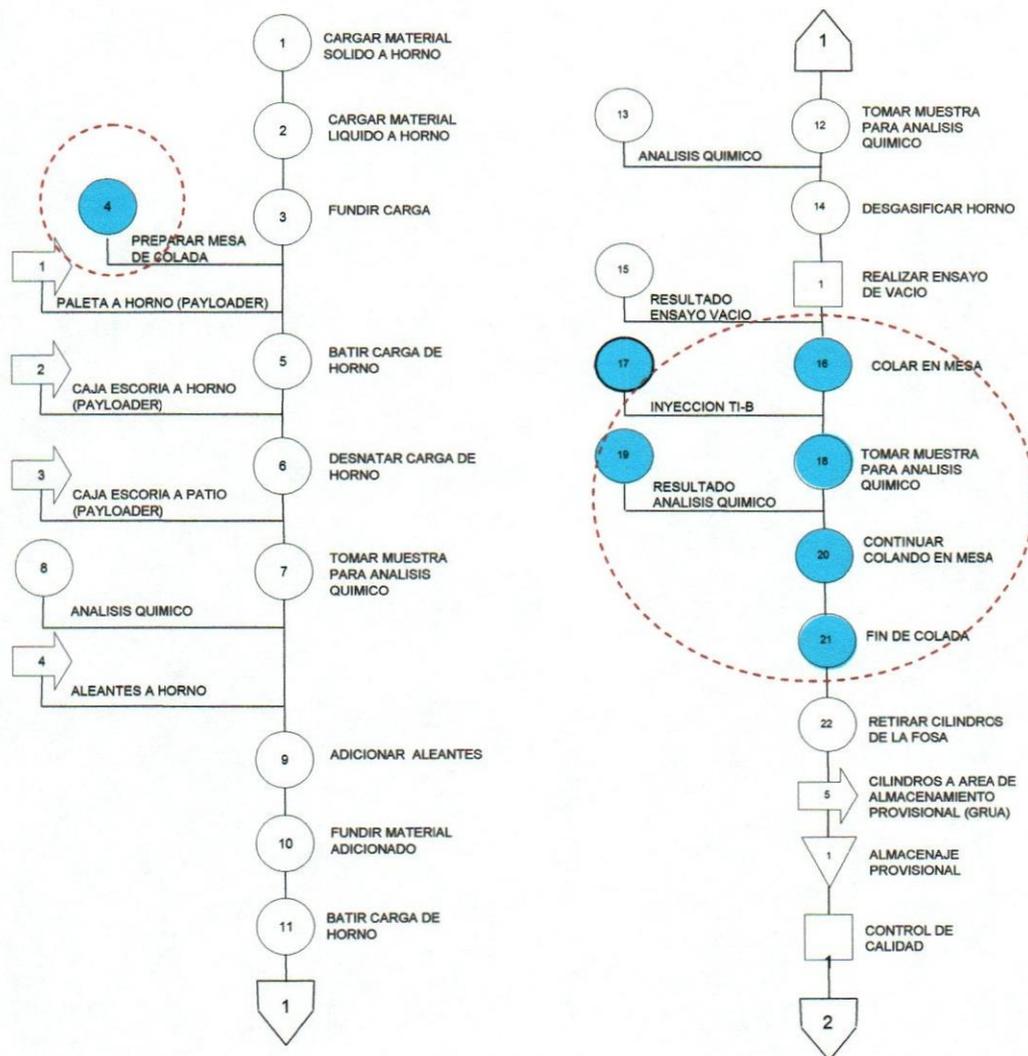


Gráfico 15. Flujograma de Proceso de Fabricación de Cilindros.

Las operaciones anteriores serán el objeto de análisis, ya que en estas se presentan el mayor número de condiciones de fallas que afectan la calidad del proceso de Colada.

2. DETERMINAR EL TIPO DE HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE FALLAS POTENCIALES.

En este capítulo el investigador realizará una evaluación de dos herramientas empleadas para el análisis de fallas como lo son: el **Análisis de peligro en los sistemas (APES)** y el **Análisis de modo efecto y falla (AMEF)**. A fin de determinar cual de estas herramientas es más aplicable para alcanzar el objeto de la presente investigación.

A Continuación se definen las herramientas de análisis, su método de aplicación y su utilidad, para posteriormente realizar un cuadro comparativo que le permita al investigador realizar la escogencia de la herramienta para su análisis

2.1 Análisis de peligro en los sistemas (APES).

El análisis de los peligros en los sistemas, es una herramienta o método formal, cualitativo que se aplica para identificar fases críticas que tienen un efecto directo sobre de un sistema.

Esta herramienta esta basada en la detección de fallas y en la búsqueda del acontecimiento indeseable (causas), que son los responsables directos de los errores del sistema y las respectivas fallas del mismo. *La ventaja de la herramienta es que permite identificar fallas potenciales en un sistema dado, antes de proceder a la etapa de producción, operación del sistema.*

Aplicación del método.

Para aplicar el método es importante que el analista o participante del equipo piense en términos de errores , ya que es menos difícil llegar a un acuerdo sobre lo que constituye un error; por lo que es más fácil encontrar agujeros o errores, que determinar todos los elementos de éxito en un proceso.

Para aplicar el método se debe considerar lo siguientes pasos:

1).- La obtención de la información:

Existen cuatro formas de obtener la información

Experiencia: conocimiento directo o relacionado con la materia o proceso en estudio.

Pruebas: es la forma de obtener la información bajo condiciones reales y en la búsqueda de información relacionada con su comportamiento y de los posibles fracasos.

Conjeturas: se apoya en suposiciones o predicciones de cosas basados en la información incompleta o incierta para la toma de decisiones.

Análisis: es el proceso directo para obtener información específica y pertinente a un determinado sistemas propósito es dar información a la gerencia para la toma de decisiones.

2). Herramientas para obtener información de los procesos.

Intuición: es de percepción instantánea, no es lógica, ni secuencial, no se repite, es rápida, no se aprecia el proceso. Es tomar decisiones sin darse cuenta del proceso, aunque no se puede depender de ella para la toma de decisiones, es una herramienta valiosa.

Inducción: está basada en las predicciones del análisis de la información (data) observables la cual es base del análisis unilateral. La inducción toma en consideración los errores en la operación y enlista cuadro de eventos y sus efectos al fracaso.

Deducción: se trata de encontrar las causas de los errores del sistema y se logra mediante la formulación del “porqué?”.

3). Criterios de análisis.

En la selección de los criterios que habrán de ayudar en el análisis de los sistemas, se deben contemplar los elementos peligrosos comunes, a través de una lista de comprobaciones que permita suscitar interrogantes específicas y asociar el siguiente orden de ideas:

a) Definir los acontecimientos indeseables (fallas, riesgos y peligros) que pudieran generar deficiencias y no conformidad en una operación exitosa, del sistema.

Actividad:

Hacer una lista de acontecimientos indeseables.

b) Conocimiento del sistema.

Se debe estar completamente familiarizado con la operación del sistema y sus interrelaciones con otros subsistemas.

Actividad:

Describir los pasos del proceso, omitiendo los detalles y usando la simbología de diagrama de procesos.

Cuadro 3. *Simbología de Flujograma de Proceso*

Operación	Transporte	Espera	Inspección	Almacenamiento	Operación /inspección
○	➡	D	□	▽	◻

c) Delimitación del sistema: antes de delimitar se debe tener una evaluación subjetiva del sistema global a fin de establecer en termino de fronteras, un segmento del aspecto global en estudio a través de una línea hipotética.

4). Establecimiento de patrones de análisis

Consiste en usar un formato especial para el registro eficiente de los datos pertenecientes del sistema que se va estudiar (ver. anexo 2), lo cual permite mantener un registro de las identidades de los peligros, sus causas, los efectos que estos peligros representan y las medidas correctivas para estudiar la situación.

a) Contenido del formato de registro de condiciones de peligros.

Función: para indicar la sub operación en particular que se esta analizando.

Forma – Modo: identifican las fases del sistema que son aplicables.

Elementos peligrosos: es la parte del equipo o sustancia, medio ambiente o actividad que originaria la condición peligrosa, si se le permitiese subsistir por no tomar una acción de control adecuada.

Condición peligrosa o insegura: es la naturaleza o condición del elemento que podría causar un acontecimiento indeseable.

Acontecimiento desencadenante: es la acción o situación que podría desencadenar una condición peligrosa y transformarla en un accidente potencial.

Falla potencial: acto no planeado, sin control (accidental) potencialmente lesivo o dañino causado por una acción física o humana en el lugar de trabajo.

Efecto: es el resultado del acontecimiento no planeado en una operación

Clasificación del peligro: modo de cualitativo de clasificar la severidad del peligro.

Escala de riesgo o peligro: esta escala se define en orden numérico o alfabético, ejemplo de ello se presenta en el Cuadro 4, "Criterios de clasificación de riesgos".

Cuadro 4. *Criterios de Clasificación de Riesgos*

Clasificación	Descripción
Sin importancia (D) , 1	Las condiciones no producen lesiones al personal, daños al equipo, ni demoras en la producción o actividad realizada.
De importancia (C), 2	Son condiciones que pueden ser corregidas o controladas sin lesiones graves al personal, sin daños al sistema y sin interrupciones en la producción o actividad realizada.
Critica. (B), 3	Son las condiciones que generan lesiones personales, graves daños al sistema y requieren de medidas inmediatas para seguridad del personal y del sistema.
Catastrófico. (A) , 4	Son condiciones que causan muertes o lesiones graves al personal, pérdidas del sistema o paralizan las operaciones con daños a maquinarias, equipos e infraestructura.

Fuente: Informe de Clasificación de Riesgos Industriales CVG ALCASA.

Medidas o acciones preventivas: Esta categoría esta reservada para tomar medidas de control, necesarias para eliminar ó minimizar la condición peligrosa identificada o los accidentes potenciales.

Procedimientos analíticos: Se analizan individualmente e identifican los elementos peligrosos contenidos o vinculados a la operación. Para esto se deben verificar las inter-dependencias.

Evaluaciones probabilísticas: esta debe realizarse en base de informaciones disponibles, experiencia y juicio profesional. Es la probabilidad de que pueda presentarse el peligro.

Normas y reglamentos: consiste en indicar aquellas normas o reglamentaciones que se podrían haber violado o que se violarían, debido ala condición peligrosa.

Recomendaciones de medidas preventivas: acciones que hacen falta acometer para evitar, minimizar o reducir la gravedad del peligro.

Sub-sistemas administrativos: tiene por finalidad identificar aquellas unidades funcionales que están vinculadas con la condición peligrosa y que además tienen capacidad para y jurisdicción para ejecutar la medida preventiva necesaria para controlar la condición de peligro.

Beneficios del Análisis de Peligro en los Sistemas.

La aplicación de un análisis de peligros en procesos puede generar los siguientes beneficios:

- Identificación de los elementos fuentes peligrosas y fuentes potenciales de fallas que afecten la calidad del proceso.
- Ubicar dentro del proceso donde están estos peligros (puntos críticos).
- Determinar la magnitud de los efectos potenciales, sobre el funcionamiento del proceso.
- Generar información para establecer las medidas de detección y control (modificación de diseños, dispositivos de seguridad, etc.).
- Determinar las cualidades físicas y mentales del personal en el desarrollo de una actividad específica.

2.2 Análisis de Modo y Efectos de la Falla (A.M.E.F)

Un AMEF es una herramienta que ayuda a identificar y analizar las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que estas ocurran, con el propósito de eliminarlas o minimizar el riesgo asociadas a las misma

El AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- 1) Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- 2) Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- 3) Identificar y las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.

Beneficios del AMEF.

a). a corto plazo

Ahorro en los costos de reparaciones

Disminución de demoras y tiempos de paradas.

Reducir y evitar pérdidas industriales (daños de los equipos, pérdidas humanas, pérdidas de tiempo productivo, uso adecuado de los insumos y repuestos).

b). a largo plazo

Satisfacción del cliente con el producto y su percepción de calidad

Incrementar la eficacia de los procesos.

Partes de un AMEF

a) Identificación e información.

- Tipo de AMEF: especifica si es de diseño o de proceso
- Nombre / proceso ó actividad: se registra el nombre del, proceso, subproceso o actividad que se esta analizando
- Responsabilidad de diseño / manufactura.: nombre de la planta y de unidad organizativa con responsabilidad en el proceso.
- Otras áreas involucradas: área/ departamentos afectados o involucrados en la función, los procesos, subprocesos o actividad que se esta analizando.
- Proveedores y plantas afectadas: liste cualquier proveedor o plantas involucradas en la fabricación de algún componente empleado en el proceso objeto de estudio.

- Descripción/ propósito del proceso: anotar una descripción simple del proceso que se está analizando.

b) Cuerpo.

- **Modo potencial de falla:** indica la manera en que ocurre la falla o error
- **Efecto potencial de falla:** da a conocer lo que pasaría si la falla o el error potencial se presenta
- **Causa potencial de la falla:** Ayuda a identificar lo que puede estar generando la falla o bajo que condición se presenta el error.
- **Ocurrencia:** alerta la ocurrencia con que la falla podría presentarse.
- **Detección:** indica la posibilidad de encontrar a falla antes de que el proceso sea afectado e impacte la calidad del producto.
- **Severidad:** indica la gravedad de la falla o error el proceso o en el cliente que recibe el producto.
- **Numero prioritario de riesgo (NPR):** es el valor resultante al multiplicar la severidad x la ocurrencia y la detección. Si el NPR es cada vez más grande, indica que la falla, defecto, o error se le debe prestar con prioridad más atención.

Criterios para Evaluación de la Severidad.

El primer paso para el análisis de riesgo es cuantificar la severidad de los efectos, siendo evaluados en una escala del 1 al 10, donde el 10 represente lo más severo.

Cuadro 5. Criterios de evaluación de la severidad AMEF.

Efecto.	Criterios de la severidad AMEF en un proceso	Escala
Peligroso sin alarma	Incidente afecta la operación segura del proceso, puede poner en peligro la vida del operador, puede ocurrir sin ningún tipo de alarma, afecta la calidad del producto y produce insatisfacción al cliente.	10
Peligroso con alarma	Puede poner en peligro al trabajador, causar graves daños al equipo, afecta la operación, afecta la calidad del producto. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Extremo	Interrupción importante de la cadena de producción. 100% del producto puede ser rechazado. El producto es inoperable con pérdida con costo de producción y materia prima. El equipo puede sufrir daños.	8
Mayor	Interrupción de mediana importancia en la cadena de producción. El producto puede ser reclasificado y una porción desechada (> 50 %), el producto puede ser aprovechado en un nivel reducido de calidad. Se afecta significativamente el costo de producción	7
Significante.	Interrupción de menor importancia en la cadena de producción. Una porción del producto (25%) puede ser desechada. Se producen daños menores al equipo. Y se incrementan los costos de producción.	6
Moderado.	La interrupción de la producción es de menor importancia y costo de producción se incrementan levemente. Menos del 15 % del producto es rechazado	5
Menor	La interrupción de la producción es baja, el producto puede ser despachado, bajo condiciones acordadas con el cliente, El cliente nota el defecto.	4
Poco.	La interrupción es de menor importancia en la cadena de producción, una porción menor del 15 % del producto puede ser desviado para otras aplicaciones. Los clientes no notan el defecto. Los daños a los equipos son mínimos.	3
Muy poco.	Interrupción de mínima importancia en la producción (pequeñas demoras). No hay afectación en la calidad del producto. Ni daños en el equipo. Se afecta principalmente los tiempos de producción.	2
Sin efecto	El modo de fallo u error no tiene ningún efecto	1

Fuente: www.momogafia.com/trabajos27/calidad-amef/calidad.amef.shml: Flores Antonio, septiembre 2005.

Criterios para Evaluación de la Ocurrencia.

Luego de que los efectos y la severidad han sido listadas, se debe identificar las causas de las fallas o errores potenciales de fallas

En el AMEF de proceso, las causas son fallas o errores específicos, descrito en término de una característica ó acción que pueda ser corregida o controlada. La ocurrencia de las fallas es evaluada en término de la frecuencia; esta se define como la probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en una falla durante la ejecución del proceso o actividad realizada.

El valor de la ocurrencia se determina a través de la siguiente tabla: en casos de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato y se desconociera totalmente la probabilidad de fallas se debe asumir una ocurrencia igual a 10.

Cuadro 6. *Criterios de evaluación de la ocurrencia AMEF.*

Probabilidad del incidente	Porcentaje de ocurrencia	Pk de c	Valor
Siempre ocurre: es casi inevitable	1 en 2 >	< 0,33	10
Muy alta: es muy repetitivo	1 en 3	0,33 >	9
Alta: es repetitivo	1-8	0,51 >	8
Moderadamente alta: ocasional	1-20	0,67 >	7
Media	1-80	0,83 >	6
Poca: relativamente poco incidentes	1-400	1,00 >	5
frecuente	1-2000	1,17 >	4
Poco frecuente	1 en 15000	1,33 >	3
Remota	1 en 150000	1,50 >	2
Casi Nunca: incidente inverosímil	1 en 1500.000	1,67 >	1

Fuente: www.momogafia.com/trabajos27/calidad-amef/calidad.amef.shml: Flores Antonio, septiembre 2005.

Criterios de Evaluación para la Detección:

La detección es una evaluación de la probabilidad de que los controles del proceso propuesto listados en la columna anterior, detecten el modo de falla antes de que la parte o actividad realizada presente un incidente de falla o error. Un control de detección válido es el muestreo, la auditoria y la inspección hecha preferiblemente con bases estadísticas.

Cuadro 7. Criterios de Evaluación de la Detección AMEF..

Detección	Criterios: probabilidad de la detección por control de proceso	valoración
Casi imposible:	Ninguno de los controles actuales tiene la posibilidad de detectar incidente o causa de fallas.	10
Remota	Los controles actuales tienen una posibilidad muy lejana de detectar incidente modo o causa de falla	9
Poco frecuente.	Los controles actuales tienen una posibilidad lejana de detectar incidente modo o causa de falla	8
Frecuente	Los controles actuales tienen una posibilidad muy baja de detectar incidente modo o causa de falla	7
Baja	Los controles actuales tienen una posibilidad baja de detectar incidente modo o causa de falla	6
Media	Los controles actuales tienen una posibilidad moderada de detectar incidente modo o causa de falla	5
Moderadamente alta	Los controles actuales tienen una posibilidad moderadamente alta de detectar incidente modo o causa de falla	4
Alta	Los controles actuales tienen una posibilidad alta de detectar incidente modo o causa de falla	3
Muy Alta	Los controles actuales tienen una posibilidad muy alta de detectar incidente modo o causa de falla	2
Siempre ocurre	Los controles actuales e detectan incidente modo o causa de falla.	1

Fuente: www.momogafia.com/trabajos27/calidad-amef/calidad.amef.shml: Flores Antonio, septiembre 2005.

El numero de prioridad de riesgo (NPR)

El numero de prioridad de riesgo se (NPR) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección es decir:

$$\mathbf{NRP = S \times O \times D}$$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas y preventivas.

Cuando los modos de fallas han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deben ser dirigidas primero a los problemas y puntos de mayor Ítems crítico, la intención de cualquier acción recomendada es reducir cualquier los grados de, severidad y /o detección.

2.3 Análisis de las Herramientas.

De acuerdo con lo descrito en el Cuadro 8, las dos herramientas tienen puntos comunes en cuanto a la determinación de condiciones potenciales de fallas (causas de errores, condiciones de peligro) y el planteamiento de acciones de prevención y control para disminuir la ocurrencia de los eventos que afecten la calidad del proceso. Sin embargo existe diferencia en cuanto a enfoque y análisis que continuación resaltaremos.

Cuadro 8. *Resumen Comparativo del APES y el AMEF.*

FACTORES	APES	AMEF
Definición	Es una herramienta o método formal, cualitativo basada en la búsqueda del acontecimiento indeseable (causas) que son responsables de las fallas en el sistema.	Un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total en el diseño de un producto o de un proceso antes de que estas ocurran.
Alcance	Identificar fases críticas que tienen efecto directo sobre las fallas de un sistema .	Identificar y analizar las fallas potenciales del diseño o de un proceso para eliminarlas o minimizar el riesgo asociado a la misma
Ventajas	Prever las fallas potenciales de un sistema dado (errores) antes de proceder a la etapa de producción, operación del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas.
Área de aplicación.	Análisis de riesgos, seguridad industrial, determinación de pérdidas industriales. Análisis de los sistemas.	Aplica en sistema de mantenimiento, análisis de procesos industriales y administrativos, control y aseguramiento de la calidad,
Beneficios.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar fuentes peligrosas y fuentes potenciales de fallas. • Determinar la magnitud de los efectos potenciales. • Información para la detección y control de las causas de las fallas. • Determinar la capacidad física y mental del personal interviene en el sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el efecto de las fallas en el desempeño del sistema. • Identificar las acciones para reducir y eliminar la ocurrencia de las fallas. • Ahorro en los costos de reparaciones y costos de no calidad • Disminución de demoras y tiempos de paradas. • Reducir y evitar pérdidas industriales (daños de los equipos, pérdidas humanas, pérdidas de tiempo productivo, uso adecuado de los insumos y repuestos).

Diseño: El investigador (2006)

2.4 Aplicación de las herramientas en CVG ALCASA.

Recientemente en CVG ALCASA se esta aplicando la herramienta **APES** a nivel de la planta de reducción a fin de determinar las pérdidas industriales de los sistemas, por ejemplo: un problema crítico en las áreas de celdas, es la disponibilidad de las grúas ya que estas intervienen en un alto porcentaje de las operaciones claves de las líneas de reducción electrolítica, como son la alimentación de alúmina, cambio de carbón, trasegado, elevación de puentes, incorporación y desincorporación de celdas. El APES como herramienta, se esta aplicando en forma grupal con el personal que opera, mantiene, planifica los programas de mantenimiento y de logística. El análisis se orienta a la determinación del elemento desencadenante que puede originar una falla en el equipo. Los elementos desencadenantes pueden ocurrir a nivel de:

- El personal (aptitud, competencia, condiciones de salud)
- El equipo
- La calidad de los repuestos
- Las condiciones de operación
- Las condiciones ambientales
- Las rutinas de mantenimiento (preventivo, correctivos, predictivos)

Al aplicar la herramienta en forma grupal, es el trabajador que bajo la filosofía de buscar las fallas (Qué y Porqué) entra en conciencia y control de los aspectos que se deben cumplir para garantizar que el sistema funcione, y que debe existir una interrelación entre varios elemento que garanticen que ese sistema en operación no falle.

El AMEF es una herramienta con un enfoque de análisis directo de las operaciones que se realiza en el procesos, determinando aquellos aspectos técnicos (variables, parámetros, condiciones, prácticas operativas, instrucciones, rutinas) que de no ser cumplidos pudieran originar una falla que afecta directamente a la calidad en el proceso.

En CVG ALCASA no hay experiencia en la aplicación del AMEF, herramienta aplicada en empresas que han implementado un mantenimiento productivo total (TPM), sin embargo existe la experiencia en la empresa Ruedas de Aluminio, C.A (RUALCA) en Valencia, estado Carabobo, en la aplicación de esta herramienta para determinar los modos de efectos y fallas para el área de mantenimiento y en el área de calidad. En el área de calidad se aplica directamente sobre aquellos procesos que deben garantizar la calidad del producto, determinando previamente las causas potenciales que pudieran originar una falla (error, desviación, accidente, demoras, no conformidad, incumplimiento de un requisito) que afecte la calidad del proceso y del producto.

A diferencia del APES, el AMEF no analiza regularmente otros elementos del sistema que pudieran ocasionar riesgos y pérdidas industriales, como el factor humano, condiciones medio ambientales, clima laboral, seguridad industrial, factor salud, mantenimiento entre otros donde pudieran existir causas raíces que generen fallos en el procesos. El AMEF puede con facilidad partir de un efecto y determinar el modo en que ocurre la falla (causas) y en algunos casos se puede plantear de forma contraria.

Los documentos asociados a la planificación del proceso de colada de cilindros, tales como el plan de calidad, las normas técnicas y las practicas operativas, no contemplan las condiciones potenciales de fallas que afectan la calidad del proceso. En ellos solo se indican las condiciones controladas para garantizar la obtención del producto de acuerdo con las especificaciones requeridas.

*En vista de que ambas herramientas son muy potentes en cuanto al objetivo y alcance que estas presentan, y que es el AMEF una herramienta más relacionada con la calidad del diseño y del producto, lo cual toca directamente al análisis de los procesos, existiendo referencias de aplicación de esta herramienta en la prevención y control de fallas potenciales que afectan la calidad de un proceso (caso RUALCA); **el investigador escogerá AMEF como herramienta para realizar el “Análisis de Condiciones Potenciales de Fallas que afecten la Calidad en el Proceso de Colada de Cilindros”.***

3. INFORMACIÓN TÉCNICA RELACIONADA CON EL PROCESO

3.1 Descripción del Equipo.

MESAS DE COLADA WAGSTAFF

La tecnología moderna de las mesas de colada Wagstaff, permite realizar un proceso semicontínuo, donde el aluminio líquido fundido fluye nivelado a través de una pileta con canales de bloques de refractarios hasta llenar los moldes enfriados por agua. Lo novedoso de esta tecnología esta que esta equipada con un sistema aereodeslizante (airslip) que consiste en el concepto de anillo de aire formado por la mezcla de aceite-gas que fluye a través de un anillo poroso de grafito impidiendo durante la solidificación el contacto de la superficie del lingote (cilindro) con las paredes del molde. De manera que el metal solidifica rápidamente en el molde enfriado por agua produciéndose lingotes con superficies muy suaves de excelente calidad.

La mesa de colada constituida *por la mesa de moldes* equipada con una pileta refractaria, los moldes, el sistema de lubricación, el sistema de inyección de aceite,

la unidad de calibración del molde, la unidad de inyección de aire a presión y la mesa de cabezotes auto alineada.

Mesa de moldes

Es una fabricación con dos planchas de acero que contiene la pileta refractaria en la parte superior y los moldes en la parte inferior cada posición de los moldes en la mesa de colada tiene una bocina o bajante refractario el cuál dirige el metal desde la pileta hasta la cavidad del molde. Los moldes se ajustan en unas cavidades maquinadas con precisión en el fondo de la mesa de moldes. Internamente en la mesa de molde, presenta canales que recirculan el agua hasta cada molde y una pantalla de acero (filtro) en cada molde de forma tal que impide la obstrucción de los orificios de entrada y salida de agua en el molde.

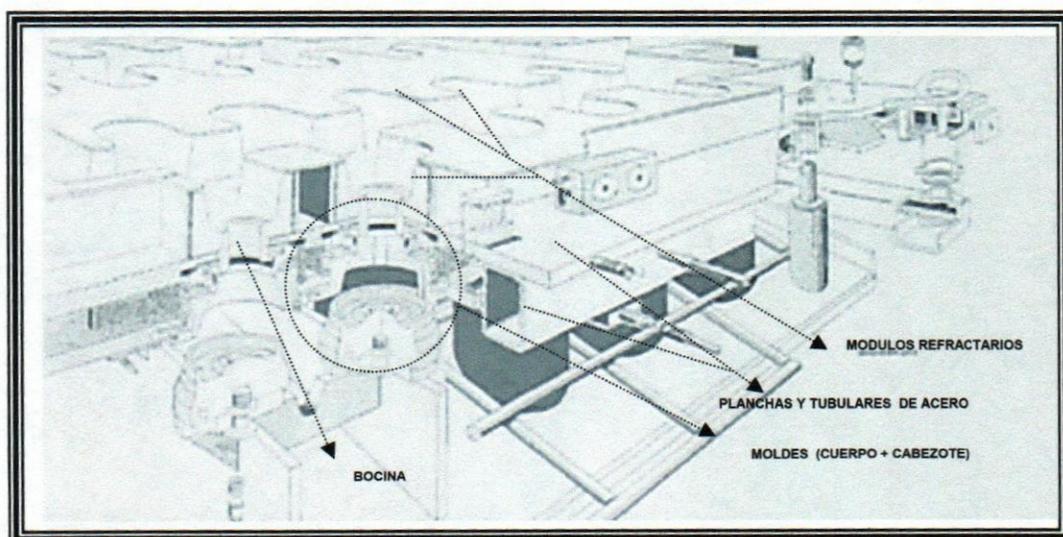


Gráfico 17. Mesa de moldes.

La parte superior de la mesa de molde y esta constituida por el sistemas de módulos refractarios que conforman una serie de canales e islas por la cual se desplaza el metal liquido, que a través de agujeros llamados bocinas llenan la cavidad de los moldes donde se conforman los cilindros o piezas de coladas.

En la parte inferior de la mesa de molde, se observan los cuerpos de moldes y el sistema de lubricación e inyección de aceite y aire seco para formar el Airslip de los moldes.



Grafico 18. Vista Superior e Inferior de la Mesa Wagstaff.

El molde.

El molde consiste en un cuerpo de aluminio rígido, contentivo de un anillo de grafito (ver Gráfico 18). El anillo de grafito recibe el lubricante de la colada de un inyector de aceite ubicado adyacente a cada molde. Además del aceite el anillo de grafito también recibe una mezcla de gas (aire seco libre de humedad), la cual es regulada por una válvula de aguja localizada en cada molde. El aceite y el gas fluyen a través del anillo de grafito para conformar la superficie aereodeslizante (Airslip) que actúa como capa de aislamiento de gas entre el metal liquido y el anillo de grafito. Cuando el gas fluye en cantidades apropiadas ocurre un ligero

enfriamiento de las paredes del molde dando origen a una solidificación muy controlada lo cual mejora la calidad superficial de los cilindros.

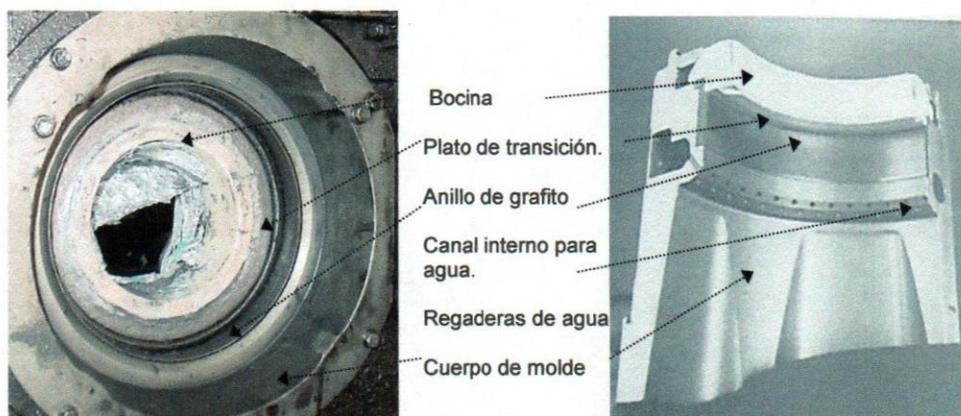


Gráfico 19. El molde y sus Componentes.

Sistema de suministro de lubricante.

Un tambor de aceite supe el lubricante a la bomba de inyección. La bomba de inyección es operada neumáticamente y equipada con una unidad electrónica de temporización ajustable. La frecuencia de los pulsos, controlan la cantidad de lubricante suplida a los inyectores. Cada inyector provee una determinada cantidad de aceite para sus moldes correspondientes. Cada inyector es sellado por Wagstaff después de ser calibrado. Una vez sellados los inyectores no pueden calibrarse.

Unidad de control de gas y mezcla.

La unidad de control de gas desempeña dos funciones:

1) Regular la presión total del aire seco suplido a la mesa de moldes. Cada molde se calibra para un determinado flujo a una presión específica. Ajustando la presión total del sistema, puede cambiarse el flujo a través de los moldes.

2) proporcionar una fuente no regulada de aire, en este punto se incorpora una unidad calibradora de moldes con la mesa de moldes.

Unidad calibradora de moldes.

Es un dispositivo de control manual que se usa para fijar la presión y medir el flujo de gas a través de cada molde. Esta calibración es necesaria debido a las pequeñas variaciones en la densidad y permeabilidad de cada anillo de grafito.

Equipo de precalentamiento.

Este equipo va fijado con pernos sobre la pileta refractaria. Cumple la función de eliminar la humedad que se pueda haber quedado en el refractario. El equipo esta provisto de un dispositivo giratorio que permite retirarlo cuando no esta en uso.

La mesa de cabezotes.

Es una estructura de acero de alta resistencia, ya que debe soportar los cabezotes y el peso de las piezas coladas. Esta estructura esta diseñada con uniones soldadas construidas con inclinación en la parte escurrir el agua y derrames de metal, se desplacen hacia la fosa de agua y eviten la congelación del mismo sobre la mesa. La base es maquinada tanto en la parte inferior y superior para garantizar la plenitud. Los cabezotes se colocan en una base que les permite movimiento en un radio de longitud que le permite auto alinearse antes de entrar a la apertura del molde. La mesa de cabezote tiene dos movimientos de asenso y descenso vertical sobre guías empotradas en las paredes de la fosa afin de evitar movimientos, o desalineación de la misma.

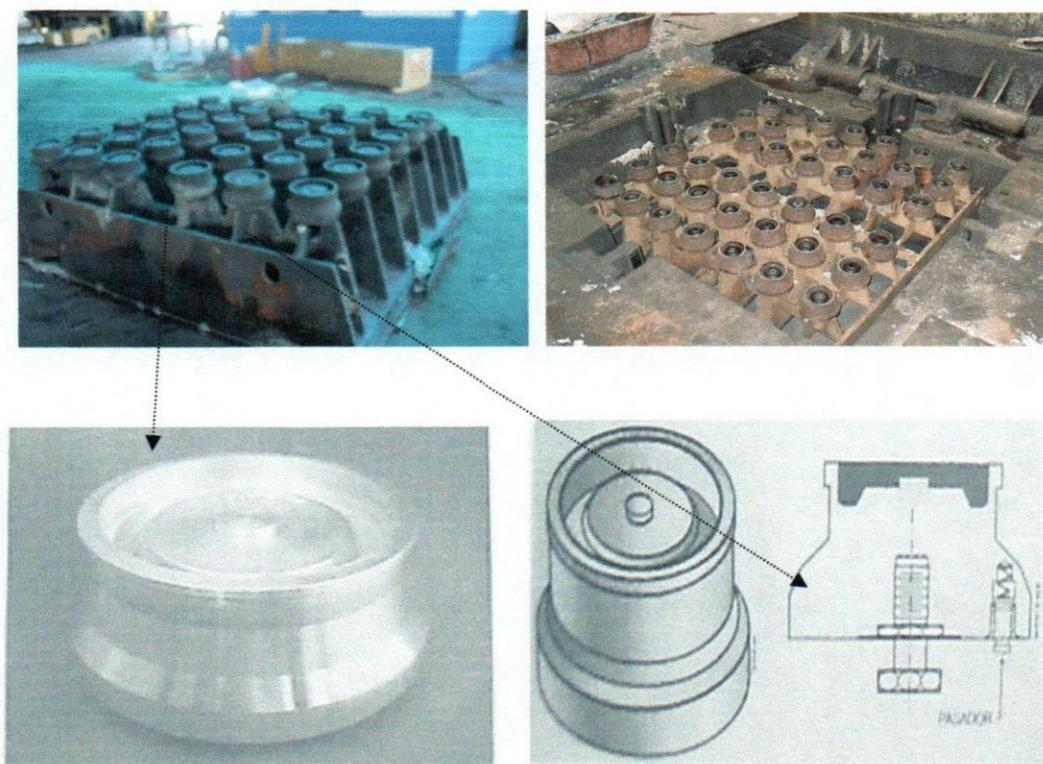


Gráfico 20. Mesa de Cabezote y Cabezote

Fosa de colada.

Es una cavidad de forma cuadrada o rectangular en cuyo centro se ubica un cilindro hidráulico que sostiene la mesa de cabezotes y es responsable del ascenso o descenso de la misma. La fosa tiene un sistema de tuberías y bombas que permiten controlar el nivel de agua en ella durante la colada. Tiene un sistema de drenaje, que una vez alcanzado un nivel el agua fluye por gravedad hacia una fosa de una torre de enfriamiento.

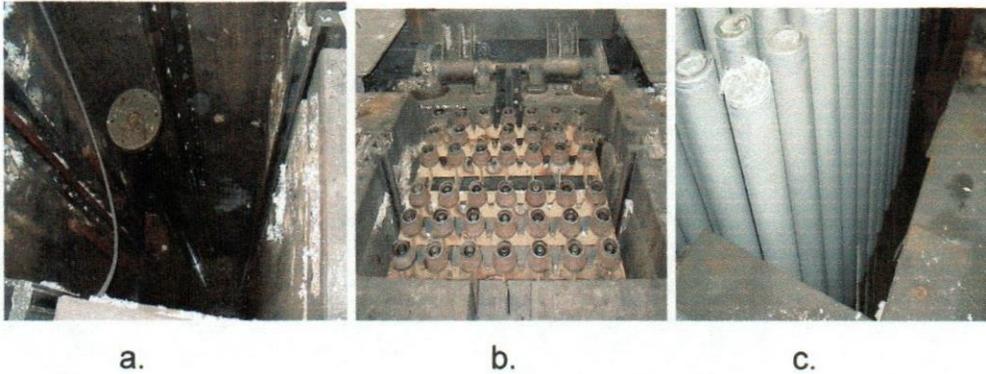


Gráfico 21. Fosa Vacía (a), Fosa con Mesa (b), Colada en Fosa (c)

El panel de control, es un pulpito de mando donde el operador tiene a su disposición los controladores del sistema de bombas, reguladores del flujo de agua, reguladores de velocidad, controladores de temperatura de hornos, acenso y descenso de la mesa de cabezote, basculamiento de la mesa de molde.

3.2 Características de la Unidad III de Colada

La mesa de colada de la unidad de II de fundición I, esta constituida por:

- Mesa superior de 36 moldes de 7 “
- Mesa inferior de 36” cabezotes.
- 36 inyectores de mezcla aire y aceite
- Profundidad de fosa 9 m.
- Largo máximo de colada 660 mm. (260”)
- Sistema de aire seco, suplido por un compresor Atlas Coplo 150 Psi, y 54 cfm, para suplir una presión a la mesa de 90 Psi de aire seco.
- Un sistema de bombeo de aceite de lubricación para el molde.

3.3 Mantenimiento y Acondicionamiento de la Mesa de Colada.

El presente esquema presenta el procedimiento para realizar el mantenimiento y acondicionamiento de la mesa de colada antes y después de la colada. Este mantenimiento es realizado por el personal de operaciones y por el personal de preparación de mesa.

Es importante señalar que la mesa de colada es el único equipo del área de fundición que no tiene diseñado un mantenimiento preventivo, solo se aplica mantenimiento correctivo en caso presentar daños o deterioros de los componentes de los moldes (anillo de grafito, platos de transferencia, bocinas, inyectores de aceite y grietas en los bloques refractarios). No obstante se realizan paradas mayores correctivas no programadas, que pudiesen estar contempladas en un programa de mantenimiento preventivo como son:

- Demolición y reemplazo de bloques refractarios (pileta)
- Cambio de tuberías de aceite y aire
- Purga del sistema de inyección de aceite
- Limpieza de los drenajes de agua en la mesa
- Limpieza de filtros de los moldes y del filtro de agua principal a la entrada de la mesa
- Medición, nivelación y lubricación de las bases de los cabezotes de los cabezotes
- Inspección y reemplazo de las zapatas del cajón de soporte de la mesa de cabezote.
- Reemplazo de bocinas agrietadas.
- Reemplazo de guías dobladas.

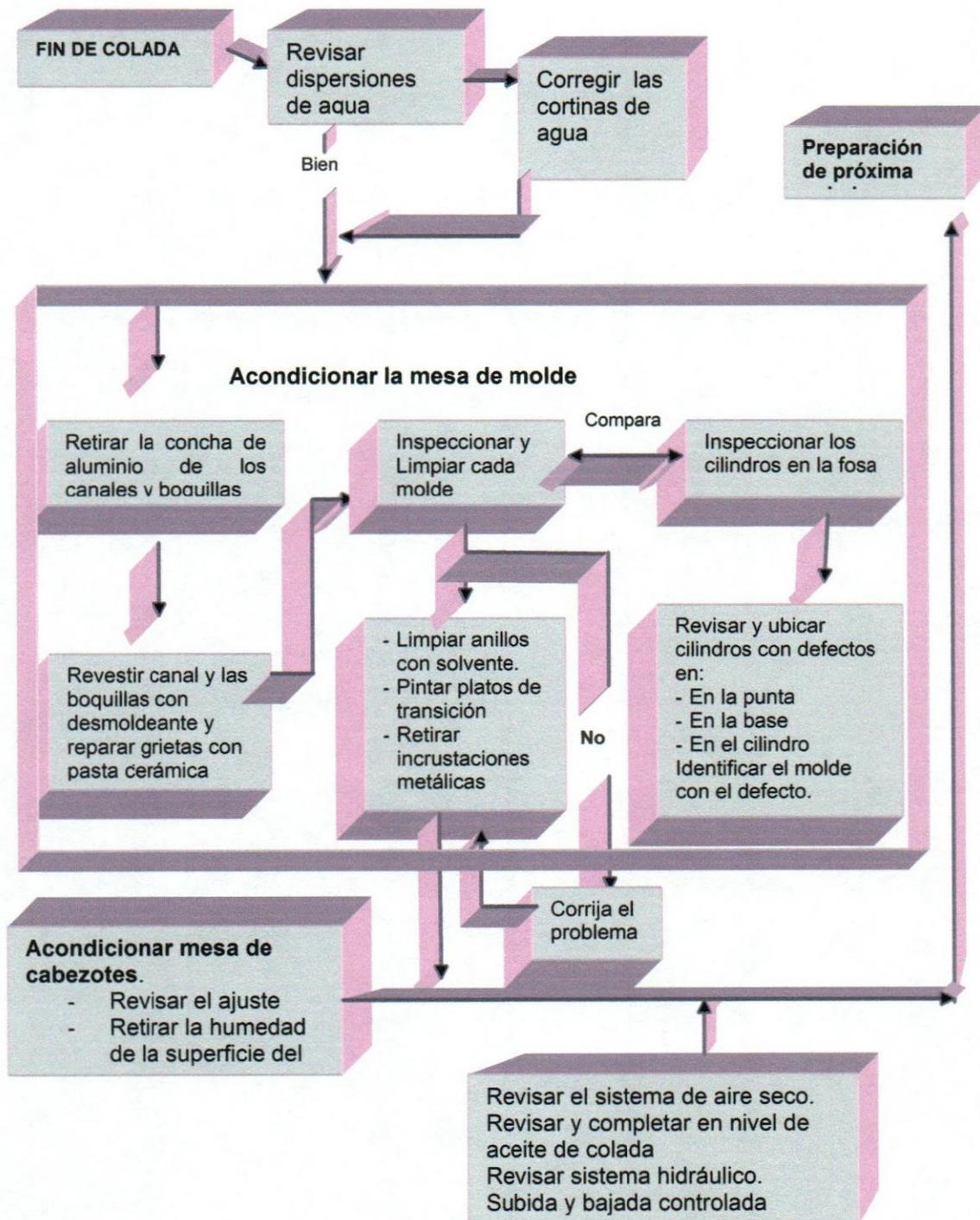


Gráfico 22. Rutina de Mantenimiento de Mesas de Colada

Generalmente el mantenimiento correctivo se aplica cuando la fallas ya ha ocurrido y es afectado el proceso y el producto y en algunos casos cuando la falla potencial puede generar un condición de riesgo extremo para el trabajador.

3.4 Producción de Aleaciones en Unidad III de Fundición I.

Para la producción de aleaciones en el área de Fundición, se cumplen las operaciones en este orden: carga y fusión de metal, batido, desnatado, muestreo preliminar de composición química; adición de aleantes - batido; descorificado, muestreo de composición química, desgasificación del horno y ensayo de vacío.

PASO 1. Carga y Fusión.

La conformación de la carga en la mayoría de los hornos es del 70 al 100 % líquida.

Fundición I: Hornos a gas de 40 ton de capacidad (horno 6 y 7).

Carga: Metal remanente (aleación 6063; 6060) + Crisoles de Celdas Al 99.70, 99.80 + Chatarra o despuntes de cilindros AA 6060, 6063.

La fusión de la carga se realiza a una temperatura de 1370 a 1390 °F.

PASO 2. Batido y Desnate.

Después verificar que la carga esta completamente fundida, se bate el horno por un tiempo de 4 a 6 minutos por cada puerta. Se retira la escoria del metal fundido a fin de limpiar la superficie.

PASO 3. Muestreo preliminar de composición química.

Se toma una muestra en un cucharón limpio, revestido con desmoldeante y precalentado. Se introduce el cucharón entre 15 y 20 cm. por debajo de la superficie de metal y se extrae la muestra.

PASO 4. Adición de aleantes.

Se calcula la cantidad de aleantes de acuerdo con la composición química preliminar, la aleación a preparar y el grado de pureza de cada aleantes (peso). Se carga de acuerdo con la practica operativa establecida y se espera 5 minutos y se procede a batir nuevamente (paso 2). Se toma una nueva muestra de colada (paso 3), para verificar la conformidad de la aleación.

PASO 5. Desgasificado.

Se desgasifica la aleación empleando mezclas de cloro – nitrógeno o con el uso de pastillas desgasificante. Luego se procede a realizar el paso 6.

PASO 6. Ensayo de Vacío.

Con este ensayo se verifica cualitativamente la efectividad del proceso de desgasificado. Si el horno esta en grado y el ensayo de vacío es (+). Control de Calidad autoriza a colar.

3.5 Procedimiento de Colada en Mesa Wagstaff

a).- Preparación de la Colada.

En esta etapa se realiza el acondicionamiento de la mesa de colada y los canales de refractario, así como la instalación de los servicios requeridos por la mesa de molde y la revisión del funcionamiento operativo de varios sistemas necesarios para efectuar de forma segura la colada.

- Limpiar y reacondicionar del refractario de las canales; caja porta filtro y mesa de colada.
- Limpiar y reacondicionar del molde (anillos y platos de transferencia).
- Elevación mesa de cabezotes, soplar con aire toda el agua existente.
- Recubrir con lubricante los cabezotes.
- Bajar la mesa de moldes y colocar en posición sobre la mesa de cabezotes.
- Ajuste la velocidad de acuerdo a la practica (velocidad inicial).
- Calibración de la mesa de cabezotes y la mesa de moldes. Suba la mesa de cabezote lentamente hasta que los cabezotes estén a 1/8" del borde inferior del anillo.
- Verificar las conexiones de agua y aceite en la mesa de moldes.
- Verificar que todas las tuberías de gas, aceite y aire estén correctamente conectadas a la mesa.
- Revisión de los servicios de la mesa: flujo de agua; bajada controlada; inyección de mezcla etc.
- Pintar con desmoldeante (canales, mesa de molde y caja portafiltro).
- Precalentamiento de canales, caja porta filtro y mesa superior por 40 min.
- Colocar y precalentar del filtro cerámico Selee de 30 PPI. Por 25 minutos
- Preparar las herramientas de coladas, tapones, paletas y maquina de inyección de titanio-boro.

b).- Arranque de Colada.

El arranque de la colada es la operación más delicada del proceso y donde por lo general pueden ocurrir los mayores puntos de fallas sino se toman en cuenta el procedimiento operativo y los parámetros especificados para el arranque de la colada. El Arranque de la colada, se inicia con el llenado de la mesa y la operación con los parámetros iniciales de arranque realizando la siguiente secuencia:

- Activar el suministro de agua y ajustar hasta flujo preestablecido.
- Aumentar la presión de la mezcla de gas y ajuste el flujo de oxígeno hasta los valores indicados en la práctica.
- Encender la bomba del inyector de aceite y ajústela.
- Instalar termopar de en la parte más fría delta mesa.
- Verificar la temperatura del horno sea la indicada.
- Verificar que estén en la mesa los tapones de emergencia y las herramientas de colada.
- Verificar que la mesa de cabezote no se ha bajado.
- Verificar que los recipientes colectores estén vacíos.
- Retirar el indicador de altura.
- Destapar el horno (retire el tapón).
- Iniciar la inyección de Ti-Boro cuando el metal en la caja portafiltros alcance una altura adecuada.
- Aumentar el volumen de agua, hasta los valores indicados en la práctica.
- Levantar y retirar lentamente las compuertas a la entrada de la mesa para que el metal fluya. Una vez llene la última bocina, espere el tiempo preestablecido.
- Arrancar la colada a la velocidad inicial y después de 4" aumente la velocidad hasta la preestablecida en la práctica.
- Tomar la muestra en la canal para análisis de composición química de la colada.

c).- Régimen de Colada.

Es el control de los parámetros de operación en régimen; temperatura del horno y de canal; velocidad de colada; flujo de agua; regulación de la mezcla para cada molde individual y longitud de la colada realizando el siguiente procedimiento:

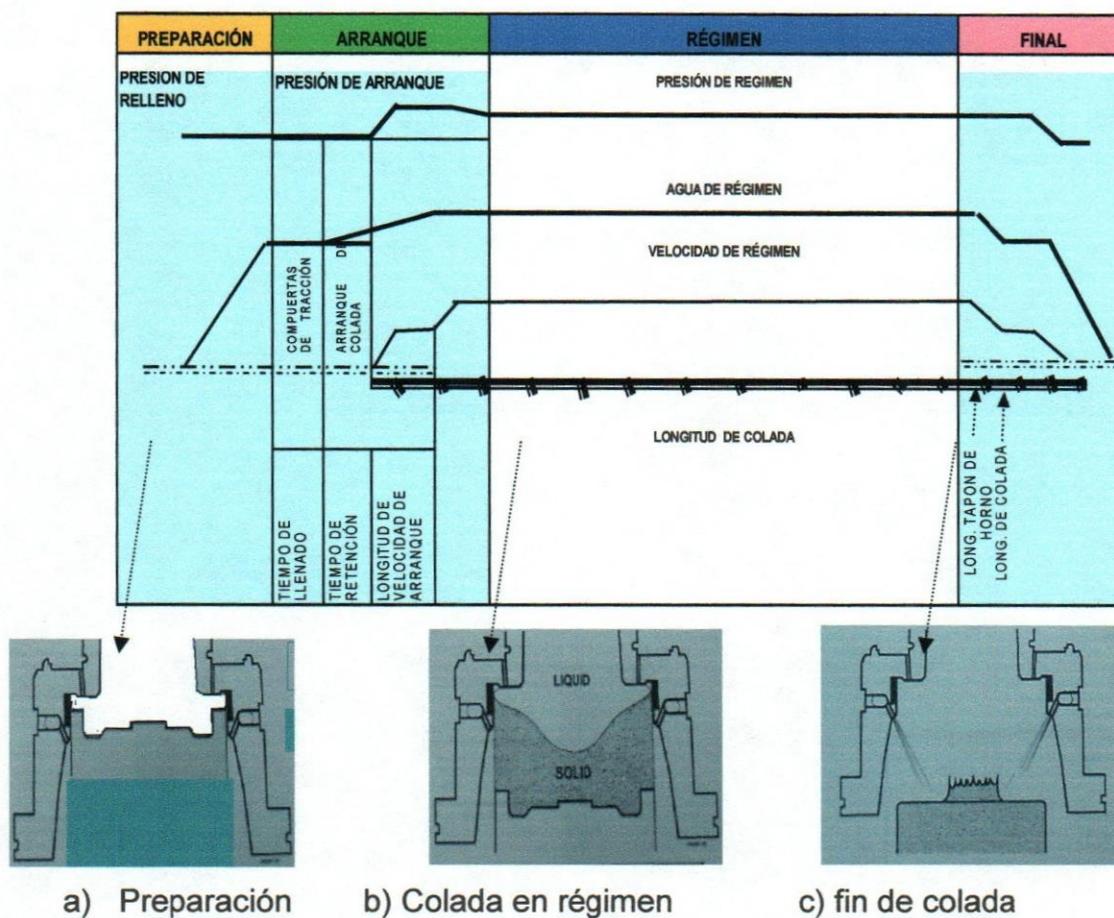
- Mantener el nivel de metal a 40mm (1,5") bajo la parte superior de canal refractario (pileta)
- Ajustar los flujómetros individuales para controlar el burbujeo
- Supervisar y controlar los parámetros de colada.
- Atender y observar por si hay derrames o defectos de colada.
- Documentar los parámetros de colada
- Documentar los problemas de coladas.
- Tomar acciones correctoras si es necesario.

d).- Fin de Colada.

Fin de colada: Reajuste de parámetros para finalizar la colada. Taponar el horno drenar el metal en las canales y caja porta filtro y detener la bajada controlada y levantar la mesa superior cuando los cilindros estén fríos.

- Una vez obtenida la longitud desea, topones el horno y continúe la colada hasta quedar cerca de una pulgada de metal en la mesa.
- Bajar lentamente la velocidad inicial.
- Reducir el flujo de agua hasta el flujo inicial.
- Continuar la colada hasta que los cilindros salgan del molde.
- Desconectar el sistema de inyección de aceite de la colada.
- Apagar el aire refrigerante.
- Cerrar el sistema de agua.

- Levantar la Mesa Superior.
- Identificar la colada y proceder a su extracción los cilindros de las fosa con la herramienta destinada para tal fin.
- Efectuar limpieza y revestimiento de la mesa y canales.

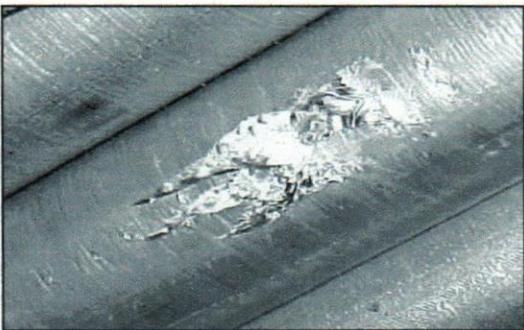
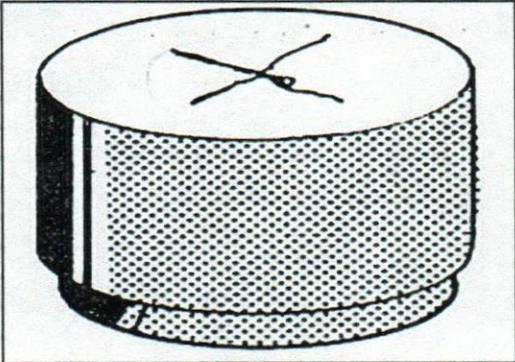


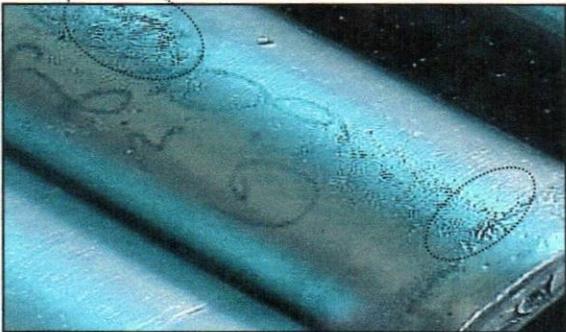
Gráfica 23. Secuencia del Proceso de Colada en Moldes Wagstaff.

3.6. Criterios de Aceptación y Rechazo de los Cilindros para Extrusión.

Para la colada se califica la calidad dimensional y superficial de los cilindros, aplicando criterios documentados de aceptación y rechazo. Se verifica la calidad interna aplicando a cada pieza un ensayo de ultrasonido para detectar grietas o porosidades. La inspección realizada es al 100 % de las piezas coladas.

Los defectos de mayor impacto que afectan al proceso son los siguientes:

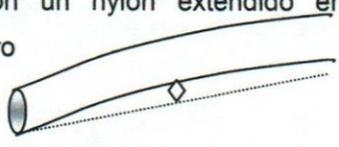
<p><u>Lágrimas o derrames:</u> es una filtración de metal fundido a través de la costra del cilindro que se chorrea sobre la superficie del cilindro, pudiendo derramarse en la mesa o en la fosa de colada.</p>	 <p>No son aceptables ningún tipo de lágrimas o chorreadura</p>
<p><u>Grietas:</u> Consiste en una grieta que aparece en el interior del cilindro durante su solidificación debido a los esfuerzos internos generados. En la mayoría de los casos ocurre hacia la punta del cilindro.</p>	 <p>No son aceptables ningún tipo de grieta.</p>

<p><u>Desgarre:</u> Resulta de la solidificación prematura del metal en el anillo de grafito (fuera del Air-slip) al entrar en contacto con la pared del molde; por ausencia de aceite y gas en la superficie del anillo.</p>	 <p>No son aceptables</p>
<p><u>Rayas verticales:</u> Es un defecto superficial ocasionado por partículas que se adhieren a la superficie del anillo durante la colada, interrumpiendo el flujo de metal y su solidificación.</p>	 <p>No son aceptables</p>
<p><u>Manchas de óxido:</u> Este defecto resulta como consecuencia de una condición creada por las capas de óxido que se acumulan en el plato de transición, las cuales se sueltan y depositan en la superficie del cilindro durante la colada. Pudiendo depositarse tanto en la punta como al azar a lo largo del cilindro.</p>	 <p>No son aceptables</p>

<p><u>Repliegue fríos:</u> Resulta de la solidificación del menisco de metal cerca del plato de transición, suprimiendo la acción del air-slip. Condición que se repite hasta que la línea de solidificación se mueve fuera del plato, debido al balance térmico dentro del molde</p>	 <p>No son aceptables</p>
<p><u>Inclusión:</u> cualquier sustancia o materia extraña, en forma sólida que se haya mezclado o adherido al metal durante los procesos de colada.</p>	<p>No son aceptables</p>
<p><u>Doblez:</u> Es un defecto superficial que se observa en toda la longitud del cilindro. Este defecto puede ser causado por un problema mecánico o por una condición del balance térmico.</p>	 <p>No es aceptable fuera de las especificaciones de arqueo.</p>

En cuanto a la calidad dimensional, se tienen establecidas las tolerancias del producto en cuanto a Diámetro nominal, Largo y arqueo como se especifica en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Criterios de Aceptación o Rechazo Dimensional

DIÁMETRO NOMINAL		
Diámetro	Tolerancias	Diámetro nominal: viene estandarizado por el molde de los cilindros. El molde de tecnología Wagstaff garantiza el cumplimiento del diámetro nominal del cilindro.
$\leq 7''$	$-1/8'', +1/16''$ (-3,175, + 1.58 mm)	
$> 7''$	$\pm 1/16''$ (+ 1.58 mm)	
Esta dimensión no requiere medición frecuente.		
LONGITUD:		
Largo nominal	Tolerancias	La medición final se realiza al momento del corte con una cinta métrica, para verificar el largo programado de acuerdo al programa de producción. la verificación se realiza a nivel de mesa, corte y el plataforma de aprobación.
16" – 73"	$\pm 1/8''$ (± 3.12 mm)	
144" – 250"	$\pm 1/4''$ (± 6.35 mm)	
ARQUEO:		
Largo nominal	Tolerancias	Se mide con un nylon extendido entre los extremos del cilindro  Medición se realiza en aquellos cilindros donde se detecte doblez en la inspección visual
16" – 73"	3 mm máx.	
144" – 250"	6 mm máx.	
TORCEDURA:		No se aceptan torceduras.

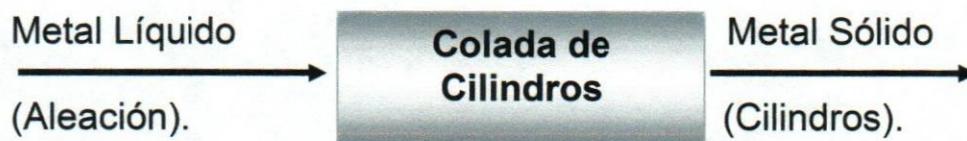
4. ANÁLISIS DE FALLAS POTENCIALES EN EL PROCESO DE COLADA.

Una vez identificado el proceso objeto de estudio y recopilada la información técnica, se realizó una tormenta de ideas con el personal técnico de colada, para identificar los riesgos presentes en la colada de aluminio.

Es importante considerar que el aluminio fundido es un material altamente peligroso, por lo tanto su manejo siempre representa un riesgo potencial.

De la tormenta de idea generada por el grupo técnico se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1 Riesgo Asociado a la Colada del Aluminio.



a). **Derrame:** flujo de aluminio líquido fuera de las canales de distribución, moldes y recipientes dispuestos para su manejo.

Listado 1

- Derrame en la piquera: ocurre cuando el flujo del metal del horno sale libremente y sin regulación desbordándose en el canal de colada.
- Derrame por obstrucción o congelamiento de filtro cerámico: el metal se represa al fluir con dificultad a través del filtro cerámico y sobrepasar el nivel de canal ocurriendo derrame.
- Derrame por empacadura: derrame que ocurre a nivel de las juntas de unión entre canales de colada, punta de canal de la mesa, cajas portafiltros.

- Derrame sobre la mesa de colada: por incremento súbito del nivel de metal en la pileta refractaria, sobre pasando la altura de los bloques refractarios.
- Derrame por perforación de un cilindro.
- Derrame por mal sellado del molde
- Derrame por interrupción de los servicios de electricidad y agua en la mesa de colada
- Derrame por perforación de la campana de la boca de colada
- Derrame por fallas mecánicas de la unidad hidráulica de la mesa de colada
- Derrame por recipientes de drenajes con baja capacidad.
- Derrame por deficiente enfriamiento.
- Derrame por taponeo de la boca de colada.
- Derrame por taponeo de una pieza durante la colada.
- Derrame por incumplimiento de práctica operativa de colada.

b). Explosión.

Listado 2

- Explosión en las canales de colada por refractario húmedo o frío.
- Explosión en la caja porta filtro por falta de precalentamiento.
- Explosión de la mesa de colada por humedad presente en el molde o penetración de agua.
- Explosión en un molde por humedad sobre el cabezote.
- Explosión en un recipiente de drenaje por humedad en el recipiente.
- Explosión en pisos y superficies húmedas.

c). Tormentas de Ideas respecto a la **pérdida de capacidad** en el proceso de colada

- Molde tapado.
- Falta de metal líquido.
- Bajo flujo de agua.
- Llenado de horno.
- Ruptura de filtro cerámico.
- Horno fuera de grado.
- Falla en el sistema hidráulico.
- Demoras operativas.
- Canales obstruidos.
- Piqueras tapados.
- Fosa sucia o tapada.
- Seguridad, Orden y Limpieza.
- Grúa dañada.
- Falta de limpieza en los hornos.
- Variación de análisis químico.
- Falta de operador.
- Falla en la bajada colada.
- Retraso en el programa de producción.
- Falta inventario de insumos.
- Muchos cambios de mesas-aleaciones.

d). Tormentas de Ideas respecto al **Impacto de los riesgos potenciales:**

Listado 3

1). Sobre el personal.

- Exposición a altas temperatura y calor radiante.
- Exposición a salpicadura de metal fundido.
- Riesgo de explosión.
- Lesiones severas (Traumatismos y Quemaduras).

2). Sobre la calidad del proceso

- Daños a equipos.
- Afectación de la Calidad del producto.
- Desperdicio o rechazo por producto no conforme.
- Baja producción.
- Incremento de mantenimiento correctivo.
- Insatisfacción del cliente.
- Paradas de equipos (parcial o total de la unidad de colada)
- Costos adicionales por reparaciones y servicios.

4.2 Análisis del Proceso de Colada con la Herramienta AMEF

Para la aplicación del AMEF en el análisis del proceso de colada de cilindro, fue necesario establecer un enfoque que permita estudiar el objeto en toda su dimensión, para lo cual se plantearon las siguientes propuestas:

- a. *Definir todos los tipos de efectos o impactos que pudieren ocurrir en el proceso y detectar la falla, el modo y la causa que los genera.*

Este método considera plantearse todos los tipos de fallas posibles que pudiesen ocurrir con su efecto potencial y luego definir todas las causas o bajo que condiciones las mismas se generan.

- b. *Realizar un análisis lineal por tramo para detectar en que sección del equipo se presentan las fallas potenciales y bajo que condición específica se genera.*

Esta modalidad está directamente enfocada al equipo, se inicia elaborando un circuito que secciona en diferentes partes (tramos) al equipo que se desean analizar afín de determinar que fallas pueden ocurrir en cada sección o componente.

- c. *Describir el proceso según sus operaciones y actividades (práctica operativa) y analizar por bloque de actividades los modos, efectos y fallas.*

El enfoque permite agrupar las actividades del proceso en bloques por operaciones que se pueden analizar a fin de determinar los puntos de fallas.

El análisis de estas propuestas permitió realizar la escogencia de la opción "C", debido a que la misma abarca mayor número de factores relacionados en el proceso de colada como son: el equipo, la práctica operativa, el uso correcto de los parámetros de procesos y aspectos relacionados con la seguridad.

Para la aplicación de la opción "C", se identificó en el diagrama de proceso de colada de cilindros (ver Gráfico 15, Pág. 39), las operaciones principales como son: La preparación previa de la unidad de colada, el arranque de colada, la puesta de la colada en régimen y el fin de colada, para analizar los riesgos potenciales en cada operación.

4.3 Resultados de Aplicación del formato AMEF.

La utilidad del formato AMEF, consiste en facilitar y organizar la información sobre el análisis de las fallas potenciales del proceso y presentar en forma tabulada la información como un resultado específico.

A continuación se presentan los formularios AMEF de Proceso correspondiente al análisis de los riesgos asociados a las actividades descritas en las operaciones de colada. Los AMEF se codifican para cada operación a fin de facilitar su identificación y análisis.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

Pag. 1

TIPO DE AMEF	PROCESO	PLANTA AFECTADA	NOMBRE DE LA RUTA		RESPONSABLE		EQUIPO AMEF		Codigo AMEF				
De Proceso	Colada de Cilindro	Fundición I	PREPARACIÓN DE COLADA		Superintendencia de Cilindros		Colada 1.FI		PC001- Mayo 2006				
REQUISITOS/	MODO DE LA FALLA	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DEL PROCESO	D E I T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA Y FECHA DE CUMPLIMIENTO	ACCIONES TOMADAS.	S E V	O C U	D E T	NPR META
1.- Limpieza y acondicionamiento del refractario de las canales; caja porta filtro y mesa de colada	Derrame prematuro del refractario. Derrame de aluminio por juntas de canales. Daños de bocinas y platos refractarios durante la limpieza de la mesa.	Disminución de la vida útil de los componentes refractarios Limitación e incumplimiento del programa de producción Arrastre de inclusiones en los cilindros colados Demoras continuas por reparaciones mayores de canales y mesa de colada.	7	Deficiente reparación con pasta refractaria. Aplicación deficiente de desmoldeante. Retiro de costra de aluminio en frío. Uso de herramientas inadecuadas para retirar las costras de aluminio. Incumplimiento de la practica operativa.	Inspección visual	3	Evaluación funcional de la calidad de la pasta refractaria. Inspección visual / Lista de chequeo Capacitación continua de operarios en Fundición y Colada. Ejecutar plan de auditorias de proceso y de calidad.	Aseguramiento de la calidad fundición Suplicia de colada Suplicia de colada - Dpto de entrenamiento Aseguramiento de la calidad fundición					<25
2.- Limpieza y acondicionamiento del molde (anillo y platos de transición)	Defectos superficiales (marcas, sierras verticales), Desgarros en cilindros fuera del Airstrip Derrame de aluminio en cilindros perforados Bandas de escoria en cilindros	Rechazo de cilindros por mala calidad superficial. Daños los componentes del molde y la mesa de cabezote Incumplimiento de los programas de producción	7	Deficiente limpieza del anillo y del plato Incumplimiento de la practica operativa. Metal incrustado entre el anillo y el plato de transición Aplicación de desmoldeante sobre el anillo y agujeros de salida de agua	Inspección visual	3	Inspección de cortinas de agua Registros estadístico del comportamiento del molde en colada anterior. Llenado del check list	Suplicia de colada Suplicia de colada Suplicia de colada - Dpto de entrenamiento Suplicia de colada - Dpto de entrenamiento					>25
3.- Elevación mesa de cabezote y soplar el agua de la superficie de los mismo	Exposición de metal en el molde	Abortar colada. Peligro y riesgo al personal Daños los componentes del molde (anillo, plato, bocina) Paradas de de producción por reparaciones mayores de moldes y limpieza de mesa de colada.	9	Humedad sobre el cabezote por deficiente sopiado y secado Incumplimiento de la practica operativa.	Inspección visual	2	Inspección visual / Lista de chequeo Ejecutar plan de auditorias de proceso y de practicas operativas	Suplicia de colada Aseguramiento de la calidad fundición					>20

SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
6.- Efecto significativo	6.- Casi Nunca	6.- Baja
7.- Efecto Mayor	7.- Remota	7.- Frecuente
8.- Efecto Extremo	8.- Poco Frecuente	8.- Poco Frecuente
9.- Efecto Peligroso /alar	9.- Frecuente	9.- Remota
10.- Efecto Peligroso /alar	10.- Poca	10.- Casi imposible.

TIPO DE AMEF De Proceso	PROCESO Colada de Cilindro	PLANTA AFECTADA Fundición I	NOMBRE DE LA RUTA PREPARACIÓN DE COLADA		RESPONSABLE			EQUIPO AMEF		Codigo AMEF								
			CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DEL PROCESO	D	E	T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S	O	D	E	NPR	META		
REQUISITOS/ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	S	O	C	U	D	E	T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S	O	D	E	NPR	META
4.- Recubrir con lubricantes los Cabezotes	Explosión de metal en el molde	Daños a la mesa de colada (refractorio y componentes del molde)	8	3			2	48		Inspección visual / Lista de chequeo	Suptcia de colada							> 20
5.- Ajuste la velocidad de acuerdo a la practica (velocidad inicial)	Congelamiento de metal en el molde	Deformación de la mesa de cabezote por derrame de metal	8	3			3	72		Inspección visual y carta de control	Suptcia de colada							< 20
6.- Bajar mesa de molde y colocar en posición sobre la mesa de cabezote	Fallas de basculamiento de la mesa de molde	Demoras de producción	4	4			3	48		Inspección visual / Lista de chequeo	Suptcia de colada							< 20
7.- Subir la mesa de cabezotes lentamente, hasta que los cabezotes penetren a 1/8" del borde inferior del anillo del molde.	Derrame de metal sobre la mesa de cabezote. (arranque)	Deformación de la mesa de cabezote por derrame de metal	8	3			3	72		Inspección visual / Lista de chequeo	Suptcia de colada							< 20
8.- Verificar que estén conectadas las tuberías de agua, aire y aceite a la mesa	Derrame de metal en los moldes	Deformación de la mesa de cabezote por derrame de metal	8	2			3	48		Inspección visual / Lista de chequeo	Suptcia de colada							< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
6.- Efecto significativo	6.- Media	6.- Baja
7.- Efecto Mayor	7.- Moderadamente alta	7.- Frecuente
8.- Efecto Extremo	8.- Alta	8.- Poco Frecuente
9.- Efecto Peligroso	9.- Muy alta	9.- Remota
10.- Efecto Peligroso /alar	10.- Siempre ocurre	10.- Casi imposible.

ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

TIPO DE AMEF	PROCESO	PLANTA AFECTADA		NOMBRE DE LA RUTA		RESPONSABLE		EQUIPO AMEF		Codigo AMEF	
		Función I	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DE L PROCESO	D E NPR T	ACCIONES	AREA	ACCIONES	S O D	E C E
De Proceso	Colada de Cilindro								Colada 1.FI		PC001- Mayo 2006
REQUISITOS/ ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL										
	Explosión, fragmentación y agrietamiento del refractario.	Generación de accidentes y derrame de metal por explosiones		Incumplimiento de la practica precalentamiento de canales y mesa de colada.	Inspección visual			Inspección visual / Lista de chequeo	Aseguramiento de la calidad fundición		
10.-	Explosión de metal	Accidentes con quemaduras del personal y daños a al equipo por explosión de metal		Humedad atrapada en el refractario (gasificación, explosión, o congelamiento del metal)				Auditar el proceso de colada.	Supticia de colada		
	Gasificación del metal	Disminución de la vida útil del refractario	8	enfriamiento del metal en la caja portafiltro por falta de calentamiento.	3	4	96	Estandarizar el metodo y herramienta para precalentamiento.	Ingeniería de proceso		< 25
	Congelamiento de metal	Abortar coladas, parada de producción		Congelamiento de metal por pérdida de temperatura en refractario no precalentado.							
	Congelamiento de metal en el filtro y en la mesa de colada.	Abortar coladas, parada de producción.		Filtro mal colocado. Tiempo de precalentamiento menor a 20 minutos.				Inspección visual / Lista de chequeo	Supticia de colada		
11.-	Colocación y precalentamiento del filtro cerámico.	Perdida de calidad del producto (reclamos por inclusiones)	8	Deficiente llama para precalentamiento del filtro	3	4	96	Estandarizar el metodo y herramienta para precalentamiento.	Ingeniería de proceso		< 25
	Inclusiones (arrastre de partículas de refractario en la colada.	Riesgo de quemadura del personal por derrame de metal. Daño a la caja portafiltro y canales de colada		Baja capacidad de filtrado por congelamiento o obstrucción del filtro.							
	Derrame de metal excesivo o incontrolable	Demoras operativas y daños a los equipos de colada ocasionados por los derrames de metal.		Incumplimiento de practica operativa.				Inspección visual / Lista de chequeo	Supticia de colada		
12.-	Preparación de las herramientas (tapones, paletas de escoria y máquinas de inyección de titanio boro).	Rechazo de colada por derrame de metal (mala calidad suprficial del cilindros)	9	Control no oportuno del derrame por falta de la herramienta (tapon, como ceramico, manta ceramica)	2	3	54	Control e inventario de herramientas de colada	Supticia de colada		< 20
	Defecto de grano grueso	Dificultad para abortar colada, magnificación del derrame. Por falta de la herramienta preparada y en el lugar requerido.		No contar con tapon de respaldo y conos para el sellado oportuno del horno.				Verificación periodica de la calidad de las Herramientas de colada	Aseguramiento de la calidad fundición		

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
6.- Efecto significativo	6.- Media	6.- Baja
7.- Efecto Mayor	7.- Moderadamente alta	7.- Frecuente
8.- Efecto Extremo	8.- Alta	8.- Poco Frecuente
9.- Efecto Peligroso s/alar	9.- Muy alta	9.- Remota
10.- Efecto Peligroso c/alar	10.- Siempre ocurre	10.- Casi imposible

ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

Pag.1

TIPO DE AMEF	PROCESO	PLANTA AFECTADA	NOMBRE DE LA RUTA		RESPONSABLE		EQUIPO AMEF		Codigo AMEF						
De Proceso	Colada de Cilindro	Fundición I	ARRANQUE DE COLADA		Superintendencia de Cilindros		Colada 1.FI		PC002- Mayo 2006						
REQUISITOS/	MODO DE LA FALLA	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	S	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	O	CONTROL DE L PROCESO	D E T	ACCIONES PROPUESTAS	AREA	ACCIONES Tomadas	S	O	D	E	NPR
			V		U						V	C	T		< 20
1.- Activar el suministro de agua y ajustar el flujo preestablecido.	Bombas de suministro fuera de servicio	No hay arranque de colada (demora por mantenimiento)	7	Caudal de agua no especificado	3	Inspección visual	3	Inspección visual /Carta de control.	Producción	Plan de Rutinas y mantenimiento del sistema de suministro de agua.					
	Fallas de la instrumentación de control regulador de agua.	Demoras operativas y atrasos en la producción	7	Mesa de colada sin suministro de agua	3	Rutina de inspección del sistema de suministro de agua	63	Plan de contingencia P100 fundición	Mantenimiento fundición	Ejecutar plan P100. colada					
	Bajo nivel de agua en los tanques.	Bombas hidráulicas dañadas	7	Sunistrode agua deficiente	3	Inspección visual	63	Inspección visual /Carta de control.	Producción	Programar y ejecutar auditorías de con el proveedor.					
2.- Aumento de presión de aire seco hasta los valores indicados en la practica operativa.	Baja presión de aire o gas a la entrada de la mesa	Abortar procedimiento de inicio de colada colada. I	7	Unidad compresora no operativa o apagado	3	Inspección visual	3	Rutina de inspección del sistema de suministro de aire seco	Mantenimiento fundición	Plan de Rutinas y mantenimiento del sistema de suministro de agua.					
	Fijómetros dañados no regulan	Demoras operativas y atrasos en la producción	7	Compresor aportando bajo caudal y presión de aire seco	3	Inspección visual	45	Plan de contingencia P100 fundición	Mantenimiento fundición	Ejecutar plan P100.					
	Compresor fallado	Fijómetros dañados u obstruidos	5	Flujómetros dañados u obstruidos	3	Inspección visual	45	Inspección visual /Carta de control.	Producción	Programar y ejecutar auditorías de con el proveedor.					
3.- Encender la bomba de inyección de aceite y ajustar el on-off	Falta de lubricación en los moldes	Demoras para el arranque de la colada	5	Incumplimiento de programa de lubricación y reposición de aceite.	3	Inspección visual	45	Inspección visual /Carta de control.	Producción	Programar y ejecutar auditorías de con el proveedor.					
	Bomba de inyección dañada (no operativa)	Parada de la unidad de colada para mantenimiento correctivo.	7	Mantenimiento deficiente del sistema de inyección de la mesa de colada.	3	Inspección visual	45	Rutina de inspección y mantenimiento del sistema inyección de aceite.	Producción- Mantenimiento	Plan de Rutinas y mantenimiento del sistema de suministro de agua.					
	No hay suministro de aceite	No hay suministro de aceite	7	Tambor de aceite de colada vacío	3	Inspección visual / Lista de chequeo	42	Plan de contingencia P100 fundición	Producción	Ejecutar plan P100.					
4.- Instalar termopar de canal en la parte más fría de la mesa de colada	Trabajar en condiciones de colada caliente	Congelación de metal, por condición fría.(no detectada)	7	Incumplir practica operativa (no instalar termopar)	3	Inspección visual / Lista de chequeo	42	Inspección visual / Lista de chequeo	Producción	Rutina de inspección y mantenimiento del sistema inyección de aceite.					
	Trabajar en condición de colada fría.	Derrame de metal por condición caliente (no detectada)	7	No hay termopar de canal disponible para la unidad de colada.	3	Inspección visual / Lista de chequeo	42	Rutina de verificación de los equipos de medición de temperatura.	Instrumentación	Rutina de inspección y mantenimiento del sistema inyección de aceite.					
	No medir temperatura de metal en la mesa de colada	Daños a las mesas de colada y al refractario.	7	Daños a las mesas de colada y al refractario.	3	Inspección visual / Lista de chequeo	42	Plan de contingencia P100 fundición	Instrumentación	Ejecutar plan P100.					

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
6.- Efecto significativo	6.- Media	6.- Baja
7.- Efecto Mayor	7.- Moderadamente alta	7.- Frecuente
8.- Efecto Extremo	8.- Alta	8.- Poco Frecuente
9.- Efecto Peligroso s/alar	9.- Muy alta	9.- Remota
10.- Efecto Peligroso c/alar	10.- Siempre ocurre	10.- Casi imposible.

ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

Pag. 2

ARRANQUE DE COLADA

REQUISITOS/ ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DEL PROCESO	D E T	I N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U R	D E T	N P R
5.- Verificar que la temperatura de horno sea la indicada para iniciar colada.	Temperatura erronea (falsa señal) Arranque de colada a temperatura no especificada. Derrame de metal sobre la mesa de cabezote. Condición de colada caliente	Deformación de la mesa de cabezote por derrame de metal Parada del equipo e incumplimiento del programa de producción Daños a componentes mecanicos y refractario de la unidad de colada. Atrancamiento de la mesa de colada por derrame de metal	Incumplir practica operativa. Tempooso y termocupla dañada Controlador de temperatura no calibrado (falla de la instrumentación) Inicio de colada sin verificar temperatura de horno.	Inspección visual	3	72	Inspección visual y carta de control Rutina de verificación de los equipos de medición de termocupla con fallas	Producción Instrumentación Instrumentación	Rutina de inspección del termoposo y la termocupla.				< 20
6.- Verificar que la mesa de cabezote no se ha bajado y retirar el calibrador de altura.	Cabezotes fuera de Moides Arranque de colada sin verificar calibrador de altura.	Demoras de producción, por corrección de falla. Derrame de metal o explosión por bajada subita de la mesa de cabezote Daño a la mesa de colada Alto riesgo de quemadura de ocurrir explosión	Mesa de cabezote fuera del molde, por fuga en el cilindro hidraulico. Inspección interna de la penetración del cabezote- molde no realizada Verificación de entrada de agua al molde no realizada.	Inspección visual / Lista de chequeo	3	72	Plan de auditorias de proceso al proveedor Plan de continencia P-1020 fundición	Aseguramiento de la calidad fundición producción	Programar y ejecutar auditorias de con el proveedor. Ejecutar plan P-1020.				< 20
7.- Verificar que los recipientes drenaje colectores de drenaje estén vacios, limpios y libre de humedad.	Derrame de metal de drenaje por recipiente Explosión de metal en recipiente humedo	Demoras por limpieza de metal derramado Accidentes por quemaduras	Incumplir practica operativa. Recipientes sucios, o llenos de desperdicios. Recipientes humedos, en el sitio de drenaje	Inspección visual	2	48	Inspección visual / Lista de chequeo	Producción					< 20
8.- Destape boca de colada del horno (retire tapon iniciador)	Horno no destapa Derrame al destapar el horno Rotura de la vanilla del tapon	Demoras de producción destapando boca de colada y retirando tapon. Daños prematuros de campana de boca de colada por fusión de sopletes. Derrame de metal a nivel de canal y mesa de colad por flujo turbulento de metal.	Tapon inmerso en metal congelado Boca de colada sellada por escoria o material de baño electrolitico. Fativa de tapon por uso prolongado o por mala calidad del ensamble de la	Inspección visual	4	84	Inspección visual / Lista de chequeo Inspección del estado del tapon iniciador Limpiar la boca de colada antes de taponear.	Producción Producción Producción					< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION
1.- Sin efecto 2.- Muy poco efecto 3.- Poco efecto 4.- Efecto Menor 5.- Efecto Moderado	1.- Casi Nunca 2.- Remota 3.- Poco Frecuente 4.- Frecuente 5.- Poca	1.- Siempre ocurre 2.- Muy Alta 3.- Alta 4.- Moderadamente Alta 5.- Media 6.- Baja 7.- Frecuente 8.- Poco Frecuente 9.- Remota 10.- Casi imposible.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

ARRANQUE DE COLADA

REQUISITOS/ ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL	S E V	O C U	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DEL PROCESO	D E T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	NPR
9.- Aumentar el caudal de agua hasta el volumen indicado en la práctica.	Derame de metal Incumplimiento de parámetros de colada. Muy bajo caudal de agua	Daño de la mesa de colada de cabezote por derrame de metal Doblez de cilindros Rechazo de cilindros por mala calidad superficial. Incumplimiento del programa por indisponibilidad del equipo.	9	3	Perforación de cilindros por condición de colada caliente No incrementar el caudal de agua incumplir practica operativa. Falla de la instrumentación de control de agua. Colar bajo condición de colada caliente (bajo caudal de agua).	Inspección visual / Lista de chequeo	3	81 Auditar el proceso de colada rutina de revisión del regulador de flujo de agua	Producción Aseguramiento de la calidad fundición Instrumentación					< 25
10.- Iniciar la inyección de Ti-Boro cuando el metal alcance una altura de 4" sobre el filtro cerámico. Fijar la velocidad de inyección según P.O	Colada sin o con deficiente refinador de gran refinador de grano Falla de la maquina de inyección.(inyección intermitente) Filtro cerámico perforado por el alambreon.	Inclusiones en los cilindros, rechazo total de la colada Cilindros con granos grueso , rechazo total de la colada Alto consumo de refinador de grano Incumplimiento de programa de producción.	6	3	Rotura del filtro ceramico por excesiva inyección del Ti-boro. Fallas y parada de la maquina de inyección de ti-boro. Velocidad de inyección no especificada.	Inspección visual	3	54 Inspección visual / Lista de chequeo Rutina de verificación de la velocidad de inyección Plan de continuidad P1020 fundición	Producción Aseguramiento de la calidad fundición Producción- Mantenimiento	Ejecutar plan P1020.				< 20
11.- Represado el metal a la entrada de la mesa de colada, retirar lentamente las compuertas para que fluya el metal y llene los moldes, espere el tiempo preestablecido de retención antes de iniciar balada	Congelamiento de metal en la mesa de colada. Congelación de metal en el molde. Llenado no uniforme de la mesa de molde.	Daños al refractario de la mesa de colada y a los componentes del molde. Abortar colada. Derrames durante el arranque de la colada. Demoras operativas y daños a los equipos de colada ocasionados por congelamiento de metal	8	3	Retiro violento de compuertas o Dificulta para retirar las compuertas Tiempo de llenado corto. Tiempo de llenado largo Nivel de metal represado muy bajo.	Inspección visual	3	72 Inspección visual y carta de control Auditar el proceso de colada	Producción Aseguramiento de la calidad fundición					< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN
1.- Sin efecto 2.- Muy poco efecto 3.- Poco efecto 4.- Efecto Menor 5.- Efecto Moderado	1.- Casi Nunca 2.- Remota 3.- Poco Frecuente 4.- Frecuente 5.- Poca 6.- Media 7.- Moderadamente alta 8.- Alta 9.- Muy alta 10.- Siempre ocurre	1.- Siempre ocurre 2.- Muy Alta 3.- Alta 4.- Moderadamente Alta 5.- Media 6.- Baja 7.- Frecuente 8.- Poco Frecuente 9.- Remota 10.- Casi imposible.

**ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)
ARRANQUE DE COLADA**

Pag. 4

REQUISITOS/	MODO DE LA FALLA	EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL	S E V	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	O C U	CONTROL DEL PROCESO	D E T	ACCIONES PROPUESTAS	AREA	ACCIONES Tomadas	S E V	O C U	D E T	NPR
12.- Arranque la colada (bajada controlada) a la velocidad inicial y después de 4" de longitud, aumentar la velocidad hasta alcanzar el valor de regimen.	<p>Congelación de metal en el molde.</p> <p>Exposición por penetración de agua en el molde</p> <p>Derrame de metal por velocidad alta de colada</p>	<p>Derrame sobre la mesa de cabezote. Daños estructural</p> <p>Cilindros con defectos superficiales.</p> <p>Demoras operativas y daños a los equipos de colada ocasionados por congelamiento de metal.</p>	9	<p>Incumplimiento de los parametros de colada.</p> <p>Velocidad de inyección no especificada.</p> <p>Falla en la bajada controlada.</p>	3	Inspección visual	3 81	<p>Inspección visual /Carta de control.</p> <p>Auditar el proceso de colada</p> <p>Rutina de revisión del sistema hidráulico y de control de la bajada y subida de la mesa</p>	<p>Producción.</p> <p>Aseguramiento de la calidad fundición</p> <p>Mantenimiento Fundición.</p> <p>Ejecutar plan P1020.</p>					< 25
13.- Tomar muestra en el canal para analisis de composición química de la colada.	<p>muestra mal tomada</p> <p>muestra no tomada</p>	<p>Demoras operativas por analisis de colada</p> <p>Colada final sin especificación química.</p> <p>Colada fuera de especificación</p>	4	<p>Incumplimiento de la norma técnica para muestro de colada.</p> <p>Heramienta de toma de muestra sucia o contaminada.</p> <p>Muestra de colada no identificada o identificada erroneamente.</p>	2	Inspección visual	2 16	<p>Inspección visual /Carta de control.</p> <p>Auditar el proceso de colada</p>	<p>Producción</p> <p>Aseguramiento de la calidad fundición</p>					< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION
<p>1.- Sin efecto</p> <p>2.- Muy poco efecto</p> <p>3.- Poco efecto</p> <p>4.- Efecto Menor</p> <p>5.- Efecto Moderado</p>	<p>1.- Casi Nunca</p> <p>2.- Remota</p> <p>3.- Poco Frecuente</p> <p>4.- Frecuente</p> <p>5.- Poca</p>	<p>1.- Siempre ocurre</p> <p>2.- Muy Alta</p> <p>3.- Alta</p> <p>4.- Moderadamente Alta</p> <p>5.- Media</p> <p>6.- Baja</p> <p>7.- Frecuente</p> <p>8.- Poco Frecuente</p> <p>9.- Remota</p> <p>10.- Casi imposible.</p>

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

Pag.1

TIPO DE AMEF	PROCESO	PLANTA AFECTADA	NOMBRE DE LA RUTA COLADA EN REGIMEN	RESPONSABLE	EQUIPO AMEF	Código AMEF						
De Proceso	Colada de Cilindro	Fundición I	Superintendencia de Cilindros	Colada 1.FI	PC003- Mayo 2006							
REQUISITOS/ ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DE L PROCESO	D E NPR T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	NPR
1.- Mantener el nivel de metal a 40 mm (1,5") bajo el borde superior del canal refractario (pileta)	Derrame de metal sobre la mesa de molde. Marca de colada por bajo nivel de metal.	Abortar colada si el flujo de metal no es controlable Daños a flujómetros por derrame de metal sobre las parrillas de la mesa de molde Demoras y parada de la unidad de colada por limpieza de drenaje sobre la mesa. Y reparación de componentes dañados. Riesgos de quemaduras al personal	Falta de regulación del flujo de metal con el tapon en la boca de colada del horno. Expulsión del tapon regulador por presión de metal y mal aseguramiento. Incumplimiento de la practica operativa.	Inspección visual /carta de control	3 72	Inspección visual /carta de control Auditar el proceso de colada Plan de contimencia P100 fundición	Producción Aseguramiento de la calidad fundición	Ejecutar plan P1020.				< 20
2.- Ajustar la presión de los flujómetros individuales de los moldes para controlar el burbujeo de exceso de gas o aire seco.	Flujo de mezcla no regulable Flujómetros dañados no regulan Mala calidad superficial de cilindro. Cilindro fuera del airslip	Derrame de metal por perforación de los cilindros Daños a la mesa de colada de molde. Pérdida de producción. taponeo de cilindros y rechazos por mala calidad.	Flujo de mezcla no regulable Compresor aportando bajo caudal y presión de aire seco Flujómetros dañados u osbruidos	Inspección visual	3 72	Inspección visual / Lista de chequeo Plan de contimencia P1020 fundición	Producción Producción	Programar y ejecutar auditorias de con el Ejecutar plan P1020.				< 20
3.-Supervisar y controlar los parametros de colada (velocidad, caudal de agua, velocidad, Congelamiento de ciclo de inyección, temperatura de metal en horno y temperatura de horno y de canal	Fallas de instrumentación Colada bajo condición fría (alto flujo de agua y baja velocidad. Congelamiento de metal Colada bajo condición caliente (bajo flujo de agua y alta velocidad). Derrame de metal.	Derrame de metal por perforación de los cilindros Abortar colada , baja producción de cilindros. Daños al equipo de colada. Mala calidad superficial de cilindros, alto rechazo.	Incumplimiento de la practica operativa. Empleo de parametros no especificado para la aleación y diametro de cilindro. Variación de parametros por problemas de control e instrumentación.	Inspección visual	3 81	Inspección visual / carta de control Auditar el proceso de colada Plan de contimencia P100 fundición	Producción Aseguramiento de la calidad fundición Producción	Ejecutar plan P1020.				< 25
4.- Atención a los conatos de derrames o defectos de colada.	Bajada abrupta del nivel de metal en la mesa de colada no detectada a tiempo. Falta de inspección de la calidad de cilindro a la salida del molde. Detección tardía de un derrame de colada.	Rechazo de cilindros por mala calidad superficial Derrame de metal sobre la mesa de cabezotes y guías de la mesa de colada Daños a la las mesas de colada y al refractario.	Falta de iluminación en la fosa de colada. Reflectores dañados. Demora para taponear cilindros con desgare o fuera del air slip Derrame de metal por perforación de los cilindros no detectada a tiempo	Inspección visual / Lista de chequeo	3 81	Inspección visual / Lista de chequeo Auditar el proceso de colada Adecuar iluminación para inspeccionar cilindros en proceso de colada	Producción Aseguramiento de la calidad fundición Mantenimiento					
SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN										
1.- Sin efecto 2.- Muy poco efecto 3.- Poco efecto 4.- Efecto Menor 5.- Efecto Moderado	1.- Casi Nunca 2.- Remota 3.- Poco Frecuente 4.- Frecuente 5.- Poca	1.- Siempre ocurre 2.- Muy Alta 3.- Alta 4.- Moderadamente Alta 5.- Media 6.- Baja 7.- Frecuente 8.- Poco Frecuente 9.- Remota 10.- Casi imposible.										

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

TIPO DE AMEF De Proceso	PROCESO Colada de Cilindro	PLANTA AFECTADA Fundición I		NOMBRE DE LA RUTA COLADA EN REGIMEN			RESPONSABLE Superintendencia de Cilindros		EQUIPO AMEF Colada 1.FI		Codigo AMEF PC003- Mayo 2006			
		MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL	S E V	CAUSA FALLA	POTENCIAL DE LA O C U	CONTROL DE L PROCESO	D E T	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U
5.- Documentar los parametros de colada (registros)	Registro incompleto del historial de la colada.	No se realiza la trazabilidad de la colada.	Falta de data para el control estadístico del proceso.	4	No estan implementados formatos para registros de parametros No se registran los parametros de colada empleados.	7	Inspección visual	2	56	Inspección visual y carta de control. Auditar el proceso de colada	Producción Aseguramiento de la calidad Fundición			< 20
6.- Documentar problemas de colada (relacionar defecto con la ubicación del molde)	No reportar el problema en el libro de novedad de la unidad de colada.	No tomar acciones correctivas y preventivas sobre defectos de coladas y fallas potenciales para la colada proxima.	Repetición de problemas en proximos turnos e trabajo. Ocurrencia de riesgos potenciales en el equipo	4	No reportar los problemas y fallas ocurridas en la colada No reportar condiciones potenciales de fallas para las proximas colada. No reportar problemas mecánicos que pudieran ocasional fallas potenciales durante la colada.	7	Inspección visual	2	56	Inspección visual/ Reporte de colada.	Producción			< 20
7.- Tomar acciones correctoras en tiempo real si existe una variación de las condiciones preestablecida para la colada	No tomar acciones correctoras y preventivas en tiempo real. Magnificación de fallas y problemas de colada Magnificación defectos de colada y accidentes en la unidad de colada que se este generando. Abortar coladas, por no tomar acción correctora inmediata.	Magnificación de fallas y problemas de colada Magnificación defectos de colada y accidentes en la unidad de colada que se este generando. Abortar coladas, por no tomar acción correctora inmediata.	8	Acciones correctivas extemporaneas. Detección no oportuna de falla en proceso.		Inspección visual	3	72	Auditar el proceso de colada LL enar repore de colada (documentar acciones tomadas)	Aseguramiento de la calidad Fundición Producción.				< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
6.- Efecto significativo	6.- Media	6.- Baja
7.- Efecto Mayor	7.- Moderadamente alta	7.- Frecuente
8.- Efecto Extremo	8.- Alta	8.- Poco Frecuente
9.- Efecto Peligroso s/alair	9.- Muy alta	9.- Remota
10.- Efecto Peligroso c/alair	10.- Siempre ocurre	10.- Casi imposible.

ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

TIPO DE AMEF De Proceso	PROCESO Colada de Cilindro	PLANTA AFECTADA Fundición I	NOMBRE DE LA RUTA FIN DE COLADA	RESPONSABLE Supctcia, de Cilindros	EQUIPO AMEF Colada 1.FI	Código AMEF PC003- Mayo 2006					
REQUISITOS/ ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DE L PROCESO	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	NPR
1.- Cerrar boca de colada del horno (taponear) y continuar la colada hasta que baje el nivel de metal a 1" en la mesa de colada.	Colada fuera de especificación en largo (corta o muy larga) Fallas de la instrumentación de control regulador de agua.	Colada corta para desvío o rechazo. Mayor rechazo por despuente de colada (colada muy larga) Pérdida de productividad y oportunidad de entrega.	Incumplimiento de la practica operativa. Cierre de colada fuera del largo programado para taponear el horno.	Inspección visual	Inspección visual / cartas de control Auditar proceso de colada	Producción. Aseguramiento de la calidad fundición					< 20
2.- Disminuir lentamente la velocidad de colada	Derrame de metal en la cabeza del cilindro (cola) Rechazo de cilindros por derrame de metal	Rechazo parcial o total de la colada. Demoras operativas y atrasos en la producción	Finalizar la colada a igual velocidad de regimen. Incumplir la practica operativa	Inspección visual	Inspección visual / cartas de control Auditar proceso de colada	Producción. Aseguramiento de la calidad fundición					< 20
3.-Reducir el flujo de agua hasta el flujo inicial	Caída de cilindros dentro de fosa Bomba de inyección dañada (no operativa)	Rechazo parcial de la colada por cilindros dañados o golpeados. Demoras operativas por la extracción individual de cilindros.	Incumplir la practica operativa Finalizar la colada a igual caudal de agua de regimen.	Inspección visual	Inspección visual / cartas de control Auditar proceso de colada	Producción. Aseguramiento de la calidad fundición					< 20
4.- Continuar la bajada controlada hasta que los cilindros salgan del molde.	Detener la bajada controlada, con cilindro dentro del molde	Daños a los componentes internos del molde Demoras en la producción de colada, por reparación de moldes	Detener la bajada controlada, y cerrar flujo de agua.	Inspección visual	Inspección visual / cartas de control Auditar proceso de colada	Producción. Aseguramiento de la calidad fundición					< 20
5.- Desconectar el sistema de inyección de aceite de colada.	Roturas de mangueras o conexiones de aceite Alta concentración de aceite en ele agua de enfriamiento.	Limpieza prematura de fosa de colada. Parada de equipo Mala calidad de agua de enfriamiento. Defectos de colada	Basculamiento de la mesa sin apagar bomba de inyección de aceite Fugas de aceite en manguera o conexiones dañadas.	Inspección visual	Inspección visual / Lista de chequeo Plan de continuidad P100 fundición	Producción mantenimiento					< 20
6.- Cierre del flujo de agua a la mesa de colada.	Mantener por mayor tiempo en servicio las bombas hidráulicas.	Disminución de la vida útil de los componentes de bombas hidráulicas por mayor tiempo de servicio.	No apagar las bombas de suministro de agua a la mesa de colada.	Inspección visual	Inspección visual / Lista de chequeo	Producción					< 20

SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
	6.- Casi Nunca	6.- Baja
	7.- Remota	7.- Frecuente
	8.- Efecto Extremo	8.- Poco Frecuente
	9.- Efecto Peligroso s/alair	9.- Remota
	10.- Efecto Peligroso c/alair	10.- Casi imposible.

TIPO DE AMEF	PROCESO	PLANTA AFECTADA	NOMBRE DE LA RUTA		RESPONSABLE	EQUIPO AMEF		Codigo AMEF					
De Proceso	Colada de Cilindro	Fundición I	FIN DE COLADA		Suptcia, de Cilindros	Colada 1.FI		PC003- Mayo 2006					
REQUISITOS/ACTIVIDADES	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	SEVE	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	CONTROL DEL PROCESO	D E T	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA RESPONSABLE	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U	D E T	NPR
7.- Basculamiento de la mesa de molde.	Caida de la colada de cilindro en fosa	Perdidas de herramientas	8	Basculamiento brusco de la mesa de molde	Inspección visual		Inspección visual / Lista de chequeo	Producción					< 20
8.- Colocar la regilla (cuadrícula) e identificar la colada y proceder a la extracción de los cilindros de la fosa.	Caida de herramientas de colada a la fosa. Cilindros no identificados Caida de la colada de cilindro en fosa cilindros doblados o golpeados.	Rechazo por cilindros doblados y golpeados. (calidad superficial). Accidente por caída de personal en la fosa Caída de cilindros en fosa Rechazo de cilindros por mala calidad superficial.	9	No retirar de sobre la mesa de molde las herramientas de colada Incumplimiento de practica operativa extracción de cilindros sin colocar regilla.	Inspección visual	2 48	Inspección visual / Lista de chequeo	producción					< 20
9.- Iniciar nuevamente el procedimiento de preparación de colada.	Ver procedimiento de colada	Ver procedimiento		Ver procedimiento de preparación de colada									

SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION
1.- Sin efecto	1.- Casi Nunca	1.- Siempre ocurre
2.- Muy poco efecto	2.- Remota	2.- Muy Alta
3.- Poco efecto	3.- Poco Frecuente	3.- Alta
4.- Efecto Menor	4.- Frecuente	4.- Moderadamente Alta
5.- Efecto Moderado	5.- Poca	5.- Media
	6.- Media	6.- Baja
6.- Efecto significativo	7.- Moderadamente alta	7.- Frecuente
7.- Efecto Mayor	8.- Alta	8.- Poco Frecuente
8.- Efecto Extremo	9.- Muy alta	9.- Remota
9.- Efecto Peligroso /alar	10.- Siempre ocurre	10.- Casi imposible.
10.- Efecto Peligroso c/alar		

4.4. Análisis del la Aplicación del AMEF al Proceso de Colada

Para analizar los resultados del AMEF realizado al proceso de colada de cilindros, el investigador considera tres (03) nivel de clasificación para la severidad, la ocurrencia y la detección: Baja, media y alta, de igual manera considera cinco (05) niveles de criticidad de la falla, clasificados como: tolerable, preocupante, muy preocupante, peligroso y catastrófico.

Esta clasificación permite tabular 27 combinaciones, presentadas en tres cuadros tomado como referencia la severidad (baja, media y Alta) bajo las cuales se pudiera definir el nivel de criticidad de la falla y establecer en forma genérica el tipo de acción recomendada cuando un NPR ocurre con una determinada combinación de severidad, ocurrencia y detección.

Cuadro 10. Clasificación de los Factores de Análisis de Fallas

Clasificación	Severidad	Ocurrencia	Detección
Baja	2 y 3: Muy poco efecto y poco efecto	2 y 3: Remota y poco frecuente	8, 9, 10: Poco frecuente, remota, y casi imposible
Media	4, 5, 6: Efecto menor, efecto moderado, efecto significativo	4, 5, 6: Poco frecuente, frecuente, media.	5, 6, 7: Media, baja, frecuente.
Alta	7, 8, 9, 10: Efecto mayor, Extremo, peligroso c/alarma, peligroso sin/alarma	7, 8, 9, 10: moderadamente alta, alta, muy alta, siempre ocurre.	2, 3, 4: muy alta, alta, moderadamente alta

En el caso de **Severidad Baja** se puede considerar el riesgo o la falla dentro de un nivel Tolerable ya que el impacto producido de generarse la falla es sin efecto o de poco efecto, lo cual no afectaría notoriamente la calidad del proceso de colada. Sin embargo es importante considerar los caso 5, 7, y 9 (ver Cuadro 11.) debido a que la generación de un alto número de fallas sin que estas

puedan ser detectadas es indicativo de que no existen mecanismos de detección y de prevención, o los que están establecidos no son efectivos.

Cuando las fallas son muy repetitivas con poco impacto (gran número de pequeñas fallas) y sin controles para su detección, puede generar interrupciones, perturbaciones, pequeñas demoras operativas, mínimo rechazo de material por calidad; y estos pequeños impactos acumulados en gran número pueden sumar y dar como resultado un impacto significativo en la calidad del proceso, por lo que es necesario tomar las acciones necesarias para suprimirlas.

Cuadro 11. Criticidad para Severidad Baja

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	OBSERVACIÓN
1	BAJA 2, 3	BAJA 2, 3	BAJA 8, 9, 10	32..... 90	Nivel tolerable: establecer mecanismos de detección.
2	BAJA 2, 3	BAJA 2, 3	MEDIA 5, 6,7	20.... 54	Nivel tolerable: Establecer mecanismos prevención, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
3	BAJA 2, 3	BAJA 2, 3	ALTA 2, 3,4	8... 36	Nivel tolerable: Establecer mecanismos prevención, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
4	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3,4	16.... 54	Nivel Tolerable: Establecer mecanismos, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento.
5	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 8,9,10	64.... 180	Nivel tolerable: Establecer mecanismos de detección y prevención, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento.
6	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 5, 6,7	40... 108	Nivel tolerable: Establecer mecanismos de detección y prevención, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
7	BAJA 2, 3	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 8, 9, 10	98.... 300	Nivel tolerable: establecer mecanismos de detección y prevención, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
8	BAJA 2, 3	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 2, 3,4	28.. 120	Nivel tolerable: Establecer mecanismos de control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
9	BAJA 2, 3	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 5, 6,7	28.. 210	Nivel tolerable: Establecer mecanismos de prevención y detección, control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento

En el caso de **Severidad Media** se considera un nivel preocupante debido al impacto que puede tener **una falla potencial sobre el proceso y sus elementos**. En este caso el potencial de la falla se incrementa cuanto mayor sea la frecuencia de ocurrencia (probabilidad) de las falla y cuanto menor sea la posibilidad de detectar la falla. Dentro de este nivel se presenta una criticidad de falla muy preocupante como son los casos 11, 14 y 17 (ver Cuadro 12.), donde la combinación de los factores produce un NPR de tres cifras, lo cual indica que el potencial de falla tendrá un efecto significativo sobre el sistema que demanda su atención inmediata con mecanismos de detección y prevención en los elementos o actividades potenciales de fallas.

Cuadro 12. Criticidad para Severidad Media

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	OBSERVACIÓN
10	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	64.... 216	Nivel preocupante: establecer mecanismos de detección, control del proceso y rutinas de inspección
11	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	112... 360	Nivel muy preocupante: establecer mecanismos, prevención, control del proceso y detección.
12	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	32.... 108	Nivel preocupante: establecer mecanismos, de detección, prevención
13	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3	32... 108	Nivel preocupante: establecer mecanismos, control del proceso y rutinas de inspección
14	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 7,8, 9, 10	112... 360	Nivel muy preocupante: establecer mecanismos, control del proceso y detección y prevención
15	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 2, 3	56.... 180	Nivel preocupante: establecer mecanismos, de prevención y control del proceso
16	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 2, 3	ALTA 2, 3	16.... 54	Nivel preocupante: Establecer mecanismos de control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
17	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 7,8, 9, 10	196... 400	Nivel muy preocupante: establecer mecanismos detección y prevención, control del proceso y rutinas operativas y de mantenimiento
18	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 2, 3	BAJA 7,8, 9, 10	56.... 180	Nivel preocupante: establecer mecanismos, de detección e inspección de l proceso

En el caso de **Severidad Alta** (Cuadro 13.), se considera un nivel peligroso que puede alcanzar niveles de catastrófico por la magnitud de los daños que pudiesen afectar a el **proceso y sus elementos**. La Severidad alta, Ocurrencia alta y Detección baja, se combinan y se obtienen un NPR muy altos característicos de riesgos catastróficos, ver los caso 19, 23 y 26.

SEV: 8 al 10; OCU: 7 al 10; DET: 7 al 10 => NPR: 397 hasta 1000

Cuadro 13. *Criticidad para Severidad Alta.*

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	OBSERVACIÓN
19	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 7, 8, 9, 10	343 ... 1000	Nivel catastrófico: establecer mecanismos de detección y prevención, realizar reingeniería al proceso. Considerar cambio de tecnología. Automatización.
20	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 2, 3	98.... 300	Nivel peligroso: establecer mecanismos de prevención y realizar reingeniería del proceso
21	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3	BAJA 7,8, 9, 10	98.... 300	Nivel peligroso: establecer mecanismos de detección de la falla y realizar reingeniería del proceso
22	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3	ALTA 2, 3	28..... 90	Nivel Peligroso: realizar reingeniería al proceso. Considerar cambio de tecnología .
23	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	196... 600	Nivel catastrófico: establecer mecanismos de detección y prevención, realizar reingeniería al proceso (punto crítico). Considerar cambio de tecnología
24	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	56... 180	Nivel peligroso: establecer mecanismos, control del proceso y realizar reingeniería del proceso. Evaluar modificaciones de equipos , adecuación tecnológica.
25	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3	56... 180	Nivel peligroso: establecer mecanismos, control del proceso y realizar reingeniería del proceso. Evaluar modificaciones de equipos
26	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 7,8, 9, 10	196... 600	Nivel catastrófico: establecer mecanismos de detección y prevención, realizar reingeniería y control de proceso, cambio de tecnología (punto crítico)
27	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	112..... 360	Nivel peligroso: establecer mecanismos de detección de la falla y realizar reingeniería del proceso, control del proceso. Considerar adecuación de tecnología

4.4.1 AMEF PC001 --→ AMEF del Proceso de Preparación de Colada

En la operación de Preparación de colada describen 11 actividades que deben ejecutarse previa al arranque de la colada. En el AMEF PC001 se analizan las 11 actividades y su riesgo potencial de falla.

En esta operación el 81 % de las actividades pueden originar fallas con una severidad ALTA, correspondiente a efecto mayor, extremo y peligroso sin alarmas. Sin embargo es importante señalar que el riesgo es de tipo peligroso ya que el potencial de falla y su criticidad se incrementa cuando es difícil detectar la falla (caso 24, actividad 9 y 10), o no se tienen mecanismos suficientes para su detección oportuna (alarma); y cuando el nivel de ocurrencia de la falla es Media como se observa en el caso 25 para las actividades 1 y 2 (Cuadro 14.).

Cuadro 14. Criticidad de los Riesgos de la Preparación de Colada.

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	ACT	OBSERVACIÓN
22	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3, 4	ALTA 2, 3, 4	28..... 90	3). 4). 5). 7) 8). 11).	Nivel Peligroso: realizar reingeniería al proceso. Considerar cambio de tecnología.
13	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3	32... 108	6).	Nivel preocupante: establecer mecanismos, control del proceso y rutinas de inspección
25	ALTA 7, 8, 9, 10	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3	56... 180	1). 2).	Nivel peligroso: establecer mecanismos, control del proceso y realizar reingeniería del proceso. Evaluar modificaciones de equipos
24	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3	MEDIA 4, 5, 6	56... 180	9). 10).	Nivel peligroso: establecer mecanismos, control del proceso y realizar reingeniería del proceso. Evaluar modificaciones de equipos, adecuación tecnológica.

4.4.2 AMEF PC002 --→ AMEF del Arranque de Colada.

En el AMEF PC002 se analizan las 12 actividades y su riesgo potencial de falla se resumen en el Cuadro 15. El arranque de colada es una operación muy riesgosa, que depende altamente de la experticia técnica de los operadores, que deben de cumplir la práctica operativa y tomar acciones en función del comportamiento de la colada.

CUADRO 15. *Criticidad de los Riesgos del Arranque de Colada.*

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	ACT	OBSERVACIÓN
22	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3, 4	ALTA 2, 3, 4	28.... 90	1, 2, 4, 5, 6, 8 9, 11	Nivel Peligroso: realizar reingeniería al proceso. Considerar cambio de tecnología.
16	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 2, 3, 4	ALTA 2, 3, 4	16.... 54	3, 13 10	Nivel preocupante: Establecer mecanismos de control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento
13	MEDIA 4, 5, 6	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 2, 3, 4	32... 108	7	Nivel preocupante: establecer mecanismos, control del proceso y rutinas de inspección

Como se observa el cuadro resumen de la criticidad de los riesgos del Arranque de Colada, el 66,66 % de las actividades tiene una severidad alta, por lo tanto se consideran fallas potenciales de nivel peligroso y el 33,33 % son de nivel preocupante. Sin embargo existe la ventaja que las fallas pueden ser detectadas y previstas para evitar su ocurrencia. No obstante la severidad de la falla implica que es necesario tomar todas las previsiones necesarias porque el riesgo es latente y aun cuando la frecuencia de ocurrencia es baja, su impacto en caso de ocurrir, afecta fuertemente al proceso.

4.4.3 AMEF PC003 --→ AMEF de Colada en Régimen.

En el AMEF PC003 se analizan las 7 actividades y su riesgo potencial de falla se resumen en el Cuadro 15.

Para la colada en régimen se tiene 5 actividades con riesgos de fallas, potenciales de nivel peligroso y 2 de tipo preocupante, pero que su ocurrencia es muy baja y la capacidad de detección es alta por lo cual se minimiza la criticidad del NPR.

CUADRO 16. Criticidad de los Riesgos de la Colada en Régimen.

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	ACT	OBSERVACIÓN
22	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3, 4	ALTA 2, 3, 4	28..... 90	1, 2, 3, 4, 7	Nivel Peligroso: realizar reingeniería al proceso. Considerar modificación del equipo, cambio de tecnología.
15	MEDIA 4, 5, 6	ALTA 7, 8, 9, 10	ALTA 2, 3, 4	56..... 180	5, 6	Nivel preocupante: establecer mecanismos, de prevención y control del proceso

AMEF PC004 --→ AMEF de Fin de Colada

En el AMEF PC004 se analizan las 8 actividades y su riesgo potencial de falla se resumen en el Cuadro 16.

En el fin de colada al igual que las operaciones anteriores se observa que la mayoría de las actividades presentan una severidad Alta y Media correspondiente a los niveles de criticidad peligroso y preocupante, con la ventaja de que la ocurrencia de las fallas es baja y la posibilidad de detección es alta, lo cual puede hacer pensar que el riesgo está controlado. Sin embargo el riesgo es latente sino se tienen suficientes mecanismos de prevención y detección.

CUADRO 17. *Criticidad de los Riesgos del Fin de Colada.*

Caso	SEV	OCUR	DETC	NPR	ACT	OBSERVACIÓN
22	ALTA 7, 8, 9, 10	BAJA 2, 3,4	ALTA 2, 3, 4	28..... 90	4, 5 6, 7, 8	Nivel Peligroso: realizar reingeniería al proceso. Considerar modificación del equipo, cambio de tecnología.
16	MEDIA 4, 5, 6	BAJA 2, 3, 4	ALTA 2, 3,4	16..... 54	3, 13 10	Nivel preocupante: Establecer mecanismos de control del proceso y control de operaciones y rutinas de mantenimiento

En resumen del análisis AMEF del proceso de colada, es factible reseñar que por la naturaleza del material que se manipula (aluminio líquido) y el método de solidificación que emplea el agua, siempre existirá un riesgo con severidad alta por explosiones y derrames de metal, que necesariamente requiere de niveles de seguridad que debe ofrecer la tecnología (equipo de colada), la competencia del personal y el ambiente de trabajo para que este proceso aun con los riesgos presentes, conocidos y previstos, se pueda realizar bajo condiciones controladas y ambiente seguro.

5. ACCIONES PREVENTIVAS PARA EL PROCESO DE COLADA DE CILINDROS EN MESAS WAGSTAFF.

En la aplicación del formato AMEF, luego determinar la falla, el efecto, la(s) causa(s) y el número de criticidad del riesgo (NPR) que la misma representa, es necesario establecer la(s) acción(es) recomendada (s) que permita detectar y controlar las actividades, parámetros, equipos y condiciones, que pueden disminuir y evitar la ocurrencia de la falla potencial.

En cada AMEF aplicado a las operaciones principales del proceso de colada (ver formato AMEF), se establecieron acciones recomendadas, basadas en las actividades de inspección, supervisión, control del proceso y mantenimiento de los equipos que deben ser implementadas de una forma sistemática y repetitiva, ya que los fallas potenciales en el proceso es un factor presente que solo requiere de una condición desencadenante que permita su ocurrencia. Si la condición desencadenante esta siendo inspeccionada,

controlada y es factible su detección previa al arranque de colada; la seguridad del proceso es garantizada.

La inspección visual que se acostumbra a realizar en cada etapa del proceso y que queda al criterio de cada operador o técnico de colada, sin que se generen registros sistemáticos y repetitivos de las condiciones bajo las cuales se operan los procesos, no es una garantía que permita detectar con rutinariamente las condiciones o factores que producen las fallas que afectan al proceso de colada. Por lo antes expuesto, es necesario establecer mecanismos más expeditos y que sean empleados por los ejecutores del proceso, a fin de mejorar las probabilidades de detección oportuna y prevención de las fallas para disminuir el nivel de ocurrencia de las misma.

En cuanto a las acciones preventivas el investigador establece una serie de propuestas que deben ser consideradas en el proceso de colada de cilindros en mesas Wagstaff.

Propuesta 1: Fomentar Permanentemente la Cultura de la Seguridad.

En el proceso de colada de aluminio el peligro nunca se va eliminar totalmente, debido a que se trabaja con un metal altamente reactivo, de alto poder calorífico latente y con fluidez similar a la del agua en estado líquido, por tal razón ***la seguridad es la prioridad del proceso de colada de aluminio***, la cual debe estar basada en:

- Compromiso de toda la organización
- Implementación correcta de los procedimientos de seguridad
- Observación de las recomendaciones y precauciones establecida por el fabricante para operación correcta de la tecnología y el mantenimiento adecuado de los equipos.
- Precaución extrema, para evitar trabajar bajo condición de riesgo no controlados.
- Trabajar bajo normas de seguridad interna que brinden un nivel de seguridad adecuada.

- Conocer todos los riesgos asociados a la operación, así como su detección y prevención.
- Ejecución de operaciones solo por personal calificado y autorizado.
- Mantenimiento óptimo del equipo (mesa de colada) y sus sistemas periféricos.
- Operación bajo parámetros de proceso recomendados.
- Uso correcto de equipos seguridad y protección personal.

Los aspectos principales de seguridad que deben ser considerados en la preparación de la colada son las siguientes:

- Sitio de trabajo limpio e iluminado
- Todos los instrumentos y equipos periféricos OK
- Refractario, pintado con desmoldeante, libre de humedad (precalentados)
- Nivel de agua en la fosa OK
- Cabezotes limpios, lubricados y sin humedad
- Depósitos de drenaje vacíos, secos y precalentados
- Herramientas de trabajo limpias, disponibles, secas y sin óxido
- Herramientas de emergencias disponibles y lista en casos de derrames
- Verificar parámetros de acuerdo con el tipo de producto
- Temperatura de metal OK
- Elevación de moldes y penetración de cabezote OK
- Mirillas de drenaje y cabezotes OK
- Conexiones de mangueras de aire seco, gas y aceite OK
- Ensayo de procedimientos de parada de emergencia
- Área despejada, libre de personal no autorizado
- Personal operativo con equipos de protección personal
- Operar con dispositivos, herramientas e insumos para atacar emergencias en el proceso de colada (tapones, mantas cerámicas, conos cerámicos, paletas, extintores de incendio entre otros) en buen estado.

Propuesta 2: Elaboración e implementación de Planes de Emergencia

Cuando se operan procesos que tienen potenciales riesgos de fallas, cuya criticidad esta evaluada como Peligrosa o Preocupante es importante establecer planes de emergencias en caso de generarse una falla con la criticidad antes descrita y considerada en el AMEF del proceso de colada cilindros.

Para la elaboración de **planes de emergencia** deben ser consideradas las siguientes recomendaciones:

- Plan por escrito (documentado)
- Sencillo y funcional
- Riesgos potenciales y condiciones peligrosas identificados
- Establecer Acciones Preventivas para minimizar la criticidad del riesgo potencial
- Definir procedimientos de paradas de emergencias.
- Asignaciones y responsabilidades específicas
- Practicar procedimientos planificados (simulacros)
- Revisión y pruebas periódicas de los equipos de emergencia

La elaboración e implementación de un plan de emergencia requiere de la participación del personal técnico y operativo responsable del proceso, en el análisis de las fallas riesgos potenciales y en el diseño de los mecanismos de detección y control de los riesgos.

Propuestas 3: Implementación de mecanismos de inspección, control y detección de fallas potenciales que impactan la calidad del proceso.

En el proceso de colada existen factores que son determinantes en la ocurrencia de fallas potenciales que afectan la calidad del proceso. Estos factores son:

1. *Condición de montaje y calibración de moldes*
2. *Acoplamiento cabezote – molde.*
3. *Calidad de agua y flujo de agua de enfriamiento.*
4. *Ejecución del procedimiento de llenado de la mesa de molde.*
5. *Velocidad, lubricación, caudal y presión del aire seco en la mesa de colada*
6. *Calidad del metal*
7. *Adiestramiento y competencia del personal.*
8. *Mantenimiento deficiente de los equipos.*

Los factores anteriores deben ser tomados muy en cuenta al establecer los mecanismos de prevención y detección de fallas ya que ellos constituyen puntos críticos de fallas, cuando se incumplen las prácticas operativas, especificaciones o recomendaciones establecidos para su ejecución y control.

Una de las operaciones de carácter preventivas del proceso de colada, es la Preparación de la Colada (precolada), donde se realizan las actividades previas a la colada, para ejecutar el puesto a punto del equipo y verificar las condiciones que deben estar controladas para evitar fallas en el arranque y en la colada propiamente dicha. Por lo antes mencionado a continuación se presenta tres herramientas propuestas en el AMEF del proceso de colada, como acciones recomendadas

a) Lista de Chequeo.

Las listas de chequeo permiten establecer rutinas de inspección o de supervisión que aseguran la detección y la toma de acciones correctivas inmediatas, para detectar y prevenir la ocurrencia de las fallas potenciales presentes. Un ejemplo de listas de chequeo que se pueden aplicar al proceso de colada de cilindro en mesa wagstaff, se presenta en los cuadros 18, 19, 20 y 21, para las operaciones previas al arranque de colada, En estas listas se enumeran los parámetros, condiciones y aspectos técnicos que deben ser chequeados o inspeccionados para asegurar que están ok, de acuerdo con las especificaciones o requerimientos del proceso.

Existen diferentes formas de calificar la revisión de un ítem, como en el caso de aprobación se emplean palabras como: Si, Ok, On, bien; así como en el caso de la no aprobación o incumplimiento se emplean palabras como: No, Off, Mal, igualmente se aplican simbología alfanumérica como (1) y (✓) para cumplimiento y para no cumplimiento (0) y (X).

Cuadro 18: Lista de Chequeo Preparación de Colada.

Check List: xx1		Revisión de Mesa de colada en Operación		Mesa:
Supv./operador	Unidad de colada	(✓), (X)	Operación	Fecha y Turno
			PRECOLADA	
AGUA DE REFRIGERACIÓN			GAS /AIRE SECO. (FUGAS)*	
	Encender Bombas, flujo de mesa		Unión conexiones	
	Fugas de agua en conexiones		Bloques flujometros/ base	
	Mangueras de unión		Unión moldes / mesa	
	Orificios de seguridad		Tubería visible	
	Medición de litros /min en moldes		Válvula flujometros	
	Efecto cortina		Prueba de flujo en anillos de grafitos	
	Placa orificio tapa.		Psi entrada/salida	
	Orificios de seguridad		Filtros limpios	
MESA DE MOLDES			INYECTORES *	
	Pintura desmoldeante		Unión conexiones	
	Pre calentamiento del refractario		Operación inyectoros	
	Nivelación isocast		Prueba de anillos de grafitos	
	Represas de metal de arranque		Tubería visible	
	Prueba de 4 ptos. (penetración)		Fuga de inyectoros	
	Tapones o represas de drenajes.		Operación purga	
	Canal de drenaje.		Psi entrada/salida	
	Tapones de emergencia		Filtros limpios	
	Sello de bocina/ plato de trans.		Unión molde/mesa.	
	Sello de juntas			
MESA DE CABEZOTES			PARRILLA ANTI-INCL	
	Pin de alineación		Estado de soportes	
	Bases de moldes		Estado de soldaduras	
	Soldaduras de placas soporte			
	Engrasado de bases			
	Tornillos de cabezotes			
	Rosca de pines de alineación.			
OBSERVACIONES:				

Diseño: del investigador

El cuadro 18, muestra una lista propuesta para la inspección y detección de condiciones potenciales de fallas que puede presentar una mesa de colada que esta operativa. El listado permite inspeccionar y calificar el estado de los componentes y partes principales de la mesa de colada.

La revisión de las operaciones asociadas a la fosa de colada (Cuadro 19) deben ser verificadas antes del arranque de colada, la revisión de cada condición que esta asociada a una falla potencial, de criticidad peligrosa o preocupante, permite garantizar una detección muy alta, lo cual genera un nivel de ocurrencia muy bajo, debido a la detección y prevención de la falla potencial.

Cuadro 19: Lista de Chequeo Revisión de Fosa.

Check List: xx2		Revisión de Fosa			Mesa:		
Supv./operador	Unidad de colada	Operación			Fecha y Turno		
		PRECOLADA					
GUIAS DE CAJON MESA DE MOLDE	Nort	Sur		Este		Oest	
Libres de incrustaciones de metal							
Engrasadas							
Zapatas de rozamiento (teflones)							
Protector de tornillería							
	(OK)	(NO)	OBSERVACIONES				
Descenso de Mesa Controlado							
Descenso Total libre							
Válvula de Emergencia Operativa							
Nivel de Metal en Fosa							
Nivel de Agua en Fondo de Fosa							
Extractor de Vapor							
Presencia de Aceite en Fosa							
Alarmas en Operación							
Bajada máxima de Mesa							
Movimiento de Mesa de Cabezote							

Diseño: del investigador.

La rutina de pre-arranque (Cuadro 19) permite realizar un chequeo final de las condiciones superficiales y observables de la mesa antes de iniciar la colada y tomar decisiones inmediatas, como arrancar o posponer el arranque hasta que la condición sea corregida

Cuadro 20: Lista de Chequeo Rutina de Pre- Arranque.

Guía de inspección: xx3		Rutina de Pre-Arranque		Mesa:			
Supv./operador	Unidad de colada	Operación		Fecha y Turno			
		PRECOLADA					
Mesa de Molde –Base Cabezote		Pto.1	Pto 2	Pto 3	Pto 4		
<input type="checkbox"/>	Alineación						
<input type="checkbox"/>	Nivelación						
<input type="checkbox"/>	Altura						
		OK	(X)	OBSERVACIONES			
	Energía eléctrica						
	Energía de control						
	Sist. de suministro de aceite a molde.						
	Suministro de aire seco a molde						
	Suministro de potencia hidráulica						
	Suministro de agua de refrigeración						
	Sist. De lubricación presión - flujo						
	Bomba inyectora cargada						
	Secuencia de inyección (On-Off						
	Prueba de flujo de agua de arranque.						
	Suministro de agua de refrigeración						
<input type="checkbox"/>	Dispersión por molde						
<input type="checkbox"/>	Uniformidad velocidad de flujo						
	Aplicación uniforme de desmoldeante						
	Canales y Caja de filtro limpias, seco.						
	Canales de mesa acondicionados						
	Bocinas en buen estado.						
	Cabezotes sin grietas, ni humedad						
	Refractario precalentado 30 min.						
	Filtro cerámico precalentado 20 min						
	Depósitos de drenajes limpios y secos						
	Hmtas. De colada y de Emergencia						

Diseño del investigador.

La lista de chequeo (cuadro 20), propone la inspección de la mesa de colada una vez retirada de la fosa para realizarle un mantenimiento mayor o parada. En el chequeo se inspeccionan los elementos internos de la mesa relacionados con el sistema de enfriamiento y el sistema de lubricación del molde.

Cuadro 21: Lista de Chequeo "Mesa de Colada en Taller".

Check List: xx4 Revisión de Mesa de Colada en Taller		Mesa:	
Supv./operador	Unidad de colada	Operación	Fecha y Turno
		MTTO. MESA.	
SELLOS DE AGUA BASE MOLDES	(OK)(Mal)	MESA DE CABEZOTES	(OK)(Mal)
Filtros agua moldes		Soldadura de placas	
Fugas de agua ■ funcionando sin fuga		Limpieza interna / marcos ■ Libre de derrames	
Orificios de seguridad agua.		Estado de cabezotes	
Revestimiento interior		Pin`s anclaje cabezotes	
Roscas P/tornillo moldes		Estado de pin`s alineación	
Casquillo para roscas		Condición de platos de cabezotes,	
Placa orificio tapa.			
Orificios de seguridad			
FLUJOMETROS INDIVIDUAL GAS		INYECTORES *	
Edo. Válvulas reguladoras individ.		Tubería de aceite (condición)	
Estado de Tuberías gas		Filtros de aceite	
Edo filtros de gas		Conexión entrada de aceite	
Conexión llegada gas		Manómetro de aceite salida mesa	
Edo. Manómetro salida mesa G		Sistema de purga. (operación)	
EDO. BOCINAS		BLOQUES REFRACTARIO	
Sujetadores de bocinas (inventario)		Edo. Tapas metálicas de módulos	
Tortillería (inventario)		Espacios entre bloques (juntas)	
Unión bocina bloque (condición)			
MARCOS DE REFRIGERACIÓN		ESTRUCTURA METAL DE MESA	
Fugas de agua, grietas, soldadura ■ Superior ■ Inferior		Limpieza y pintura ■ Superior ■ Inferior	
OBSERVACIONES:			

Diseño: del investigador

b) Cartas de Control.

Las cartas de control son formatos diseñados para registrar información necesaria que permite, identificar y detectar desviaciones en el proceso, establecer el control de condiciones y tomar acciones preventivas. La información que se registra, debe ser analizada y tomar decisiones a muy corto plazo para mantener el control de los procesos y aumentar la detección y prevención de las fallas potenciales y minimizar el factor ocurrencia.

Existe diferentes cartas de control, formas y diseño, no obstante su propósito siempre permite visualizar en forma sencilla si un parámetro o condición esta dentro o fuera de rango especificado.

A Continuación se presentan dos modelos de cartas de control propuestas como acción preventiva para el proceso de colada de cilindros en mesas Wagstaff.

Carta de Control tipo Proceso-Calidad: esta orientada al control de parámetros de proceso que permiten asegurar la calidad del proceso y el cumplimiento de las especificaciones del proceso (ver Cuadro 22). En esta carta se identifican bandas de colores que señalan si el parámetro, variable o condición esta en rango (color blanco), por debajo del rango (color amarillo) y por encima del rango (color naranja) y con solo indicar el valor en el cuadro del color correspondiente, se puede registrar el comportamiento de una variable de control de proceso o de una condición que de estar fuera de control (falla potencial), que pudiere dar a lugar una falla efectiva que afectaría la calidad del proceso.

Carta de Control Proceso-Producción: está orientada a identificar las fallas y demoras que se presentan en el proceso de colada y que afectan la producción. El registro de estas fallas permite realizar el análisis de sus causas y establecer mecanismos para prevención y detección de fallas potenciales (ver Cuadro 23).

Cuadro 22: Carta de Control tipo Proceso-Calidad.



C.V.G. ALUMINO DEL CARONI
Gda. Fundición
Línea de Calidad-Fundición

CARTA DE CONTROL: COLADA DE CILINDROS

TIPO CC: PROCESO CALIDAD

Referencia		Evaluador																	
Referencia		Fecha																	
Referencia		Turno																	
Referencia		Supervisor																	
Referencia		N° Colada																	
Referencia		Raya																	
Referencia		Aleación																	
Referencia		Ruta																	
Referencia		Dimensión																	
EVALUACIÓN			0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
Seguridad	Purga de Cloro																		
	Sistema Hidráulico																		
Orden	Utilización	Equipos																	
		Herramientas																	
		Identificación																	
Limpieza	Pasillos																		
	Mesa																		
	Área de Mq. Inyección																		
	Boca de Colada																		
Parámetros del Proceso	Velocidad	Inicial "/min	4,2-6,0																
		Regimen"/min	5,0-6,0																
		Final "/min	4,2-5,0																
		Temperatura	Metal-Canal, °F	1230-1260															
			Agua, °C	35-37															
			% H	105-125															
		Control de Gases	% O	120-130															
			Mezcla Inicial	90-100															
			Mezcla Final	90-90															
			Caudal de Agua	Inicial	400-550														
	Régimen	1400-1600																	
	Final	400-550																	
	Velocidad Inyección TIBAI	50-60																	
	Tiempo (seg)	Llenado, s	16-20																
		Arranque, s	18-20																
	Colada, min		30-40																
	Calidad Agua	Acetate, %																	
		Sólidos Suspendedos, %																	
		Dureza																	
		Alcalinidad																	
Ph																			
Aceite, Pulz/min		0,5-0,1																	
Acciones Inmediatas																			
Observaciones																			

Diseño: Línea de calidad Fundición

Cuadro 23. Carta de Control tipo Proceso-producción



C.V.G. ALUMINIO DEL GARONÍ
Geia. FUNDICIÓN
Línea de Calidad-Fundición

COLADA DE CILINDRO
PROCESO-PRODUCCIÓN

REFERENCIA	FECHA:						
	TURNO:						
	SUPERVISOR:						
	FICHA:						
	GRUPO:						
	UNIDAD:						
	HORNO:						
	RUTA:						
	ALEACIÓN:						
	N° de COLADA:						
CONTROL PRODUCCIÓN	Tiempo Disponible	Desde					
		Hasta					
	Total Tiempo Disponible						
	Total Horas de Parada						
	Entrada						
	Producción						
PARADAS (Minutos)	CAUSAS DE PARADA	Destape de Horno					
		Desgasificador en línea					
		Explosiones					
		Por Temperatura					
		Ensayo Vacío Negativo					
		Congelamiento Metal					
		Derrame de Metal					
		Regulación flujo de aceite					
		Regulación mezcla gas					
		FALLA	Instrumentación				
	Eléctrica						
	Hidráulica						
	Bomba de Achique						
	Mecánica						
	FALTA		Volumen de Metal				
			Insumos				
			Herramientas				
		Oxígeno					
Argón							
Caudal de Agua							
PERDIDAS de CAPACIDAD	CHATARRA (oz)	Temperatura de Agua					
		Flujo de Agua					
		Moldes Sellados					
		Temperatura de Colada					
		Velocidad de colada					
		Cilindros Taponeados					
		Aborte de colada.					
	Nivel de Metal en Fosa						
	Cilindros Fuera de Grado						
	Desgarre						
	Fuera de Medida						
	Doblez						
	Grietas Internas						
	SUPERVISOR OPERADOR	ACCIONES CORRECTIVAS:					

OBSERVACIONES:							

Diseño: Línea de calidad Fundición

Las cartas de control permiten sistematizar las rutinas de inspección y control de los parámetros de proceso para cada colada que se produzca (detección-prevención), y es una fuente de datos y registros cuya evaluación o análisis facilitan la implementación de acciones correctivas, preventivas y de mejora del proceso.

c) Auditorias de Proceso.

La auditoria es un mecanismo que permite evaluar la eficacia del proceso para producir bajo condiciones controladas y condiciones seguras de trabajo, es una actividad que permite detectar no conformidades (fallas potenciales que afectan la calidad del proceso) y establecer las acciones correctivas y preventivas para asegurar la conformidad del proceso (calidad) y el mejoramiento continuo del proceso.

Programar auditorias de cumplimiento y ejecución de las prácticas operativas, normas técnicas y observación de las normas de seguridad, relacionadas con el proceso de colada de cilindros, es una herramienta útil para detectar las competencias del personal en cuanto a la ejecución del proceso.

Se recomienda que estas auditorias sean realizadas por personal técnico o expertos en colada de cilindros. También es factible la contratación de expertos en colada con mesas Wagstaff, que realicen seguimientos a los procesos y emitan recomendaciones para la mejora del proceso en los aspectos, productividad, calidad, seguridad, mantenimiento y condiciones operativas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

*En la colada de cilindros, el peligro nunca se va eliminar totalmente, debido a que se trabaja con un metal fundido de aluminio altamente reactivo, de alto poder calorífico y con fluidez similar a la del agua en estado líquido, por tal razón **la Seguridad es la prioridad del proceso de colada de cilindros de aluminio.***

Es necesario establecer la seguridad del proceso como una filosofía de "prevención y control" que promueve la operación segura y la mejora de la practica operativa, para establecer buenos hábitos y actitudes en el personal responsable y ejecutor del proceso, que es en definitiva el garante de su seguridad personal y de la calidad del proceso.

La aplicación del AMEF, como herramienta de análisis de modo, efecto y falla, permitió evaluar de forma técnica y metodología las fallas potenciales en el proceso de colada de cilindros en mesas Wagstaff, de donde se concluye que:

- 1. Las fallas potenciales en colada presentan de acuerdo con el análisis del riesgo, una severidad Media y Alta, catalogadas como preocupantes y peligrosas respectivamente.*
- 2. Las fallas potenciales en colada con riesgos de Alta Severidad (8 y 9 peligrosas), presentan un bajo número de prioridad del riesgo (NPR) porque están asociadas a baja ocurrencia y alta detección de la falla.*
- 3. Aunque existe en colada la alta posibilidad de que las fallas potenciales pueden ser detectadas y previstas para evitar su ocurrencia, el nivel de severidad alto que estas presentan, indican que es necesario establecer acciones preventivas sistemáticas y permanentes; porque el riesgo es*

latente y su impacto en caso de ocurrir la falla, afectaría fuertemente al proceso de colada.

- 4. Las fallas potenciales que presentan baja severidad (tolerables), pero que se presentan con un nivel de ocurrencia Media o Alta; es indicativo de que no existen mecanismos de detección y de prevención, o los que están establecidos no son efectivos.*
- 5. Cuando las fallas son muy repetitivas con baja severidad y sin controles para su detección, puede generar interrupciones, perturbaciones, pequeñas demora operativas, mínimo rechazo de material por calidad; y estos pequeños impactos acumulados en gran número pueden sumar y dar como resultado un impacto significativo en la calidad del proceso.*
- 6. En la aplicación del formato AMEF, no solo se resume el análisis de las fallas potenciales, su criticidad e impacto en la calidad del proceso de colada de cilindros en mesa Wagstaff; sino que también se analiza con la información relativa a la falla, los mecanismos de detección o prevención presentes en el proceso y su efectividad para detectar las fallas potenciales. Esto permite revisar el proceso y establecer o mejorar los mecanismos existentes para la prevención de las fallas potenciales.*

Los mecanismos de prevención actualmente establecidos en el proceso de colada (la inspección visual, supervisión del proceso) en las operaciones previas y durante la colada no garantizan totalmente la detección previa y oportuna de las condiciones desencadenantes de las fallas potenciales presentes en el proceso de colada de cilindros.

Es necesario establecer mecanismos de control del proceso de forma sistémica permanente y repetitiva tales como: Listas de chequeo, Cartas de control y Auditorias de Proceso, para mejorar la prevención, el control y detección de las condiciones (modos y causas) desencadenantes las fallas potenciales que afectan la calidad del proceso de colada de cilindros.

RECOMENDACIONES:***Promover la cultura de la Seguridad, con la filosofía de trabajo seguro, prevención y control del proceso.***

- *Concienciar al personal operativo de la criticidad de los riesgos asociados a las operaciones y actividades que se realizan en el proceso de colada de cilindros en mesas Wagstaff.*
- *Comunicar la necesidad e implementar mecanismos de control del proceso de colada de cilindros a fin de evitar la ocurrencia de fallas que afectan la calidad del proceso.*
- *Analizar con la participación de los equipos de trabajo, mediante el uso de la herramienta AMEF la mejora de la práctica operativa, el mantenimiento de los equipos, la calidad de las herramientas e insumos de colada.*
- *Establecer un plan piloto de prevención y control en una unidad de colada, a fin de realizar adecuaciones y mejoras, para conformar el plan general de "prevención y Control del proceso de colada.*
- *Establecer con la participación del personal técnico de colada planes de emergencia que especifique las actividades y responsabilidad cumplir en caso de generarse fallas de tipo peligrosa o catastrófica.*

Realizar un AMEF para la calidad del producto cilindros de aluminio homogeneizados.

Establecer un programa de auditorias de proceso orientado a la mejora continua del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

RUEDAS DE ALUMINIO, C.A. "Herramientas básicas del sistema de la calidad y el sistema de gestión ambiental de RUALCA. (Segunda edición 1999).

SIDOR.. "Análisis del peligro en los sistemas" Unidad de ingeniería de prevención de pérdidas, practicas 9005 y 9012.

FLORES , ANTONIO **Calidad – AMEF** . Ingria. Industrial y Sistemas, 2005. Disponible en www.momogafia.com/trabajos27/calidad-amef/calidad.amef.shtml:

BALESTRINI, M, (2002) **Cómo Se Elabora el Proyecto de Investigación**, Venezuela, BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Sexta Edición.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) " **Análisis de Riesgo y Codex, modulo 10**, Ginebra 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (2002): " **Actividades preventivas de las empresas y causas de accidentes.**" Disponible www.mtas.es/insht/statistics/mort02_AP.htm España.

ORTA. E (2004) **Aluminio, Colada y Extrusión**, Venezuela, CVG ALCASA, Venezuela.

FUNDACION DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA (2006): " **Principios de Colada**" CVG ALCASA 2006, Venezuela.

Anexo 1.- Formato para análisis de condiciones de Peligro.

Anexo 2.- Ejemplo de aplicación del formato AMEF en una planta de fundición.

ANEXOS.

Anexo 1.- Formato para análisis de condiciones de Peligro.

Anexo 2.- Ejemplo de aplicación del formato AMEF en una planta de fundición.

Anexo 1

FORMATO PARA "ANÁLISIS DE CONDICIONES DE PELIGRO"

FUNCIÓN:

FORMA	ELEMENTO CLAVE PELIGROSO	CONDICIÓN PELIGROSA	ACONTECIMIENTO DESENCADENANTE	FALLA POTENCIAL (ACCIDENTE)	EFECTO RESULTANTE (DAÑO, DESVIACIÓN)	CLASIFICACIÓN DEL PELIGRO					MEDIDAS CORRECTIVAS	NORMAS Y REGLAS.	
						1	2	3	4	5			

Preparado por: _____ Revisión Nro. _____ Fecha ____/____/____

Anexo 2.

ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

SEVERIDAD	OCURRENCIA					DETECCION					Tipo de AMEF												
	1.- Sin efecto	2.- Muy poco efecto	3.- Poco efecto	4.- Efecto Menor	5.- Efecto Moderado	6.- Casi Nunca	7.- Remota	8.- Poco Frecuente	9.- Frecuente	5.- Poca	6.- Media	7.- Moderadamente alta	3.- Muy Alta	1.- Siempre Ocurre	6.- Baja	7.- Frecuente	8.- Poco Frecuente	9.- Remota	10. Casi Imposible.	Proceso.	Responsable.	Planta afectada	Equipo AMEF
005	Recepción de la materia prima A356-2	Requisitos de lig. AL. Descarga y almácén hasta que Fundición demande metal	MODO DE LA FALLA POTENCI AL. Superficie del material con escoria o inclusiones	EFEECTO DE LA FALLA POTENCI AL. Retención del ling. AL. Identificar como material en observación	SEVE. 8	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA. Proceso no adecuado en el área de fusión de colada del proveedor	OCU. 3	CONTROL DE L. PROCESO. Inspección visual y ataque químico, análisis metalo gráfico.	DET. 2	NPR. 48	ACCIONES RECOMENDADAS. Adecuar y auditar el proceso del proveedor	AREA RESPON SABLE. Aseguram iento de la calidad fundición	ACCIONES TOMADAS. Visitas y reuniones con el proveedor. Solicitud de certificado de la calidad	SEV. 8	OCU. 1	DET. 2	NPR.	Proceso. Recepción - Fundición Producción ALUMIN, C.A AC/PLANTA MTTO-CALIDAD	Responsable.	Planta afectada	Equipo AMEF	Otras áreas:	
010	Fundición	Fundir ling de A356-2	Materia fuera de especificaci ones químicas	Bajas propiedades mecánicas	SEV. 10	Adición de aleantes no controlada	OCU. 3	Análisis químico de muestras aleación Kpc, cartas de control	DET. 3	NPR. 90	Plan de auditorias de proceso al proveedor	AREA RESPON SABLE. Aseguram iento de la calidad fundición	ACCIONES TOMADAS. Programar y ejecutar auditorias de proveedor. Ejecutar plan P1020.	SEV.	OCU.	DET.	Proceso. Recepción - Fundición Producción ALUMIN, C.A AC/PLANTA MTTO-CALIDAD	Responsable.	Planta afectada	Equipo AMEF	Otras áreas:		
		Tempo de fusión mayor a 2,5 horas	Demoras para entrega de metal liq.	Demoras para entrega de metal liq.	SEV. 9	Fallas en regulación de llama.	OCU. 6	Registador es de temperatura	DET. 3	NPR. 162	Control y calibración de mezcla (llama)	AREA RESPON SABLE. Instrumentación	ACCIONES TOMADAS. Establecer rutina de verificación y regulación de llama	SEV.	OCU.	DET.	Proceso. Recepción - Fundición Producción ALUMIN, C.A AC/PLANTA MTTO-CALIDAD	Responsable.	Planta afectada	Equipo AMEF	Otras áreas:		
		Temp baja en el metal liquido	Baja colabilidad, rechupe en piezas	Baja colabilidad, rechupe en piezas	SEV. 7	Termocupla dañada	OCU. 5	Comtrolados de temperatura	DET. 3	NPR. 74	Cambiar la termocupla	AREA RESPON SABLE. Instrumentación	ACCIONES TOMADAS. Rutina de inspección de termocupla.	SEV.	OCU.	DET.	Proceso. Recepción - Fundición Producción ALUMIN, C.A AC/PLANTA MTTO-CALIDAD	Responsable.	Planta afectada	Equipo AMEF	Otras áreas:		

AMEF PC02 Preparado por: _____

Revisión Nro. _____

Fecha / / _____