



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA REDUCIR EL ÍNDICE DE REPROCESO UTILIZANDO LAS 7 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA METALÚRGICA VULCANO SAC, HUACHIPA 2017.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Edwing Ediberto Tipian Rivera

Asesor:

Mg. Ing. Juan Alejandro Ortega Saco

Lima – Perú

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el(la) Bachiller **Edwing Ediberto Tipian Rivera**, denominada:

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA REDUCIR EL
ÍNDICE DE REPROCESO UTILIZANDO LAS 7 HERRAMIENTAS DE LA
CALIDAD EN LA EMPRESA METALÚRGICA VULCANO SAC, HUACHIPA 2017”

Ing. Juan Alejandro Ortega Saco

ASESOR

Ing. Jhonatan Abal Mejia

JURADO
PRESIDENTE

Ing. Jose Carlos Lira Guzman

JURADO

Ing. Henry Chicana Aspajo

JURADO

DEDICATORIA

A mis padres; Juan Tipian Toledo y en especial a mí madre Georgina Rivera Hidalgo por estar siempre a mi lado dándome todo su apoyo mi madre que siempre estuvo y estará a mí lado ahora en mi mente y corazón.

AGRADECIMIENTO

A mis hermanos y mis sobrinos que siempre recibí su apoyo incondicional en las buenas y en las malas, siempre unidos.

A mis amistades que fueron grandes compañeros y ahora grandes amigos, que juntos nos aventuramos en una travesía de superación que estoy a punto de culminar.

A los profesores de la UPN, que tuvieron la paciencia y dedicación en estos 4 años para convertirnos en profesionales.

A Dios siempre gracias por darme todo y darme la fortaleza para culminar las mis metas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática	15
1.2. Formulación del Problema	16
1.2.1. <i>Problema General</i>	16
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. <i>Justificación Teórica</i>	17
1.3.2. <i>Justificación Práctica</i>	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. <i>En el ámbito nacional</i>	20
2.1.2. <i>En el ámbito internacional</i>	20
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. <i>Reproceso</i>	21
2.2.2. <i>Proceso productivo</i>	22
2.2.3. <i>Bronce</i>	26
2.2.4. <i>Calidad</i>	28
2.2.5. <i>7 Herramientas de la calidad</i>	29
2.2.6. <i>Sistema de las 5 S´</i>	35
2.2.7. <i>Análisis ABC</i>	37

2.2.8.	<i>Modelo EOQ (cantidad económica de pedido)</i>	38
2.2.9.	<i>Control de Calidad</i>	39
2.2.10.	<i>Mecanizado</i>	44
2.3.	Definición de términos básicos	45
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		47
3.1.	Presentación de la empresa	47
3.2.	Rubros atendidos	47
3.2.1.	<i>Minería, cemento y agregados</i>	47
3.2.2.	<i>Maquinaria pesada para minería</i>	48
3.2.3.	<i>Pesca y construcción naval</i>	48
3.2.4.	<i>Agroindustria</i>	48
3.2.5.	<i>Fundición y Siderurgia</i>	49
3.3.	Ubicación de la empresa	49
3.4.	Misión, Visión, Valores	50
3.4.1.	<i>Misión</i>	50
3.4.2.	<i>Visión</i>	50
3.4.3.	<i>Valores</i>	50
3.5.	Proceso Productivo en la empresa	50
3.5.1.	<i>Mapa de proceso en Metalúrgica Vulcano</i>	51
3.5.2.	<i>Diagrama de flujo del proceso productivo</i>	51
3.6.	Especificación del proceso productivo	53
3.6.1.	<i>Proceso de fundición</i>	53
3.6.2.	<i>Proceso de mecanizado</i>	57
3.6.3.	<i>Proceso de control de calidad</i>	57
3.7.	Análisis y desarrollo de objetivos	58
3.7.1.	<i>Problema principal</i>	58
3.7.2.	<i>Detalle de principales causas de un reproceso</i>	59
3.7.3.	<i>Costos de un reproceso</i>	64
3.7.4.	<i>ANALISIS CON LAS 7 HERRAMIENTAS DE CALIDAD</i>	65
3.7.5.	Evaluación económica de las propuestas	81
3.7.5.1.	Evaluación económica de la implementación 5 S´	82

3.7.5.2. Evaluación económica de la propuesta de la adquisición de un termómetro infrarrojo laser	84
3.7.5.3. Evaluación económica de la propuesta de capacitación a los operarios en fundición, manejo y diseño de moldes	85
3.7.5.4. Evaluación económica de la elaboración de política de inventario de insumos frecuentes.	86
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA	89
4.1. Propuesta de implementación de las 5s en el área de producción. Propuesta n°1	90
4.1.1. Metodología para la implementación de las 5 S´	91
4.2. Desarrollo de una política de inventario de insumos más frecuentes	95
4.3. Propuesta de adquisición de un termómetro infrarrojo	98
4.3.1. Problema	98
4.3.2. Solución	98
4.4. Propuesta de un plan de capacitación	99
4.4.1. Justificación	99
4.4.2. Alcance	100
4.4.3. Objetivos del plan de capacitación	100
4.4.4. Meta	100
4.4.5. Duración	100
4.4.6. Costo	100
4.4.7. Cronograma	101
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS	104
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n° 2.1	Diagrama Básico de un Proceso	22
Figura n° 2.2	Proceso Lineal	23
Figura n° 2.3	Proceso Intermitente.....	23
Figura n° 2.4	Proceso por proyecto.....	23
Figura n° 2.5	Características Generales de los Procesos de Fundicion	24
Figura n° 2.6	Proceso de centrifugado	25
Figura n° 2.7	Proceso Basico de Fundicion en molde de arena	26
Figura n° 2.8	Características específicas de control	29
Figura N° 2.9	Ciclo de satisfacción del cliente	30
Figura n° 2.10	Diagrama de Pareto.....	30
Figura n° 2.11	Simbología de un diagrama de flujo	31
Figura n° 2.12	Histograma.....	32
Figura n° 2.13	Hoja de verificación- recojo de datos y artículos defectuosos	33
Figura N° 2.14	Diagrama de dispersión	33
Figura n° 2.15	Diagrama de causa-efecto.....	34
Figura n° 2.16	Gráfica de control	35
Figura n° 2.17	Gráfico ABC de Pareto	38
Figura n° 2.18	Método Rockwell	40
Figura n° 2.19	Método Brinell.....	40
Figura n° 2.20	Método Vickers	40
Figura n° 2.21	Equivalencias de escalas	41
Figura n° 2.22	Microscopio.....	41
Figura n° 2.23	Proceso de ensayo con tinta penetrante	42
Figura n° 2.24	Espectrómetro	42
Figura n° 2.25	Prueba hidrostática.....	43
Figura n° 3.1	Ubicación de la empresa Metalúrgica Vulcano SAC	49
Figura n° 3.2	Mapa de proceso en Metalúrgica Vulcano SAC.....	51
Figura n° 3.3	Diagrama de flujo del proceso productivo	52
Figura n° 3.4	Horno de crisol.....	53
Figura n° 3.5	Moldeo de piezas.....	55
Figura n° 3.6	Centrifuga	55
Figura n° 3.7	Horno de crisol en proceso de fusión	56
Figura n° 3.8	Mecanizado de bocina.....	57
Figura n° 3.9	Prueba con tinta penetrante y control dimensional	58
Figura n° 3.10	Porosidades resaltadas en prueba hidrostática	60

Figura n° 3.11	Cavidad en la parte externa.....	60
Figura n° 3.12	Incrustación metálica	61
Figura n° 3.13	Pieza con fragilidad	62
Figura n° 3.14	Material Oxidado.....	63
Figura n° 3.15	Material con doble placa	63
Figura n° 3.16	Falla en mecanizado.....	64
Figura n° 3.17	Formato de Control de Rechazo	66
Figura n° 3.18	Gráfica de control de piezas defectuosos	70
Figura n° 3.19	Causas mas relevantes del Reproceso	71
Figura n° 3.20	Diagrama de flujo del proceso productivo	73
Figura n° 3.21	Diagrama de flujo de proceso productivo en fundición	74
Figura n° 3.22	Histograma de materiales rechazados	76
Figura n° 3.23	Diagrama de causa-efecto de piezas con porosidades	76
Figura n° 3.24	Diagrama causa-efecto de piezas con cavidades	77
Figura n° 3.25	Diagrama causa- efecto de piezas oxidadas.....	78
Figura n° 3.26	Diagrama de causa y efecto de piezas frágiles.....	79
Figura n° 3.27	Correlación de piezas rechazadas y sobre-tiempo	81
Figura n° 4.1	Propuestas de mejoras para el proceso de fundición	89
Figura n° 4.2	Planificación de acciones de las 5 S´	92
Figura n° 4.3	Layout del área de Fundición	94
Figura n° 4.4	Listado de insumos de mayor rotación.....	96
Figura n° 4.5	Valoración del inventario	96
Figura n° 4.6	Formula de cantidad optima	97
Figura n° 4.7	Calculo de Q	97
Figura n° 4.8	Calculo del tiempo de requerimiento	97
Figura n° 4.9	Termómetro Infrarrojo PCE-779N	98
Figura n° 4.10	Especificaciones de un termómetro Infrarrojo PCE-779N.....	99
Figura n° 4.11	Cronograma de capacitación.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n°3.1	Causas de reproceso.....	59
Tabla n°3.2	Costo de reprocesos de agosto a setiembre.....	65
Tabla n°3.3	Resumen del reproceso en Kg de agosto a setiembre.....	67
Tabla n°3.4	Datos para análisis de control.....	69
Tabla n°3.5	Datos para determinar que material se da más rechazo.....	75
Tabla n°3.6	Resumen de los principales accionantes para una pieza porosa.....	77
Tabla n°3.7	Resumen de los principales accionantes de piezas con cavidades ext.....	78
Tabla n°3.8	Resumen de los principales accionante para una pieza oxidada.....	79
Tabla n°3.9	Resumen de los accionantes para una pieza frágil.....	80
Tabla n°3.10	Datos para un análisis de correlación.....	80
Tabla n°3.11	Tabla de costos y participación de reprocesos en un mes.....	82
Tabla n°3.12	Tabla de costos de implementación de las 5 S´.....	83
Tabla n°3.13	Tabla de beneficio.....	83
Tabla n°3.14	Flujo de caja proyectado y análisis económico.....	83
Tabla n°3.15	Tabla de costos de propuesta.....	84
Tabla n°3.16	Tabla de beneficio.....	84
Tabla n°3.17	Flujo de caja y evaluación económica de propuesta.....	84
Tabla n°3.18	Tabla de costos para la capacitación.....	85
Tabla n°3.19	Tabla de beneficio.....	85
Tabla n°3.20	Flujo de caja y análisis de la propuesta.....	86
Tabla n°3.21	Tabla de costo de la propuesta.....	86
Tabla n°3.22	Tabla de beneficio.....	87
Tabla n°3.23	Flujo de caja y evaluación económica de propuesta.....	87
Tabla n°3.24	Tabla de resumen de viabilidad de propuestas.....	88
Tabla n°4.1	Propuestas según su participación en el total de reprocesos.....	90
Tabla n°4.2	Propuestas de mejora.....	90
Tabla n°4.3	Clasificación de materiales.....	93
Tabla n°4.4	Costo de capacitación.....	101

RESUMEN

Metalúrgica Vulcano es una empresa que ofrece repuestos en bronce para las industrias en general. Abarcando todo el proceso de producción para la fabricación de piezas; fundiéndolas y mecanizándolas. Con estos dos procesos de manufactura, metalúrgica vulcano su principal base es la calidad, en el material; ya que fabrica su materia prima y calidad en mecanizado; cumpliendo los requerimientos dimensionales del cliente. Estos dos procesos de manufactura mencionados no están ajenos a tener índices de mala calidad y todo lo que conlleva; reproceso, entregas fuera de tiempo, etc.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general determinar la influencia de las 7 herramientas de la calidad en el proceso productivo, para disminuir el índice de reprocesos. Y así conocer la situación actual del proceso en lo que respecta a la calidad de los productos, sabiéndose todo esto se podrá plantear propuestas de mejoras en los subprocesos.

Con la hoja de control se encontró las principales accionantes de los reprocesos. Con la gráfica de control se dio a conocer que es imposible tener un control de los reprocesos ya que la clase de proceso de producción que se maneja es intermitente, cada pieza tiene sus parámetros de control. Con el diagrama de Pareto se encontró los accionantes más relevantes en el tiempo de investigación, este análisis también dio a conocer en qué proceso productivo se dan más los reprocesos, dándose a conocer así que el proceso de fundición tiene los más altos índices de reprocesos. Conociéndose los accionantes y el área, con el diagrama de flujo del proceso productivo de fundición se ubicó los subprocesos donde se dan los accionantes. Ya que se producen varias clases de bronce con el histograma se dio a conocer el material que más se rechaza por su calidad, dándose así que el SAE 620 (bronce al estaño) es el más rechazado. Para ahondar más en los accionantes de los reprocesos se usó el diagrama de Ishikawa y así poder dar con las causas raíces. Por último, se buscó saber que tanto afecta un reproceso en los sobretiempos, que correlación existe, el diagrama de dispersión nos dio a conocer que, si se tiene una leve influencia, pero no es tan significativa como se pensaba, esto se debe a que en el programa de coladas se pueden aumentar cargas, y así poder subsanar una pieza fallada.

Sabiéndose las causas raíces de los accionantes de los reprocesos, se planteó una serie de medidas para tener un mejor control en los subprocesos. Llegando así a plantear la implementación de las 5S' para poder tener un orden y limpieza; principalmente en los insumos y área. Capacitación al personal, en moldeo en arena y en procesos de fundición. Implementar una política de inventario, para poder tener los insumos del proceso de fusión en la cantidad exacta y en el momento exacto. Por último, se propuso hacer una compra de un termómetro infrarrojo con un rango de medición de

-64°C a 1400 °C, para tener un control de temperaturas en el proceso de fundición. Se espera con estas medidas que se reduzca el índice de reprocesos en un 80%.

Finalmente, con una evaluación económica en meses de las propuestas se obtuvo que es factible llevar a cabo y poner en marcha a estas ya que se obtuvo un costo beneficio de 2.8 implementando las 5 S´. Implementando una política de inventario se obtiene un costo beneficio de 2.2. Con un plan de capacitación se obtuvo un costo beneficio de 2.4. Por último, con la adquisición de un termómetro infrarrojo se tiene un costo beneficio de 2. Llevándonos a la conclusión que se podrá recuperar lo invertido en las propuestas en 2 meses como mínimo.

ABSTRACT

Metalúrgica Vulcano is a company that offers spare parts in bronze for the industries in general. Encompassing the entire production process for the manufacture of parts; melting them and mechanizing them. With these two manufacturing processes, metalurgica vulcano, its main base is quality, in the material; since it manufactures its raw material and quality in machining; meeting the dimensional requirements of the client. These two manufacturing processes mentioned are not unrelated to having bad quality indices and everything that goes with it; rework, deliveries out of time, etc.

The general objective of this research work is to determine the influence of the 7 tools of quality in the production process, in order to reduce the reprocessing index. And so know the current situation of the process in regard to the quality of the products, knowing all this can be proposed proposals for improvements in the subprocesses.

With the control sheet, the main players of the reprocessing were found. With the control chart it was announced that it is impossible to have a control of the reprocesses since the kind of production process that is handled is intermittent, each piece has its control parameters. With the Pareto diagram, the most relevant actors in the research time were found, this analysis also revealed in which production process the reprocessing takes place, making it known that the smelting process has the highest reprocessing rates. Knowing the actuators and the area, with the flow diagram of the foundry production process, the subprocesses where the actuators are located were located. Since several kinds of bronzes are produced with the histogram, the material that is rejected the most due to its quality was given, thus giving the SAE 620 (tin bronze) the most rejected. To delve more deeply into the actors of the reprocessing, the Ishikawa diagram was used to find the root causes. Finally, we sought to know how much a rework affects in the overtime, what correlation exists, the scatter diagram let us know that, if you have a slight influence, but it is not as significant as you thought, this is because in the pouring program you can increase loads, and thus be able to correct a failed part.

Knowing the root causes of the actioners of the reprocessing, a series of measures was proposed to have a better control in the subprocesses. In this way, we propose the implementation of the 5S 'in order to have order and cleanliness; mainly in the inputs and area. Training to the personnel, in molding in sand and in foundry processes. Implement an inventory policy, in order to have the inputs of the fusion process in the exact amount and at the exact moment. Finally, it was proposed to make a purchase of an infrared thermometer with a measurement range of -64°C to 1400°C , to have a temperature control in the casting process. These measures are expected to reduce the reprocessing rate by 80%.

Finally, with an economic evaluation in months of the proposals it was obtained that it is feasible to carry out and start up these since a cost benefit of 2.8 was obtained by implementing the 5 S'. Implementing an inventory policy results in a cost benefit of 2.2. With a training plan, a cost

benefit of 2.4 was obtained. Finally, with the acquisition of an infrared thermometer there is a cost benefit of 2. Taking us to the conclusion that the investment in the proposals can be recovered in at least 2 months.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La calidad vista como parte de una gestión, alrededor del mundo tienen diferentes enfoques y/o objetivos mientras que en esta parte del mundo se busca asegurar la calidad mediante una ISO, que tiene como objetivo; la mejor presentación de un producto, satisfacción del cliente, la productividad, la eficacia, procesos, etc. En Europa cuenta con el Centro Europeo de Normalización y en cada país una entidad los países europeos. En Europa cada país tiene una entidad (como INACAL en Perú), asociada al Centro Europeo de Normalización. Y en el país impulsador de la gestión de la calidad a nivel mundial, Japón tiene como objetivo de calidad; mejorar la calidad de vida de los productores, consumidores e inversionistas, la calidad para ellos viene definida como la uniformidad que esta alrededor de los objetivos. Y china es el país con más certificaciones ISO.

En el Perú solo el 1% de las empresas privadas cuentan con la certificación de la ISO 9001, 1329 empresas certificadas, según el INACAL.

En el artículo 10 de la ley N°30224, esta ley crea el sistema nacional para la calidad y el instituto nacional de calidad, INACAL. Con la creación de estas dos instituciones el siguiente paso era aprobar las Normas Técnicas Peruana, NTP, versión 2017, esta norma establece los requisitos que deben cumplir las piezas fundidas de aleaciones de cobre, coladas en moldes de área para usos generales.

La empresa Metalúrgica Vulcano SAC-Huachipa, es una empresa que se encarga de proveer repuestos de maquinaria industrial, específicamente piezas en bronce, fundimos y mecanismos estas piezas. Siendo nuestro principal problema los reprocesos en las operaciones productivas (no cumple con los requerimientos de los clientes), se tiene un promedio de costo de reproceso mensual de S/3622. Un reproceso se traduce en puntos específicos negativos como; baja productiva, aumenta el costo de la pieza, prolongar los tiempos de entrega, mala imagen con los clientes.

La vulnerabilidad en el proceso se da desde en el mal proceso productivo, colocando el control de calidad al final de la línea de producción, Deming dijo “la calidad no se hace con la inspección si no mejorando el proceso de producción”

Este trabajo se enfoca en la aplicación de las 7 herramientas de calidad para analizar datos tomados en un determinado tiempo y así con ello poder tomar medidas correctivas en el proceso, donde se da el mayor índice de reproceso, y así reducirlos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo las 7 herramientas de la calidad influiría en la reducción del índice de reproceso en el proceso productivo, en la empresa Metalúrgica Vulcano SAC-Huachipa?

1.2.2. Problemas Específicos

1.2.2.1. Problema específico n°1

¿La Hoja de Verificación, como parte de las 7 herramientas de la calidad, facilitará la supervisión y recolección de datos en el proceso productivo, para reducir el índice de reproceso, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.2. Problema específico n°2

¿El Gráfico de Control, como parte de la Aplicación de las 7 herramientas de la calidad, podrá controlar el índice de piezas reproceadas, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.3. Problema específico n°3

¿EL Diagrama de Pareto, como parte de la Aplicación de las 7 herramientas de la calidad, podrá identificar las causas más relevantes del reproceso productivo, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.4. Problema específico n°4

¿El diagrama de flujo, como parte de las 7 herramientas de la calidad, posibilitara localizar el momento y en qué zona, del proceso productivo, se da el mayor índice de reproceso, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.5. Problema específico n°5

¿El Histograma, como parte de las 7 herramientas de la calidad, podrá identificar la clase de bronce que tiene mas frecuencia de reproceso, en el proceso productivo, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.6. Problema específico n°6

¿El Gráfico de Ishikawa, como parte de las 7 herramientas de la calidad, permitirá identificar las posibles causas raíz, de un reproceso, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.7. Problema específico n°7

¿El Diagrama de Dispersión, como parte de las 7 herramientas de la calidad, podrá identificar el grado de correlación entre el reproceso y actividades imprevistas-sobretiempo, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.2.2.8. Problema específico n°8

¿Las propuestas para mejorar el proceso productivos y disminuir el índice de reprocesos, serán económicamente viables, para la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa?

1.3. Justificación

El presente trabajo busca demostrar que mediante un estudio y análisis se puede reducir el índice reproceso teniendo una eficiencia de sus principales recursos. Cada etapa de un proceso tiene repercusión en la calidad de la pieza y con ello en los costos de producción. Se tiene la finalidad de poder entregar piezas de calidad sin llegar a tener ningún costo de reproceso.

1.3.1. Justificación Teórica

Identificar y analizar las etapas de cada proceso producción, mediante la aplicación de herramientas y técnicas para reducir el índice de reprocesos.

1.3.2. Justificación Práctica

Establecer métodos de monitoreo de desempeño de los procesos para la cual se identificará y analizará cada uno de las etapas de los procesos. Documentándose cada paso y etapa. Esto con la mira a una futura implementación de mejora continua. Como consecuencia este trabajo mostrara el incremento de capacidad que se puede lograr usando correctamente los recursos de la empresa.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el grado de influencia de las 7 herramientas de la calidad en el proceso productivo, para disminuir el índice de reproceso, en la empresa Metalúrgica Vulcano S.A.C-Huachipa.

1.4.2. Objetivos Específicos

1.4.2.1. Objetivo Específico n°1.-

Supervisar y recolectar datos del proceso productivo mediante el uso de una Hoja de verificación

1.4.2.2. Objetivo Específico n°2.-

Controlar el índice de reproces, empleando gráfica de control.

1.4.2.3. Objetivo Específico n°3.-

Identificar las causas más relevantes del reproceso productivo, empleando el diagrama de Pareto.

1.4.2.4. Objetivo Específico n°4.-

Identificar el proceso productivo donde se dé el mayor índice de reproceso empleando un diagrama de Flujo.

1.4.2.5. Objetivo Específico n°5.-

Identificar en que clase de bronce se dá la mayor frecuencia de reprocesos, empleando un histograma

1.4.2.6. Objetivo Específico n°6.-

Identificar la causa raíz, la de mayor impacto, del reproceso empleando el gráfico de Ishikawa.

1.4.2.7. Objetivo Específico n°7.-

Identificar el grado de correlación de un reproceso hacia actividades imprevistas-sobretiempo, empleando un diagrama de dispersión.

1.4.2.8. Objetivo Específico n°8.-

Evaluar económicamente las propuestas de mejoras del proceso productivo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. En el ámbito nacional

Vargas (2017) En su trabajo de investigación de “Propuesta de mejora en el sistema productivo de la línea de mocasín para reducir los costos en la empresa shoes export moretti”, Universidad Privada del Norte-Lima, su investigación tiene como objetivo el desarrollo de mejora en el área de producción para reducir los costos de producción. Mediante el uso de las herramientas de ingeniería industrial como: MRP, JIT, SRP, balance en línea y estudios de tiempo. Después de analiza los resultados se hizo una evaluación económica arrojando un resultado, beneficio y costo, de 1.76.

Cabezas (2017) En su trabajo con el título “Análisis y propuesta de mejora del proceso de producción en la planta de acería de una empresa manufacturera mediante el uso de herramientas de calidad”-Pontificia Universidad Católica del Perú-Lima, tiene como objetivo mejorar el proceso productivo mediante el uso de herramientas de calidad mediante el uso de herramientas de calidad como matriz de priorización de proceso, diagrama de Ishikawa, 5 por qué y diagrama de correlación. Y luego realizar propuestas de mejora con la ayuda de herramientas de lean manufacturing, capacitación de personal, mejoras de proceso. Tuvo como resultados económicos un en beneficio y costo de \$3.07.

Chávez (2014) En su tesis de “Propuesta de mejora de los procesos operativos de la Empresa de Confecciones Diankris”- Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo-Chiclayo, su investigación tiene como objetivo analizar los procesos operativos para poder diseñar e implementar una propuesta de mejora en los procesos logísticos operativos e incrementar la eficiencia de los recursos. La metodología empleada para esta investigación fue por método empírico y teórico basado en estudio de campo utilizando técnicas y herramientas. Después de una evaluación económica, el coeficiente de beneficio/costo es de 3.42 lo que hace que la propuesta sea rentable y en un periodo de recuperación de 6 meses.

2.1.2. En el ámbito internacional

Cevallos (2017) En su trabajo “Análisis y reducción de reprocesos y desperdicios en la línea de producción de la empresa Fruconsa”-Pontificia universidad católica del Ecuador-Ecuador, tuvo como objetivo el análisis y reducción de reproceso y desperdicios en la línea de producción. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, utilizando métodos como;

entrevistas y observando de forma directa determinar la capacidad de procesos, herramientas de ingeniería. Tuvo como resultados en incrementos de eficiencia en tiempo en un 0.6%, eficiencia en costos en un 0.23%, incremento en el rendimiento de h-h en un 2.8% y 4.63 en h-m. Desde el punto de vista financiero la rentabilidad se incrementó en un 17.94%.

Sarmiento (211) En su tesis “Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de la panela en la hacienda la capilla por medio de herramientas de ingeniería industrial”- Pontificia universidad javeriana-Colombia-, realizado en las instalaciones, tuvo como objetivo general fue “aplicar herramientas de diseño de ingeniería industrial para proponer mejoras tecnológicas en los procesos de producción de la Panela en la hacienda. Analizando el proceso para analizar que procesos son los más significativos, analizando los tiempos. Con matriz FODA, se utilizó para analizar la situación en la que se encuentra la empresa en general. Y con ellos utilizo herramientas como PHVA, diagrama PEPEC y herramientas tecnológicas como; PLC, generador de vapor. Se llegó a la conclusión se aumentaría un 12% en rentabilidad y un costo beneficio de 1.26\$.

Colomo (2009) En su trabajo” Mejora y estandarización del proceso de producción, en una empresa productora de envases plásticos”- Universidad de San Carlos de Guatemala-Guatemala, se analizó cada uno de los procesos implicados, esto permitió identificar las anomalías, esto se logró con el uso correcto de las herramientas de ingeniería, con los resultados se mejoraron procesos como; operación de las máquinas, se crearon estándares de calidad y auditorias para monitorearlas, se distribuyó eficientemente la maquinaria, se establecieron rutas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reproceso

2.2.1.1. Concepto de reproceso

Según la norma ISO: “Acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos”.

Es reiterar un proceso, productivo o servicio, que no cumplió con sus especificaciones básicas de un producto o servicio.

El bronce por ser un material reciclable, se tiene la idea de que un reproceso no tiene mucho impacto en la productividad. Pero es todo lo contrario ya que para una

empresa que fabrica y mecaniza su propio producto un reproceso significa perdidas imprevistas

2.2.2. Proceso productivo

2.2.2.1. Concepto de Proceso productivo

Proceso de producción son todas etapas necesarias que se necesitan para crear o transformar un bien o un servicio, para incrementar su valor y satisfacer una necesidad. Teniendo una secuencia base.

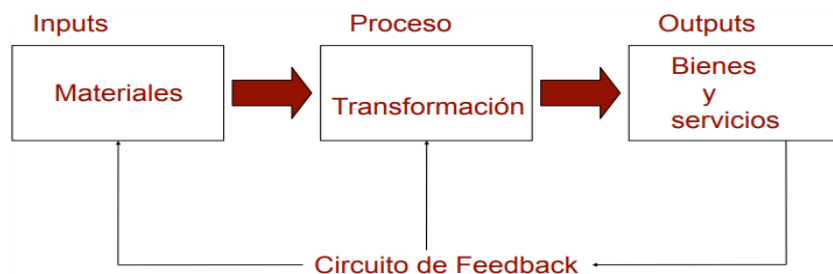


Figura n° 2.1 Diagrama Básico de un Proceso

Fuente: Carro Paz (2012).

2.2.2.2. Etapas de un proceso productivo

- Diseño. - es realizar un primer bosquejo del producto o servicio de, lo que se quiere ofrecer.
- Producción. -Fabricar el producto con todas las características del diseño
- Distribución. - Es colocar el producto en el mercado objetivo.

2.2.2.3. Clasificación de procesos productivos

- Proceso Lineal.** - La principal característica es que se produce un producto, y con ello su producción es alta al igual que su eficiencia, es un proceso que requiere un constante monitoreo en producción y en mantenimiento.

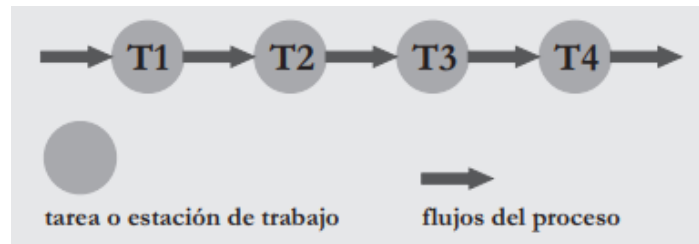


Figura n° 2.2 Proceso Lineal

Fuente: Carro Paz (2012).

- b) Proceso Intermitente.** – su principal característica es que una producción de esta clase tiene un inicio y un final, su objetivo es cumplir con el lote requerido. Sus operaciones son flexibles, se puede adecuar. Su ventaja es la variedad de productos que se puede realizar.

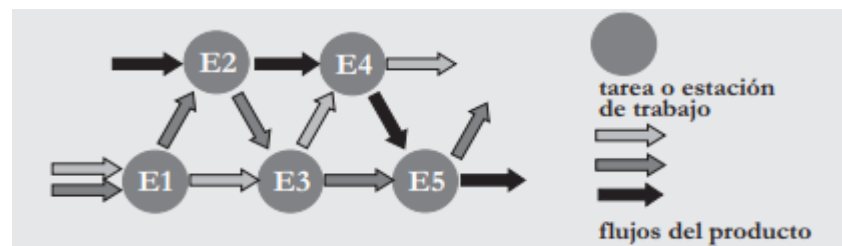


Figura n° 2.3 Proceso Intermitente

Fuente: Carro y Gonzales (2012).

- c) Proceso por Proyecto.** – Cuando el producto es único, mayormente para este tipo de proceso se tiene que hacer toda una red de tareas. Se tiene bajos volúmenes de producción

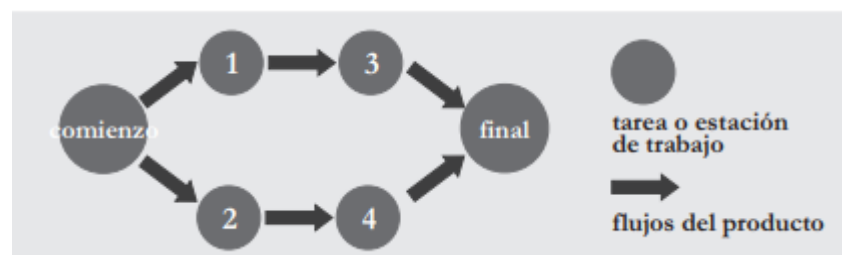


Figura n° 2.4 Proceso por proyecto

Fuente: Carro-Gonzales (2012).

2.2.2.4. Descripción del proceso productivo

2.2.2.4.1 Proceso de fundición

2.2.2.4.1.1 Fundición

Con el pasar de los años este proceso de producción no ha variado, teniendo en cuenta 3 paso básicos; se funde el metal, vaciarlo en un molde, y dejar enfriar. Se aprovecha la fuerza de gravedad.

Según sea el método de fundir se divide en sub-procesos. La diferencia que hay entre los métodos es el número de piezas que se pueden producir.

Características generales de los procesos de fundición, en clases de modelos:

Proceso	Material a fundir	Peso (kg)		Acabado superficial Ra [µm]	Porosidad (*)	Complejidad de forma (*)	Precisión dimensional (*)	Espesor de la sección (mm)	
		Mín.	Máx.					Mín.	Máx.
Arena	Todos	0,05	Sin limite	12,5-25	4	1-2	3	3	Sin limite
Moldeo en cáscara	Todos	0,05	100+	6,3	4	2-3	2	2	--
Modelo desechable	Todos	0,05	Sin limite	5-20	4	1	2	2	Sin limite
Molde de yeso	No ferroso	0,05	50+	1-2	3	1-2	2	1	--
Cera perdida	Todos	0,005	100+	1,6	3	1	1	1	75
Molde permanente	Todos	0,5	300	2-3	2-3	3-4	2	2	50
Troquel	No ferroso	<0,05	50	1-2	1-3	3-4	1	0,5	12
Centrífugo	Todos	--	5000+	2-20	1-2	3-4	3	2	100

*Calificación relativa:1 el mejor, 5 el peor.

Nota: Estas calificaciones son solo generales; dependiendo de los métodos utilizados pueden ocurrir variaciones significativas.

Figura n° 2.5 Características Generales de los Procesos de Fundición

Fuente: Gonzales (2012).

2.2.2.4.1.2 Métodos de fundición:

a) Fundición centrífuga

“Proceso referido como forjado en caliente de un metal líquido, por el cual el bronce fundido es vertido en matrices metálicas que están girando a altas velocidades para que la fuerza centrífuga impulse y distribuya uniformemente el metal líquido en la cavidad del molde. La alta compactación molecular generada por la gran fuerza de gravedad “G” y el enfriamiento rápido aplicado desde el exterior, facilita una

progresiva solidificación unidireccional hacia el eje de rotación, obteniendo piezas tubulares concéntricas” (Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.4)

Ventajas de este método:

- *“Propiedades mecánicas iguales en todas las direcciones (estructura isotrópica), lo que no ocurre en los procesos de forja, laminado o extrusión” (Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.4)*
- *“Grano estructural fino, homogéneo, libre de segregaciones e inclusiones”. (Catalogo- Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.4)*
- *“Alta resistencia a la fluencia, tracción, impacto, desgaste, fatiga y cargas excesivas”. (Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.4)*
- *“Estanqueidad perfecta a elevadas presiones.”(Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.4)*

Moldes metálicos:

Con este tipo de moldes se puede tener una alta producción de piezas, con las mismas dimensiones, solo basta pintar, con un antiadherente, la matriz y verter el material, ese proceso se puede repetir tantas veces, según la carga se tenga en el horno.



Figura n° 2.6 Proceso de centrifugado

Fuente: Metalúrgica Vulcano (2017).

Elaboración Propia.

b) Fundición en moldes de arena

Cuando se requiere fundir piezas irregulares y geometrías especiales, se recurre a este método. Se requiere un modelo con la geometría requerida, mayormente es de madera. Por este método a diferencia del método anterior, los moldes son desechables. Sus principales insumos son: arena fina o arena sílice, silicato, y gas carbónico (Co₂).



Figura n° 2.7 Proceso Básico de Fundición en molde de arena

Fuente: Metalúrgica Vulcano (2017)

Elaboración propia (2017)

2.2.3. Bronce

El bronce es una aleación de cobre y estaño, en su uso industrial se respeta la proporción de 22% como máximo de estaño. Es un material resistente a la corrosión. Según la proporción de estaño y el agregado de otros metales se pueden crear muchas clases de bronce para distintas clases de trabajos e industrias. Por ejemplo, si un bronce tiene de 10% a 12% de estaño es un bronce de gran resistencia y dureza, su uso industrial sería en piezas que ejerzan grandes esfuerzos y débil rozamiento; en engranajes, por ejemplo. De 12% a 18% de estaño da al bronce resistencia, dureza, maleabilidad y resistente al rozamiento. Con más de 22% de estaño el bronce se vuelve muy frágil, esta clase de bronce se usan más en campanas y platillos. Los bronce se clasifican en:

a) Bronces ordinario.-son los formados exclusivamente por cobre y estaño, aunque, en la práctica, algunos poseen pequeños porcentajes de otros elementos (bronce fosforosos y bronce rojos). Los más usados son:

- **Bronce de medallas.** - contiene de un 5% a un 8% de estaño. Presenta excelentes cualidades para moldeo y resistencia a la corrosión.
- **Bronce de cañones.** - Contiene de un 8% a un 12% de estaño. Ofrece buena resistencia a la corrosión y sus características mecánicas son muchos mejores que el bronce de medallas.
- **Bronce fosforoso o bronce al estaño.** - son bronce ordinarios que contienen de un 4% a un 12% de estaño y que se han desoxidado con fósforo, quedando del mismo, en la aleación, un porcentaje muy pequeño. Son de menor calidad que los

otros bronce y más moldeable. Se dividen en clases de bronce según su codificación en la norma técnica SAE, y son: SAE 620, SAE 62, SAE 65, SAE 640, SAE 63.

- **Bronces rojos** con pequeños porcentajes de cinc y de plomo, son más moldeables y más fáciles de mecanizar que los otros bronce.
- Los bronce ordinarios pueden recibir los mismos tratamientos que los latones y sus aplicaciones son muy numerosas, debido a sus características de rozamiento (cojinetes y engranajes), moldeabilidad y resistencia a la corrosión; se usan en; llaves de agua, válvulas, sonoridad y resistencia mecánica; piezas para maquina.

b) Bronces especiales. - Son las aleaciones de cobre con un metal distinto del estaño. Cobre-aluminio, cobre-manganeso, cobre-níquel, etc., y reciben el nombre del metal aleado; bronce al aluminio, bronce al níquel, bronce al magnesio, bronce al plomo, etc. Los bronce más importantes de este grupo son:

- **Bronce al aluminio.** -las aleaciones cobre-aluminio contienen un porcentaje máximo de aluminio de 12%. Si están formadas sólo por cobre y aluminio, se denominan cuproaluminio; si contienen pequeños porcentajes de otros elementos, se llaman bronce complejos de aluminio. Son dúctiles y maleables, con buena resistencia mecánica y a la corrosión. Se emplean para construir ejes de bombas, turbinas, etc. Existen 3 clase de bronce al aluminio según la norma técnica SAE, y son: SAE 68, SAE 68B, SAE 701C.
- **Bronce al níquel.** - Las propiedades de estas aleaciones varían de forma continua según los porcentajes empleados. Tiene muchas aplicaciones como:
 - a) **Niquelina**, contiene un 32% de níquel. Se emplea para la construcción de resistencias
 - b) **Constalan**, contiene un 45% de níquel. Se utiliza para patrones de resistencias y cañas piro métricas.
 - c) **Metal Monel**, contiene un 66% de níquel, se utilizan para la construcción naval; hélices, válvulas, etc.
 - d) **Alpacas**, aparte del cobre, contienen níquel, cinc, se usan más para la fabricación de relojería, resistencias eléctricas, etc.
- **Bronce al manganeso**, poseen gran resistencia mecánica, altas temperaturas. Estos bronce, además de manganeso contienen adiciones de otros elementos como níquel, aluminio, silicio, etc. Existen 3 clase de bronce al manganeso según la norma SAE, y son: SAE 430A, SAE 430B, SAE 43.

c) Bronce al plomo, son aleaciones de cobre con un alto porcentaje de plomo y otros elementos, como estaño, níquel, cinc. Poseen gran plasticidad y se emplean en bocinas. La norma SAE la clasifica en 3 clases de bronce al plomo, y son: SAE 660, SAE 66, SAE 64, SAE 67.

d) Bronce al silicio, el silicio aumenta la resistencia a la tracción de cobre, junto con una buena conductividad eléctrica. Se emplean para hilo telegráfico y telefónico.

e) Bronce al berilio, son de gran importancia, pues se consigue extraordinarias características mecánicas mediante el tratamiento de bonificación. Son muy buenos conductores. Tienen muchas aplicaciones como; contactores, guías de válvulas de motores, rodajes, engranajes, hélices, etc.

2.2.4. Calidad

2.2.4.1. Concepto de calidad

“Calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente” (Deming)

“De manera somera calidad significa calidad del producto. Más específico, calidad es calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivo, etc.” (Ishikawa)

Con el concepto de Deming y de Ishikawa, el concepto de Ishikawa es el que en estos tiempos está resultando. La calidad es la conjugación de todos los participantes de una organización, ya no es meramente producto, todos con un mismo objetivo, ofrecer calidad en su trabajo. Y cada uno tiene propio concepto de calidad.

Su importancia se puede sentir en cada parte de la organización ya que ayuda a mejorar:

- A. La satisfacción de cliente
- B. La rentabilidad
- C. La competitividad de la organización
- D. La productividad

	Control calidad	Aseguramiento calidad	Gestión calidad
Calidad asociada a	Conformidad especificaciones	Control procesos	Satisfacción cliente
Énfasis	Detección y medida	Prevención y documentación de actividades	Mejora continua
Orientación	Producto	Actividades y procesos	Gestión global
Recursos específicos para calidad	Numerosos	Reducidos	Mínimos

Figura n° 2.8 Características específicas de control

Fuente: María Pérez Marquez (2014).

2.2.5. 7 Herramientas de la calidad

2.2.5.1. Concepto de 7 herramientas de la calidad

También llamado las 7 herramientas de Ishikawa, o 7 herramientas de la mejora continua. Fue propuesta por Ishikawa como herramientas básicas que nos pueden resolver el 95% de un problema. Es un conjunto de técnicas graficas estadísticas que tienen la finalidad de recoger datos y analizarlos.

Se tiene que conocer que en la industria la medida de calidad se dan dos grupos; interno y externo, lo dijo Bolton y Drew, 1994. Si lo vemos de un punto de vista como clientes una empresa tiene clientes externas e internos, como es el caso de Vulcano; el cliente interno son personas o áreas que son parte del proceso productivo que esperan el insumo del anterior proceso para continuar la producción.

La calidad interna es la comprobación del cumplimiento de los estándares tanto de la empresa, así como del cliente y para llegar esos estándares y tenerlos en control se utilizan un conjunto de técnicas o herramientas de control estadístico, estas

herramientas nos permiten enfocarnos más en el proceso que en el producto final. Hay que recordar que el método six sigma se apoya mucho en estas herramientas.



Figura N° 2.9 Ciclo de satisfacción del cliente

Fuente: Bolton y Drew (1994)

2.2.5.2. 7 herramientas de calidad son:

2.2.5.2.1 **Diagrama de Pareto.** – Lleva el nombre del economista Italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), que determino que 80% de la riqueza de Milán era propiedad del 20% de las personas. Se llama también la regla del 80-20."Es una herramienta para determinar prioridades para ciertas actividades que impulsen el control total de calidad". Este diagrama se ordena de mayor frecuencia a menor frecuencia.

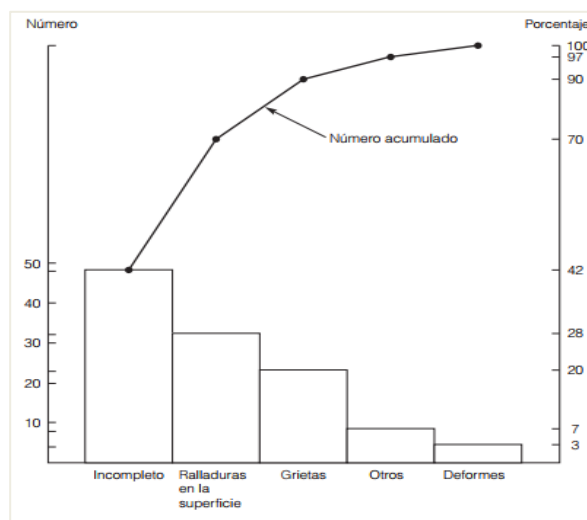


Figura n° 2.10 Diagrama de Pareto

Fuente: Evans y Lindsay (2008)

2.2.5.2.2 Diagrama de Flujo. - primero ante todo se tiene que entender el proceso del producto que recibe los clientes internos o externos. Y al entender, se podrá identificar los puntos críticos para la calidad, más facilidad para seleccionar los indicadores e identificar las causas de origen la insatisfacción. Ayuda a en entender a todos los empleados su función en el proceso, quienes son sus proveedores y clientes. Esto tiene como finalidad tener una mejor comunicación entre las áreas. De suma ayuda es que esta herramienta se elabore de una forma conjunta entre todos los involucrados, si un empleado participa se sentiría identificado con la empresa y con el proceso. Ya con el diagrama y con las preguntas correctas como; “¿de qué forma esta operación afecta al cliente?”, “¿se puede mejorar o incluso eliminar esta operación?” o “¿se debe controlar una característica de calidad crítica en este punto?”, para detectar problemas y oportunidades. Con esta herramienta es ver todo el proceso mediante símbolos.










SIMBOLO	NOTAS
	Inicio o término
	Actividad
	Decisión
	Conector
	Conector de página
	Documento
SIMBOLO	NOTAS
	Flujo
	Actividad opcional
	Documento opcional

Figura n° 2.11 Simbología de un diagrama de flujo

Fuente: Carro y Gonzales (2012).

2.2.5.2.3 **Histograma.** – Esta herramienta nos muestra con una gráfica de barras la frecuencia o las observaciones de un valor en particular o en un grupo, es una gráfica de barras sin brechas. “El histograma proporcionan claves acerca de las características de la población principal de la cual se toma una muestra. Se vuelve evidentes los patrones, los cuales serían muy difícil de observar en una tabla ordinaria”. A la hora de elaborar un histograma se debe representar las condiciones típicas del proceso ya que si hay algún tipo de cambio en; material, maquina o método se tendría que recoger nuevos datos. Y mientras más grande sea el tamaño de la muestra se tendría mejores resultados, 50 observaciones como mínimo, algún dato mal registrado, datos falsos o mal uso de la herramienta puede crear malformaciones en la gráfica como; histogramas asimétricos, histograma en precipicio, histogramas de dos puntas. Esta técnica no es determinante se tiene que confirmar con estudios y análisis posteriores.

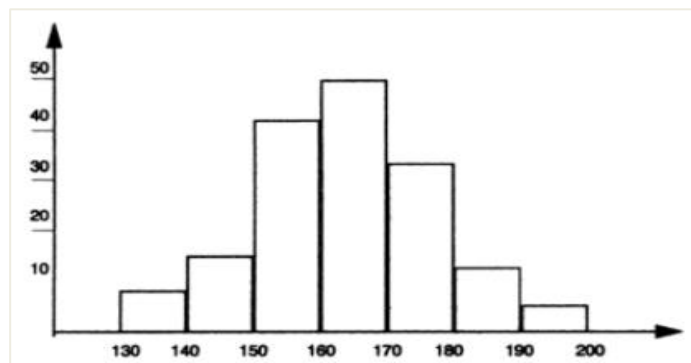


Figura n° 2.12 Histograma

Fuente: Evans y Lindsay (2008)

2.2.5.2.4 **Hoja de verificación.** – Para hacer una investigación de un proceso se empieza diseñando y elaborando una hoja de verificación donde nos ayude a recopilar y registrar datos que luego serían nuestros indicadores, esta herramienta es la base de todas. Su interpretación tiene que ser directa e entendible. A pesa que cada proceso productivo puede tener su propio diseño de esta, no variaría mucho su diseño. Son utilizados para llevar un control de producción, y un control de productos defectuosos.

(Uso continuo de datos) Hoja de verificación No. _____

Nombre del producto _____ Fecha _____

Uso _____ Nombre de la fábrica _____

Especificación _____ Nombre de sección _____

Número de inspecciones _____ Recopilador de datos _____

Número total _____ Nombre del grupo _____

Número de lote _____ Comentarios _____

Dimensiones

	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	
40																			
35																			
30																			
25																			
20																			
15																			
10																			
5																			
0																			
Frecuencia total	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1	

Hoja de verificación

Producto: _____ Fecha: _____

Etapa de manufactura: inspección final _____ Fábrica: _____

Tipo de defecto: está rallado, incompleto, deformado _____ Sección: _____

Núm. total de artículos inspeccionados: 2530 _____ Nombre del inspector: _____

Comentarios: todos los artículos inspeccionados _____ Número de lote: _____

Número de orden: _____

Tipo	Verificación	Subtotal
Ralladuras en la superficie	### ### ### ### ### ### //	32
Grietas	### ### ### ### //	23
Incompleto	### ### ### ### ### ### ### //	48
Deformado	////	4
Otros	### //	8
	Total general	115
Total de rechazos	### ### ### ### ### ### ### ### ### ### ### //	86

Figura n° 2.13 Hoja de verificación- recojo de datos y artículos defectuosos
Fuente: Evans y Lindsay (2008).

2.2.5.2.5 Diagrama de dispersión. – “Esta herramienta nos permite comparar mediante un análisis gráfico de dos factores que se manifiesta simultáneamente en un proceso concreto”. Mediante esta herramienta se busca la relación entre dos variables importante. Esta herramienta guarda una relación con el diagrama de Ishikawa ya que mayormente las variables son las causas y efectos que se determinan en el diagrama de Ishikawa. Es importante conocer la relación causa-efecto para poder solucionar un problema. Es ver si la variación de un factor provoca una variación en el otro.

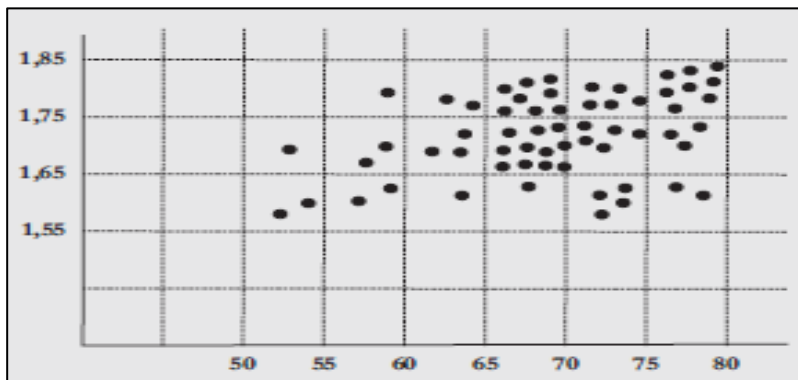


Figura N° 2.14 Diagrama de dispersión
Fuente: Evans y Lindsay (2008)

2.2.5.2.6 Diagrama de causa y efecto. - Conocido también como el diagrama de Ishikawa o espina de pescado. Esta herramienta tiene la finalidad de identificar y organizar las posibles causas del problema. También nos da a conocer causas que podemos corregirlas en el momento. Ya que un problema se puede suscitar por varias razones; material, máquina, método, operario, etc. “ Un diagrama de causa- efecto es un método grafico sencillo para representar una cadena de causas y efectos, así como clasificar las causas y organizar las relaciones entre variables”.

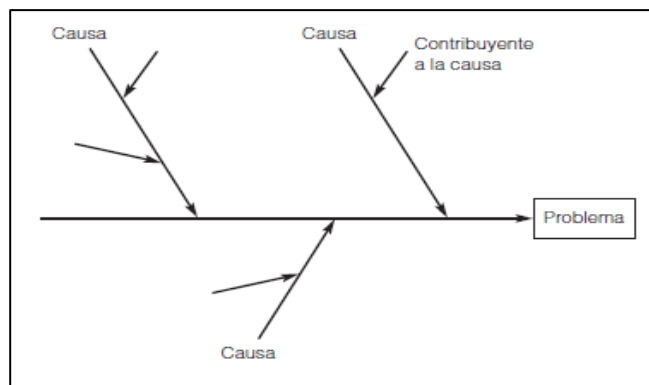


Figura n° 2.15 Diagrama de causa-efecto

Fuente: Evans y Lindsay-2008

2.2.5.2.7 Grafica dinámica de control. - “nos muestra el desempeño y variación de un proceso o algún indicador de calidad o productividad a través del tiempo en forma gráfica fácil de entender e interpretar; asimismo, identifican los cambios y tendencias en los procesos a través del tiempo y muestra de efectos de las acciones correctivas” (Evans,2008, pag.20). Hay que tener en cuenta que para la utilización de esta herramienta se tiene que saber que enfoque es la empresa, para una empresa de producción de bajo volumen, se enfocaría en las características de calidad, en cambio para un proceso de alto volumen de producción, se tendría que tomar muestras para convertirlos en datos estadísticos básicos como; la media, el rango o desviación estándar, la proporción de productos que no cumplen las especificaciones, o número de disconformidades. Su elaboración consiste en los siguientes pasos:

- Paso1: Recopilar los datos.
- Paso2. Exminar el rango de los datos.

- Paso3: Incluir los puntos en la gráfica y conéctelos
- Paso4: Calcular el promedio de todos los puntos en la gráfica y trázelo como una línea horizontal que atraviese los datos, esta línea indica el promedio.

Si alrededor de la línea central no hay picos o cambios muy marcados, indica que el proceso aparentemente está bajo control. De lo contrario se indagaría la causa de la inestabilidad,

Grafica de control, es agregar a la gráfica dinámica límites superiores e inferiores, LCS Y LCI, respectivamente. Estos límites facilitan la interpretación de los patrones. Cuando los valores se encuentran fuera de los límites no indican que el proceso no es estable y se precisa a investigar y tomar medidas correctivas. Hay que recordar que no pueden determinar el problema raíz.

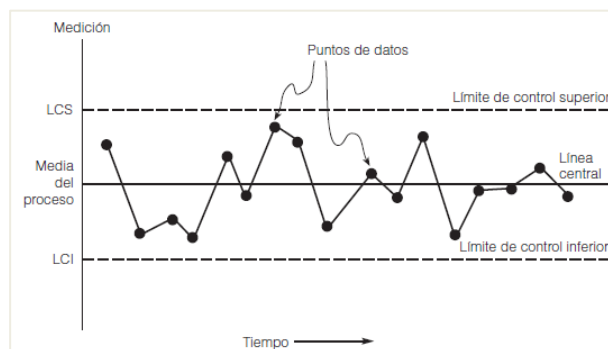


Figura n° 2.16 Gráfica de control

Fuente: Evans y Lindsay (2008)

2.2.6. Sistema de las 5 S´

” Es una metodología donde participan todos los involucrados, que permite organiza los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros. Su enfoque primordial es que para que hay calidad se requiere antes que todo orden, limpieza y disciplina. Con esto se pretende atender problemáticas en oficinas, espacios de trabajo e incluso en la vida diaria, donde las mudas (desperdicios) son relativamente frecuentes y se generan por el desorden en el que están útiles y herramientas de trabajo, equipos, documentos, etc., debido a que se encuentra en los lugares incorrectos e entremezclados con la basura y otras cosas innecesarias. Obviamente, bajo estas condiciones la productividad del trabajo disminuye y los procesos

se vuelven más lentos y burocráticos. Bajo este escenario es preciso aplicar la metodología de las 5 S” (Gutiérrez, 2014, pag.110) y son los siguientes:

2.2.6.1. Seiri (selecciona)

“Este principio implica que en los espacios de trabajo los empleados deben seleccionar lo que es realmente necesario e identificar lo que sirve o tiene una dudosa utilidad para eliminarlos de los espacios laborales. El objetivo final es que los espacios estén libres de piezas, documentos, muebles, herramientas rotas, desechos, etc.” (Gutiérrez, 2014, pag.111). Con el uso de esta herramienta se conseguiría espacios necesarios, aumentar la productividad; ahorraría tiempo.

2.2.6.2. Seito (orden)

“Con la aplicación de esta S, se habrá que ordenar y organizar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, de tal forma que minimice el desperdicio de movimientos de empleados y materiales. La segunda S es el soporte de la primera S, así se podría disminuir tiempos de búsqueda y tener una sencilla búsqueda para. No hay que olvidar qué tan importante es localizar algo y poder regresarlo al lugar que le corresponde” (Gutiérrez, 2014, pag.111). Con esta S se podrá obtener; disminuir tiempos de búsqueda, espacios libres, mejor ambiente de trabajo, incrementar la productividad.

2.2.6.3. Seiso (Limpieza)

“Consiste en limpiar e inspeccionar el sitio de trabajo y los equipos para prevenir la suciedad implementando acciones que permitan evitar. O al menos disminuir, la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Por lo tanto, esta S no solo consiste en “tomar el trapo y sacudir el polvo”, implica algo más profundo; se trata de identificar las causas por las cuales las cosas y los procesos no son como deberían ser (limpieza, orden, defectos, procesos, desviaciones, etc.), de forma tal que se pueda tener la capacidad para solucionar estos problemas de raíz, evitando que se repitan” (Gutiérrez, 2014, pag.112). Con esta S se puede conseguir; incremento de la productividad, buena imagen de la empresa, disminuir daños en los equipos. Como en toda S, se ve el compromiso de los involucrados de mantener sus equipos, máquinas y áreas limpias.

2.2.6.4. Seiketsu (Estandarización)

“Esta S, pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzada con el uso de las primeras 3 S, mediante la aplicación continua de estas. En esta etapa se pueden utilizar diferentes herramientas; una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que todos los trabajadores puedan verlas y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer; otra herramienta es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. Se tendría que diseñar procedimientos y programas de sensibilidad, involucramiento y convencimiento de las personas” (Gutiérrez, 2014, pag.112). Nos ayudara a conseguir; un mejor desempeño de los trabajadores, más seguridad, una mejor imagen de la empresa.

2.2.6.5. Shitsuke (Disciplina)

“Es evitar que lo conseguido con las anteriores S se quiebre, poder mantener los procedimientos. Solo si se implementan la autodisciplina y el cumplimiento de normas y procedimientos adoptados será posible disfrutar de los beneficios que estos brindan. La disciplina es el canal entre las 5 S y el mejoramiento continuo. Implica un control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados” (Gutiérrez, 2014, pag.112). Implica en convertir en unos hábitos las 4 S anteriores. Unos de los métodos más usados son las auditorias.

2.2.7. Análisis ABC

“Es una herramienta efectiva de diseño que nos permite establecer un sistema de control simple, confiable y eficiente” (Matamoros,2010, pag1). Esta herramienta es una de las más usas para gestionar inventarios Este análisis clasifica los artículos según su valor de consumo anual. Los artículos que tienen mayor consumo anual; que oscilan entre 70-80%, se encuentran en el grupo A, los artículos de consumo medio que oscilan entre 15-25% se encuentran en el grupo B, y los artículos de bajo consumo que oscilan en 5% a menos se encontrarían en el grupo C. Divide los artículos vitales de los triviales.

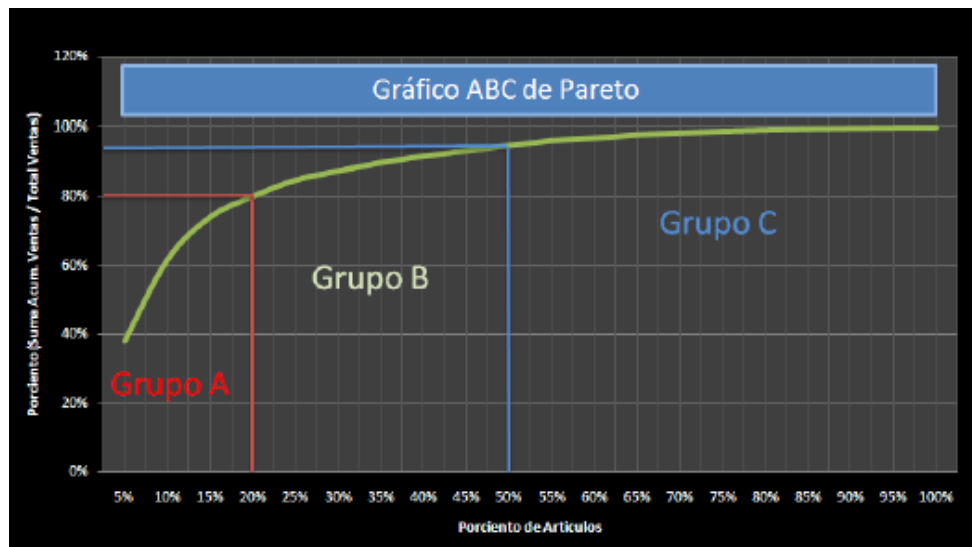


Figura n° 2.17 Gráfico ABC de Pareto

Fuente: Matamoros (2010)

2.2.8. Modelo EOQ (cantidad económica de pedido)

Pertenciente al modelo de inventario por demanda constante junto con LEP (lote económico de producción). EOQ, es el modelo de inventario más sencillo y fundamental de todos.

Puntos a tomar en cuenta para el modelo EOQ

- La unidad del tiempo es variable.
- La demanda es contante
- No hay desabastecimiento.
- El costo de inventario es de un inventario promedio.

Para el cálculo del tamaño económico del pedido (Q), se utilizará la siguiente formula:

$$Q_{opt} = \frac{\sqrt{2SD}}{iC}$$

Q: Cantidad económica de pedido

S: Costo de preparación de pedido

D: Demanda del producto

I: Tasa de inventario referida al mismo periodo de la demanda

C: Costo de producción o compra.

2.2.9. Control de Calidad

2.2.9.1. Concepto de Control de calidad

Beterfield (2009) Es el uso de técnicas y actividades para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio. Pasar los artículos conformes y desechar los no conformes no es control de calidad. Es llamado también aseguramiento de calidad, y esto significa responsabilidad directa de evaluar continuamente la eficacia del sistema, determinar áreas problema de calidad, o áreas potenciales, y ayuda a corregir o minimizar esas áreas problema. El objetivo general es mejorar la calidad en cooperación con los departamentos responsables. Siempre existió el concepto de control de calidad, pero antes se tenía una idea errónea de control de calidad, antes se fundamentaba en la inspección final del proceso. Cuando se fabricó una cosa mal, el control evita que es producto llegue al cliente, pero no puede evitar el desperdicio en que incurrió la organización y por ende en el costo que fue pagado por la misma.

2.2.9.2. Herramientas de control de calidad en Metalúrgica Vulcano SAC

2.2.9.2.1 Análisis de Estructura granular uniforme

Es el Método por el cual se analiza el material mediante métodos y técnicas de ensayos no destructivos como; durómetro, ultrasonido, microscópico, tintos y penetrantes. Se busca mediante estos análisis ver la densidad en los granos, segregación y/o micro porosidades.

a) Durómetro. - Dispositivo para determinar la resistencia de un material a ser penetrado en superficie de un material. Las escalas de más uso en la industria son; dureza en Brinell, dureza en Rockwell, dureza en Vickers.

- **Rockwell.** - El material a ensayar se marca con un cono de diamante o esfera de acero. Su lectura es simple, se toma lectura al reloj que se encuentra incorporado al dispositivo del ensayo

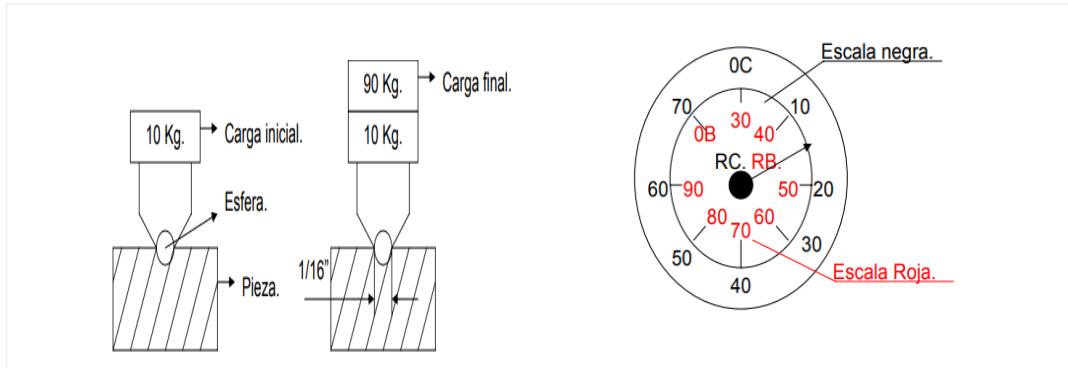


Figura n° 2.18 Método Rockwell

Fuente: Tome (2006)

- **Brinell.** - Ensayo que se realiza comprimiendo con una esfera de acero al material a ensayar en un tiempo determinado, luego se mide las dimensiones de la marca.

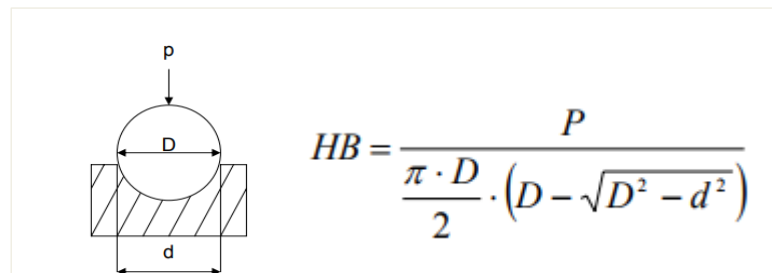


Figura n° 2.19 Método Brinell

Fuente: Tome (2006)

- **Vickers.** - Ensayo donde se usa un punzón con forma de diamante con un ángulo de 136°. Se mide las diagonales de la marca final. Mayormente se usa una presión de 30Kg.

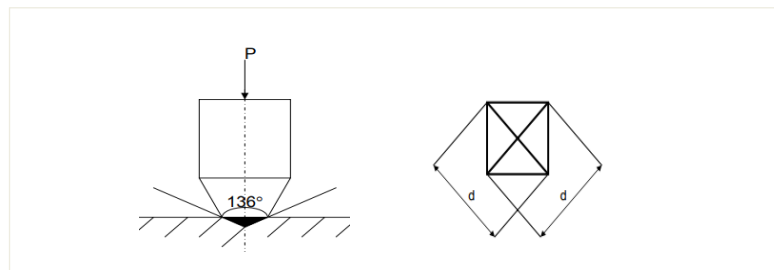


Figura n° 2.20 Método Vickers

Fuente: Tome (2006)

Equivalencias de escalas de dureza

Brinell.		Vickers.	Rockwell.	
Diámetro (mm). Carga 3000 Kg. Bola 10 mm.	Dureza. N°	Dureza. N°	C. Carga 150 Kg. Cono de 120°	B Carga 100 Kg Bola 1/16"
2,05	898	-	-	-
2,10	857	-	-	-
2,15	817	-	-	-
2,20	780	1 150	70	-
2,25	745	1 050	68	-
2,30	712	960	66	-
2,35	682	885	64	-

Figura n° 2.21 Equivalencias de escalas

Fuente: Tome (2006).

- b) Microscópico.** – Equipo de la gama de ensayo no destructivo, especialmente útil para visualizar la compactación de un material



Figura n° 2.22 Microscopio

Fuente: Tome (2006)

Elaboración propia (2017)

- c) Tinta penetrante.** –Ensayo no destructivo para detectar discontinuidades superficiales mediante un proceso químico Consiste en 3 líquidos vertidos en spray; Un limpiador, un penetrante, un revelador, en la figura. N°1.22 se muestra el proceso

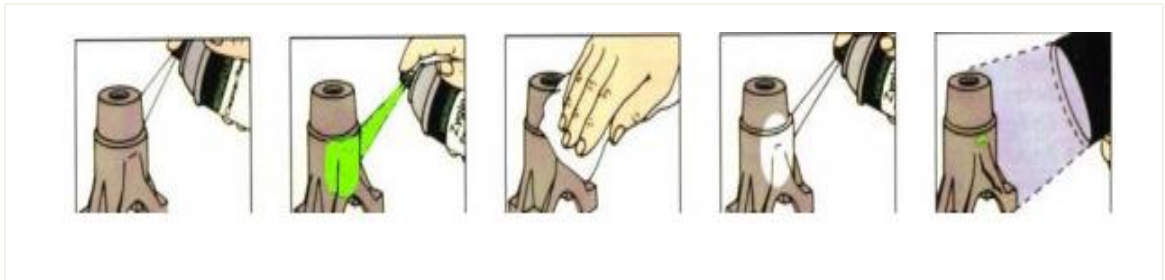


Figura n° 2.23 Proceso de ensayo con tinta penetrante

Fuente: Sandoval (2009).

2.2.9.2.2 Análisis Químico

Durante la colada se extrae una muestra para su análisis químico, para saber si se está cumpliendo con la norma, según la aleación. El análisis químico se realiza con un espectrómetro.



Figura n° 2.24 Espectrómetro

Fuente: Sandoval (2009)

Elaboración Propia (2017)

2.2.9.2.3 Pruebas hidrostáticas

Prueba que consiste en sellar la pieza de forma hermética a través de presión y con inyección de agua a presión, se da lectura del manómetro. Se verifica de escape de agua mientras se ejerce una presión de agua.



Figura n° 2.25 Prueba hidrostática.

Elaboración Propia (2017)

2.2.9.3. Metrología

2.2.9.3.1 Concepto de metrología

Se define como la ciencia que estudia los sistemas de medida; en mecánica tiene una aplicación de suma importancia y de uso continuo. Desde la medición en metros hasta centésimas de milímetro

Método por el cual se controla las medidas con instrumentos de micro medición; micrómetros, alesometro. Y instrumentos mecánicos; calibrador, galga, goniómetro, profundímetro, etc.

- a) Micrómetro.** –es un instrumento superior a un calibrador en lo que presión se refiere, pero es menos versátil. Puede llegar a medir 1 micra o 0.001 de mm. Existen muchas clases de milímetros, según sea el área a medir. Tiene el principio de tornillo y tuerca.
- b) Alesometro.** – Instrumento especialmente para medir interiores con la ayuda de un reloj comparador
- c) Calibrador.** – Instrumento de medida lineal, por medio de este instrumento se puede controlar profundidades, medidas exteriores e interiores. Se puede alcanzar una lectura de hasta 0.05 mm.
- d) Galgas.** – Son patrones, son bloques prismáticos de un acero especial con dos caras opuestas perfectamente planas y paralelas. Su finalidad es ser usado como patrones para otros instrumentos de medición.

2.2.10. Mecanizado

2.2.10.1. Concepto de mecanizado

Pertenece al grupo de procesos de manufactura con arranque de viruta; se diferencia de manufactura mediante abrasión, en el uso de máquinas herramientas como; torno, fresadora, mandrinadora, cepillo, torno CNC, centro mecanizado, etc., y herramientas corte, para el desprendimiento de material.

Es uno de los procesos de manufactura más usados para la fabricación de piezas en materiales ferrosos y no ferrosos. Y es donde se combina de forma directa; hombre, máquina y materia prima para la fabricación de piezas.

Para realizar la operación de mecanizado se requiere movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de trabajo. Este movimiento relativo se logra en la mayoría de las operaciones de maquinado por medio de un movimiento primario, llamado velocidad de corte, y un movimiento secundario denominado avance. Es dar al producto la geometría deseada en la superficie de trabajo.

2.3. Definición de términos básicos

Alimentador. – Perforación en el molde donde vierte el metal líquido

Bonificado. – Tratamiento térmico compuesto de un temple y un revenido, para mejorar las propiedades mecánicas de una aleación

Bronce Fosforoso. – Bronce resistente a la corrosión y alta resistencia a la fricción

Colada. – Acción de verter metal líquido en el modelo. Es conducir el metal líquido a la cavidad del molde.

Corrosión. – Deterioro de un material mediante un ataque electroquímico

Crisol. - Recipiente hecho a base de carburo de silicio que se usa para fundir material a alta temperatura. Tiene un tiempo de vida de 80 coladas.

Cuproaluminio. – Es la aleación de cobre con aluminio

Cuproaluminio.- Material que tiene como elementos bases el cobre y el aluminio.

Desoxidado. -Limpiar un metal del óxido. Un cobre desoxidado, así se le denomina cuando el cobre no contiene óxido o que contiene cantidades controladas. Mayormente se desoxida con fósforo.

Enfriadores. - Perforación en el molde que ayudan al enfriamiento del metal líquido.

Engranaje. – Pieza de todo un sistema para transmitir altas potencias,

Fresadora. – Al igual que el torno es una máquina para fabricar piezas por arranque de viruta, una de las diferencias con el torno, es que en esta máquina lo que gira es la herramienta de corte y su principal trabajo es el maquinado de superficies planas

Fundente.- Polvo a base de fósforo y borax, para proteger el metal líquido del óxido facilitando la fusión de la aleación

Gasificante. – Insumo que se emplea para remover los gases durante la fusión en el crisol.

Mandrinadora. – Máquina herramienta donde se puede maquinar piezas en revolución y superficies planas

Molde. – Pieza hueca con una forma determinada, según requerimiento, donde se vierte un metal líquido para que adquiera la forma.

Moldeabilidad. – La facilidad con que un material puede ser moldeado.

Silicato. -El silicato de sodio es un aglutinante empleado en las fundiciones de material ferroso y no ferroso. Se adiciona a la arena, cuando mezclado y moldeado reacciona con el carbónico (CO₂) y provoca el endurecimiento de los moldes.

Torno CNC. – Es un torno al que se le ha incorporado un control numérico computarizado (CNC). Para su operación se tiene que manejar la codificación ISO

Torno. – Es una maquina herramientas que con su movimiento circular de la pieza y movimientos auxiliares rectilíneos de la herramienta de corte puede fabricar cualquier pieza en revolución. Es una de las maquinas más antiguas y más usadas en la industria metal mecánica.

Crisol. – Recipiente de ceramica, resistente a altas temperaturas, utilizado para el proceso de fusión de metales.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. Presentación de la empresa

Constituida en el año 2003, Metalúrgica Vulcano es una industria especializada en la fundición y fabricación de piezas y repuestos industriales de cobre y bronce para equipos y maquinaria según normas técnicas internacionales, usos, análisis de muestras y especificación del usuario.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

“Nuestro alto nivel de especialización y experiencia y conocimiento de los fundamentos metalúrgicos, fundición y mecanizado del cobre, bronce y latón respaldados con maquinaria de última tecnología, permiten fabricar, modificar o reparar bujes y piezas resistentes a las aplicaciones más exigentes que demanda la industria moderna.

Suministra repuestos duraderos a importantes empresas de la minería, cemento, agregados, pesca, astilleros, siderúrgicas, transmisión de potencia, ferroviaria, petróleo, química, generación de energía, textil, papel, agroindustria, bebidas, alimentos, plástico, vidrio, fabricantes de maquinaria, entre otros; sustituyendo a las piezas OEM(Original Equipment Manufactures), cuyos términos, modelos o marcas se usan solo con fines de identificación” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

3.2. Rubros atendidos

3.2.1. Minería, cemento y agregados

Trituradores giratorios y de cono

- Eccentric and lower bushing.
- Bottom Shell bushing.
- Eccentric wear plate.
- Inner and outer eccentric bushing.
- Socket liner.
- Counter shaft box bushing.
- Eccentric and upper thrust bearing.
- Upper and lower head bushing.
- Center and lower step plate.

Molienda de minerales:

- Descansos partidos de los trunnion (Shell).

3.2.2. Maquinaria pesada para minería

Minería a tajo abierto

- Camiones fuera de carretera
- Palas y dragas, eléctricas, hidráulicas y de cable.
- Bulldozer, motoniveladoras, cargadores frontales.
- Tractores de ruedas y orugas, excavadoras.
- Perforadoras, grúas y equipo auxiliar de mina.

Minería subterránea

- Locomotoras y troleys de ferrocarril.
- Scooptram, dumpers y utilitarios.
- Perforadoras, winches.

3.2.3. Pesca y construcción naval

Bujes centrifugados

- Ejes de cola (proa y popa), eje barón y ejes intermedios.
- Tintero, pala, tangón, pluma principal y auxiliar.
- Prensas y juntas rotativas de homogenización.
- Rótulas de chumaceras autoalineantes.
- Winches, roldanas y arboladura en general.
- Coronas, engranajes y accesorios de vapor e hidráulica.
- Bombas centrífugas horizontales y verticales, válvulas, hidrantes. (Achique de sentinas, circulación y refrigeración con agua dulce y salada)
- Hélices, impulsores, difusores, impelentes, propelas, rotores.
- Caja y gland de prensa estopa (proa, popa y de limera).
- Descansos intermedios de transportadores helicoidales.
- Tuercas de hélice, anillos y discos de retención.
- Anillas de corte tipo estribo y acanaladas

3.2.4. Agroindustria

- Cojinetes superiores con cavidades de refrigeración.
- Bujes para masas laterales (cañeros y bagaceros).
- Cojinetes de cuarta maza para rodillos inferiores y superiores.
- Camisetas de los cabezotes hidráulicos (centrifugados).
- Impulsores y accesorios para bombas de agua de pozo profundo.

- Chumaceras para catalinas de transmisión de velocidad.
- Bocinas para conductores de bagazo y picadores de caña.
- Bocinas para conductores helicoidales.

3.2.5. Fundición y Siderurgia

- Mordazas porta electrodos para hornos eléctricos de arco.
- Placas de desgaste para tren de laminación y sierra circular.
- Placas de enfriamiento y toberas para alto horno.
- Patines para brazos manipuladores.
- Bujes para rodillos de cadena y cizallas.
- Tuercas de regulación para tren de laminado.

3.3. Ubicación de la empresa



Figura n° 3.1 Ubicación de la empresa Metalúrgica Vulcano SAC

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

3.4. Misión, Visión, Valores

3.4.1. Misión

“Producir repuestas de bronce con los más altos niveles de calidad, para satisfacer de manera oportuna, eficaz y rentable las necesidades de los diferentes sectores industriales; generando valor a nuestros clientes, accionistas y colaboradores.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

3.4.2. Visión

“Ser reconocidos como líderes en la actividad que desarrollamos, respaldados por un sistema integrado de gestión comprometido con el mejoramiento continuo, cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible en el tiempo.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

3.4.3. Valores

-“Respeto a las personas, sustentados en la confianza, consideración y capacitación; contribuyendo a su desarrollo integral.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

-“Enfoque a la excelencia, estimulando la sinergia de ideas, creatividad, competitividad e innovación constante.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

-“Integridad, Actuando con honestidad, lealtad y responsabilidad con nuestro entorno social, económico y ambiental.” (Catalogo-Metalúrgica Vulcano, 2015, pag.1)

3.5. Proceso Productivo en la empresa

Metalúrgica Vulcano, como su principal objetivo es satisfacer los requerimientos de sus clientes. A diferencia de otros metales mecánicos, metalúrgica vulcano no ofrece el diseño de máquina, ofrece si la orientación técnica en las cualidades de cada clase de bronce, según sea el trabajo que vaya a realizar. Y que para la fabricación de una pieza conjuga procesos con el fin de cumplir con los requerimientos del cliente.

3.5.1. Mapa de proceso en Metalúrgica Vulcano

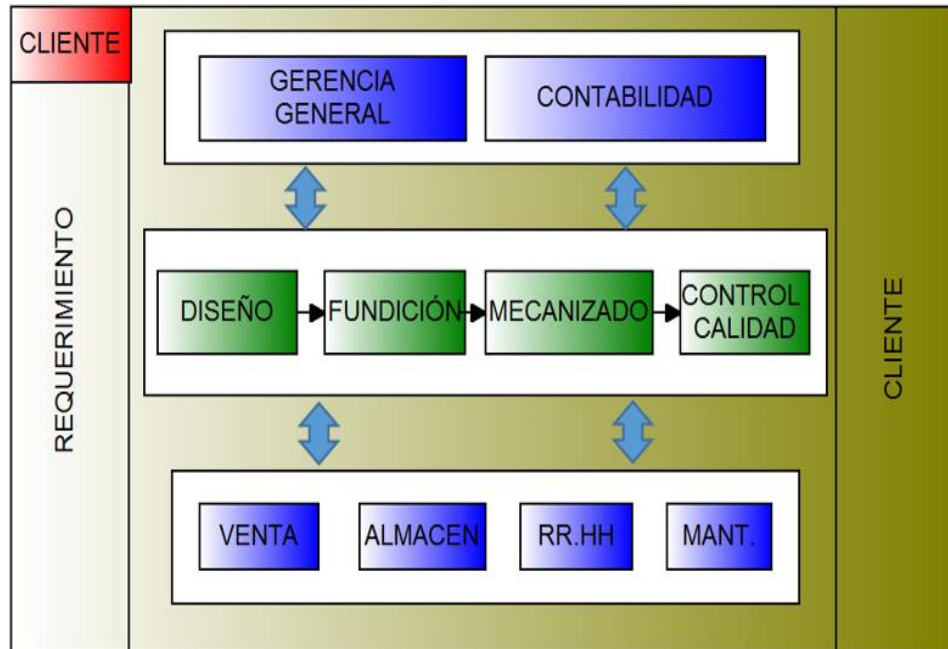


Figura n° 3.2 Mapa de proceso en Metalúrgica Vulcano SAC

Elaboración propia (2017)

3.5.2. Diagrama de flujo del proceso productivo

En el diagrama de flujo mostrado en la Figura N° 3.2 se muestra la interacción de todos los procesos productivos para cumplir con el principal objetivo, cumplir con todos los requerimientos plasmados en el plano. En el diagrama se detalla el paso a paso que se da para el cumplimiento del cometido.

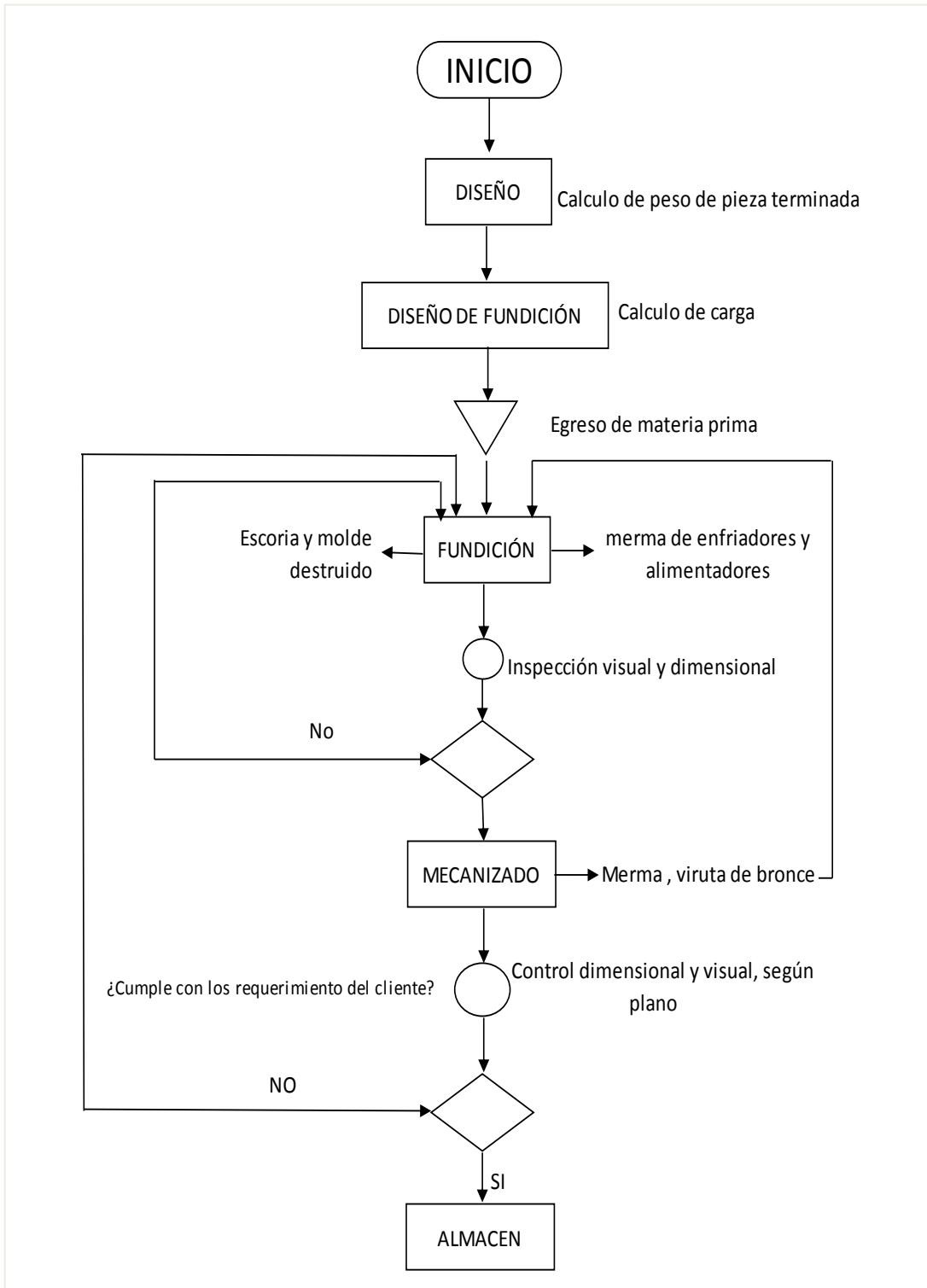


Figura n° 3.3 Diagrama de flujo del proceso productivo
 Elaboración propia (2017)

3.6. Especificación del proceso productivo

Se especificará todos los pasos que se toma para la producción de una pieza en bronce.

3.6.1. Proceso de fundición

3.6.1.1. Pre-calentado

Partiendo de un tanque de combustible, aceite quemado, se impulsa por medio de una bomba combustible por una línea de tubería que llega al quemador, en el quemador se unen dos líneas, la línea de combustible y línea de aire, ventilador y estos con el apoyo de un mechero se obtiene una llama tangencial constante hacia el horno de fusión.

3.6.1.2. Horno de crisol basculantes

Dentro del horno se encuentra el crisol, fig.3.4 el precalentado se dirige directamente al crisol y esto lo calienta hasta que el crisol tenga un color cereza.

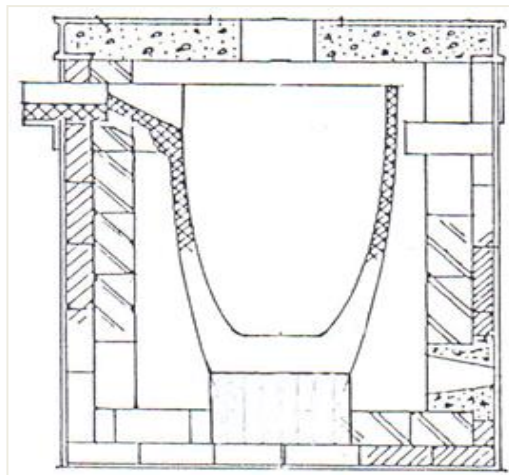


Figura n° 3.4 Horno de crisol

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

3.6.1.3. Balance de carga

“Según la carga, se da la proporción de elementos de la aleación. En una carga se tiene que tener en cuenta dos puntos, uno; el material no recuperable, durante la fusión se pierden un porcentaje de los elementos esto se debe a la evaporación, oxidación, etc. el quemado de estos se dan en un promedio de; %Cu: 1,0 - 1,5 %Al: 2,0 - 3,0 %Zn: 2,0 - 5,0 %Pb: 1,0 - 2,0 %Si: 4,0 - 8,0 %Mn: 2,0 - 3,0 %Sn: 1,5 %Ni: 1,2 %Bi: 10

-15. *Estas pérdidas se dan según el tipo de carga, material a fundir. Segundo; el material recuperable, la merma que se da de los alimentadores y enfriadores.*” (Chacnama, 2011, pág. 61)

3.6.1.4. Moldeo de piezas

3.6.1.4.1 En moldes de arena

Un molde debe tener mínima humedad de 5% a 6% y máxima penetrabilidad, mientras más fino sea la arena es mejor, por ello algunas veces son fabricados con arena de sílice; por cuestiones de costo se opta por arena fina. Tienen que resistir una presión de 7 psi a 9 psi del fluido, la presión de los gases y al calor expuesto si se hace caso omiso se puede sufrir deformaciones. Pasos a seguir para un moldeo de una pieza:

- 1) Colocar en la mesa de trabajo, la caja metálica.
- 2) Colocar el modelo de madera en el medio del cajón
- 3) Verter arena preparada en cajón con el molde, la arena se prepara con silicato en una proporción de por cada 15 Kg de arena 4 Litros de silicato.
- 4) Endurecer la arena, haciendo agujeros con una varilla, y a través de ellos dar una corriente de Co_2
- 5) Extraer el modelo de madera
- 6) Pintado antiadherente, en una proporción de 8 litros de pintura 0.5 litro de
- 7) Tapar el molde



Figura n° 3.5 Moldeo de piezas

Elaboración Propia (2017)

3.6.1.4.2 Moldes de acero

Al usar un molde de acero, para la centrífuga, el primer paso es escoger la matriz, según lo requerido, ya con la matriz en la centrífuga se calienta el molde a una temperatura para que la pintura antiadherente se adhiera a la matriz.



Figura n° 3.6 Centrífuga

Elaboración Propia (2017)

3.6.1.5. Fusión:

“Se vierte la carga en el crisol, ya sobrecalentado. Para la fusión en bronce la técnica de oxidación-reducción es la más adecuada para asegurar una colada limpia, de gran fluidez y libre de gases. Para tener una buena fusión se tiene que fundir rápidamente como sea posible a la temperatura más baja que permita el proceso o la pieza, evitar sobrecalentar la pieza. Durante el proceso de fusión se dan pasos para evitar cualquier anomalía en la pieza final, estos pasos son: adicionar

fundentes; para evitar una excesiva oxidación. Desgasificar; es eliminar el hidrogeno por burbujeo de gases secos como cloro o nitrógeno. Desoxidar; ya que se puede encontrar inclusiones de óxido de cobre (Cu₂O) se tiene que controlar mediante el uso de elementos de litio, boro, magnesio y fosforo.” (Chacnama, 2011, pag.64)



Figura n° 3.7 Horno de crisol en proceso de fusión
Elaboración Propia (2017)

3.6.1.6. Colada

“Antes de realizar la colada se verifica la temperatura del metal fundido con un pirómetro de inmersión. Los intervalos de temperatura oscilan entre 1100 -1200°C, colando las piezas grandes a temperaturas más bajas y delgadas a la más alta”. (Chacnama, 2011, pag.68)

Se vierte el metal fundido en el molde de arena o modelo de acero con un fluido continuo para evitar doble placas en la pieza final. Al final de la colada, mientras el crisol conserva la temperatura se limpia el crisol ya que se puede encontrar con escoria u óxidos, estas impurezas pueden afectar para una siguiente colada.

3.6.1.7. Desmolde y limpieza de pieza fundida

El desmolde de piezas de aleaciones de cobres tienen un intervalo de 2 a 6 horas dependiendo la clase de material fundido, siendo la materia que

más se esperara para desmoldar los bronce al plomo. Ya con la pieza solidificada el siguiente paso es cortar los alimentadores y enfriadores seguido de una limpieza en general. Al final se pasa la pieza al área de mecanizado.

3.6.2. Proceso de mecanizado

El proceso de mecanizado se da inicio con un control visual y dimensional de la pieza (tiene que tener sobre medida, con respecto a las medidas finales), según sea la forma de la pieza se pasa a la máquina herramienta para dar inicio al proceso de manufactura por arranque de viruta. Durante el proceso de mecanizado el operario lleva un control dimensional con instrumentos de medición y un control visual para dar informe ante cualquier anomalía en la pieza.



Figura n° 3.8 Mecanizado de bocina

Elaboración Propia (2017)

3.6.3. Proceso de control de calidad

Finalizando con un control dimensional y visual en la pieza acabada el siguiente paso es realizar ensayos no destructivos. Pieza que no pase estos dos últimos pasos se tendrá que repetir el proceso desde la fundición. El análisis químico se hace durante el proceso de fusión, tomando una probeta y analizándolo con un espectrómetro, cualquier observación en la aleación se puede subsanar en el proceso.



*Figura n° 3.9 Prueba con tinta penetrante y control dimensional
Elaboración Propia (2017)*

3.7. Análisis y desarrollo de objetivos

3.7.1. Problema principal

Durante la última etapa del proceso productivo en los últimos 3 meses se observó un alto índice de reproceso de piezas. Metalúrgica vulcano como toda empresa se debe a sus clientes y al compromiso que se le tiene; en entregar la pieza con los requerimientos cumplidos y el compromiso de cumplir con la fecha de entrega. Para poder cumplir con los clientes externos se tiene que cumplir con el cliente interno. A pesar que las raíces de los reprocesos se dan en los dos principales procesos productivos; fundición y mecanizado, con este trabajo se quiere indagar más en los accionantes de los reprocesos. Como se dijo antes toda empresa se debe a sus clientes, y estos clientes tienen diferentes formas de tratar con las demoras en las entregas de trabajo por ejemplo; penalidades, menos puntos para un futuro contrato, son algunos, son puntos desfavorables para la empresa. En el siguiente cuadro se da a conocer las principales causas de un reproceso.

Tabla n° 3.1

Causas reproceso

Principales causas	Accionantes
F1- POROSIDADES	- -Material contaminado, combinación indebida entre bronces. Sobre calentamiento del material
F2-CAVIDADES	- -Material contaminado, mal diseño de molde, molde quebrado.
F3-INCRUSTACION METALICA	- -Contaminado el material con acero
F4-FRAGILIDAD	- -Mal cálculo de carga, exceso de manganeso
F5-OXIDADO	- -Sobre calentamiento
F6-DOBLE PLACA	- -No se le da la fluidez debida. Tiene que ser continua
F7-FALLA EN MECANIZADO	- -El operario en mecanizado se pasa de medida

Elaboración Propia (2017)

Como se observa en la tabla n°3.1, los principales problemas en la calidad de los productos son de índole de fundición, a pesar que una falla en mecanizado pueda resultar más significativa, en costos, a la empresa, por el número de operarios, maquinas, equipos, horas máquinas, horas hombre, etc., no se dan con mucha frecuencia, y un responsable de eso es que se tiene máquinas de última generación, máquinas que se trabajan con alta precisión.

3.7.2. Detalle de principales causas de un reproceso

En la tabla 3.1 nos da a conocer los principales accionantes de un reproceso, a continuación, se dará detalle de cada uno de los causantes.

- 3.7.2.1. **Porosidades.** – Es un defecto que no es perceptible a simple vista, muchas veces se puede detectar en el mecanizado de la pieza, pero mayormente se detecta en la prueba hidrostática. Es un defecto interior del material



Figura n° 3.10 Porosidades resaltadas en prueba hidrostática
Elaboración Propia (2017)

- 3.7.2.2. **Cavidades.** -Este defecto a diferencia del anterior si es perceptible a la vista, defecto externo del material, a pesar que tiene muchos accionantes, mayormente se dan por no tener el debido cuidado en el armado de molde

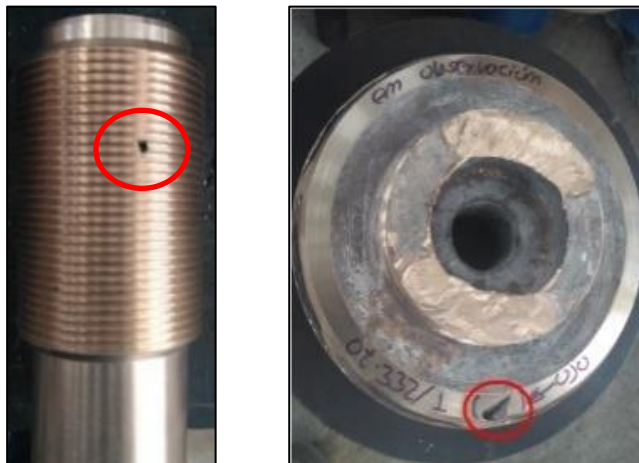
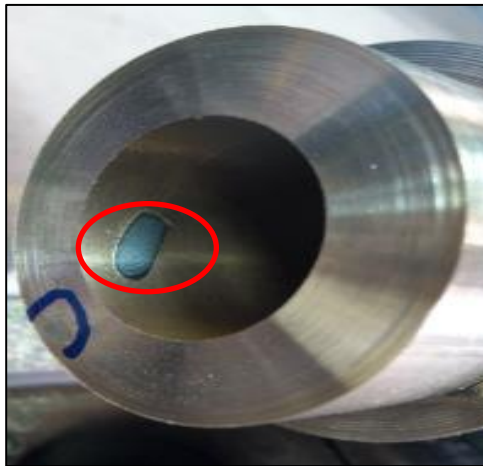


Figura n° 3.11 Cavity en la parte externa
Elaboración Propia (2017)

3.7.2.3. **Incrustación metálica.** – Este defecto a pesar que sea reducido, se sigue dando., por diversos factores; un mal proceso de fundición, material contaminado con fragmentos de acero. Dentro los componentes de todo bronce hay una porcentaje de acero que oscila entre 3% a 8% de la carga según sea la clase de bronce que fabrique, este defecto se da más en un SAE 430. Las consecuencias que se pueden dar por estas fallas son muy graves, ya que lo bronce trabajan mayormente en fricción con aceros, y ocasionar una fricción de acero con acero podría dañar todo un mecanismo hasta todo un proceso. Es un defecto externo de la pieza.



*Figura n° 3.12 Incrustación metálica
Elaboración Propia (2017)*

3.7.2.4. **Fragilidad.** – Cada bronce tiene sus propiedades, y se elige según donde y como va a ser utilizado, cuando se busca tener un bronce que su principal propiedad sea la resistencia a la dureza su principal elemento en su composición es el manganeso. Sus accionantes pueden variar entre exceso de manganeso o tener un enfriamiento muy rápido. Las consecuencias; quebraduras de la pieza y ocasionar accidentes.



Figura n° 3.13 *Pieza con fragilidad*

Elaboración Propia (2017)

3.7.2.5. **Material con oxido.** – El proceso de fusión se hace con el método de combustión de aceite quemado y el aire del ventilador tiene como efecto una llama que calentando el crisol fusionan los elementos para fabricar el bronce. El tener una llama con exceso de aire hace que el oxígeno llegue al caldo y este a su vez absorba este elemento ocasionando que se sobre caliente el caldo y queme el material. Otra razón es la presencia de humedad en los moldes. Como se está dando a ver, el principal agente para ocasionar piezas oxidadas es la presencia de oxígeno en exceso. Es una falla interna del material.

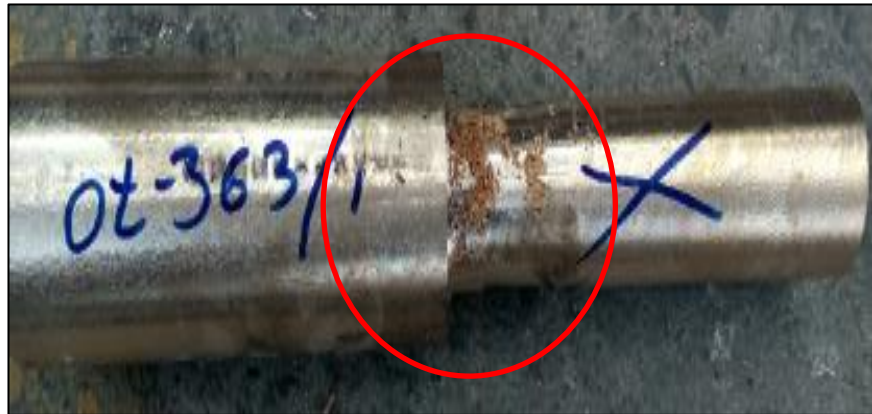


Figura n° 3.14 Material Oxidado

Elaboración Propia (2017)

- 3.7.2.6. **Material con doble placa.** – Esta falla a diferencia de las demás se da directamente por falla humana durante el proceso de colada. Este problema se ve en el proceso de fabricación con el método de centrifuga, cuando no se tiene un flujo constante en el vertido del material liquido en la matriz de acero. El desprendimiento de una placa durante su mecanizado o en su uso, puede ocasionar serios accidentes. Es una falla interna de una pieza



Figura n° 3.15 Material con doble placa

Elaboración Propia (2017)

3.7.2.7. **Falla mecanizada.** – Esta falla al igual que el anterior, tiene como principal agente al ser humano, operario. Se cuenta con maquinaria de última generación para la fabricación de los repuestos, pero estas máquinas están operadas por personal técnico con ello no se está inmune a que se pueda fallar. Pueden ser fallas dimensionales, un mal procedimiento, etc.



Figura n° 3.16 *Falla en mecanizado*
Elaboración Propia (2017)

3.7.3. Costos de un reproceso

Metalúrgica vulcano da como costo de reproceso, el peso de la pieza final por el precio del material. Hay que recordar que el bronce es un material reciclable y que toda merma que se da en un proceso se volverá a procesar. Desde el mes de agosto se inició un seguimiento a los reprocesos hasta octubre, se obtuvo el siguiente cuadro

Tabla n° 3.2

Costo de reproceso de agosto a setiembre

COSTO DE UN REPROCESOS DE AGOSTO-OCTUBRE							
Material	SAE	Agosto	Setiembre	Octubre	Total Kg	Precio material (\$)	Coto de Reproceso (S/.)
Bronce al	430	9	55	7	71	22.65	1562
	430A		12	15	27	24	648
Manganeso	430B	6	7	5	18	23	414
	620	5	27	68	100	20	2000
Bronce al Estaño	62	8	7	12	27	22	594
	65	25	6	12	43	20	860
	640	12	7		19	22	418
	63		4	5	9	23	207
Bronce al Plomo	660	24	18	22	64	18	1152
	66	18	25	12	55	17	935
	64	13	10	9	32	16.5	528
	67	22	27	21	70	16	1120
Bronce al	68A	2		3	5	22	110
	68B	3	4		7	24	168
Aluminio	701C	4		2	6	25	150
TOTAL DE COSTOS S/.							10866

Elaboración Propia (2017)

La tabla 3.2 nos da a conocer que se está dando un costo de reproceso en estos últimos meses de S/.10866, pero junto a este costo se tiene que agregar la mala imagen y los retrasos en las entregas, muchas veces nos ocasionan penalidades económicas y poner en velo futuros acuerdos comerciales.

3.7.4. ANALISIS CON LAS 7 HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Se tiene que recordar, primero, que en piezas fundidas, mayormente los defectos aparecen por que no se controla correctamente un proceso. El fundir una pieza es el conjunto de muchas operaciones; fusión, moldeado, enfriamiento, etc., y son operaciones difícil y en algunos imposibles tener un control sobre ello. El fundir una pieza es uno de los procesos de producción donde se ven más defectos en las piezas que en otros procesos

3.7.4.1. Recolección de datos-Hoja de verificación

Conociéndose con anterioridad el problema de las piezas, anomalías en el material, y sabiendo la complejidad de proceso de producción, se decidió hacer un seguimiento de los principales problemas que ocasionan, de una forma cuantitativa y cualitativa. Se toma 3 meses, desde agosto has octubre, para un análisis en el proceso productivo usando las 7 herramientas de la calidad. La primera fase, recolección de datos.

Junto la hoja de control de producción se maneja una hoja de control de piezas defectuosas, remarcando la clase de material y las clases de fallas que se van encontrando.


				CONTROL DE RECHAZO												
	Fecha	Operario	OT/Item	Descripción	Peso Kg.	SAE	Nºpiez.	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	observacion	
1																
2																
3																
4																
5																

Figura n° 3.17 Formato de Control de Rechazo

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

3.7.4.1.1 Resumen de resultados

Tabla n° 3.3

Resumen del reproceso en Kg de agosto-setiembre

Fallas por Material													
FALLAS MAS COMUNES	AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				TOTAL
	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sc/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sc/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sc/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg	
F1	7	21	18	4	19	25	32	4	13	33	23		199
F2	2	8	24	3	16	17	22		8	31	32	3	166
F3		6			8								14
F4-	2				25								27
F5		12	29	2	4	7	26		6	22	4	2	114
F6	4				2								6
F7		3	6			2				11	5		27
Total de reproceso. por material	15	50	77	9	74	51	80	4	27	97	64	5	553

Elaboración Propia (2017)

Como se muestra en el cuadro de resultados, se toma en cuenta el peso de las piezas defectuosas. Cuando el cliente hace un requerimiento de un repuesto y ellos mismo nos proporcionan los planos, dentro de todos los factores para una cotización, se hace un cálculo del peso teórico de la pieza, cual es el peso de la pieza terminada. Metalúrgica vulcano cuenta como perdida en reproceso el peso teórico por el precio de la clase de bronce. Se recuerda que una pieza puede pesar de 20 gramos hasta 400 kg, es la diversidad de piezas que se fabrican, se analizara mas adelante esta correlación Para la recolección de datos se pone mucho énfasis en la clase de material, la clase de falla y la solución inmediata que se da, ya que esta recolección de datos nos sirve como un archivo de antecedentes para soluciones futuras.

Con el fin de poder aminorar el número de piezas defectuosas, y no solo tener soluciones del momento, la tabla 3.3, es el primer paso de poder tener soluciones definitivas. Como se dijo en un momento, es casi imposible tener cero reprocesos en esta clase de proceso de manufactura, el de fundición, pero si hay muchos métodos que nos puede ayudar a disminuirlo.

3.7.4.2. Análisis del control de piezas defectuosas durante los 3 meses de evaluación –Gráfica de control

Tabla n° 3.4

Datos para análisis de control

Fecha	Piezas requeridas	Piezas rechazadas	Piezas liberadas	Proporción w	Desviación estándar	Límite superior (LCS)	Límite inferior (LCI)	Limite central
SEMANA 1	195	44	151	0.226	0.029	0.304	0.127	0.215
SEMANA 2	68	3	65	0.044	0.050	0.365	0.066	0.215
SEMANA 3	135	10	125	0.074	0.035	0.321	0.109	0.215
SEMANA 4	466	7	459	0.015	0.019	0.273	0.158	0.215
SEMANA 5	195	1	194	0.005	0.029	0.304	0.127	0.215
SEMANA 6	88	23	65	0.261	0.044	0.347	0.084	0.215
SEMANA 7	82	36	46	0.439	0.045	0.352	0.079	0.215
SEMANA 8	65	26	39	0.400	0.051	0.368	0.063	0.215
SEMANA 9	49	12	37	0.245	0.059	0.391	0.039	0.215
SEMANA 10	110	24	86	0.218	0.039	0.333	0.098	0.215
SEMANA 11	32	10	22	0.313	0.073	0.433	-0.002	0.215
SEMANA 12	21	6	15	0.286	0.090	0.484	-0.054	0.215
SEMANA 13	270	48	222	0.178	0.025	0.290	0.140	0.215
SEMANA 14	16	5	11	0.313	0.103	0.524	-0.093	0.215
Promedio	128			0.215				

Elaboración Propia (2017)

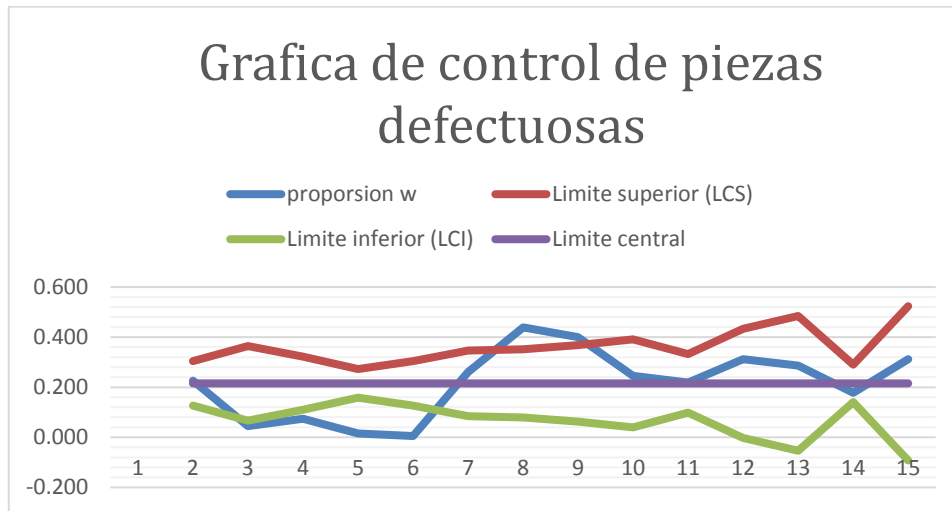


Figura n° 3.18 Gráfica de control de piezas defectuosos

Elaboración Propia (2017)

La gráfica nos refleja que no existe un control durante el proceso de producción. Las variaciones son muy altas entre el número de piezas defectuosas. También nos refleja que se tiene que hacer un control individual de cada pieza defectuosa, pruebas son independientes. Se hace recordar que se está evaluando las piezas de defectuosas, tabla n° 3.4, con una gráfica de control p. Y que el proceso que se está evaluando es casi imposible tener un control absoluto. También muestra que se necesita hacer una investigación y un seguimiento a los accionantes de los reprocesos y buscar la alternativa correcta para disminuir el índice de reproceso.

3.7.4.3. Cuáles son las causas más relevantes-diagrama de Pareto

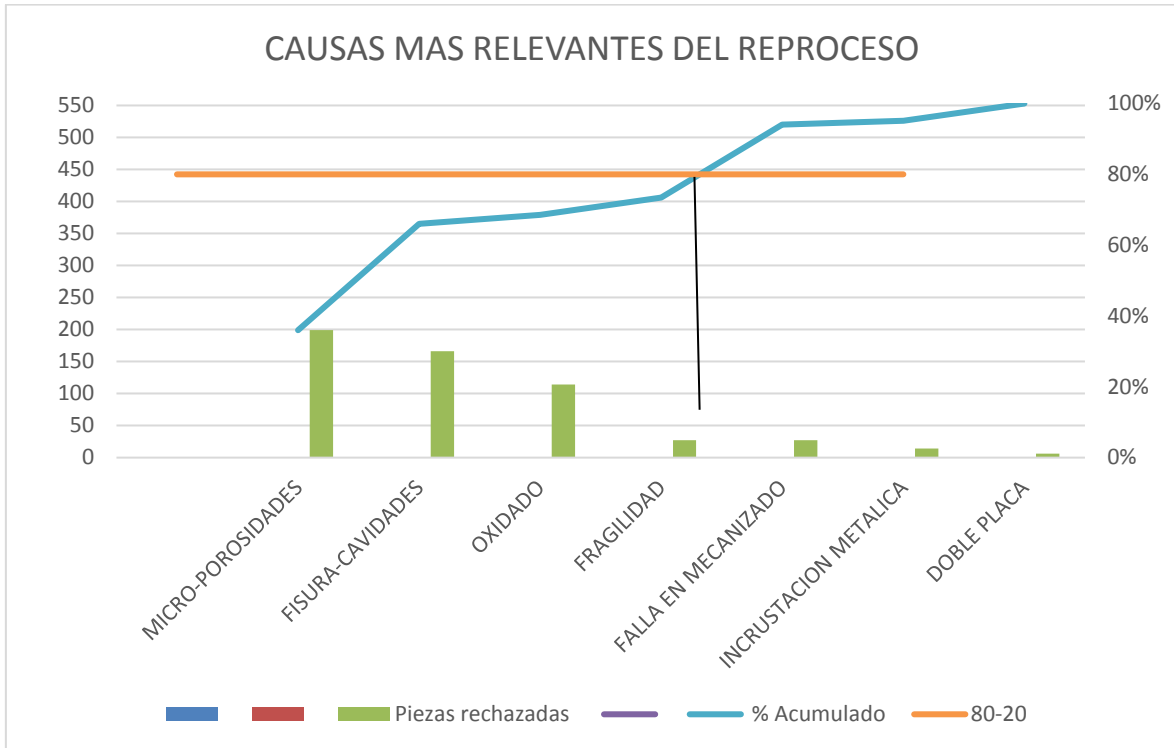


Figura n° 3.19 Causas mas relevantes del Reproceso

Elaboración Propia (2017)

Con la recolección y registro de datos, se pasa a analizar la hoja de recolección e indagar cuales fueron los problemas, defectos, más comunes en todo el historial de reproceso dentro del tiempo de análisis. En la tabla n° 3.1 se da a conocer los defectos más recurrentes en el registro. Aunque por experiencia existan más razones de reproceso, error en el costeo, error del cliente o una mala información en el plano, ellos no son muy recurrentes.

Seguidamente para analizar cuan significativo son cada uno de los defectos y con objetivo de dar solución, se pasa a analizar con un diagrama de Pareto para dar con los mayores efectos de ocurrencia y ellos serán nuestra prioridad a solución.

La figura n° 3.19 El diagrama de Pareto, nos muestra que el 80% de los defectos se deben a 4 defectos y ellos son:

1. Porosidades
2. Cavidades
3. Oxidación
4. Fragilidad

También refleja que los principales problemas de reproceso se dan por problemas de fundición, material. Serán los 4 defectos encontrados donde se tomara más énfasis para una solución de un 80% de los reprocesos. Y como se dijo anteriormente, el método de proceso de manufactura por fundición es de uno de los procesos más difíciles de controlar ya sean por el número de procesos que se conjugan, el proceso en sí es muchas veces imposible controlar.

3.7.4.4. Qué zona en el proceso productivo se está dando el mayor reproceso- diagrama de flujo

En metalúrgica vulcano a pesar que tiene como procesos productivos principales, el proceso de fundición y de mecanizado, en ellos se conjugan muchos subprocesos. El proceso productivo de fundición cuenta con muchos subprocesos, todos ellos se enlazan con la finalidad de tener un buen producto; una correcta carga, preparación de arena, preparación de molde, preparación del horno y el proceso de fusión en sí.

La Figura N°3.19, diagrama de flujo, con el análisis del diagrama de Pareto, se resalta que los mayores efectos de reproceso se da por la mala calidad del material, el proveedor interno de material es el área de fundición, las razones de la mala calidad se analizarán puntos más adelante, pero si se hace recordar que es esta área la que menos cambios, en tecnología, se ha dado a comparación con el área de mecanizado. Uno de los puntos a demostrar con este trabajo de investigación es demostrar que no hace falta hacer grandes compras y fuertes inversiones para dar productos de una calidad.

La Figura N°3.20, diagrama de flujo del proceso de fundición, se fijan los subprocesos que se tienen que indagar ya que son en estos puntos donde se encontrarían las causantes de los defectos en el material.

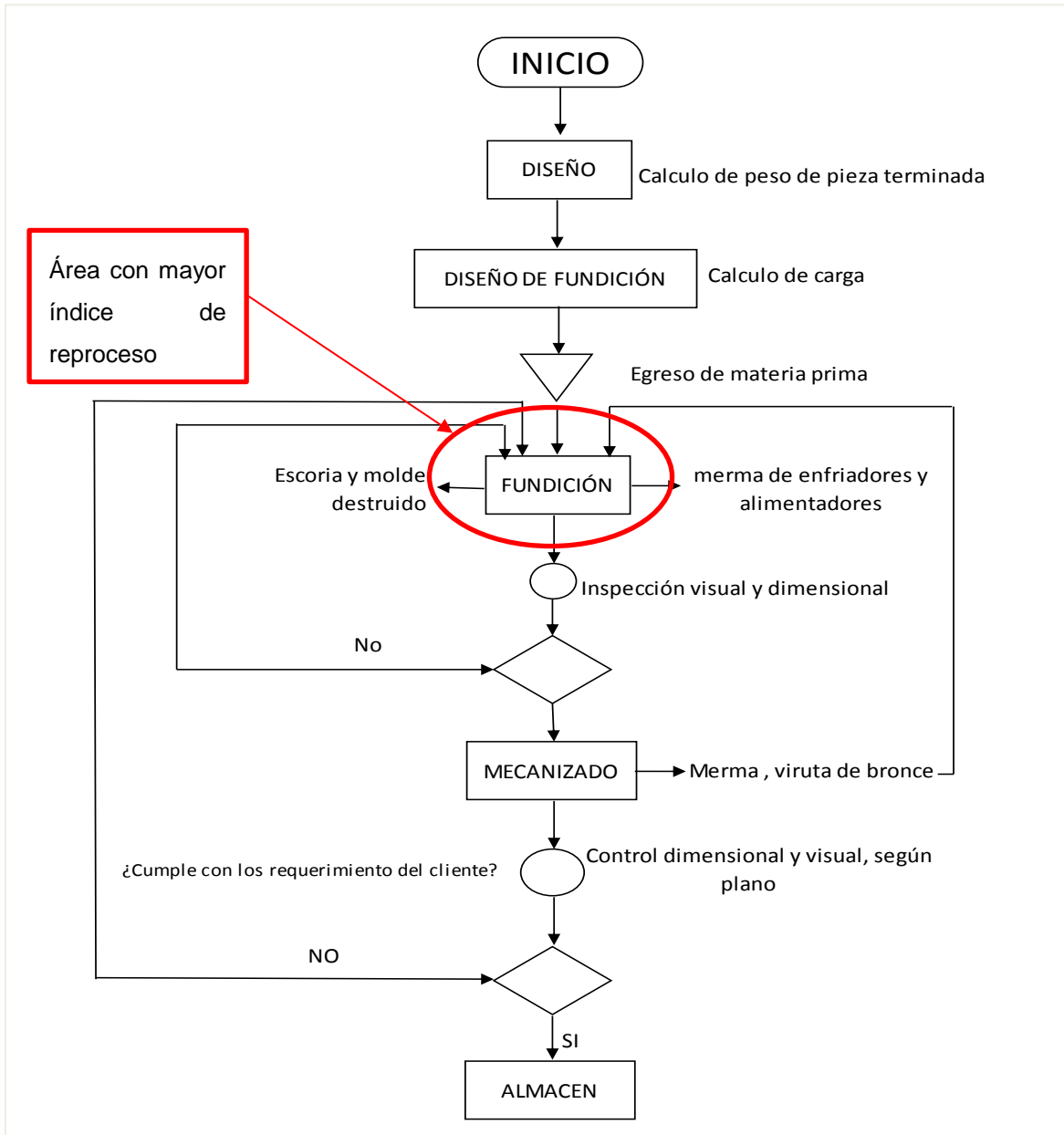


Figura n° 3.20 Diagrama de flujo del proceso productivo
 Elaboración Propia (2017)

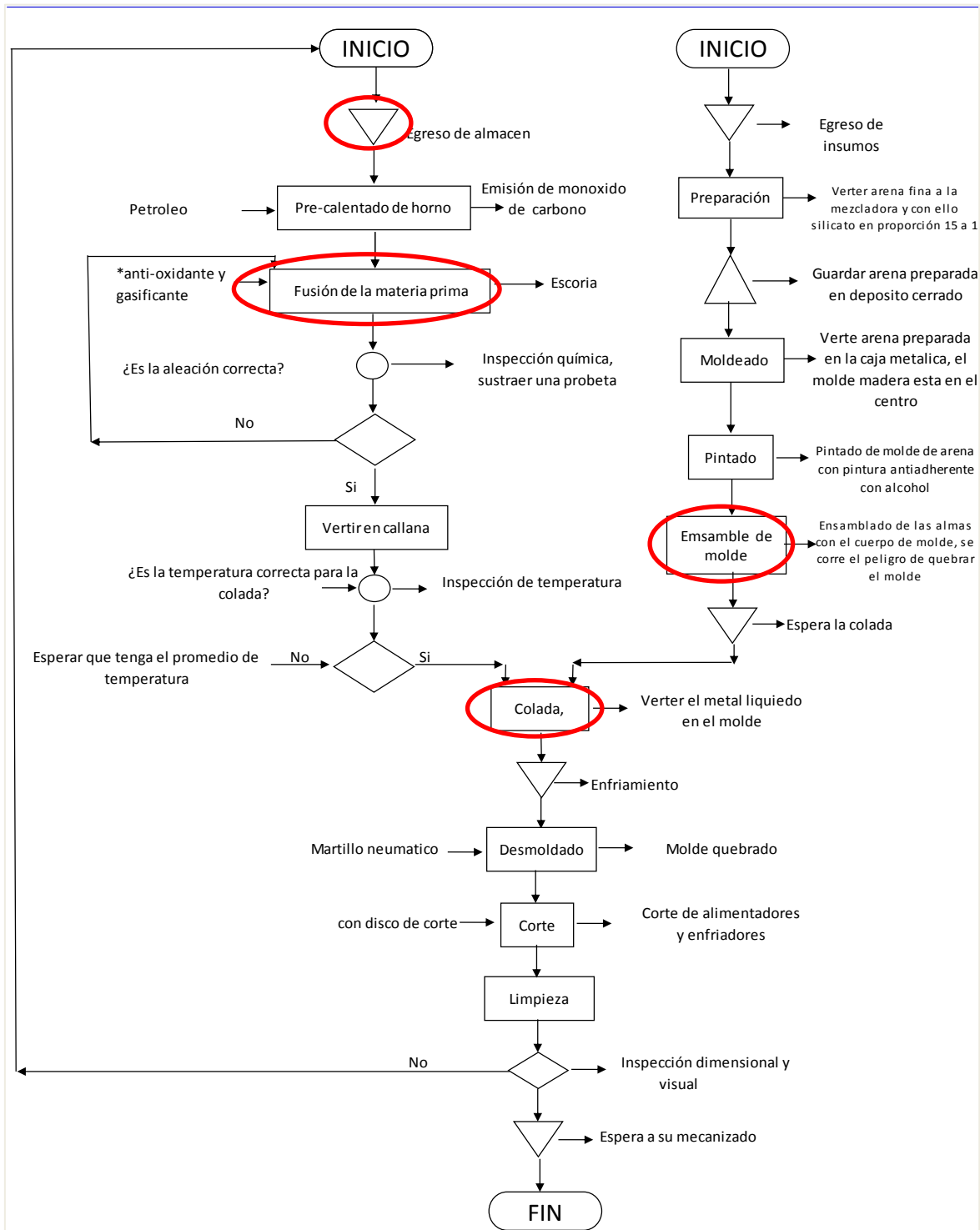


Figura n° 3.21 Diagrama de flujo de proceso productivo en fundición

Elaboración Propia (2017)

3.7.4.5. En que material se da la mayor frecuencia de reprocesos-Histograma

Para este punto se tomará en cuenta el material, se hace recordar que cada clase de bronce goza de una complejidad para su fabricación, ya sea en el diseño de molde, su proceso de fusión, etc.

Como se está dando a conocer en la herramienta anterior, los principales accionantes de reprocesos es la mala calidad del material y más directamente en el área de fundición. Para indagar más a profundidad se desea saber cuál va siendo el material que más se da un reproceso.

El cuadro que se muestra a continuación muestra en Kg, el material que a sufrido más rechazos durante los 3 meses de prueba teniendo como resultado el SAE 620 y seguidamente el SAE 67 y SAE 430.

Tabla n° 3.5

Datos para determinar que material se dan más rechazos

Reproceso según el material		
Material	SAE	TOTALES/ Kg.
Bronce al Manganeso	430	71
	430A	27
	430B	18
Bronce al Estaño	620	100
	62	27
	65	43
	640	19
	63	9
Bronce al Plomo	660	64
	66	55
	64	32
	67	70
Bronce al Aluminio	68A	5
	68B	7
	701C	6

Elaboración Propia (2017)

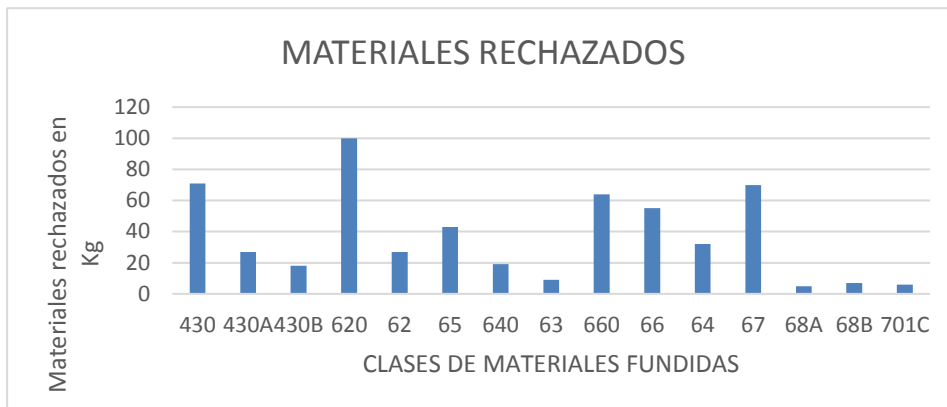


Figura n° 3.22 Histograma de materiales rechazados
Elaboración Propia (2017)

3.7.4.6. Análisis de las principales causas de los reprocesos-diagrama de causa-efecto.

Para este punto se examinará los defectos encontrados en el diagrama de Pareto, Figura N° 3.18, se analizara las causas raíz de cada defecto, y eso nos dará una mejor perspectiva para una posible solución. La captación de información se dio por observación del proceso y con entrevistas a los operarios e involucrados

1) Piezas con Porosidad

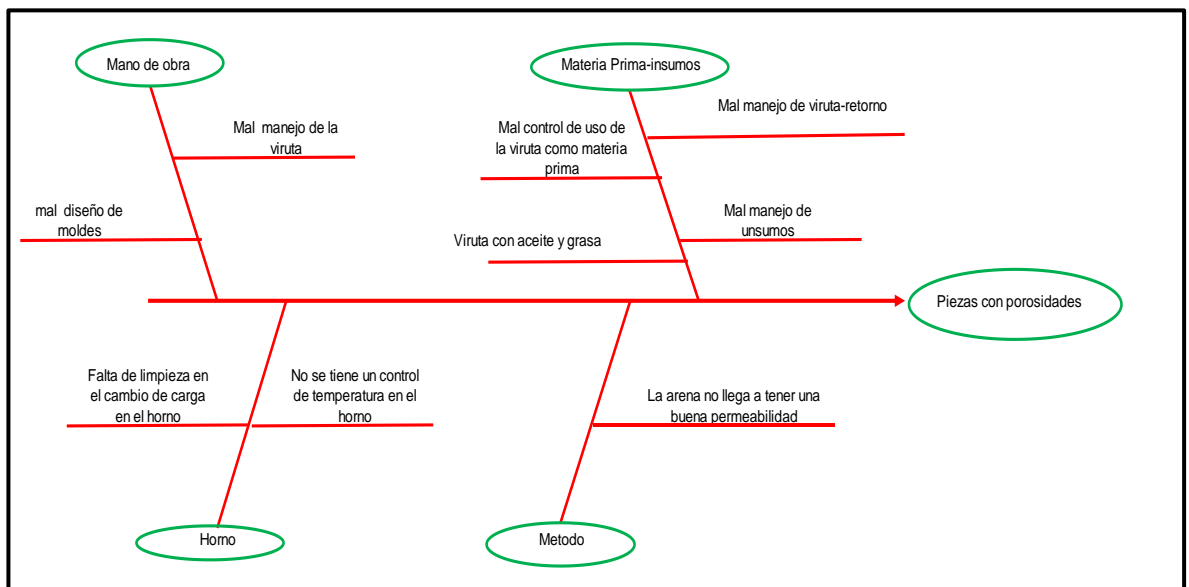


Figura n° 3.23 Diagrama de causa-efecto de piezas con porosidades
Elaboración Propia (2017)

Resumen de la Figura N°3.23

Tabla n° 3.6

Resumen de las principales accionantes para una pieza porosa

Principales efectos	Principales de causas	
Piezas con porosidad	Mano de Obra	Mal manejo de viruta
		Mal diseño de moldes de arena
	Materia prima- Insumos	Mal control de uso de viruta como materia prima
		Mal manejo de viruta-retorno
		Viruta contaminada con aceites y grasas
	Maquinaria- Horno	Mal manejo de insumos
		Falta de limpieza en el cambio de carga en el horno
	Método	Sin control de temperatura del horno en la fusión
		La arena no tiene una buena permeabilidad

Elaboración Propia (2017)

2) Piezas con cavidades

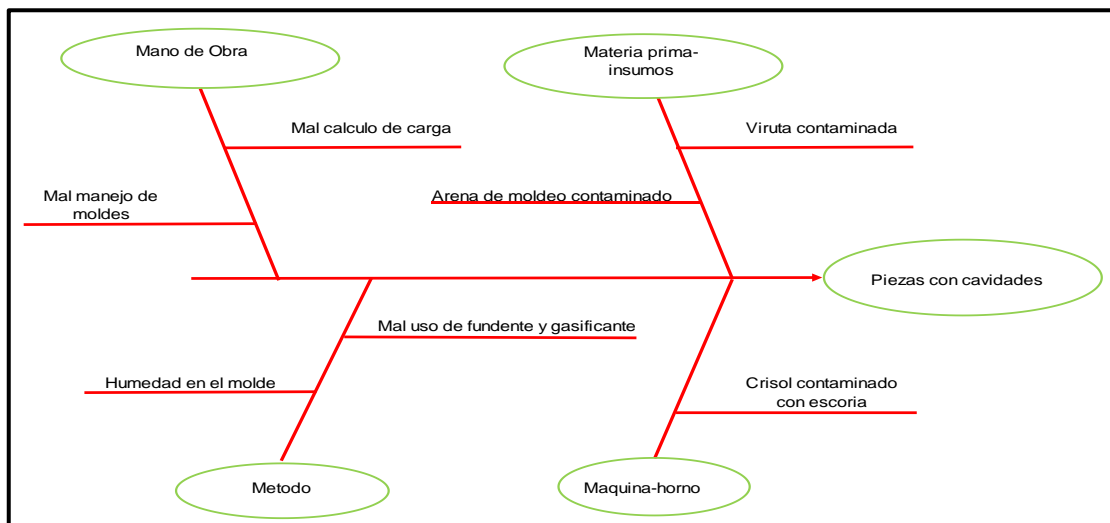


Figura n° 3.24 Diagrama causa-efecto de piezas con cavidades

Elaboración Propia (2017)

Resumen de la Figura N°3.24

Tabla n° 3.7

Resumen de los principales accionantes de las piezas con cavidades externas

Principales efectos	Principales de causas	
Piezas con cavidades en la parte exterior	Mano de Obra	Mal cálculo de carga
		Mal manejo de moldes
	Materia prima-Insumos	Viruta contaminada
		Arena de moldeo contaminado
	Método	Humedad en el molde de arena
		Mal uso del fundente- gasificante
Maquinaria-Horno	Crisol contaminado con escoria	

Elaboración Propia (2017)

3) Piezas Oxidadas

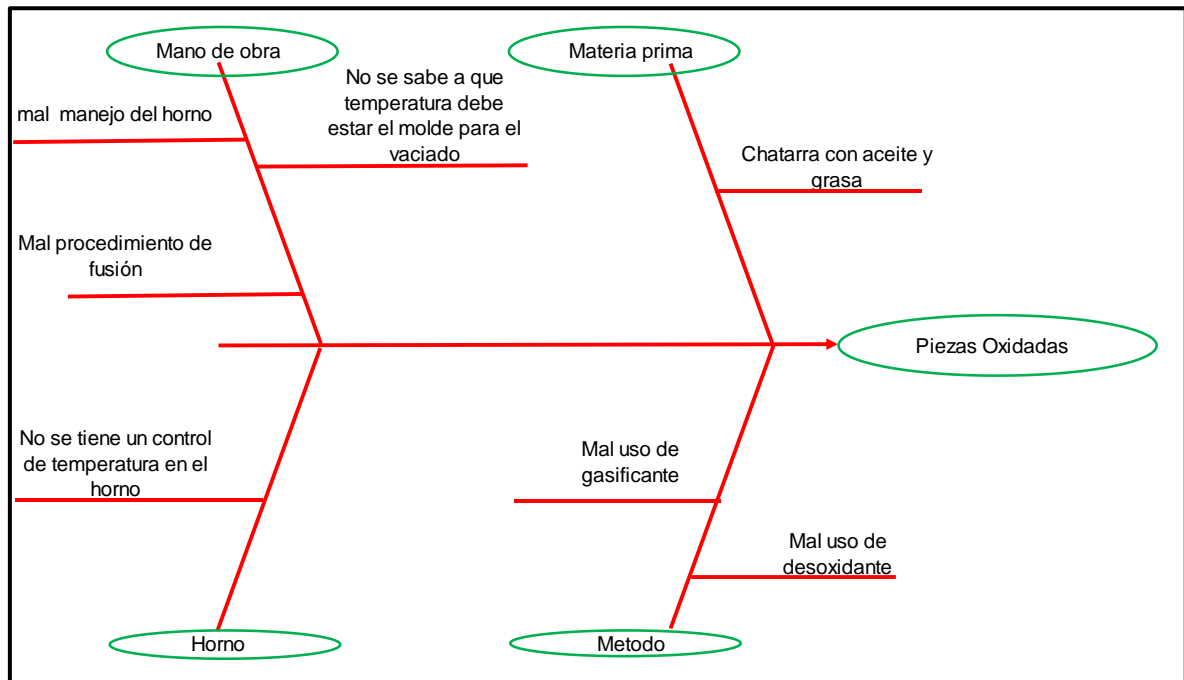


Figura n° 3.25 Diagrama causa- efecto de piezas oxidadas

Elaboración Propia (2017)

Resumen de la Figura.N°3.25

Tabla n° 3.8

Resumen de los accionantes para una pieza oxidada

Principales efectos	Principales de causas	
Piezas Oxidadas	Mano de Obra	Mal manejo del horno
		Desconocimiento de temperatura del molde para el vaciado
		Mal procedimiento en la fusión
	Materia prima-Insumos	Chatarra contaminada, con aceite y grasas
	Método	Mal uso de gasificante
		Mal uso de desoxidante
Maquinaria-Horno	No se tiene un control de temperatura del horno	

Elaboración Propia (2017)

4) Piezas con fragilidad

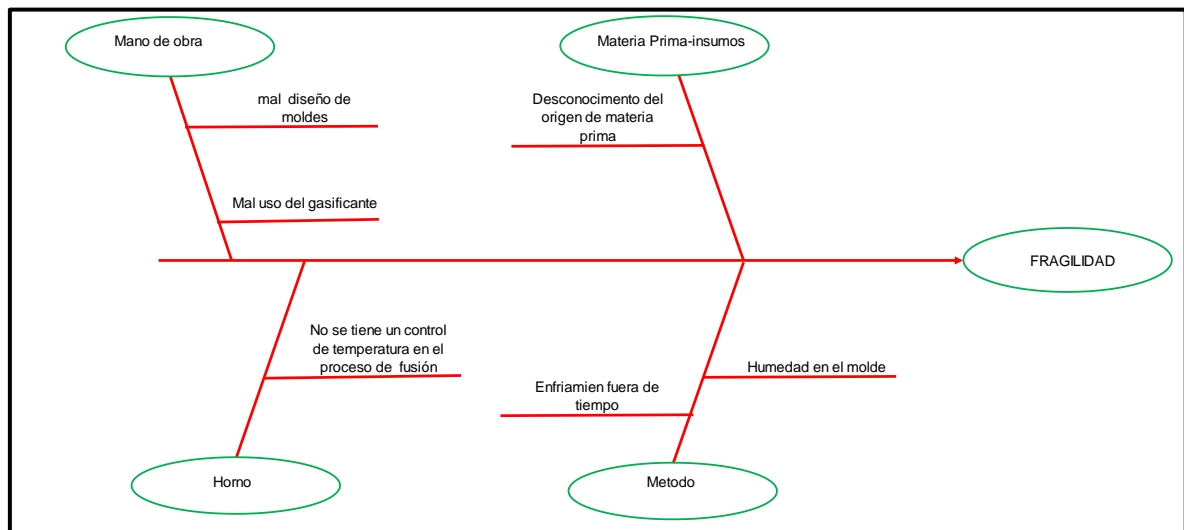


Figura n° 3.26 Diagrama de causa y efecto de piezas frágiles

Elaboración Propia (2017)

Resumen de la Figura N°3.26

Tabla n° 3.9

Resumen de los accionantes para una pieza frágil

Principales efectos	Principales de causas	
Piezas con fragilidad	Mano de Obra	Mal diseño de molde
		Mal uso del gasificante
	Materia prima-Insumos	Desconocimiento del origen de la materia prima
	Método	Enfriamiento fuera de tiempo
		Humedad en el molde
	Maquinaria-Horno	No se tiene un control de temperatura del horno

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Los diagramas de causa y efecto mostrados tienen puntos concluyentes que en ocasiones se repercuten. Y estos a su vez serán nuestro punto de partida para dar posibles soluciones.

3.7.4.7. Análisis de correlación del número de piezas defectuosas con el número de horas de sobretiempo- Diagrama de dispersión

Tabla n° 3.10

Datos para un análisis de correlación

Tiempo	N° de piezas rechazadas	N° de trabajadores	Horas Hombre (sobre tiempo)	Horas de sobre tiempo	Descripción
SEMANA 1	44	6	5	30	Una colada
SEMANA 2	3	3	2	6	Para desmolde
SEMANA 3	10	5	5	25	Desmolde y mecanizado
SEMANA 4	7	2	5	10	Fabricación de molde
SEMANA 5	1	3	5	15	Desmolde y mecanizado
SEMANA 6	23	4	5	20	Mecanizado y despachado
SEMANA 7	36	6	5	30	Una colada
SEMANA 8	26	3	5	15	Fabricación de molde
SEMANA 9	12	2	5	10	Mecanizado de pieza
SEMANA 10	24	4	3	12	Despachado de pieza
SEMANA 11	10	2	5	10	Mantenimiento al horno
SEMANA 12	6	2	2	4	Desmolde y de limpieza de pieza
SEMANA 13	48	6	2	12	Una colada
SEMANA 14	5	4	5	20	Moldeado y mecanizado

Elaboración Propia (2017)

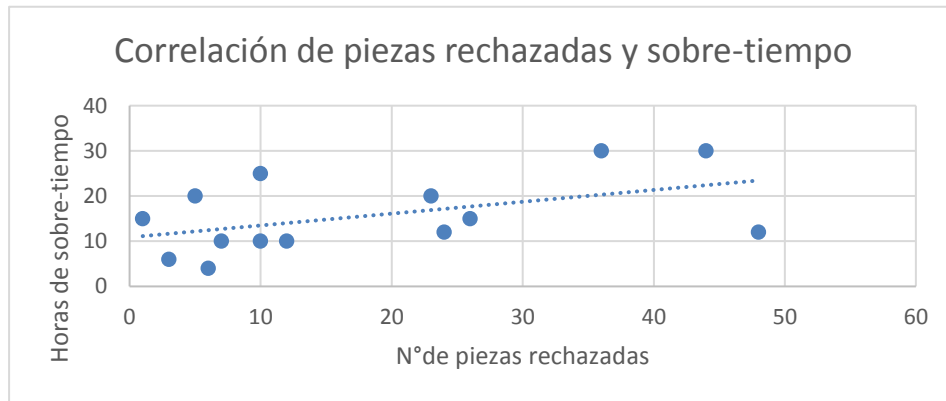


Figura n° 3.27 Correlación de piezas rechazadas y sobre-tiempo

Elaboración Propia (2017)

Como se observa, la línea de tendencia nos indica que hay una leve correlación entre las dos variables. Se tiene que ver también que un reproceso no significa necesariamente sobre tiempo para subsanar la pieza malograda. Ya que dentro de la programación de coladas (piezas a fundir) se puede aumentar la carga en otras piezas, para subsanar las piezas defectuosas, lo único que podría afectar, es el tiempo de moldeo y si se cuenta con la materia prima en stock. En la tabla n° 3.5 se da a conocer, en descripción, para que tarea necesariamente se dan los sobre tiempos.

3.7.5. Evaluación económica de las propuestas

Se procederá a evaluar si las propuestas son viables o no. Las propuestas tienen como objetivo disminuir los accionantes de los reprocesos.

El periodo que se toma para cada uno de las propuestas son cortos (meses), no aplicaría del TIR ya que estos se calcula de forma anual. La evaluación económica de este proyecto se basara en el análisis del valor actual neto (VAN) y el beneficio-costos (B/C).

Para el costo de oportunidad (COK) se tomara la tasa de rentabilidad actual de la empresa que es el 3% mensual.

1. Identificar los datos que conforman el costo, costo de toda actividad, equipo, accesorios, etc. El costo de todo lo que se necesita para llevar a cabo la propuesta de mejora
2. Identificar los beneficios que se obtendría, en este caso es el costo del reproceso que se subsanaría.
3. Calcular el flujo de caja
4. Calculo del VAM
5. Calculo de beneficio-costos (B/C)

Datos a tomar en cuenta

Costo total de un reproceso al mes es de S/. 3622

Tabla n° 3.11

Tabla de costo y participación de reprocesos en un mes

Propuestas	Costo de reprocesos mensuales	Participación en Reproceso
5s	S/. 1231.48	34%
Termómetro infrarrojo	S/. 615.74	17%
Capacitación	S/. 1086.6	30%
Política de inventario	S/. 688.18	19%
Costo de reproceso mensual	S/. 3622	100%

Elaboración Propia (2017)

3.7.5.1. Evaluación económica de la implementación 5 S´

Para la implementación de las 5 S´ se tomara en cuenta el costo de la capacitación, la misma que tendrá como responsable al Gerente de Operaciones, se consideraran los accesorios e implementos necesario; y como la capacitación se llevara a cabo en horas laborales, se tiene que considerarr las horas tomadas de producción para la capacitación. El costo de hora hombre (operario) es de S/.6.25 y la capacitación será llevada por 8 trabajadores; y la misma tendrá una duración de 10 horas (2.5 horas semanales)

Tabla n° 3.12

Tabla de costos de implementación de las 5 S´

Descripción	Costos
Capacitación y motivación personal	S/. 620
Implementos de limpieza, recipiente, rótulos	S/. 80
Horas hombres	S/. 500
Total de costos	S/. 1200

Elaboración Propia (2017)

Se cuenta como beneficio el costo de no implementar las 5 S´ mensuales, como se muestra en la Tabla N° 3.11 y se recalca en la Tabla N°3.13

Tabla n° 3.13

Tabla de beneficio

Descripción	Beneficio
La menor pérdida que obtendré implementando las 5 S´	S/. 1231.48

Elaboración Propia (2017)

En la Tabla N°3.14 se muestra una caja de flujo proyecto en meses

Tabla n° 3.11

Flujo de caja proyectado y análisis económico

Descripción	Meses				
	0	1	2	3	4
Costo total	S/. -1200				
Beneficio		S/. 1231.48	S/. 1231.48	S/. 1231.48	S/. 1231.48
Flujo de caja	S/. -1200	S/. 1231.48	S/. 1231.48	S/. 1231.48	S/. 1231.48
Flujo de caja acumulado	S/. -1200	S/. 31.48	S/. 1262.96	S/. 2494.44	S/. 3725.92
COK	3%				
Factor de descuento	1	0.970%	0.942%	0.915%	0.888%
VAN	S/. -1200	S/. 1195.61	S/. 1160.78	S/. 1126.97	S/. 1094.15
VAN COSTO	S/. -1200				
VAN Beneficio	S/. 3377.53234				
B/C	2.81				

Elaboración Propia (2017)

Los resultados mostrados en el VAN, B/C nos dicen que la propuesta de implementación es económicamente viable.

3.7.5.2. Evaluación económica de la propuesta de la adquisición de un termómetro infrarrojo laser

Esta propuesta se basa en la adquisición de un termómetro infrarrojo laser para el control de temperaturas en el proceso de fusión y proceso de moldeo.

Tabla n° 3.15

Tabla de costo de la propuesta

Descripción	Costos
Compra de Termómetro	S/. 750
Total de costos	S/. 750

Elaboración Propia (2017)

Se toma como beneficio, lo recuperado del reproceso.

Tabla n° 3.16

Tabla de beneficio

Descripción	Beneficio
La menor perdida que se obtendré adquiriendo un termómetro infrarrojo	S/. 615.74

Elaboración Propia (2017)

Por consiguiente se muestra el flujo de caja y la evaluación económica de la propuesta. Tabla N° 3.17.

Tabla n° 3.17

Flujo de caja y evaluación económica de la propuesta

Descripción	0	1	2	3	4
Costo total	-750				
Beneficio		615.74	615.74	615.74	615.74
Flujo de caja	-750	615.74	615.74	615.74	615.74
Flujo de caja acumulado	-750	-134.26	481.48	1097.22	1712.96

COK	3%				
Factor de descuento	1	0.97087379	0.94259591	0.91514166	0.88848705
VAN	-750	597.805825	580.394005	563.489325	547.077015
VAN COSTO	-750				
VAN Beneficio	1538.76617				
B/C	2.05				

Elaboración Propia (2017)

Como nos muestra los resultados en el VAN, B/C, esta propuesta es económicamente viable

3.7.5.3. Evaluación económica de la propuesta de capacitación a los operarios en fundición, manejo y diseño de moldes

Esta propuesta de capacitación al personal, será llevada por el gerente de operaciones, Ing. Metalúrgico, y se tocarán temas como manejo y diseño de moldes en arena, junto con los costos de logística, esta capacitación serán tomadas en horas laborales y se tomarán 8 horas para la capacitación y 14 personas entre operarios y ayudantes. Como se muestra en la tabla n° 3.18

Tabla n° 3.18

Tabla de costos para la capacitación

Descripción	Costos
Capacitación en proceso de Fundición	450
Separatas	40
Horas hombres 112 horas	700
Total de costos	1190

Elaboración Propia (2017)

Se cuenta como beneficio, el costo de no implementar esta propuesta.

Tabla n° 3.19

Tabla de beneficio

Descripción	Beneficio
La menor pérdida que obtendré capacitando al personal	1086.6

Elaboración Propia (2017)

En la tabla N° 3.20 se muestra el flujo de caja proyectado en meses y el análisis económico.

Tabla n° 3.20

Flujo de caja y análisis de la propuesta

Descripción	0	1	2	3	4
Costo total	-1190				
Beneficio		1086.6	1086.6	1086.6	1086.6
Flujo de caja	-1190	1086.6	1086.6	1086.6	1086.6
Flujo de caja acumulado	-1190	-103.4	983.2	2069.8	3156.4
<hr/>					
COK	3%				
Factor de descuento	1	0.97087379	0.94259591	0.91514166	0.91514166
VAN	-1190	1054.95146	1024.22471	994.392927	994.392927
VAN COSTO	-1190				
VAN	2877.96203				
B/C	2.42				

Elaboración Propia (2017)

Como se muestran los resultados en el VAN, B/C esta propuesta es económicamente viable.

3.7.5.4. Evaluación económica de la elaboración de política de inventario de insumos frecuentes.

Esta propuesta hace énfasis en adquirir el software Kardex para tener un mejor control de inventario de los principales insumos. La capacitación de este software será tomado por dos trabajadores y comprende de 7.5 horas, se recuerda que esta capacitación se tomarán en horas laborales. Y la hora hombre tiene un costo de S/.6.35

Tabla n° 3.21

Tabla de costo de la propuesta

Descripción	Costos
Compra de Kardex	S/.450
Capacitación en el software	S/. 250
Horas hombres 15 horas	S/. 95
Total de costos	S/. 795

Elaboración Propia (2017)

Se cuenta como beneficio, el costo de no implementar una política de inventario de insumos durante un mes como se muestra en la tabla N°3.11 y se recalca en la tabla N°3.22.

Tabla n° 3.22

Tabla de Beneficio

Descripción	Beneficio
La menor perdida que obtendría implementando una política de inventario	S/. 688.18

Elaboración Propia (2017)

La tabla N°3.23. nos muestra un flujo de caja proyectado en mese y análisis económico

Tabla n° 3.23

Flujo de caja

Descripción	0	1	2	3	4
Costo total	-795				
Beneficio		688.18	688.18	688.18	688.18
Flujo de caja	-795	688.18	688.18	688.18	688.18
Flujo de caja acumulado	-795	-106.82	581.36	1269.54	1957.72
COK	3%				
Factor de descuento	1	0.97087379	0.94259591	0.91514166	0.88848705
VAN	-795	668.135922	648.675653	629.782187	611.439017
VAN COSTO	-795				
VAN Beneficio	1763.03278				
B/C	2.22				

Elaboración Propia (2017)

Los resultados mostrados en el VAN, B/C, nos muestran que esta propuesta es económicamente viable.

Resumen de viabilidad de las propuestas

Con la evaluación económica de las propuestas, se demuestra que cada una de las propuestas son viables y sustentables a corto plazo, el gran apoyo que se está dando en la mayoría de propuestas es que se están asumiendo

capacitaciones por los mismos gerentes e ingenieros, ya que se encuentran debidamente capacitados. La tabla N° 5.14 muestra el resumen de viabilidad de las propuestas en cada indicador.

Tabla n° 3.24

Tabla de resumen de viabilidad de propuestas

	Propuesta N°1	Propuesta N°2	Propuesta N°3	Propuesta N°4
COK	3%	3%	3%	3%
VAN	1298.613366	939.1195253	1277.97178	1020.821782
B/C	2.81.	2.05	2.42	2.02

Elaboración Propia (2017)

Los VAN en positivo, la relación beneficio-costos sobre 1, como se dijo anteriormente las propuestas son viablemente económicas.

Durante el proceso de investigación que tuvo una duración de 3 meses, se tuvo una pérdida total de S/.10866, haciendo un promedio de pérdida mensual de S/.3622. Cada propuesta de mejora se basa en el porcentaje de participación en las pérdidas totales, como se muestra en la Tabla N°5.1 donde también se demuestra el costo beneficio de las propuestas.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo se detallará las propuestas de mejora que se darán con el fin de mejorar el proceso de fundición. Los análisis que se desarrollaron en el capítulo anterior nos proporcionaron información necesaria de los causantes. Se dará las siguientes propuestas

Principales efectos	Principales causas		Propuesta de mejora	Item
Piezas con porosidad	Mano de obra	Mal manejo de viruta-retorno	Implementación de las 5s	1
		Mal diseño de molde	Capacitación en moldeo	2
	Materia prima-insumos	Mal control el uso de merma como materia prima	Implementación de las 5s	3
		Mal manejo de viruta-retorno	Implementación de las 5s	4
		Viruta contaminada con aceites	Implementación de las 5s	5
		Mal en el manejo de insumo	Implementación de una Política de inventario	6
	Máquinaria-Horno	Falta de limpieza en el cambio de carga en el horno	Implementación de las 5s	7
		Sin control de temperatura en el proceso de fusión	Adquisición de termometro	8
	Metodo	La arena no tiene buen permeabilidad	Capacitación en moldeo	9
Piezas con cavidades	Mano de obra	Mal calculo de carga	Capacitación en moldeo	10
		Mal manejo de moldes	Capacitación en moldeo	11
	Materia prima-insumos	Viruta contaminada	Implementación de las 5s	12
		Arena de moldeo contaminado	implementación de las 5 S´	13
	Metodo	Humedad en el molde	Adquisición de termometro	14
		Mal uso de gasificante	Implementación de una Política de inventario	15
	Maquinaria-horno	Crisol contaminado con escoria	Implementación de las 5 S´	16
Piezas Oxidadas	Mano de obra	Mal manejo de horno	Capacitación en moldeo	17
		Desconocimiento de temperatura en el vaciado	Adquisición de termometro	18
		Mal procedimiento de fusión	Capacitación en moldeo	19
	Materia prima-	Chatarra contaminada, con aceites y grasas	Implementación de las 5 S´	20
	Metodo	Mal uso de gasificante	Implementación de una política de inventario	21
		Mal uso del desoxidante	Implementación de una Política de inventario	22
	Maquinaria-horno	No se tiene un control de temperatura en el proceso	Adquisición de termometro	23
Piezas con fragilidad	Mano de obra	Mal diseño de molde	Capacitación en moldeo	24
		Mal uso del gasificante	Implementación de una Política de inventario	25
	Materia prima-	Desconocimiento del origen de la materia prima	Implementación de las 5 S´	26
	Metodo	Enfriamiento brusco	Capacitación en moldeo	27
		Humedad en el molde	Capacitación en moldeo	28
	Maquinaria-horno	No se tiene un control de temperatura en el proceso	Adquisición de termometro	29

Figura n° 4.1 Propuestas de mejoras para el proceso de fundición

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Como se muestra en la figura n°4.1 existen 29 posibles accionantes de un reproceso, y cada uno de las propuestas estaría enfocada en subsanar las posibles causas, como se muestra en la tabla N°4.1

Tabla n° 4.1

Propuestas según su participación en el total de reproceso

Propuestas	Participación en Reproceso	N° de causa de reproceso
Implementación de las 5S	34%	10
Termómetro infrarrojo	17%	5
Capacitación	30%	9
Política de inventario	19%	5
	100%	29

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Resumen de las propuestas para las mejoras

Tabla n° 4.2

Propuestas de mejoras

Propuestas de Mejoras
Implementación de la metodología de las 5 S´
Desarrollo de una política de inventario de insumos
Propuesta de adquisición de un termómetro infrarrojo
Capacitación en proceso de fusión y moldeo en arena

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

4.1. Propuesta de implementación de las 5s en el área de producción.

Propuesta n°1

Uno de los puntos repetitivos, en las causas de defectos en las piezas, es el material contaminado más exactamente en la merma (viruta) contaminada con otros bronces. Esta viruta se obtiene de las maquinas herramientas durante el mecanizado. Hay bronces que se pueden combinar, pero otros no, los componentes de un bronce pueden actuar como contaminante en otros. Hay que agregar también la merma obtenida con el corte de los alimentadores y enfriadores, que se encuentran en el área de fundición. Es importante tener un control de la merma obtenido de lo que se

mecaniza y corta. Esta implementación se enfocaría directamente en el área de producción para tener un orden y limpieza para mejorar la calidad y tener entornos de trabajo productivo

4.1.1. Metodología para la implementación de las 5 S´

4.1.1.1. Formar un comité responsable de la implementación del sistema 5 S´

Establecer un grupo de personas encargadas de hacer coordinaciones necesarias para su implementación desde su planeación hasta su instauración. Serán las responsables de ver los recursos necesarios para para la implementación así como el diseño de cada una las etapas. Unos los pasos que debe establecer el grupo es el establecimiento de la política 5 S´, documento donde se verán las acciones que se llevarán a cabo para ejecutar ese sistema

4.1.1.2. Capacitación del personal del área de producción sobre el sistema 5 S´

Para poner en marcha la implementación de este nuevo sistema, el comité instaurado, debe difundir y capacitar al personal involucrado, producción. Dando a conocer sus características y los beneficios que provocarían tanto para la empresa como en el trabajador. Un punto importante en la capacitación es incentivar el compromiso en el personal.

4.1.1.3. Preparativos

Uno de los primeros pasos en la puesta en marcha es tener los recursos necesarios para la implementación, en la práctica. Tener áreas definidas, artículos de limpieza a la mano, implementos de clasificación (recipientes, rotulas). Unos de los puntos más importantes es tener registro del inicio y del final de la mejora, con imágenes.

Problemas a resolver	Acción correctiva	Nº de "S"	Responsable	Inicio de acción	Fin de acción

Figura n° 4.2 Planificación de acciones de las 5 S´

Fuente: Dorbessan (2006)

4.1.1.4. Aplicación de las herramientas

4.1.1.4.1 Clasificación

El bronce es un material reciclable, pero a la vez existen muchas clases de bronce, cada clase posee propiedades mecánicas, todo gira alrededor de donde y como trabaje el bronce. Para dar estas propiedades mecánicas a cada bronce se le combina con diferentes elementos durante la fundición. Cada clase de bronce tiene proporción exacta de elementos que lo conforman. Y algunos elementos al combinarse con otros elementos actúan como agentes contaminantes, afectando así la calidad del material.

Tabla n° 4.3

Clasificación de Materiales

Código	Material
SAE 430A	BRONCES AL MANGANESO
SAE 430B	
SAE 43	
SAE 620	BRONCES AL ESTAÑO
SAE 62	
SAE 65	
SAE 640	
SAE 63	
SAE 660	BRONCES AL PLOMO
SAE 66	
SAE 64	
SAE 67	
SAE 68A	BRONCES AL ALUMINIO
SAE 68B	
SAE 701C	

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

La clasificación se daría desde su concebimiento, con los operarios debidamente informados del material que se está fabricando. En el área de fundición los operarios empezarían rotulando la merma obtenida de los alimentadores y enfriadores de la pieza fundida, estas primeras mermas se depositaría en las bandejas debidamente rotuladas con el código de material. Ya en el área de mecanizado, el operario luego de mecanizar la pieza tiene que depositar la merma obtenida en el recipiente con su respectivo rotulado. En la tabla se muestra la clasificación de materiales

4.1.1.4.2 Orden

Con los depósitos debidamente rotulados según la clase de material, se tendría que colocar los depósitos en áreas debidamente remarcadas, para su fácil transporte e identificación. Se tiene en claro que se tendría que acondicionar un área cerca al área de fundición, debidamente cercada para que no se contamine con otros agentes, grasas, aceites, chatarra de acero, etc.

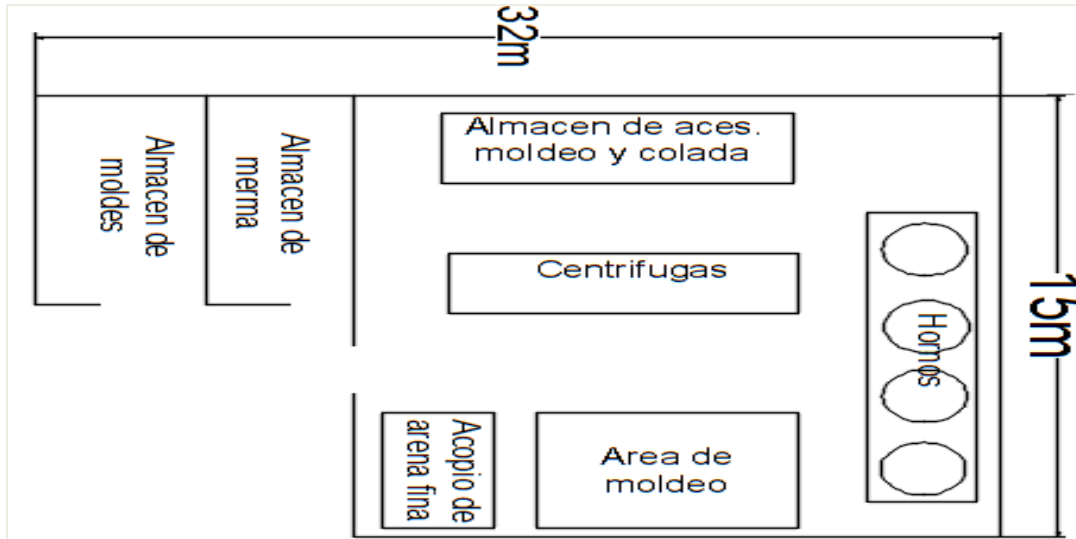


Figura n° 4.3 Layout del área de Fundición

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

4.1.1.4.3 Limpieza

Se tiene en claro que la limpieza se tendría en cuenta desde la clasificación de los materiales, exactamente en el área de mecanizado, ya que cada máquina empleada para la fabricación de una pieza en bronce, se tiene que limpiar debidamente para el maquinado de otra, más rigurosa la limpieza si es otra clase de material. El área asignada donde se encontraría los depósitos rotulados con la merma se tendría que encontrar constantemente limpio. Aparte que se tendría la materia debidamente cuidado de contaminantes, se estaría teniendo buenas condiciones en el área de trabajo creando un ambiente de trabajo más satisfactorio.

4.1.1.4.4 Estandarización

En esta etapa se busca mantener lo obtenido en las 3s' anteriores, se busca mantener el compromiso de los colaboradores para con las 5 s'. Es en esta etapa donde se pueden usar una técnica, la de señalización mediante colores, se tendría un control visual del cómo se está llevando

esta implementación, este control lo estaría llevando a cabo una sola persona para una mejor inspección

4.1.1.4.5 Mantener

Se debe tener la firmeza que las 5s´ estén debidamente establecidas, mantener las condiciones conseguidas y siempre con la visión de la mejora continua. Llevar un registro del cómo se van llevando la implementación y cuan responsables van siendo todos los responsables. El grupo establecido desde un principio tendrá que establecer una agenda de reuniones y auditorias donde se pueda discutir y verificar si se va cumpliendo con el objetivo, normas y procesos. Y poder ver los puntos que se pueda ir mejorando.

4.1.1.5. Impacto de las 5 S´

La implementación de las 5 S´ no solo se vería reflejado en la disminución de las piezas defectuosas por material contaminado, si no también se daría un mejor ambiente de trabajo, más seguro, mayor productividad, tendría un impacto en los colaboradores, ya que ellos mismo lo pueden implementar en su vida personal y familiar. El impacto sería algo general, para como personas, profesional e organizacional.

4.2. Desarrollo de una política de inventario de insumos más frecuentes

Una política de inventario es el nivel de existencia de insumos económicamente conveniente

El proceso de fusión cuenta con una serie de insumos, de uso continuo, de vital importancia para la fabricación del bronce.

Metodología de implementación

La metodología que se usará para el desarrollo de una política de inventario de materiales más frecuentes será, el Análisis ABC

Insumos	Demanda semanal-estimada	Unid. De medida	Precio S/.	Costo semanal	Suma acumulada	%	% Acumulado	ABC
Silicato	90	Litros	9	810.00	810.00	40%	40%	A
Fundente	20	Kg	15	300.00	1110.00	15%	55%	A
Gasificante	22	Unidades	13	286.00	1396.00	14%	69%	A
Arena	1500	Kg	0.15	225.00	1621.00	11%	81%	B
Pintura	7.5	Kg	24	180.00	1801.00	9%	90%	B
Alcohol	20	Litros	9	180.00	1981.00	9%	99%	B
Cobre fosforos	2.5	Kg	12	30.00	2011.00	1%	100%	C
Total				2011.00				

Figura n° 4.4 Listado de insumos de mayor rotación

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Valorización del inventario		
Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
80%	15%	5%

Figura n° 4.5 Valoración del inventario

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

El empleo de esta metodología busca un abastecimiento continuo de insumos requeridos para el proceso de fundición.

Las cantidades en los usos semanales mostradas en la figura N°4.2, es un estimado, ya que no se tiene una producción remarcada en la semana.

Por ser productos de primera necesidad para la producción, los tiempos de entrega son inmediatos aminorando el costo de almacenaje.

Calculo de EOQ (cantidad económica de pedido)

$$Q_{opt} = \frac{\sqrt{2SD}}{iC}$$

Figura n° 4.6 Formula de cantidad optima

Elaboración Propia (2017)

Datos:

- 1) Costo de preparación de pedido(S): Tomaremos como dato el sueldo por hora del empleado que atiende nuestro pedido, S/.3.5
- 2) Demanda anual del producto (D): Teniendo como base la demanda semanal, se multiplicaría por 52 semanas que trae el año.
- 3) Costo de posesión de inventario (iC): Metalúrgica Vulcano, cuenta como costo de posesión de inventario el 18% de costo del insumo. La figura N°4.6, muestra el cálculo de Q.

Insumos	Días laborales	Demanda diaria	Demanda anual-D	S	Precio-P	iC-18% de P	Q
Silicato	288	15	4320	3.5	9	1.62	137
Fundente	288	3	960	3.5	15	2.7	50
Gasificante	288	4	1056	3.5	13	2.34	56

Figura n° 4.7 Calculo de Q

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Con el resultado de Q, se procederá el cálculo del tiempo de requerimiento, sus resultados se ven en la figura N°4.5

Insumos	D	Q	T años= Q/D	Tx12= T meses	Tmeses*4=T semanales	Interpretación
Silicato	4320	137	0.03162639	0.3795167	2	Cada 2 semanas hacer un pedido
Fundente	960	50	0.05196746	0.62360956	2	Cada 2 semanas hacer un pedido
Gasificante	1056	56	0.0532242	0.63869039	3	Cada 3semanas hacer un pedido

Figura n° 4.8 Calculo del tiempo de requerimiento

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

4.3. Propuesta de adquisición de un termómetro infrarrojo

4.3.1. Problema

Uno de los grandes problemas a resolver es la temperatura durante la fusión. El procedimiento de fusión no se nos permite tener un control sobre la temperatura que se tiene durante la fusión, solo se tiene como referencia el color de llama durante la fusión. La llama se controla con ajustes de salida del aire y del combustible (aceite quemado). En los diagramas de causa-efecto del capítulo 3 se mostraron las consecuencias, sobre el material, de no tener un control sobre la temperatura

4.3.2. Solución

Se dará una propuesta en adquirir un termómetro infrarrojo PCE-779N con una capacidad para medir de -64°C a 1400°C , se hace recordar que la llama alcanzaría una temperatura máxima de 1300°C . La principal característica de un termómetro infrarrojo es que no es necesario tener un contacto con el material fundido o con la llama.



Figura n° 4.9 Termómetro Infrarrojo PCE-779N

Fuente: adaptado de PCE Instrument. com (2017)

Elaboración Propia (2017)

Especificaciones técnicas

	Infrarrojo	Termoelemento
Rango	-60 ... +760 °C	-64 ... +1400 °C
Precisión (objeto = 15 ... 35 °C) (ambiental = 25 °C)	±1 °C	±1 % del valor o ±1 °C (válido el valor superior) (Medición con una temp. ambiental de 25 °C)
Precisión (ambiental = 23 ±3 °C)	objeto = -60 ... 0 °C ±(2 + 0,05/°C), objeto = 0 ... 760 °C ±2 % del valor o ±2 °C (válido el valor superior)	±1 % del valor o ±1 °C (válido el valor superior) (Medición con una temp. ambiental de 23 ±6 °C)

Figura n° 4.10. Especificaciones de un termómetro Infrarrojo PCE-779N

Fuente: adaptado de PCE Instrument. com (2017)

Elaboración Propia (2017)

4.4. Propuesta de un plan de capacitación

Como se dio a conocer en el capítulo anterior, uno de los principales problema es el desconocimiento de los operarios para con lo que son los procesos de fundición, la importancia de cada uno de los subprocesos que lo conforma. Uno de los principales razones es que el 30% de los accionantes de los reprocesos es por desconocimiento de la importancia de los subprocesos; preparación de molde, proceso de fusión. Debido a esto se plantea a proponer un plan de capacitación.

4.4.1. Justificación

La actividad principal en una empresa, es el proceso de producción y su principal recurso es su personal. Pero todo esto tiene la finalidad, la de satisfacer a un cliente; dándoles productos bien elaborados y que cumplan los tiempos de entrega. En los últimos 3 meses se hizo una investigación de los reprocesos con el fin de encontrar sus accionantes. Se tuvo como respuesta que el 30% de los reprocesos se debe a un mal procedimiento en la elaboración de moldes, y el desconocimiento de los cuidados que se debe tener en el proceso de fusión. El proceso de manufactura por fundición es uno de los proceso donde más se dan reprocesos, el querer tener al 100% subsanado los reprocesos es imposible, pero si tener un personal más consiente de

la importancia de su trabajo para con la calidad del producto, ayudaría a disminuir ese 30%.

4.4.2. Alcance

La capacitación se aplicara a los trabajadores del área de fundición, en los operarios y ayudantes

4.4.3. Objetivos del plan de capacitación

4.4.3.1. Objetivo general

- Preparar al personal en general, técnicos y ayudante, en una correcta ejecución del lineamiento de los subprocesos que conforman el proceso de fundición.
- Establecer parámetros para un correcto proceso de fabricación en el área de fundición

4.4.3.2. Objetivos específicos

- Mostrar alternativas para con el diseño de moldes
- Mostrar técnicas para la fabricación de moldes en arena
- Establecer lineamientos correctos para el proceso de fusión
- Establecer parámetros de seguridad en el proceso de fundición

4.4.4. Meta

- Capacitar al 100% del personal de producción del área de fundición

4.4.5. Duración

- Tendrá una duración de 8 horas que se llevaran a cabo en 4 semanas durante un mes. Y se dará en horas laborales

4.4.6. Costo

Esta capacitación estará a cargo por el Gerente de Operaciones, ing. Metalúrgico, y tendrá la sala de reuniones como establecimiento para la capacitación. Estos puntos reducirán los costos. Dándose los siguientes costos. Serán 14 personas entre técnicos y ayudantes las que serán capacitadas.

Tabla n° 4.4

Costo de capacitación

Descripción	Costos
Capacitación en Fundición	S/. 450
Separatas	S/. 40
Horas hombres 112 horas	S/. 700
Total de costos	S/. 1190

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

4.4.7. Cronograma

Actividades	Mes-Enero																																		
	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31												
Diseño de moldes																																			
Técnicas y manejo de moldes																																			
Lineamiento para una correcta fusión																																			
Seguridad en el proceso de fundición																																			

Figura n° 4.11 *Cronograma de capacitación*

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

CONCLUSIONES

- 1) Se logró supervisar y recolectar datos de los principales accionantes a través de uso de la hoja de verificación.
- 2) Mediante el uso de una gráfica de control, se observó que no se tiene un control de las piezas defectuosas, ya que cada producción, cada pieza es única. Y cada una de ellas lleva su propio control.
- 3) Se identificó las causas más relevantes de los reproceso a través del uso del diagrama de Pareto.
- 4) Fue posible a través de un diagrama de flujo identificar el proceso productivo de mayor índice de reprocesos.
- 5) Se logró identificar qué clase de bronce sufre la mayor cantidad de reprocesos. Siendo el SAE 620, esto se debería a que tiene más elementos en su composición química, y si no se tiene un control correcto, se puede alterar dichos elementos.
- 6) Con el diagrama de Ishikawa se logró identificar las posibles causas de los reprocesos.
- 7) Fue posible observar una ligera correlación entre las piezas rechazadas y el sobre tiempo en horas hombre. Esta ligereza se debe, a que se puede subsanar una pieza malograda aumentando la carga de otra pieza, solo tiene que ser la misma aleación.
- 8) La evaluación económica de las propuestas demostraron la viabilidad económica, con el VAN positivo y con un promedio de B/C de 2.0, quiere decir que se puede recuperar lo perdido en un reproceso en 2 meses.

RECOMENDACIONES

- 1) A la Gerencia se le sugiere evaluar y considerar las propuestas mostradas, como se vio, los resultados se verán en corto tiempo y son económicamente rentables. El hecho de tomar horas de producción para la capacitación no implica que sean horas perdidas, son horas invertidas. El principal apoyo que se debe tener es de la gerencia.
- 2) A la jefatura se les recomienda tener más participación, las propuestas están dirigidos a los operarios, pero la participación de los jefes será un aporte moral para con los trabajadores.
- 3) Al personal se sugiere el compromiso para con cada una de las propuestas, las propuestas van dirigido a los operarios directamente. Es el personal que nos darán las pautas para mejorar cada propuesta, siempre tener una mejora continua.
- 4) La implementación de las propuestas no debe interrumpir la producción, salvo las horas tomadas para las capacitaciones

REFERENCIAS

- James R.Evans. & William M.Lindsay (2008). *Administración y control de calidad*. (7ma edición). Mexico. Cengagen Learning.
- Gerardo Gabriel Alfaro Calderón (2009). *Administración para la calidad total*. Mexico. Facultad de ingeniería.
- M. Marín Vinuesa & Ruiz-Olalla Corcuera M. (2008) Calidad y su relación con los indicadores no financieros de control. *Investigaciones Europeas*. vol.14. pp.1-21
- E. Diz & Rodríguez N. (2010). La mejora de la calidad de los servicios a través de su medición. *Industria data*. Vol.13. pp. 1-9
- V. Vargas (2017). Propuesta de mejora en el sistema productivo de la línea de mocasín para reducir los costos en la empresa Shoes Export Moretti S.A.C (Tesis de Titulo). Universidad Privada del Norte. Trujillo-Perú
- J. Cabezas (2017). *Análisis y propuesta de mejora del proceso de producción en planta de acería de una empresa manufacturera mediante el uso de herramientas de calidad* (Tesis de título). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima –Perú.
- L. Chávez & Inoñan O (2014) *Propuesta de mejora de los procesos operativos de la empresa de confecciones Diankris*. (Tesis de Titulo). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Perú.
- P. Cevallos (2017). *Análisis y reducción de reprocesos y desperdicios en la línea de producción de la empresa Fruconsa* (Tesis de Titulo). Pontifica Universidad católica del Ecuador-Matriz. Ecuador
- C. Sarmiento (2011). *Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de la panela en la hacienda la capilla por medio de herramientas de ingeniería industrial*. (Tesis de Titulo). Pontificia Universidad Javeriana. Colombia
- A. Colomo (2009). *Mejora y estandarización del proceso de producción, en una empresa productora de envases plásticos* (Tesis de Titulo). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- R. Carro & Gonzales D. (2012) Sistema de producción y operaciones. *Administración de las Operaciones*. Pp. 1-28
- Y. Tome(2006). Manual de procedimiento para tratamientos térmicos de la empresa industrias varias –INAVAL. (Tesis de bachiller). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
- A. Berlinches (2004) *Calidad*. (6ta edición). Mexico. Thomson.
- H. Gutiérrez & R. Salazar (2016). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. Mexico. Mc Graw Hill.
- H. Gutiérrez (2014) *Calidad y Productividad*. (4ta edición). Mexico. Mc Graw Hill.
- E. Escalante (2014). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. Mexico. Limusa
- I.Soret & M. Obesso(2013). *Gestión de calidad*. España. Esic
- M. Groover (2014). *Introducción a los proceso de manufactura*. Mexico. Mc Graw Hill
- H. Maguiña (2013). Mejora en los proceso de una empresa fabricante de máquinas de automatización (Tesis de Titulo). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú
- D. Marín (2004) *Manual de mecánica industrial*. España. Cultura
- H. Appold & Feiler K. (1984) *Tecnología de los Metales*. Alemania. Reverté

ANEXOS

Anexo n° 1 Control de fallas por material.....	106
Anexo n° 2 Imágenes horno a combustión	107
Anexo n° 3 Imagen de Pieza recién desmoldada	108
Anexo n° 4 Imagen de pieza acabada	109
Anexo n° 5 Imagen de proceso de colada en molde metálico	110
Anexo n° 6 Tabla de aleaciones y especificaciones técnicas de cada clase de bronce ..	111
Anexo n° 7 Área de acopio de los recipientes con retorno	112
Anexo n° 8 Imagen de torno con viruta (retorno)	113

Anexo n° 1 Control de fallas por material

FALLAS MAS COMUNES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				TOTAL		
	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sn/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sn/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg	Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sn/Kg	Bronce al Pb/Kg	Bronce al Al/Kg		Bronce al Mn/Kg	Bronce al Sn/Kg
F-1 MICRO-POROSIDADES	7	21	18	4	19	25	32	4	13	33	23				199
F-2 FISURA-CANIDADES	2	8	24	3	16	17	22		8	31	32	3			166
F-3 INCRUSTACION METALICA		6			8										14
F-4 FRAGILIDAD	2				25										27
F-5 OXIDADO		12	29	2	4	7	26		6	22	4	2			114
F-6 DOBLE PLACA	4				2										6
F-7 FALLA EN MECANIZADO		3	6			2				11	5				27
Total de reproc. por material	15	50	77	9	74	51	80	4	27	97	64	5			553

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 2 Imágenes horno a combustión



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 3 Imagen de Pieza recién desmoldada



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 4 Imagen de pieza acabada



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 5 Imagen de proceso de colada en molde metálico



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 6 Tabla de aleaciones y especificaciones técnicas de cada clase de bronce

ALEACIONES Y ESPECIFICACIONES TECNICAS																	
GRUPO	CODIGO VULCANO	NORMAS TECNICAS REF.				PROPIEDADES MECANICAS			PROPIEDADES FISICAS			CONDICIONES TÍPICAS DE USO COMO BUE					
		ASTM	UNS	SAE	DEM	Resist. Tracción (MPa)	Limite de Fluencia (MPa)	Alargam. %	Conduct. Térmica (W/mK)	Coef. de Exp. Térmica (10 ⁻⁶ /°C)	C. de Exp. a 100°C	Temperatura (°C)	Resistencia a la Corrosión	Resistencia a la Fatiga	Resistencia al Impacto	Resistencia al Abrasion	
COBRE	VC-119	C 11300	-	7050 Cu-30	215	7,0	25	87	228	16,0	10,0	-	200	-	-	-	
	B 187	C 11300	-	7050 Cu-30	215	7,0	25	87	228	16,0	10,0	-	200	-	-	-	
LATON	VL-836	B 271 B 584	C 83600	40	7700 Cu-30Zn	211	9,0	30	60	41,0	12	15	100 200	180	2700 2700	Medio	Normal
	VL-854	B 505	C 85400	41	7700 Cu-30Zn	211	7,0	30	60	41,0	12,0	10	100 200	180	2700 2700	-	-
BRONCES AL MANGANESO	VM-862	B 271	C 86200	430 A	1700 Cu-20Mn	41,0	21,0	18	160	30,0	12	8	400 600	200	4300 4300	Baja	Facilita
	VM-863	B 584	C 86200	430 B	1700 Cu-20Mn	41,0	40,0	12	225	30,0	12	8	400 600	200	4300 4300	Baja	Facilita
	VM-865	B 505	C 86500	43	1700 Cu-20Mn	41,0	17,0	20	130	40,0	11,0	22	300 400	200	4300 4300	Medio	Facilita
BRONCES AL SILICIO	VS-872	B 271 B 584	C 87200	-	-	31,0	11,0	30	60	16,0	-	6	300 400	200	3810	-	-
	VS-874	B 505	C 87400	-	-	30,0	14,0	18	70	16	-	6,0	300 400	200	3810	-	-
BRONCES AL ESTAÑO (POSPOLIO)	VE-903	B 271	C 90300	630	-	28,0	12,0	20	30	42,0	10	12	300 400	230	3610 3610	Baja	Normal
	VE-905	B 427	C 90500	62	1700 Cu-10Sn	28,0	12,0	10	35	42,0	11	11	300 400	230	3610 3610	Baja	Facilita
	VE-907	B 271 B 427	C 90700	65	1700 Cu-8Sn	24,0	11,0	10	60	40,0	10,0	10	300 400	230	3610 3610	Baja	Facilita
	VE-909	B 584	C 90900	-	1700 Cu-8Sn	26,0	16,0	15	60	-	-	-	300 400	230	3610 3610	Baja	Facilita
	VE-925	B 505	C 92500	640	1700 Cu-20Sn	24,0	12,0	10	60	-	-	-	300 400	230	3610 3610	Baja	Facilita
	VE-927	B 505	C 92700	63	-	24,0	12,0	8	77	27,0	10	11	300 400	230	3610 3610	Baja	Normal
BRONCES AL ALUMINIO (AMIPRODIO)	VP-932	B 271	C 93200	680	1700 Cu-7Al	21,0	9,0	15	60	32,0	10	12	240 300	170	3610 3610	Alta	Normal
	VP-935	B 584	C 93500	65	1710 Cu-7Al	19,0	9,0	12	60	40,0	9,0	15	240 300	170	3610 3610	Medio	Normal
	VP-937	B 47	C 93700	64	1710 Cu-7Al	21,0	9,0	15	60	27,0	10,0	10	240 300	170	3610 3610	Alta	Normal
	VP-938	B 505	C 93800	67	1710 Cu-7Al	17,0	9,0	12	60	30,0	10,0	11	240 300	170	3610 3610	Medio	Normal
	VP-941	B 505	C 94100	-	1710 Cu-7Al	17,0	11,0	7	40	-	-	-	240 300	170	3610 3610	Medio	Normal
BRONCES AL ALUMINIO	VA-952	B 271 B 148	C 95200	68A	1710 Cu-8Al	40,0	17,0	20	110	26,0	9	11	300 400	300	7300 10150	Baja	Facilita
	VA-953	B 783	C 95300	680	1710 Cu-8Al	40,0	17,0	12	140	26,0	9	13	300 400	300	7300 10150	Baja	Facilita
	VA-955	B 505	C 95500	701C	1710 Cu-8Al	60,0	26,0	5	160	24,0	9	8	300 400	300	7300 10150	Baja	Facilita
	VA-958	B 505	C 95800	-	1710 Cu-8Al	60,0	26,0	15	160	20,0	9	7	300 400	300	7300 10150	Baja	Facilita
CROMO-NIQUEL	VN-994	B 783	C 99400	-	-	42,0	21,0	30	125	-	-	16,0	300 400	300	7300 10150	-	-
	VN-997	B 783	C 99700	-	-	30,0	17,0	15	110	-	-	16,0	300 400	300	7300 10150	-	-

Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 7 Área de acopio de los recipientes con retorno



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)

Anexo n° 8 Imagen de torno con viruta (retorno)



Fuente: Metalúrgica Vulcano SAC (2017)

Elaboración Propia (2017)