

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y  
FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA EN UNA  
EMPRESA FABRICANTE DE RUEDAS ABRASIVAS”**

**TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

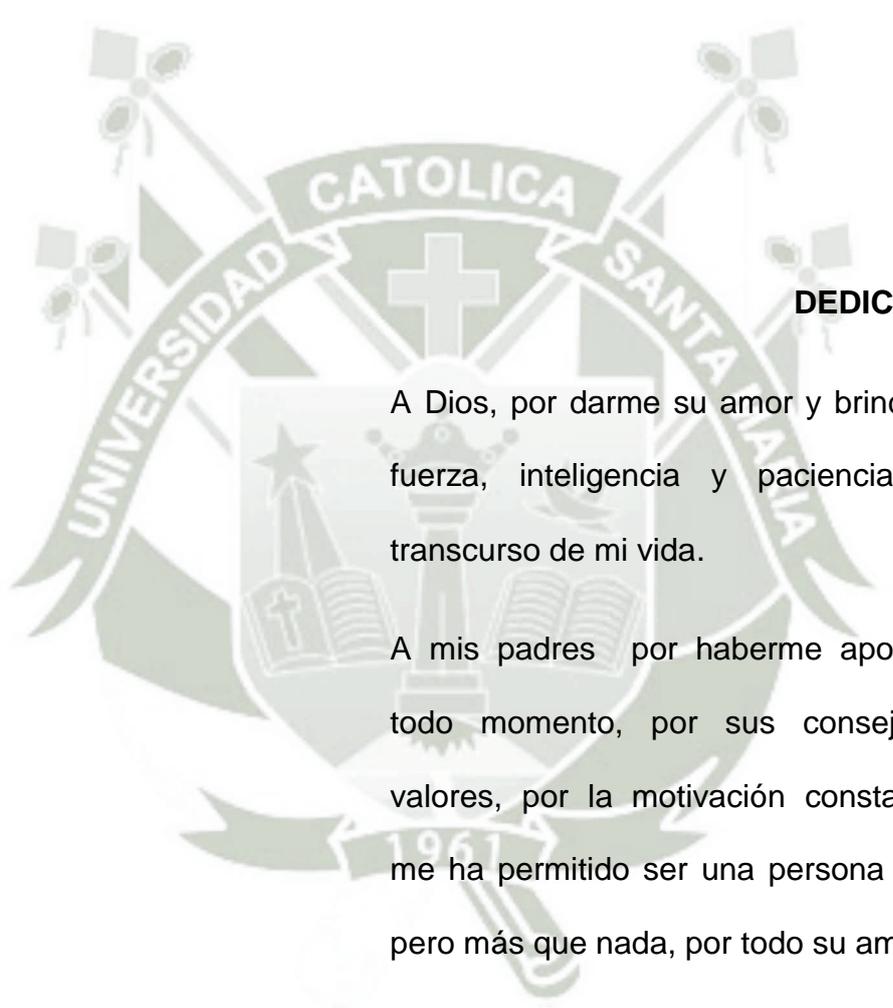
**ROBERTO DANIEL MARTIN DELGADO GARCIA**

**Para optar por el Título Profesional de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2015**



## DEDICATORIA

A Dios, por darme su amor y brindarme la fuerza, inteligencia y paciencia en el transcurso de mi vida.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su amor.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, padre todo poderoso.

A mi padre, a mi madre, a mi hermana, a mi enamorada y a mis amigos por su constante ánimo y aliento, un agradecimiento especial a mis docentes Abraham Pacheco, Jean Carlo Díaz, Oswaldo Rodríguez, por su apoyo y orientación en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene por objeto aplicar las diferentes etapas de la Metodología Six Sigma a fin de identificar problemas en el Área de Producción de Ruedas Abrasivas y proponer mejoras para crear un proceso más eficiente y productivo.

En la Planta de Ruedas Abrasivas se identifican tres procesos clave para la fabricación, dentro de cada uno de estos existen diferentes variables que afectan el rendimiento de los productos, esta situación trae como consecuencia que haya rechazos o productos que son observados, de la misma manera en los procesos hay merma de mezcla abrasiva en exceso, desde el prensado hasta el acabado, la empresa no cuenta con ningún estudio que pueda proporcionar la cantidad de materia prima perdida por cada proceso, esto influye en el costo del producto.

Se aplicó la Metodología Six Sigma en el proceso de fabricación de ruedas abrasivas, se empleó el Mapa del Six Sigma que nos permite tener una visión más amplia de la empresa, desde la perspectiva externa con los clientes y la interna con nuestros procesos.

La metodología Six Sigma nos permitió identificar los procesos más importantes, al igual que los problemas más frecuentes, de esta manera se pudieron proponer mejoras al proceso de fabricación, visto tanto desde lo productivo hasta lo económico.

## ABSTRACT

This paper is intended to implement the different stages of Six Sigma to identify problems in the area of Grinding Wheels Production and propose improvements to create a more efficient and productive process.

The plant of Grinding Wheels has three key processes in the manufacturing area, each one of these has several inputs and outputs that affect the performance of the products, this situation results in rejected batches or products that don't have the right specifications, in addition all the processes loss excessive grinding blend, from the pressing to the finishing process, the company does not count with any research that can provide the amount of raw material lost by each process, this rise the cost of the product.

Six Sigma Methodology was applied in the manufacturing process of grinding wheels, the Six Sigma map allows us to have a broader view of the company, from the outside perspective and from the inside perspective.

The Six Sigma methodology allowed us to identify the most important processes, as the most common problems, this lead us to propose improvements to the manufacturing line, seen from the productive and from the economic point of view.

**INDICE**

Introducción	001
Objetivo General y Específicos	003
Alcances e Hipótesis	003
Variables	004

**CAPITULO I**

1. Marco Conceptual	005
1.1. Marco Teórico	005
1.2. Roles y Responsabilidades	007
1.3. El mapa de Six Sigma	009
1.3.1. Etapa I del Mapa: Identificar los procesos clave	010
1.3.2. Etapa II del Mapa: Definir las necesidades de los clientes	011
1.3.3. Etapa III del Mapa: Medida del rendimiento actual	014
1.3.4. Etapa IV del Mapa: Analizar e implantar las mejoras	020
1.3.5. Etapa V del Mapa: Integración del sistema Six Sigma	032

**CAPITULO II**

2. Metodología General del Estudio	035
2.1. Metodología del Estudio	035
2.1.1. Unidad de Análisis	035
2.1.2. Marco Histórico	036
2.1.3. Información de la Empresa	036
2.1.4. Sujeto de estudio	038
2.2. Método y Técnica de Estudio	038
2.2.1. Método	038
2.2.2. Técnica	038
2.2.3. Instrumento de Estudio	038
2.2.4. Técnicas de Ingeniería	039
2.2.5. Fuentes de Información	039
2.3. Metodología de Análisis	042

2.3.1. Análisis FODA	042
2.3.2. Descripción de Proceso Productivo	045
2.3.3. Diagnóstico de situación Actual	056

### **CAPITULO III**

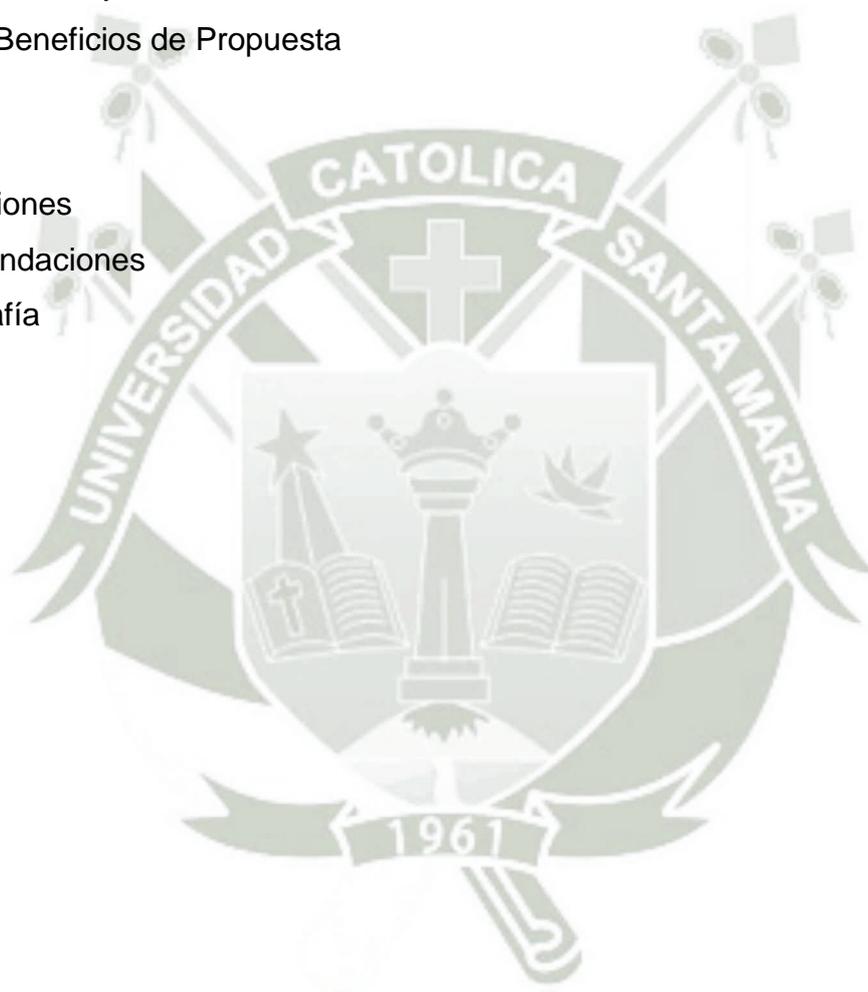
3. Aplicación de la Metodología Six Sigma	071
3.1. Importancia de la Aplicación	071
3.2. Objetivo de la Propuesta	072
3.3. Desarrollo de la Propuesta	072
3.4. Roles y Responsabilidades	073
3.5. Aplicación de Mapa Six Sigma	075
3.5.1. Etapa I del Mapa: Identificar los procesos clave	075
3.5.1.1. Etapa IA: Procesos clave en la empresa	075
3.5.1.2. Etapa IB: Definir resultados de procesos	075
3.5.1.3. Etapa IC: Crear mapas de los procesos claves	076
3.5.2. Etapa II del Mapa: Definir las necesidades de los clientes	081
3.5.2.1. Etapa IIA: Datos del cliente y Voz del Cliente	083
3.5.2.2. Etapa IIB: Rendimiento y definición de requisitos	084
3.5.3. Etapa III del Mapa: Medida del rendimiento actual	085
3.5.3.1. Etapa IIIA: Medir rendimiento según requisitos	085
3.5.3.2. Etapa IIIB: Medidas básicas de defectos	098
3.6. Etapa IV del Mapa: Dar prioridad e implantar mejoras	105
3.6.1. Etapa IVA: Analizar, Desarrollar e Implantar	105
3.6.1.1. Definir: Esclarecer el Problema	105
3.6.1.2. Medir fundamentos	117
3.6.1.3. Analizar los datos	122

### **CAPITULO IV**

4. Propuestas de Mejora de Procesos de Producción	130
4.1. Mejorar: Aplicar mejoras	130
4.1.1. Procesos de Mejora para Prensado	131
4.1.2. Procesos de Mejora para Horneado	143

## CAPITULO V

5.	Resultados de Propuestas	173
5.1.	Controlar: Implantar medidas	173
5.2.	Etapa V del Mapa: Extensión e Integración	174
5.2.1.	Etapa VA: Definir Responsabilidades para gestión	174
5.2.2.	Etapa VB: Realizar gestión Six Sigma	175
5.2.2.1.	Costos y beneficios económicos	175
5.2.2.2.	Beneficios de Propuesta	180
	Conclusiones	182
	Recomendaciones	187
	Bibliografía	188
	Anexos	190



## INDICE DE FIGURAS

Figura Nro. 1. Formato de Datos de Producción	040
Figura Nro. 2. Formato de Control de Mano de Obra	041
Figura Nro. 3. Formato de Paradas Programadas	042
Figura Nro. 4. Porcentaje de defectos en Prensa	100
Figura Nro. 5. Porcentaje de defectos en Hornos	100
Figura Nro. 6. Porcentaje de defectos en Acabados	101
Figura Nro. 7. Defectos por oportunidad- Prensado	102
Figura Nro. 8. Defectos por oportunidad- Horneado	102
Figura Nro. 9. Defectos por oportunidad-Acabados	103
Figura Nro. 10. Defectos por millón de Oportunidades	104
Figura Nro. 11. Molde de Prensado	131
Figura Nro. 12. Componentes de Prensado	132
Figura Nro. 13. Distribución de Moldes – Estante Grande	139
Figura Nro. 14. Distribución de Moldes – Estante Pequeño	140
Figura Nro. 15. Registro de Secado	144
Figura Nro. 16. Distribución de Productos en Parrillas	145
Figura Nro. 17. Distribución de Castillo	147
Figura Nro. 18. Zonas de Castillo de Horno Bickley	147
Figura Nro. 19. Castillo Vitrificado	150

## INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama Nro. 1. Actividades del Proceso de Mezclado	050
Diagrama Nro. 2. Actividades del Proceso de Prensado	051
Diagrama Nro. 3. Actividades del Proceso de Horneado Resinoide	052
Diagrama Nro. 4. Actividades del Proceso de Horneado Vitrificado	053

Diagrama Nro. 5. Actividades del Proceso de Acabado Vitrificado	054
Diagrama Nro. 6. Actividades del Proceso de Acabado Resinoide	055
Diagrama Nro. 7. Diagrama Ishikawa de Mezclado	057
Diagrama Nro. 8. Diagrama Ishikawa de Moldes de Prensado	058
Diagrama Nro. 9. Diagrama Ishikawa de Identificación de Moldes	059
Diagrama Nro. 10. Diagrama Ishikawa de Identificación	061
Diagrama Nro. 11. Diagrama Ishikawa de Secado	062
Diagrama Nro. 12. Diagrama Ishikawa de Distribución de Temperaturas	063
Diagrama Nro. 13. Diagrama Ishikawa de Mermas	065
Diagrama Nro. 14. Diagrama Ishikawa de Fuera de Medida	066
Diagrama Nro. 15. Diagrama Ishikawa de Maquina de Superficie	067
Diagrama Nro. 16. Sipoc de Mezclado	077
Diagrama Nro. 17. Sipoc de Prensado	077
Diagrama Nro. 18. Sipoc de Horneado Vitrificado	079
Diagrama Nro. 19. Sipoc de Horneado Resinoide	079
Diagrama Nro. 20. Sipoc de Acabado Vitrificado	080
Diagrama Nro. 21. Sipoc de Acabado Resinoide	080
Diagrama Nro. 22. Sub- Procesos de Prensado	108
Diagrama Nro. 23 <sup>1</sup> . Variables de entrada y salida – Prensado	109
Diagrama Nro. 23 <sup>2</sup> . Variables de entrada y salida – Prensado	110
Diagrama Nro. 24. Sub- Procesos de Horneado	110
Diagrama Nro. 25. Variables de entrada y salida – Horneado Resinoide	111
Diagrama Nro. 26 <sup>1</sup> . Variables de entrada y Salida – Horneado Vitrificado	112
Diagrama Nro. 26 <sup>2</sup> . Variables de entrada y salida – Horneado Vitrificado	113
Diagrama Nro. 27. Sub- Procesos de Acabados	113
Diagrama Nro. 28 <sup>1</sup> . Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado	114
Diagrama Nro. 28 <sup>2</sup> . Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado	115

Diagrama Nro. 28<sup>3</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado 116

Diagrama Nro. 28<sup>4</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado 117

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico Nro. 1. Venta de Discos Milimetrados 068

Grafico Nro. 2. Venta de Ruedas Vitrificadas 069

Grafico Nro. 3. Unidades Contaminadas 086

Grafico Nro. 4. Lotes fuera de Medida 088

Grafico Nro. 5. Productos rechazados por mal Secado 090

Grafico Nro. 6. Productos rechazados 092

Grafico Nro. 7. Lotes fuera de medida 095

Grafico Nro. 8. Gantt Ruedas de 8” – Actual 153

Grafico Nro. 9. Gantt Ruedas de 8” – Propuesta 154

Grafico Nro. 10. Gantt Ruedas de 6” - Actual 154

Grafico Nro. 11. Gantt Ruedas de Ruedas de 6” – Propuesta 155

Grafico Nro. 12. Mermas Actuales vs Propuestas 166

Grafico Nro. 13. Merma Actual vs Propuesta 2015 171

## INDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1. Procesos y clientes 076

Tabla Nro. 2. Productos por prensa 078

Tabla Nro. 3. Estándar de Discos 082

Tabla Nro. 4. Unidades Contaminadas 086

Tabla Nro. 5. Moldes por producto 087

Tabla Nro. 6. Lotes fuera de Medida 088

Tabla Nro. 7. Lotes rechazados por moldes 089

Tabla Nro. 8. Productos rechazados por mal Secado 090

Tabla Nro. 9. Porcentaje de Re-procesos en estufas	091
Tabla Nro. 10. Productos Chuecos	092
Tabla Nro. 11. Merms de Productos Vitrificados por unidad	093
Tabla Nro. 12. Merms de Productos Vitrificados por año	094
Tabla Nro. 13. Lotes con menos Medida	095
Tabla Nro. 14. Estándar de Producción de Ruedas 6"	096
Tabla Nro. 15. Estándar de Producción de Ruedas 8"	096
Tabla Nro. 16. Causas de Rechazo	099
Tabla Nro. 17. Nivel Sigma de Procesos Clave	104
Tabla Nro. 18. Importancia de Requerimientos	118
Tabla Nro. 19. Grado de relevancia de requerimientos	118
Tabla Nro. 20. Índice de Gravedad	123
Tabla Nro. 21. Índice de Ocurrencia	123
Tabla Nro. 22. Índice de Detección	124
Tabla Nro. 23. Índice de Prioridad de Riesgo	129
Tabla Nro. 24. Mantenimiento de Moldes	133
Tabla Nro. 25. Productos Vitrificados con más rotación	134
Tabla Nro. 26. Productos Resinoides con más rotación	135
Tabla Nro. 27. Orden de Fabricación	136
Tabla Nro. 28. Orden de Mezclado	137
Tabla Nro. 29. Equipo de Prensado	138
Tabla Nro. 30. Leyenda de Distribución de Moldes	140
Tabla Nro. 31. Tabla de Distribución Resinoide	146
Tabla Nro. 32. Tabla de Distribución en Castillo Vitrificado	149
Tabla Nro. 33. Estándar de Ruedas de 6"	151
Tabla Nro. 34. Desbaste en superficie	151
Tabla Nro. 35. Desbaste propuesto	152

Tabla Nro. 36. Tiempo de desbaste por rueda	152
Tabla Nro. 37. Tiempo con propuesta	153
Tabla Nro. 38. Tiempo Actual vs. Propuesta	155
Tabla Nro. 39. Calibradores digitales para Acabado	156
Tabla Nro. 40. Perdidas por Producto fuera de Medida	157
Tabla Nro. 41. Moldes con medidas incorrectas	157
Tabla Nro. 42. Costo de Reparación de Moldes	158
Tabla Nro. 43. Peso de producto terminado	159
Tabla Nro. 44. Medidas de Moldes de 8"	160
Tabla Nro. 45. Medidas de Moldes de 6"	160
Tabla Nro. 46. Merma de Productos Vitrificados	161
Tabla Nro. 47. Merma Anual – Vitrificados	162
Tabla Nro. 48. Propuesta para Moldes de 8"	163
Tabla Nro. 49. Propuesta para Moldes de 6"	163
Tabla Nro. 50. Merma aplicando la propuesta	164
Tabla Nro. 51. Merma anual para 2015	165
Tabla Nro. 52. Ahorro anual (kg)	167
Tabla Nro. 53. Merma de Productos Resinoide	168
Tabla Nro. 54. Merma Anual de Resinoides	168
Tabla Nro. 55. Merma Actual vs Propuesta – Resinoides	169
Tabla Nro. 56. Merma Anual Actual vs Propuesta para 2015	170
Tabla Nro. 57. Acabado resinoide con propuesta	172
Tabla Nro. 58. Costo de Nuevos Moldes	176
Tabla Nro. 59. Costo de Rectificado de Moldes Actuales	176
Tabla Nro. 60. Costos de Equipos adicionales	177
Tabla Nro. 61. Ahorro en Soles – Vitrificados	178
Tabla Nro. 62. Ahorro en Soles – Resinoides	179

## INDICE DE MATRICES

Matriz Nro. 1. Matriz Causa-Efecto – Proceso de Prensado	119
Matriz Nro. 2. Matriz Causa-Efecto – Proceso de Horneado	120
Matriz Nro. 3. Matriz Causa-Efecto – Proceso De Acabado	121
Matriz Nro. 4. AMFE - Prensado de Ruedas Abrasivas	125
Matriz Nro. 5. AMFE - Horneado Resinoide	126
Matriz Nro. 6. AMFE - Horneado Vitrificado	127
Matriz Nro. 7. AMFE – Proceso de Acabado	128



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ámbito empresarial está inmerso en una lucha de mercados, donde las empresas solo tienen una opción: adaptarse o morir, un ámbito donde la competencia es desgastante y donde la elección por parte de los clientes es para aquella empresa que ofrezca la mejor calidad al más bajo precio. Es aquí donde la filosofía Six Sigma puede convertirse en una aliada para la empresa, para sobrellevar y salir adelante en esta lucha.

En la actualidad existen empresas en las cuales se podría implantar la filosofía Six Sigma, es este caso una empresa de producción de Ruedas Abrasivas, en la cual se centrará el estudio y propuesta de aplicación.

A continuación se hace una descripción del contenido de cada capítulo:

Capítulo I: Se hace referencia a un marco teórico-conceptual en el cual se describen el marco teórico de la filosofía Six Sigma, en el cual se describe los roles de la implementación y sus concernientes responsabilidades, además del desarrollo de las cinco etapas del mapa de la filosofía Six Sigma.

Capítulo II: Se realiza la metodología general del estudio, en la cual consiste en una metodología del estudio, técnicas de estudio y metodología de análisis. La metodología del estudio consiste en identificar la unidad de análisis los sujetos de estudio que en la cual se realiza un método, una técnica para realizar el instrumento del estudio y así determinar la muestra para recopilar la información y realizar el procedimiento de campo. La metodología de análisis consiste en un análisis del estudio, de un diagnóstico de la empresa, el cual contiene la descripción de los procesos claves con sus respectivos diagramas y análisis FODA de la situación actual.

El capítulo III, Contiene la propuesta de implementación del diseño del mapa de la filosofía Six Sigma, el cual permite conocer las causas que originan los problemas descritos en los diagramas de Ishikawa.

Capitulo IV, se aplica en la etapa cuatro del Mapa, la metodología DMAMC, la cual contiene la Matriz Causa y Efecto y finalmente el AMFE esta última sirve como una herramienta para detectar y priorizar cuales causas son más críticas y ocurrentes de los procesos claves con la finalidad de analizar e implantar las mejoras. Finalmente se realiza un estimado de los costos de la propuesta, los cuales corresponden a los costos aproximados para realizar las mejoras y los beneficios de cada propuesta sugerida.



## OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS

### OBJETIVO GENERAL

- Proponer mejoras en el proceso de fabricación de Ruedas Abrasivas aplicando la metodología Six Sigma

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el diagnostico de los procesos claves en la Producción de Ruedas Abrasivas.
- Determinar las maquinas y/o procesos que más influyen en la calidad de las Ruedas Abrasivas
- Determinar mermas en el proceso de fabricación de ruedas abrasivas
- Evaluar la propuesta desde un punto de vista económico.

### ALCANCE

Este estudio comprende a la Planta de Producción de Ruedas Abrasivas y sus respectivos procesos claves, también involucra las áreas de Control de Calidad, Mantenimiento, Almacenes de materia Prima, Almacenes de Producto Terminado, Planeamiento, Logística y Ventas.

### HIPOTESIS

“Realmente la Aplicación de la metodología Six Sigma en los procesos de producción de Ruedas Abrasivas contribuirá a mejorar los resultados de fabricación”

### IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE VARIABLES

#### VARIABLE INDEPENDIENTE

Aplicación de metodología Six Sigma

- **Definición conceptual:** Metodología para definir, medir, analizar, mejorar y controlar procesos de una empresa.
- **Definición Operacional:** Se mide en base a la desviación estándar del proceso y los límites de variación.

## VARIABLE DEPENDIENTE

### Mejora de Procesos

- **Definición conceptual:** Se refiere a cada uno de los procesos por los que tiene que pasar la materia prima para convertirse en el producto final.
- **Definición Operacional:** Tiempo de fabricación de las ruedas abrasivas, cantidad de productos en un turno, pesos de los productos.

## LIMITACIONES

Se desarrolla este estudio en una empresa dedicada a la producción de Ruedas Abrasivas, la investigación está enfocada a una empresa en particular, que permitió la apertura pero bajo ciertos lineamientos de confidencialidad de la información e identificación de la misma. El acceso al personal del área de producción y calidad, es limitado. La investigación es aplicada a los procesos claves de la empresa.

## CAPITULO I

### 1. MARCO CONCEPTUAL

#### 1.1. Marco Teórico

Six Sigma es un sistema completo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. “Six Sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos y datos, y de la atención constante a la gestión, mejora y reinención de los procesos empresariales” (Cavanagh R., Neuman, R., Pande P., Las claves prácticas de Seis Sigma ,2004)

El compromiso con la Metodología Six Sigma debe comenzar en la alta gerencia de la empresa, eso es primordial. Está demostrado que cualquier programa de mejora es solo una pérdida de recursos y tiempo si es que los altos directivos no transmiten seguridad y apoyo a los trabajadores, tienen que dar ánimos y entusiasmo para que la empresa pueda adoptar esta nueva metodología.

“El proceso Six Sigma comienza con la sensibilización de los ejecutivos para llegar a un entendimiento común del enfoque Six Sigma y para comprender los métodos que permitirán a la compañía alcanzar niveles de Calidad hasta ahora insospechados. El paso siguiente consiste en la selección de los empleados, profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas o funciones que van a ser intensivamente formados para liderar los proyectos de mejora. Muchos de estos empleados tendrán que dedicar una parte importante de su tiempo a los proyectos, si se pretenden resultados significativos.” (Valencia J., Leasing, Titularización y Six Sigma, 2013)

Portillo y Quintanilla en su tesis “Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000,2004 nos dicen :

Six Sigma no solo se trata acerca de herramientas estadísticas, datos o cálculos de defectos, ni tampoco se refiere solo a tener gente trabajando en equipo. Equipos de gente trabajando solos no pueden cambiar estructuras corporativas ni mucho menos “culturas” dentro de las empresas. Los equipos tan solo son parte de una infraestructura diseñada para asistir y ayudar en el rediseño de la organización. Una forma de entender esta renovación, es revisando los roles de las personas que se verán envueltas en la implantación de la metodología Six Sigma:

1. Líder de Grupo o Consejo
2. Patrocinador del proyecto o “Champion”
3. Responsable de Implantación
4. Entrenador o consultor de Six Sigma – “Master Black Belt”
5. Jefe de Equipos / jefe de Proyecto – “Black Belt”
6. Miembros de Equipos – “Green Belt”
7. Propietario del Proceso

Los roles serán adoptados por cada uno de los involucrados en los procesos, desde los Directores, Gerentes, Jefes y/o Supervisores, es más que importante involucrar a toda el persona y hacerles entender los beneficios de este cambio, tanto de la empresa como en sus labores diarios.

## 1.2. Roles y Responsabilidades

Lefcovich (2005) definió:

### 1.2.1. Líder de Grupo o Consejo

En la mayoría de las organizaciones con las que trabaja el equipo responsable o consejo de la calidad es el mismo grupo que el equipo de alta dirección, llámese comité de calidad. Este grupo establece:

- Los roles infraestructura de la iniciativa Six Sigma
- Selecciona los proyectos específicos y asignar los recursos
- Revisar periódicamente el progreso de los distintos proyectos
- Actuar como patrocinadores de los proyectos Six Sigma
- Ayudar a cuantificar el impacto de Six Sigma en la empresa
- Evaluar los progresos e identificar los puntos fuertes
- Compartir las mejoras prácticas en toda la organización.
- Actuar como eliminadores de obstáculo cuando los equipos identifican barreras

### 1.2.2. Patrocinador del proyecto o “Champion”

Es un directivo que supervisa un proyecto de mejora y tiene como principal responsabilidad, proveer de lineamientos claros al equipo de Implantación, debe ser el Líder del proyecto y ser el agente que de apoyo en todo sentido al equipo, elimina los obstáculos y dedica recursos para soporte a Black Belt. Debe establecer una meta, estar siempre abierto al cambio, proveer recursos y servir de enlace entre el equipo y los diversos niveles gerenciales de la empresa.

### **1.2.3. Responsable de implantación**

Puede ser uno de los altos directivos de la empresa que planea añadir la administración del esfuerzo Six Sigma a sus propias responsabilidades, Será necesario dedicar recursos para gestionar los progresos y logística diarios. Según la escala de trabajo, un responsable de puesta en marcha puede ser suficiente; hará también falta disponer de personal para el siguiente conjunto de tareas.

### **1.2.4. Entrenador o consultor de Six Sigma – “Master Black Belt”**

Son expertos preparados con mayor consistencia en herramientas estadísticas y mejora de procesos. Ellos desarrollan muchas de las actividades de un Black Belt, pero para un número mayor de Equipos. Por lo general, han liderado e implantado exitosamente diversos procesos de mejorar en organizaciones y gozan de muchas buenas experiencias en el desarrollo de procesos, Sirven además, como agentes de cambio y consultores.

### **1.2.5. Jefe de Equipos / jefe de Proyecto – “Black Belt”**

Los black belt trabajan a tiempo completo con los proyectos seleccionados. Como líderes de equipo y jefes del proyecto. Entrenados en el uso de métodos estadísticos, análisis de procesos y habilidades para manejo de equipos e indagar en los problemas crónicos y de alto impacto. El entrenamiento incluye una base sólida en herramientas estadísticas, muestreo, análisis multivariable y diseño de experimentos, y pasan de la teoría a la acción siguiendo los pasos de la metodología Six Sigma.

### **1.2.6. Green Belts**

Los Green Belt ayudan a los black belt en sus tareas funcional, aplican las herramientas estadísticas de Six sigma para examinar y solucionar los problemas crónicos dentro de sus trabajos normales. Por lo general, son

empleados que han recibido suficiente entrenamiento en Six Sigma y han formado parte de equipos de Implantación. De igual forma, han liderado pequeños proyectos de mejora en empresas.

### **1.2.7. Propietario del proceso**

Es la persona que asume una nueva responsabilidad interfuncional para gestionar un conjunto completo de etapas, que proporcionar valor a un cliente interno y externo. Recibe entregas de los equipos de mejora o se convierten o se convierten en los propietarios de los procesos nuevos o recién diseñados. El patrocinador y el propietario pueden ser la misma persona.

### **1.3. El Mapa de Six Sigma**

Cavanagh, Neuman y Pande en su libro “Las claves prácticas de Seis Sigma”, 2004 nos describen cinco etapas en el mapa Six Sigma, como un método ideal de implantación. Estas etapas son:

1. Identificar los procesos claves y los clientes principales
2. Definir las necesidades de los clientes
3. Medir el rendimiento actual de los clientes
4. Dar prioridad, analizar e implantar las mejoras
5. Extender e integrar el sistema Six Sigma

Las empresas pueden invertir para poner en marcha proyectos de mejora Six Sigma con solo aplicar la etapas 4; puede darles los beneficios esperados o porcentajes de estos beneficios no se cumplan. Algunos proyectos llevan más tiempo de los esperando cuando solo se aplican algunos etapas del mapa. Algunas empresas puedan que necesiten solo implantar la etapa 2 para conocer la voz del cliente, así como medidas para evaluar el rendimiento frente a los criterios (críticos de la calidad) del cliente en la etapa 3. La empresa va tan lejos como puede comprometerse, lo ideal es que se pueda aplicar el mapa completo y controlar la mejora continua.

Portillo y Quintanilla, 2004, nos ilustran las etapas paso a paso:

### **1.3.1. Etapa I del Mapa: Identificar los procesos clave y los clientes Principales**

La finalidad es llegar a una comprensión de la visión total de las actividades y procesos más importantes de la empresa y de cómo interactúan con los clientes internos y externos. A continuación se describen las principales actividades asociadas con la identificación de los procesos clave y de los clientes principales los cuales son:

- Identificar los procesos claves de su empresa
- Definir los resultados de estos procesos claves y los Clientes.
- Crear mapas de los procesos claves.

#### **1.3.1.1. Etapa 1 A: identificar los procesos clave.**

Es identificar a una cadena de actividades, las cuales suelen implicar varias áreas o departamentos, son claves porque agregan valor al producto final, esto lo percibe el cliente externo. Cada empresa tiene una serie de procesos que proporcionan valor, cada proceso tiene entradas y salidas. Aunque la idea de un proceso clave puede parecer obvia, resulta interesante que este bloque de construcción empresarial tan importante sea una idea relativamente reciente, uno de los conceptos innovadores del sistema Six Sigma.

##### **1.3.1.1.1. Procesos clave**

“Los procesos clave son aquellos que añaden valor al cliente o inciden directamente en su satisfacción o insatisfacción. Componen la cadena del valor de la organización. También pueden considerarse procesos clave aquellos que, aunque no añadan valor al cliente, consuman muchos recursos” (Rey, Todo sobre Gestión de Procesos, 2008)

### **1.3.1.2. Etapa 1 B Definir los resultados del proceso y sus clientes principales**

En esta etapa se definen los elementos o salidas de cada uno de los procesos clave, la mayoría de organizaciones producen gran cantidad de productos por día, esto ira directamente a nuestros clientes, pero desde el punto de un proceso clave solo es importante el resultado final del producto, el resultado que el cliente pueda percibir, también hay que resaltar que los procesos tienen salidas que el cliente no siempre percibe, ya que es parte de la cadena de producción.

### **1.3.1.3. Etapa I C: Crear mapas de alto nivel del proceso clave**

Es identificar las actividades que son parte de cada proceso clave y para lograr esto utilizare el diagrama SIPOC, es una técnica muy utilizada en análisis de procesos. Es muy útil al momento de graficar el flujo de entras y salidas de alguna actividad.

### **1.3.2. Etapa 2 del Mapa: Definir las necesidades de los clientes**

Lo que trata es el comprender lo que los clientes quieren. Obtener buena información del cliente, de sus necesidades y requisitos, es uno de los aspectos más complejos para la empresa en cuanto al método Six Sigma. “Los clientes internos, como Recursos Humanos, Tecnologías de la Información o Almacenes, por ejemplo, tiene sus propios procesos clave que integran productos, servicios y valor a los clientes. El objetivo es crear una comprensión clara de la imagen global de las actividades interfuncionales más importantes de su organización y de cómo interactúan con los clientes externos” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Los productos finales de esta actividad Six Sigma comprenden:

- Una estrategia y un sistema para seguir y actualizar de forma continua los requisitos de cliente, las actividades de la competencia y los cambios del mercado
- Una descripción de estándares de rendimientos específicos y medibles, para cada resultado clave, según defina el cliente.
- Estándares de servicios medibles y observables para las interfaces clave con los clientes.
- Un análisis de los estándares de rendimiento y servicio basado en su importancia relativa para los clientes y segmentos de clientes.

En las etapas iniciales de un esfuerzo Six Sigma es probable que se centre en las entradas de alta prioridad de los clientes, en lugar de corregir todos los trabajos de supervisión de clientes que ya se realizan. Sin embargo, dado que la capacidad para escuchar realmente al cliente se está haciendo tan crítica para el éxito de la empresa, se empezará por esa importante iniciativa.

#### **1.3.2.1. Etapa 2A: Reunir los datos del cliente y desarrollar una estrategia de Voz del Cliente**

La mayoría de empresas y organizaciones tienen conocimiento de lo que quieren sus clientes, al igual que mecanismos y equipos de personas que se encargan de definir y analizar los requerimientos de los clientes a fin de satisfacerlas, hay muchos métodos desde entrevistas, investigación de mercado, cuestionarios o focus group. “Algo muy importante es que se ha visto el punto débil de muchas empresas respecto a las necesidades de sus clientes en la forma en que gestionan el desarrollo de sus nuevos productos y servicios. Para medir, y para una mayor eficiencia de Six Sigma, es necesario una clara comprensión y atención a las necesidades del cliente, puesto que el rendimiento Sigma se basa en la definición del cliente” (Cabrera C., La voz del cliente, 2014).

### **1.3.2.2. Etapa 2B: Desarrollo de estándares de rendimiento y definición de requisitos**

“Obtener un conocimiento de las necesidades y comportamiento de los clientes, a partir de datos existentes es el punto de partida desde el que se podrá establecer líneas maestras claras para el rendimiento y la satisfacción del cliente” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Una vez definidos los requisitos concretos, podrá medir su rendimiento real y evaluar su estrategia y enfoque de mercado, frente a las demandas y expectativas de los clientes.

#### **1.3.2.2.1. Requisitos de resultados**

Son funciones y características del producto al pasar por todos los procesos, es lo que el cliente puede percibir del producto, los requisitos de resultados puede ser de muchos tipos, pero todos se relacionan porque tienen que ver con la utilidad y eficiencia de la función que realiza dicho producto, todo esto visto desde ojos del cliente. En muchos casos los requisitos se pueden definir de una manera objetiva y específica, esto asumiendo que la empresa sabe lo que el cliente desea. Dependiendo de qué tan complejo es el producto en su uso la lista de requisitos puede ser muy larga.

#### **1.3.2.2.2. Requisitos de servicios**

Son los requisitos que tienen que ver con la manera de atención al cliente durante el proceso de producción. Estos requisitos son más subjetivos y dependientes de las situaciones que los requisitos antes mencionados, a veces es más complejo definirlos concretamente. Estos requisitos tienen que tener un cuidado especial, ya que si no conocemos procesos o tiempos, podremos incurrir en errores y definir variables erróneas a estudiar en cada uno de los procesos de producción.

### **1.3.3. Etapa 3 del Mapa: Medida del rendimiento actual**

El proceso para obtener medidas de algún proceso puede ser muy complicado o muy fácil. Todo depende de la variabilidad y complejidad del proceso a ser estudiado. Reunir datos sobre algún proceso es rápido si tenemos fuentes históricas y apoyo de los involucrados, pero en caso de no tener estos la recolección puede durar muchos meses, esto porque estos datos deben representar fielmente lo que pasa en cada proceso de producción.” La medición de datos puede suponer una fuerte inversión, pero para lograr una mejora continua es necesarios identificar estos procesos y las variables a medir, al tener esto se pueden revisar y contrastar datos en tiempo real para encontrar de manera más rápida el problema” (Stephen H. Kan, Metrics and models In Software Quality Engineering , 2003).

#### **1.3.3.1. Etapa 3A: Planifique y mida el rendimiento frente a los requisitos de cliente**

Se refiere más que todo a seleccionar lo que se desea medir , se recomienda seleccionar solo variables que puedan ser capaces de mejorar la percepción que tiene el cliente sobre el producto, ya sea requisito de resultado o requisito de servicio, otra lugar donde empezar a medir son variables que tengan rendimientos muy distintos en un mismo proceso.

##### **1.3.3.1.1. Identifique las fuentes de datos**

Existen muchas posibles fuentes de datos en una organización. Sus consideraciones más importantes son garantizar que la fuente que elija, o a la que tenga acceso, tenga datos precisos y que represente el proceso, producto o servicio que quiere medir. Lo ideal es que seleccione medidas para las cuales existan fuentes adecuadas.

Aunque muchos directivos o equipos que empiezan a medir en estos días esperan conseguir datos de los sistemas de información, suele resultar que el sistema no captura lo que realmente es necesario saber o, si lo hace, se

necesita mucho trabajo para separarlo de los demás datos. Una opción mejor en estos casos es reunir los datos a mano, de la gente y del proceso. Pero, si se confía en la gente como fuente de datos, especialmente en las personas que miden su propio trabajo, hay riesgos obvios. Los más comunes son la falta de atención y los errores humanos; también hay fuerzas a reconocer y respetar, como las sospechas y la paranoia. Si tiene en cuenta las recomendaciones (Aptiva Soluciones, Gestión de Calidad de Empresas de Servicios, 2012), podrá garantizar que sus datos son completos y correctos:

- Explique claramente por que reúne los datos.
- Describa lo que va a hacer con los datos, incluyendo sus planes para compartir los hallazgos con los que los toman, mantener la confidencialidad de las identidades, etc.
- Preste atención a quien elige para participar en el trabajo; evite que la toma de datos sea un premio o un castigo.
- Haga el proceso tan fácil como sea posible.
- Ofrezca a los que tomen los datos la oportunidad de dar información sobre el proceso de recopilación.
- Prepare el plan de recogida y muestreo

#### **1.3.3.2. Etapa 3B: desarrollo de medidas básicas de defectos e identificación de oportunidades de mejora**

“Las herramientas y métodos de toma de datos son importantes en cualquier tipo de medición de procesos empresariales. Sin embargo, en este punto del Mapa de Six Sigma, el objetivo es simplemente establecer la situación de partida de rendimiento para determinar lo bien que funcionan los procesos, de manera se pueda centrar en mejorar las medidas” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Primero se observaran las medidas de resultados y después, las que tienen en cuenta el rendimiento interno.

### 1.3.3.2.1. Medidas del rendimiento de los resultados

La medición Six Sigma se centra en el seguimiento y en la reducción de los defectos de un proceso. En esta revisión de medidas comparativas, se retomará el tema de las medidas de defectos y explicar las distintas opciones y conceptos que le conviene saber a medida que elige e implanta las suyas propias. El empleo de medidas de defectos tiene varias ventajas:

- Simplicidad. Todo el mundo puede comprender lo que está bien y mal. Los cálculos de los distintos tipos de medidas de defectos se pueden realizar con habilidades matemáticas básicas
- Consistencia. Las medidas de defectos se pueden aplicar a cualquier proceso para que exista un requisito o estándar de rendimiento, ya sea para datos continuos o discretos, o bien para un proceso de fabricación o de servicios.
- Comparabilidad. Motorola utilizó medidas Six Sigma para monitorizar la tasa de mejora de procesos de todo tipo y para comparar el rendimiento de los esfuerzos en diferentes áreas de la empresa.

### 1.3.3.2.2. Medidas de unidades defectuosas y de rendimiento

“Las medidas que se dirigen a los defectuosos, es decir, a las unidades que contienen un defecto o diez. Las medidas de unidades defectuosas son especialmente importantes en empresas o productos para los que cualquier defecto es serio” (Cavanagh, Neuman y Pande, Las claves prácticas de Seis Sigma, 2004).

- Porcentaje de unidades defectuosas. Se refiere a la fracción o porcentaje de muestras del elemento que tienen uno o más defectos. La fórmula que se utilizara es la siguiente :

$$\text{Porcentaje de unidades defectuosas} = \frac{\text{numero de unidades defectuosas}}{\text{numero de unidades totales}}$$

- Rendimiento final. Se calcula como 1 menos la proporción de imperfección. Indica la fracción sobre el total de unidades producidas y/o entregadas sin defecto.

$$\text{Rendimiento} = 1 - \text{porcentaje de unidades defectuosas}$$

#### 1.3.3.2.3. Medidas de defectos

“Defectos por unidad o DPU. Esta medida refleja la cantidad promedio de defectos, de todos los tipos, sobre la cantidad total de unidades de la muestra. Si ha calculado un DPU de 1.0, por ejemplo, indica la probabilidad de que todas las unidades tengan un defecto, aunque algunos elementos pueden tener más de uno, y otros, ninguno. Un DPU de 0,25 muestra la probabilidad de que una de cada cuatro unidades tenga un defecto” (Cavanagh, Neuman y Pande, Las claves prácticas de Seis Sigma, 2004).

#### 1.3.3.2.4. Determinación de las oportunidades de defecto

El reto está en identificar un número realista de oportunidades de defecto para cada producto o servicio. En muchos casos es un juicio, pero se puede identificar tres etapas principales en la definición de ese número de oportunidades:

- Desarrollar una lista preliminar de tipos de defectos.
- Determinar cuáles son los defectos específicos reales, críticos para el cliente.

- Comprobar el número de oportunidades propuesto frente a otros estándares.

Hay algunas pautas para estimar las oportunidades de sus productos o servicios:

- Diríjase a áreas problemáticas “estándar”. Los defectos que son raros no deben considerarse como oportunidades.
- Agrupe todos los defectos relativos a una oportunidad. Esto simplifica el trabajo y asegura que no inflara artificialmente el número de oportunidades.
- Asegúrese de que el defecto es importante para el cliente. Si se centra en estándares validos de requisitos o de rendimiento, será lo mejor.
- Sea coherente. Si su empresa planifica utilizar medidas basadas en oportunidades, debe considerar establecer normas para definir oportunidades.
- Cambie solamente cuando sea necesario. Cada vez que cambie el número de oportunidades, cambiara el denominador para la medida Sigma, y eso supone que la comparación con el resultado anterior ya no es válida. Debe cambiar las reglas solamente cuando sea necesario.

#### 1.3.3.2.5. Cálculo de las medidas basadas en oportunidades

Portillo y Quintanilla (2004), nos proveen varias formas de calcular y expresar medidas basadas en oportunidades de defecto:

- Defectos por oportunidad o DPO. Expresa la proporción de defectos sobre el número total de oportunidades de un grupo.
- Defectos por millón de oportunidades o DPMO. La mayoría de las medidas de oportunidades de defecto se traducen al formato DPMO, que indica el número de defectos que podrían producirse si hubiera un millón de oportunidades.

Especialmente, en los entornos de fabricación, DPMO suele llamarse PPM (Partes por millón).

Obtener el rendimiento Sigma equivalente en este momento es ya muy sencillo. La forma más fácil de obtener la cifra es traducir la medida de defectos (generalmente DPMO) utilizando una tabla de conversión (Anexo <sup>Nro.</sup> 2).

#### **1.3.3.2.6. Medidas del rendimiento del proceso total**

Los cálculos de defectos y de Sigma que hemos visto se basan en resultados o medidas al final del proceso. “Cuando su primera preocupación sea evaluar la Efectividad de sus procesos en la satisfacción de las necesidades del cliente, estas medidas serán todo lo que necesite. Por otro lado, las medidas de unidades defectuosas, DPU o DPMO/Sigma no dan una indicación real de lo bien que funciona el proceso” (Gutiérrez G., De la Vara R., Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2009).

#### **1.3.3.2.7. Empleo de medidas básicas.**

La razón para explorar estas diferentes medidas es que nos den a una mayor información a medida que fijan las prioridades de mejora. Con datos adecuados y medidas del funcionamiento de los procesos como el rendimiento, DPMO o Sigma, y especialmente si esas medidas incluyen a la mayoría de sus procesos clave orientados al cliente, la organización puede centrarse en áreas más problemáticas o con más deficiencias. Además, tendrá un motivo para iniciar antes los proyectos, porque los datos del rendimiento actual ya estarán disponibles.

Finalmente, estas medidas son un gran punto de partida para hacer el seguimiento de la mejora, lo que le permitirá documentar los beneficios y el aumento de rendimiento basándose en datos reales en lugar de anécdotas.

“Estas nuevas mediciones, así como las habilidades para realizarlas, irán sentando las bases para los futuros sistemas de medida que tanto pueden hacer para crear una empresa con mayor capacidad de respuesta. Aprender de

sus errores y aplicar buenos hábitos de recogida de datos y medición hará que los objetivos a largo plazo de esos sistemas de medida sean mucho más accesibles” (Cavanagh, Neuman y Pande, Las claves prácticas de Seis Sigma, 2004).

#### **1.3.4. Etapa 4 del Mapa: Dar prioridad, analizar e implantar las mejoras.**

Esta es la etapa primordial de Six Sigma, que se pone realmente en marcha. A medida que avance por las etapas de mejora del proceso, se conseguirá los beneficios descritos en anteriormente, de esta etapa hay dos tipos de proyectos los cuales las compañías pueden considerar aplicar de acuerdo a los problemas que se tenga.

- Analizar desarrollar e implantar soluciones dirigidas a las causas.
- Diseñar / rediseñar e implantar nuevos procesos de trabajo eficaces.

Portillo y Quintanilla (2004) muestran los caminos a recorrer en las etapas DMANC: Definir, Medir, Analizar Mejorar, y controlar. Así como numerosas herramientas de mejora comunes y valiosas que soportan el proceso DMAMC. A continuación se dan lineamientos de la forma de usar las herramientas. El ciclo DMAMC no es una actividad puramente lineal. Cuando un equipo empieza a hacer pruebas, a reunir datos, etc., casi invariablemente descubre cosas acerca de los problemas y procesos. Estas revelaciones significan que, por ejemplo, el objetivo del proyecto se puede revisar incluso hasta el momento de aplicar soluciones. Después de probar una solución, el equipo puede necesitar realizar más trabajo de la etapa Analizar. En general, los equipos de mejora pueden trazar el grafico de sus progresos utilizando las fases D-M-A-M-C, pero siempre como una actividad iterativa.

- Al utilizar una herramienta, tenga claro el objetivo. Nunca usar una herramienta solo porque viene en libro o porque todavía no se han utilizado.

- Considerar las opciones y seleccione la técnica que mejor pueda satisfacer sus necesidades. Con las variadas técnicas del kit de herramientas Six Sigma, a menudo más de una puede ser útil.
- Hágalo simple; conjugue el detalle y la simplicidad de la herramienta con la situación. Conviene usar herramientas básicas lo más a menudo posible. Al emplear estadísticas detalladas para todos los problemas o proyectos, es probable que se compliquen las cosas.
- Adapte el método a las necesidades. Aunque algunas organizaciones o consultores que les gusta ejercer de política de las herramientas, es conveniente crear variaciones propias sobre los métodos; siempre y cuando, a) no aplique una modificación que nadie pueda comprender y b) no termine extrayendo conclusiones equivocadas de ella.
- Si una herramienta no funciona, déjela. Considerar a prueba todas las herramientas que utilice y, si no obtiene la respuesta necesaria o si no funciona, pruebe otra cosa.

#### 1.3.4.1. Definir: esclarecer el problema, el objetivo y el proceso

“Consiste en seleccionar una o más características del producto: como lo son las variables dependientes que identifican el proceso, tomar las medidas necesarias y registrar los resultados del proceso en las tarjetas de control, estimando el corto y largo plazo de la capacidad del proceso en la elaboración del producto La fase Definir establece el escenario para un proyecto Six Sigma eficaz ayudando a responder las cuatro preguntas siguientes” (López ,Metodología Six Sigma – Calidad Industrial(2013)

1. ¿Cuál es el problema o la oportunidad que vamos a tratar?
2. ¿Cuál es nuestro objetivo? y, ¿qué resultados queremos conseguir y cuándo?
3. ¿Quién es el cliente al que sirve y sobre el que impacta este proceso y su problema?
4. ¿Cuál es el proceso que estamos investigando?

#### 1.3.4.1.1. Miembros de equipo y responsabilidades

El Cuadro de Proyecto puede contener una lista de personas implicadas en el Proyecto Six Sigma, incluyendo a los miembros del equipo, al personal de Soporte y Consultoría, así como al patrocinador del proyecto.

Identificar y escuchar al cliente

#### 1.3.4.1.2. Diagrama SIPOC o diagrama de procesos

“Un diagrama SIPOC, como es una de las técnicas más utilizadas en la gestión de mejora de procesos. Se emplea para presentar una perspectiva de un vistazo de los flujos de trabajo o del proceso que tiene problema. Su nombre supplier (proveedor), input (entrada), process (proceso), output (salida), customer (cliente) “(Gutiérrez G., De la Vara R., Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2009). Realizado este diagrama podemos definir las variables de entrada X's y las variables de salida Y's, y luego pasar a la fase medir.

$$Y = f(x)$$

“Y” es el resultado de un proceso; es una función de las X's, las variables claves (los pocos factores vitales) en un proceso. “Y” es la característica de la calidad que está tratando de alcanzar. Al reunir todos los elementos del proceso en la ecuación, obtendrá los pocos los factores vitales que mejor predicen el resultado. Una vez se tiene el resultado predecible, podrá realizar los cambios que reduzcan los costos.

#### 1.3.4.2. Medir: fundamentos y exactitud del problema

“La medición es una fase clave de transición, que sirve para validar o precisar el problema y para comenzar la búsqueda de las causas raíz, que son el objeto de la etapa Analizar” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004).. Las medidas responden a dos preguntas clave:

1. ¿Cuál es el foco y la extensión del problema, en base a las medidas o resultados del proceso?
2. ¿Qué datos fundamentales pueden ayudar a centrar el problema en sus factores principales y en las “pocas vitales” causas raíz?

#### **1.3.4.2.1. Posibilidades de medida y herramientas**

Las decisiones sobre lo que hay que medir suelen ser difíciles, tanto debido a las muchas opciones disponibles como debido al reto que supone recopilar datos. En los esfuerzos de mejora de procesos, los datos a recopilar en algunas fases son una de las razones principales que pueden hacer que los proyectos tarden meses en analizar. Los equipos deben hacer una selección cuidadosa sobre sus posibilidades de medida. A veces no es posible medir lo que se quiere, por lo que también es importante la capacidad para hallar alternativas o incluso utilizar mejor los datos que sea posible reunir. Según pasa el tiempo, los proyectos de mejora tienden a desarrollarse más rápido, y se mejoran las distintas posibilidades y medios de medida.

“Parte del arte de Six Sigma se basa en la toma de decisiones y soluciones a partir de hechos suficientes para que resulten efectivas y en aprender a hacer un mejor uso de los datos” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004).

#### **1.3.4.3. Analizar: investigación de los procesos**

Las herramientas que utilizemos y cuales dependerán del problema y del proceso, de manera que puedan darnos datos más exactos y fáciles de entender, lo más común en este tipo de análisis es que las causas más sospechosas y las que parecen tener el problemas no tienen nada que ver con el mismo, a veces incluso ni siquiera están relacionadas.

Muchas veces las personas en cargos altos como gerentes o directivos se dejan llevar por su intuición o experiencia, pero está siempre deben ir acompañada de un sustento que pueda fundamentar el problema encontrado,

estas acciones pueden provocar que los problemas no sean hallados ni identificados.

#### **1.3.4.3.1. Análisis de la causa raíz**

Podemos definir toda la etapa de análisis como un ciclo de mejora, un ciclo en el que intervienen diversas hipótesis acerca de algún problema y su causa, las hipótesis sirven para tener un punto de inicio en el análisis de un procesos, así se evalúan las posibles causas y se llega a una solución, si la hipótesis falla, se genera otra y se repetirá el proceso, cuando una hipótesis falle no quiere decir que fallamos, ya que nos sirve para poder entender y perfeccionar la explicación de los problemas hallados.

#### **1.3.4.3.2. Puntos de partida del ciclo de causas raíz**

- Verifique las causas mediante el análisis lógico. Compruebe las causas frente a los datos que haya reunido.
- Compruebe las causas mediante observación. Visite el proceso o el lugar en que sospecha que está la causa, para ver si puede observarla en acción.
- Confirme sus sospechas con la gente que sepa. Hable con la gente implicada en el trabajo como clientes, proveedores o expertos en la materia para tener su validación o bien su rechazo o perfeccionamiento.

#### **1.3.4.4. Mejorar: generar, seleccionar y aplicar soluciones**

Los puntos de Definir, Medir, Analizar conllevan a Mejorar que es la etapa más importante en el Método DMAMC, en esta etapa se podrán dar ideas y propuestas que ayuden a solucionar los problemas anteriormente analizados, de esta manera podemos visualizar la mejora, esto es tarea de todas las personas involucradas en la implementación, muchas veces la falta de apoyo por parte de Directivos hace que las propuestas queden en el aire y sin poder

aplicarse en las empresas. He aquí algunas preguntas que conducen hacia la fase mejorar:

- ¿qué acciones posibles o ideas nos ayudaran a encontrar la causa raíz del problema y a lograr nuestro objetivo?
- ¿cuáles de estas ideas aportan soluciones viables?
- ¿qué solución logrará más probablemente nuestro objetivo con el menor coste y la mínima interrupción de los trabajos?
- ¿cómo podemos comprobar que la solución elegida es adecuada para garantizar su eficiencia y luego aplicarla permanentemente?

#### **1.3.4.4.1. Herramienta y selección de solución**

“Las herramientas a utilizar en esta etapa son: generación de ideas “tormenta de ideas” lo cual proporciona nuevas perspectiva de la forma actual de trabajar y que planteen retos, para identificar las posibilidades de las soluciones para el problema” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Otra herramienta es diseño de experimentos, es un método utilizado para probar y optimizar el rendimiento de proceso, productos, servicios o soluciones. La definición de la solución es una descripción clara de la mejora propuesta, y se convierte en el objeto del proyecto, una vez que se ha garantizado una solución a implantar. Ahora se resumen las etapas principales que conducen a una solución final de DMANC:

1. Generación de ideas para solución. Se utiliza tormenta de ideas, el sentido común y otras técnicas como análisis de las mejoras
2. Concretar las soluciones. Perfeccionar las ideas en métodos viables que se puedan implantar en el proceso o en la empresa.
3. Seleccione la solución a recomendar o implantar, Revise la lista reducida de opciones e identifique la solución a implantar para lograr el objetivo.

### **1.3.4.5. Controlar: Implantar medidas y acciones continuas para mantener las mejoras.**

Cuando se tienen las mejoras ya definidas , se tiene que implementar un soporte confiable para implementar las ideas y poder mantenerlas, de manera que no se vuelva a cometer ese error , usa herramientas de ayuda y de control pero es más que importante que las personas involucradas entiendan y apliquen estas mejoras, se menciona algunas consideraciones:

- Trabaje con quienes gestionan el proyecto
- Utilice un storyboard con hechos y datos
- Trate a la gente que gestiona y utiliza el nuevo proceso como a clientes

El control es la etapa final y definitiva del ciclo DMAMC, ya que se pueden dar muchas propuestas buenas y eficientes, pero si no se tiene un control en su ejecución podemos incurrir en los mismos errores y hacer que la investigación no sea exitosa.

#### **1.3.4.5.1. Documentar los cambios y los nuevos métodos**

La documentación es un mal necesario y puede ser una labor creativa en sí misma. “Una organización Six sigma próspera tiene que buscar nuevos y mejores modos de hacer la documentación útil y accesible, para huir de esos horrores de los manuales de normas, procedimientos y descripciones de procesos” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Lo que sigue son lineamientos generales que facilitarán la labor de la gente a seguir las directivas y la documentación que se realice:

- Hacer una documentación simple.
- Hacer una documentación clara y que invite a leerla
- Incluya opciones e inscripciones para emergencias
- Haga una documentación breve
- Haga una documentación accesible

- Haga un proceso de actualizaciones y revisiones

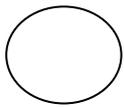
#### 1.3.4.5.2. Selección de mediciones rutinarias

Hay muchas maneras de clasificar las medidas, puede ser mediante entrada, proceso y resultados, eficiencia y eficacia, mediciones financieras, productividades u otras, lo importante es escoger datos que sean significativos y aporten al proyecto, que nos digan algo y que se pueda interpretar para identificar un problema, también es importante tomar en cuenta medidas que involucren la percepción del cliente. La medida a escoger puede ser afectada por cualquier factor del proceso. Algunas medidas pueden ser de largo plazo como las medidas de defectos, costos después de un proceso o tiempos de producción y también pueden ser esporádicas como alguna característica de un nuevo producto o de un nuevo servicio. Esta etapa definirá el rumbo del estudio ya que si hemos identificado correctamente las variables a medir podremos identificar correctamente el problema.

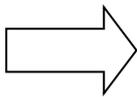
#### 1.3.4.6. Herramientas usadas en la metodología DMAMC

- **Diagrama de procesos:** “Estos diagramas se emplean para presentar una perspectiva de los flujos de procesos, muestra un conjunto interfuncional de actividades en un solo diagrama sencillo” (Kanawaty G., Introducción al estudio del Trabajo, 1996), entre ellos están:
  - Cursograma de flujo del proceso: simbología internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas.
  - Cursograma sinóptico del proceso (Diagrama de proceso): en este diagrama se describe solamente las operaciones y las inspecciones en un proceso.
  - Cursograma analítico del proceso: este describe las actividades de forma más detallada de los procesos así como la información de operación encargados.

Estos diagramas tienen en común la simbología que describe las diferentes actividades, las cuales son:



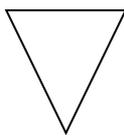
Operación: significa que se efectúa un cambio o transformación en algún componente del producto.



Transporte: es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación o hacia algún punto de almacenamiento o demora



Demora: se presenta generalmente cuando existen cuellos de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente.



Almacenamiento: tanto de materia prima, de producto en proceso o de producto terminado.



Inspección: es la acción de controlar que se efectuó correctamente una operación, un transporte o verificar la calidad del producto

- **Diagrama de flujo o flujo grama:** “Consiste en una serie de tareas (rectángulos) y decisiones / revisiones (rombos), conectados mediante flechas para mostrar el flujo de trabajo” (López, Metodología Six Sigma – Calidad Industrial, 2013).
- **Diagrama de Pareto:** Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera. Este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del

problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

- **Matriz Causa Efecto:** es un cuadro: un grupo de filas y columnas, con una serie de incrementos marcados a lo largo del eje X(horizontal) y otra serie de incrementos marcados a lo largo del eje Y (vertical).
- **R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad):** Repetibilidades, es cuando una persona obtiene los mismos resultados cada vez que mide y recopila datos; es necesario para garantizar la consistencia y la estabilidad de los datos. Reproducibilidad, es la estabilidad en que diferentes personas obtienen los mismos resultados cuando miden o recopilan datos utilizando el mismo método; es necesario para garantizar la consistencia y la estabilidad
- **Grafica de Gantt:** El diagrama de Gantt es una representación del periodo de desarrollo de un proyecto o cualquier situación que amerite una evaluación a lo largo del tiempo. Se utiliza generalmente para establecer los intervalos de tiempo de sustentación u programación de algún Proceso.
- **Benchmarking:** es un modelo para comparar procesos, utilizando estándares o las mejores prácticas como referencia, para luego identificar maneras de mejorar el proceso.
- **Estudios de multivariabes:** es un análisis que ofrece un modo de reducir las posibles causas de variación en un proceso de una familia de causas relacionadas, al mostrar gráficamente la interrelación entre las multivariabes.
- **Análisis de regresiones:** es utilizado para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada

- **Pruebas de Hipótesis:** investigación de una teoría acerca de las causas sospechosas de provocar un efecto determinado en un proceso para determinar si es correcta.
- **AMEF** (Análisis Modal de Efectos y Fallos): es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar y dar prioridad a problemas potenciales (errores).

Se recomienda llevar a cabo un AMFE en producto o procesos relevantes desde el punto de vista de seguridad, ante nuevo diseño o desarrollo, importantes cambios en las leyes o requisitos cada vez es más frecuente la aplicación de métodos de calidad por equipo de trabajo, esto es, las reuniones de representantes de distintos departamentos que intervienen en un producto, servicio o proceso. Con ello se consigue una implicación desde el primer momento de todos ellos, así como una mayor identificación y aceptación de los resultados a los que se lleguen.

Para llevar a cabo un AMFE se recomienda un grupo no superior a 5 – 6 miembros: una persona por cada departamento implicada en dicho AMFE. Será de gran ayuda por otro lado, la presencia de un moderador y coordinador, especialista en el método de calidad, que asegure una aplicación sistemática y eficiente del mismo. Este, aclara y explica los objetivos que se quieren lograr y se orientara al grupo hacia la consecución de los mismos. Pero no se trata de ningún guía o líder si no que mantiene una posición neutral.

Se nombrara a un responsable encargado de organizar la documentación y datos, planificar las fechas y los resultados y elaborar informes de avance en caso de ser necesarios.

- **Diseño de experimentos:** es un método utilizado para probar y optimizar el rendimiento de procesos, productos, servicios o soluciones.

- **El histograma:** ilustra la frecuencia con la que ocurren cosas o eventos relacionados entre sí. Se usa para mejorar procesos y servicios al identificar patrones de ocurrencia. Se trata de un instrumento de síntesis muy potente ya que es suficiente una mirada para apreciar la tendencia de un fenómeno.
- **Diagrama Causa y Efecto:** Es una de las técnicas más útiles para el análisis de las causas de un problema. Se suele llamar "diagrama de espina de pescado" o diagrama de Ishikawa. El diagrama causa/efecto permite definir un efecto y clasificar las causas y variables de un proceso.
- **Diagrama de Dispersión:** relaciones posibles entre dos variables. Por ejemplo la relación entre el espesor y la resistencia de la rotura de una pieza metálica o entre el número de visitas y los pedidos obtenidos por un vendedor, o el número de personas en una oficina y los gastos de teléfono.

Los diagramas de dispersión pueden ser:

- De Correlación Positiva: Se caracterizan porque al aumentar el valor de una variable aumenta el de la otra. Un ejemplo de correlación directa son los gastos de publicidad y los pedidos obtenidos.
  - De Correlación Negativa: Sucede justamente lo contrario, es decir, cuando una variable aumenta, la otra disminuye. Un ejemplo es el entrenamiento que se le da al personal y la disminución de errores que se consiguen en el desempeño de sus funciones.
  - De Correlación No Lineal. No hay relación de dependencia entre las dos variables.
- 
- **Un gráfico de Control:** es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior (límite de control superior) y un límite inferior (límite inferior de control) a ambos lados de la media o línea central. La línea central refleja el producto del proceso.

Los límites de control proveen señales estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial. Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos. Un gráfico de control muestra:

- ✓ Muestra si un proceso está bajo control o no.
- ✓ Indica resultados que requieren una explicación.

Define los límites de capacidad del sistema, los cuales previa comparación con los de especificación pueden determinar los próximos pasos en un proceso de mejora.

### **1.3.5. Etapa 5 del Mapa: Extensión e integración del sistema Six Sigma**

“En esta etapa se explorará los retos para sostener las mejoras Six Sigma y convertir todas las etapas anteriores en un sistema de gestión interfuncional” (Portillo R., Quintanilla A., Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000, 2004). Las acciones claves a emprender en la gestión de procesos para obtener un rendimiento Six Sigma son las siguientes:

- ✓ Definir la responsabilidad de la gestión y la propiedad del proceso.
- ✓ Realizar una gestión dirigiéndose hacia Six Sigma.

#### **1.3.5.1. Etapa 5A: Definir la responsabilidad de la gestión y la propiedad del proceso.**

Si la empresa adopta la metodología Six sigma, debería prepararla para que incorpore la solución más prometedora contra las barreras interfuncionales: un método por gestión por proceso; aquí veremos algunos elementos de la visión de la gestión por procesos.

- ✓ Los directivos se concentran en hacer que el trabajo circule efectividad y eficiencia en todas las funciones que benefician al cliente y como consecuencia, a los accionistas.
- ✓ El personal se identifica tanto con el proceso como con sus funciones o departamentos correspondientes.
- ✓ El personal de todos los niveles entiende como se ajusta su trabajo al proceso y como añade valor al cliente
- ✓ Los requisitos de cliente se van conociendo durante el proceso
- ✓ Los procesos necesitan medidas, mejoras y rediseño de forma continua
- ✓ Se dedica más energía y recursos a dar valor a los clientes y accionistas que a desperdiciarlos en burocracia o disputas internas.
- ✓ Responsabilidades del propietario del proceso
- ✓ No existe una descripción oficial del puesto de trabajo de un propietario de proceso, pero las siguientes responsabilidades son esenciales para su desempeño en una organización Six Sigma:
  - Mantener la documentación del proceso
  - Medir / supervisar el rendimiento del proceso
  - Identificar problemas y oportunidades
  - Lanzar y patrocinar esfuerzos de mejora
  - Coordinar y comunicar con otros procesos y con los directores funcionales
  - Maximizar el rendimiento del proceso

#### **1.3.5.2. Etapa 5B: Realizar una gestión dirigiéndose hacia Six Sigma.**

Aplicar la gestión por proceso es tanto el final como el principio de los pasos para convertirse en una organización Six Sigma real. Cualquier empresa o proceso que haya seguido el mapa o al menos las etapas 1, 2, 3, dispondrá de los elementos principales del método de gestión por procesos. Esas etapas son:

- ✓ Identificar los procesos clave y los clientes principales
- ✓ Definirlos requisitos de los clientes

✓ Medir el rendimiento actual

Cada herramienta que se ha mencionado desempeña un papel en la gestión por proceso que puede ser válido para el propietario del proceso, cuando trate de lograr que el proceso funcione con facilidad y de mejorarlo continuamente. Las medidas son indispensables para el establecimiento del método Six Sigma, a medida que la empresa progrese hacia el este método encontrará más oportunidades de utilizar herramientas sofisticadas para ir más allá de cuatro y cinco sigma.





## CAPITULO II

### 2. METODOLOGIA GENERAL DEL ESTUDIO

#### 2.1. Metodología del Estudio

##### 2.1.1. Unidad de Análisis

Para el desarrollo de la investigación de campo, se definió como unidad de análisis a una empresa productora de Ruedas Abrasivas, cuenta con más de 50 años de experiencia, es la única fábrica productora de Ruedas Abrasivas en el Perú. Los criterios de selección utilizados en la unidad de análisis fueron:

- Acceso a la planta de producción de Ruedas Abrasivas
- Mejoras a implementar en el proceso
- Acceso a la información de producción
- La empresa tiene más de 50 años de funcionamiento

### 2.1.2. Marco histórico de las Ruedas Abrasivas

Del Manual Interno de Abrasivos Industriales (1998) se recuperó que las primeras ruedas abrasivas fueron hechas como industria cerámica (vitrificada), se fabricó con corindón como grano abrasivo y arcilla con feldespato como ligante. Al comienzo la rueda amoladora se consideró solo como herramienta para afilar. Pero la industria empieza a emplearla en remoción de metal y conformado de piezas distintas.

En 1901 forzado por las necesidades del avance industrial se empezaron a fabricar ruedas de óxido de aluminio, luego a utilizar otros abrasivos como el carburo de silicio. Se desarrolló también el sistema de fabricación resinoide para posibilitar el trabajo a altas velocidades.

Actualmente las ruedas abrasivas forman parte de una industria altamente tecnificada con una gama enorme de variables de fabricación, que hace indispensable el conocimiento de éstas, para que en su aplicación a un trabajo específico se puedan lograr altos rendimientos y una buena eficiencia de operación.

Hoy en día el prestigio que puede alcanzar una marca en el mercado depende mucho del servicio técnico de apoyo y orientación al uso que se le dé al usuario por parte de la empresa.

### 2.1.3. Información de la Empresa

La empresa de estudio es la más grande productora de abrasivos sólidos y abrasivos flexibles en el Perú. Inició sus operaciones en el año 1973, trabajando durante los 10 primeros años fabricando sus productos con la tecnología más acreditada en el mundo para la producción de abrasivos. Desde el año 1983, con una importante inversión en investigación y desarrollo se empezó a fabricar ruedas abrasivas diversas, la misma que hasta la fecha distingue los estándares de calidad para los productos de su fabricación.

ABRALIT es una marca actualmente reconocida en toda Latinoamérica, tanto en abrasivos ligados como abrasivos revestidos. En el transcurso de los años 1999 y 2000, bajo la modalidad de fabricación con marca privada se está atendiendo los mercados de Brasil, USA, México, Cuba, Colombia, Chile y

Argentina, para productores y convertidores de estos países. La planta de fabricación, con 15,000 m<sup>2</sup> de área total, está ubicada al sur del Perú, en el Parque Industrial de Arequipa, la segunda ciudad industrial del país y cercana a las fronteras de Chile, Argentina, Bolivia y Brasil con un puerto operativo a 100 km. de distancia, el Parque Industrial de Arequipa con empresas dedicadas a la producción en los sectores textil, industrial, alimentario, construcción y de consumo masivo, está enclavado en un estratégico cruce de carreteras y ferrocarril y con un área global cercana a los 700,000 m<sup>2</sup>. Fabrica ruedas vitrificadas o cerámicas y ruedas de resinas orgánicas, para toda la gama de usos; con tecnología de última generación, el horno para producción de vitrificados es de control computarizado. Fabrica ruedas abrasivas hasta 16" de diámetro exterior y en todas las formas y dimensiones conocidas, o también ruedas especiales a requerimiento de sus clientes.

Además de la gran cantidad de posibilidades de fabricación de ruedas abrasivas en cuanto a sus características de dureza, resistencia a la velocidad y formas geométricas, se desarrollan formas simples para trabajo en la conformación o afilado de piezas de formas especiales, ofrece gran variedad de perfiles o faces, tipos y formas geométricas de gran diversidad y dimensiones con tolerancias dimensionales para asegurar el cumplimiento de los requerimientos del cliente. Las ruedas abrasivas sirven para trabajar en operaciones de precisión sean estas operaciones planas, operaciones cilíndricas y operaciones de corte y/o desbaste; para trabajos portátiles o máquinas fijas, con ruedas abrasivas desde 33 m/seg. para ligantes vitrificados, hasta 80 m/seg. para ligantes resinoides y con refuerzos de fibra de vidrio.

Una de las características es el ofrecimiento de soluciones a problemas propios de cada cliente y para ello la empresa cuenta con personal entrenado y calificado para desempeñarse como promotores técnicos. Las variables de fabricación que determinan el comportamiento de una rueda abrasiva frente a un trabajo determinado, las formas y dimensiones de las mismas, el tipo de grano a usarse, su especificación general, la forma especial de uso, la velocidad de operación como factor clave, hacen que la complicación del manejo de estas variables precisen soluciones técnicas difíciles y por ello pone mucho énfasis en el trabajo post-venta.

#### **2.1.4. Sujetos de Estudio.**

Los sujetos o personas seleccionadas a participar en la investigación fueron todas las personas que contribuyen a la producción de Ruedas Abrasivas, desde el proceso inicial hasta tener el producto terminado.

### **2.2. Metodología de Estudio**

#### **2.2.1. Tipo de Estudio**

Descriptiva – Exploratoria

#### **2.2.2. Técnica**

La técnica seleccionada en desarrollo y recolección de los datos durante la Ejecución de esta investigación fueron:

- ✓ Pasos de la Metodología Six Sigma
- ✓ Observación y recolección de datos
- ✓ Toma de tiempos de procesos y porcentaje de defectos
- ✓ Revisión Bibliográfica
- ✓ Revisión de información con Jefaturas y Gerencias pertinentes.

#### **2.2.3. Instrumento del Estudio**

Los instrumentos usados para realizar la investigación fueron:

- Textos.
- Formatos de producción
- Mediciones de datos de procesos
- Información disponible en Internet.
- Observación de procesos
- Datos históricos de empresa
- Intranet de empresa

#### 2.2.4. Técnicas de Ingeniería

Una investigación en todo el proceso de su ejecución requiere de la selección adecuada del tema, un buen planteamiento de la problemática a solucionar y una definición las técnicas de ingeniería a emplear.

Las técnicas seleccionadas para la realización de la investigación serán los formatos de producción para recopilación de datos, los diagramas de Ishikawa, diagramas de procesos y la técnica de aplicación DMAMC, dentro de este último se detectan las posibles mejoras de la planta de Ruedas Abrasivas. Se evaluarán los procesos clave dentro de la producción de ruedas abrasivas, la recolección de datos mediante formatos de producción nos ayudara a tener idea más clara de la situación actual de cada uno de estos procesos. El diagrama de Ishikawa se utilizó para la identificación de los problemas y sus causas en los procesos mencionados anteriormente, lo que dio un parámetro amplio de visión acerca de los Puntos Críticos que tienen cada uno de estos procesos.

La filosofía DMAMC será posteriormente utilizada en la presentación de la propuesta de implementación de la filosofía Six Sigma, teniendo el diagnostico actual de la empresa se podrá proceder al análisis y propuesta de mejoras para la Planta de producción.

#### 2.2.5. Fuentes de Información.

Para la recolección de la información se utilizó las siguientes fuentes:

- Información bibliográfica como lo son: libros, documentos, donde se localizan los antecedentes y marco teórico que sirven para el estudio y documentación del tema.
- Investigación de procesos de producción de Ruedas.
- Bibliografías virtuales (Internet) sobre las empresas descritas anteriormente en la unidad de análisis y la metodología Six Sigma.





Figura N<sup>ro</sup>. 3. Formato de Paradas Programadas

TIPO DE PARADAS		TIPO DE PARADA	TIEMPO DE PARADA	LOTE
PI 1	FALTA DE PEDIDO			
PI 2	REFRIGERIO			
PI 3	CAPACITACIÓN			
PP 1	MMTO PREV. MAQUINA			
PP 2	PREPARACIÓN DE MAQ			
PP 3	EVALUACION CC			
PF 1	FALTA DE MATERIA PRIMA			
PF 2	MMTO CORR. MAQUINA			
PF 3	FALTA DE OPERARIO			
PF 4	FALTA DE MOLDES			
PF 5	FALTA ATENCIÓN ALMACEN			
PF 6	FALTA RUEDAS DE ACABADO			
PF 7	FALTA DE SUMINISTROS			
PF 8	DEMORA EN APROBACIÓN CC			
PF 9	FALTA DE ELECTRICIDAD			
PF 10	FALLA ASPIRADOR GASES			
PF 11	FALLA ASPIRADOR DE POLVO			
PF 12	OTROS			
PI: PARADA INACTIVA		PP: PARADA PROGRAMADA	PF: PARADA POR FALLA	

Fuente: Elaboración Propia

En el formato de paradas (Figura N<sup>ro</sup>. 3) también se consideran refrigerios, mantenimientos preventivos capacitaciones y/o reuniones que tengan lugar en la planta de Producción y que resten tiempo a la producción.

### 2.3. Metodología del Análisis

Se elabora un análisis FODA para identificar la situación actual de la empresa en estudio, luego se describe gráficamente las diferentes actividades de los procesos productivos en la empresa en estudio.

#### 2.3.1. Análisis FODA

Durante el desarrollo de la investigación, se hizo acopio de técnicas de recopilación mediante formatos antes mostrados y la observación, de estos formatos se obtuvo información relevante para este diagnóstico. La información se presentará, apoyándose en las herramientas como el FODA para realizar el análisis de la información obtenida y posteriormente un diagnóstico.

Esta herramienta nos permite conformar un cuadro de la situación actual de la empresa y organización, permitiendo de esta manera, obtener un diagnóstico preciso y que permita en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos planteados al inicio de esta investigación. “El termino FODA es una sigla conformada por las primeras letras de las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. De entre estas cuatro variables, tanto Fortalezas como Debilidades son internas de la organización, por lo que resulta posible actuar directamente sobre ellas, en cambio las Oportunidades y Amenazas son externas” (Moosa K., Sajid A., Critical Analysis of Six Sigma Implementation, 2010). Por lo que en general resulta muy difícil, sino imposible poder modificarlas.

Por medio del conocimiento de la empresa y haber estado en contacto con los trabajadores de la planta de producción se determina el FODA.

### **FODA: Empresa De Ruedas Abrasivas**

#### **Fortalezas:**

- Implementación de 5s.
- Personal con experiencia y calificado para cada puesto
- Realización de planes de producción mensuales.
- Variedad de ruedas abrasivas
- Amplia cartera de clientes
- Buena infraestructura de Planta de Abrasivos.
- Buen canal de comunicación interna.
- Almacenes ambientados para conservación de las materias primas
- Mantenimiento disponible las 24 horas del día

**Oportunidades:**

- Oportunidad de expansión en el mercado nacional.
- Fidelización de clientes en el exterior de país.
- Ofrecer servicios de asesoría a los clientes potenciales
- Ampliar diversidad de productos
- Aumentar capacidad de producción implementando más turnos

**Debilidades:**

- Falta de capacitación para el personal nuevo
- Falta de implementación de mejoras de procesos
- Demora en reparación de moldes de prensado
- La mayoría de maquinaria de la empresa es antigua
- Atraso en pedidos por demoras en mantenimiento de máquinas y por falta de elementos (moldes, fillers, platos, ejes, niveladores)
- Tiempos muertos por falta de materia prima (falta de planificación)
- Alta cantidad de mermas por malas dimensiones de moldes

**Amenazas:**

- Variabilidad del costo de las materias primas (grano abrasivo, solventes, mallas) en el mercado nacional e internacional
- Competencia de fuera del país que está ocupando casi el 50% del mercado nacional
- Costos más bajos de la competencia
- Alianzas entre empresas de la competencia
- Cambios en políticas o normas del gobierno

### **2.3.2. Descripción del Proceso Productivo de Ruedas Abrasivas**

El proceso de fabricación de Ruedas Abrasivas es complejo y varía de producto en producto, a continuación se explicará el proceso productivo de los productos más representativos.

#### **2.3.2.1. Mezcla de Liga**

Esta puede ser Liga Resinoide o Liga Vitrificada, la liga resinoide tiene una duración de 15 a 30 días, mientras que la vitrificada no tiene fecha de caducidad, en este proceso se mezclan los componentes de la liga (Carbonato de Calcio, Oxido de Calcio, Resinas líquidas, entre otros), esto se realiza en conos de mezcla, hay un cono vitrificado y uno resinoide, el movimiento circular de los conos hace que los componentes se mezclen homogéneamente, para tener una liga conforme por lo menos debe mezclarse 1 hora, una vez terminada la mezcla pasa a la tamizadora donde se eliminan los grumos que puedan haberse formado en los conos, una vez hecho esto se embolsa y se lleva a la Planta de Prensa para su respectivo proceso. Hay que recalcar que esta liga sirve como una unión de los granos abrasivos, actúa precisamente como ligante del componente de mezclado.

#### **2.3.2.2. Mezclado para prensas**

Al igual que el proceso anterior hay dos tipos, el vitrificado y el resinoide, el mezclado resinoide se realiza en una Batea Chica o Mezcladora Chica, donde se agrega la liga antes preparada con los Granos Abrasivos respectivos (Oxido de Aluminio o Carburo de Silicio), aproximadamente una mezcla resinoide dura 20 minutos, estas mezclas no pueden estar expuestas mucho tiempo al ambiente o pueden secarse y perder su composición, por esto las mezclas tienen varias tandas y así se evita que estén mucho tiempo en el exterior. En el caso de las mezclas vitrificadas se realizan en una Batea Grande o Mezcladora grande, igualmente se agregan la liga y los granos, una tanda de estas mezclas dura 30 min, en este caso las mezclas vitrificadas pueden quedarse en el ambiente más tiempo, por esto se hacen tandas más grandes en el prensado.

### 2.3.2.3. Prensado

El proceso de prensado es uno de los puntos clave de toda la fabricación, cuando la mezcla esta lista ( resinoide o vitrificada) se coloca en los moldes de prensado , estos moldes tienen distintas formas y medidas dependiendo del producto que se quiera obtener, aparte de eso cuenta con platos superiores e inferiores, fillers y niveladores, estos últimos ayudan a distribuir la mezcla uniformemente en el molde, se coloca el plato superior y se coloca el molde en la prensa para su prensado, hay 4 prensas en esta área , dos prensas de 200 Toneladas, una prensa de 800 toneladas y una prensa de 20 toneladas, la más pequeña de 20 Tn. Se usa para productos pequeños como P.A.V. o Puntas Montadas, la prensa de 800 Tn. Para productos grandes de 9" a mas, y las de 200 Tn. para productos de tamaño mediano de 9" a menos, una vez prensado se retiran los platos superiores, se desmolda el producto y cuidadosamente se pone en producto en un carro de secado.

### 2.3.2.4. Horneado

En la etapa de horneado los productos resinoides y vitrificados tienen procesos distintos como explicare a continuación:

#### 2.3.2.4.1. Horneado Resinoide

Una vez los productos resinoide han sido prensados (discos, tapones o segmentos) se procede al armado de equipo, esto es preparar la distribución que los productos tendrán dentro de las estufas, se cuenta con 5 estufas resinoide, los productos resinoides son discos de corte o de desbaste en su gran mayoría, para armar y preparar el equipo se colocan los discos en ejes de 1 metro de largo, entre cada disco hay platos metálicos y mallas de teflón para evitar que se dañen al rozarse, este paquete se ajusta con una llave de torque y se pone en las parrillas de estufa, de esta manera se colocan varios paquetes de discos en la parrilla, cuando son tapones o discos se colocan en un recipiente metálico cubiertos de cuarzo para que tengan un horneado uniforme. Los horneados resinoides tienen un ciclo largo y un ciclo corto, con productos de más de 9" se utilizan ciclos largos y con menores de 9" ciclos cortos , un

ciclo largo dura 28 horas y uno corto 24 horas, la temperatura máxima de estas quemas es de 200 grados centígrados, las estufas están controladas mediante un programa que permite ver el avance de la quema en el tiempo y poder controlar la temperatura en cada etapa, una vez terminada la quema de estufa se procede a desarmar el equipo, a sacar los productos y a ordenarlos para que control de calidad pueda hacer las pruebas respectivas.

#### **2.3.2.4.2. Horneado Vitrificado**

Una vez los productos vitrificados han sido prensados, deben secar por lo menos 8 horas dentro de la secadora, para todos los vitrificados es igual, ya que tienen más tendencia a absorber humedad, una vez terminado el secado se procede a armar el castillo del horno Bickley, el castillo del horno Bickley es una estructura formada por placas refractarias que transmiten calor, este castillo tiene 2 metros de alto, aquí es donde los productos vitrificados van siendo cargados, se van colocando en el castillo junto con capas de cuarzo para evitar que se peguen en el horneado, cuando el castillo está lleno contiene aproximadamente 2800 kilos de productos distribuidos en todas las áreas, la temperatura a la que trabaja es de 1250 grados centígrados, en el caso de este horno el control de temperatura y prendido de quemadores es manual, el control se hace mediante un programa que grafica el avance de la quema. Una vez la quema termina control de calidad hace las pruebas respectivas.

#### **2.3.2.5. Control de Calidad**

Este proceso lo realizan los inspectores de calidad, en caso de productos resinoides toman 2 muestras de cada lote y hacen pruebas de rendimiento (cuantos cortes puede hacer un disco, cuanto material remueve un disco, cuanto se desgata un disco), en el caso de vitrificados toman pruebas de penetración para determinar las durezas y verificar si las densidades están dentro de los rangos establecidos. Hay que mencionar que cuando un producto excede los rangos de calidad por poco ese producto se convierte en un Observado.

### 2.3.2.6. Acabado

#### 2.3.2.6.1. Acabado Resinoide

Una vez aprobados los productos resinoideos pasan por la etapa de acabado para ingresar al almacén final, pasan por los siguientes procesos:

- Oscilación: Este proceso hace que el disco gire sobre un eje de manera que se pueda observar el grado de oscilación que tiene, cuando un disco no está recto se observa que su oscilación será mayor y provocara un corte o desbaste desigual.
- Faseado: El faseado es un desbaste del diámetro exterior del disco a la medida de la especificación, este se realiza en la Maquina #7.
- RPM: Prueba de velocidad, se somete al disco a ciertas Revoluciones Por Minuto para asegurarnos que la liga se ha acoplado bien al grano y no reviente a la hora de su uso.
- Pintado: Se pinta la circunferencia del disco, es solo por motivos de presentación.
- Etiquetado: Se coloca el código de barras y se marca en el disco la fecha de vencimiento y fabricación.
- Inspección: Se da una inspección final del disco, se revisa que estén rectos, que tengan igual distribución de grano y que la presentación sea la adecuada. Una vez terminado este proceso se ingresan al Almacén de Productos Terminados.

#### 2.3.2.6.2. Acabado Vitrificados

Una vez aprobados los productos vitrificados pasan por estos procesos de acabado

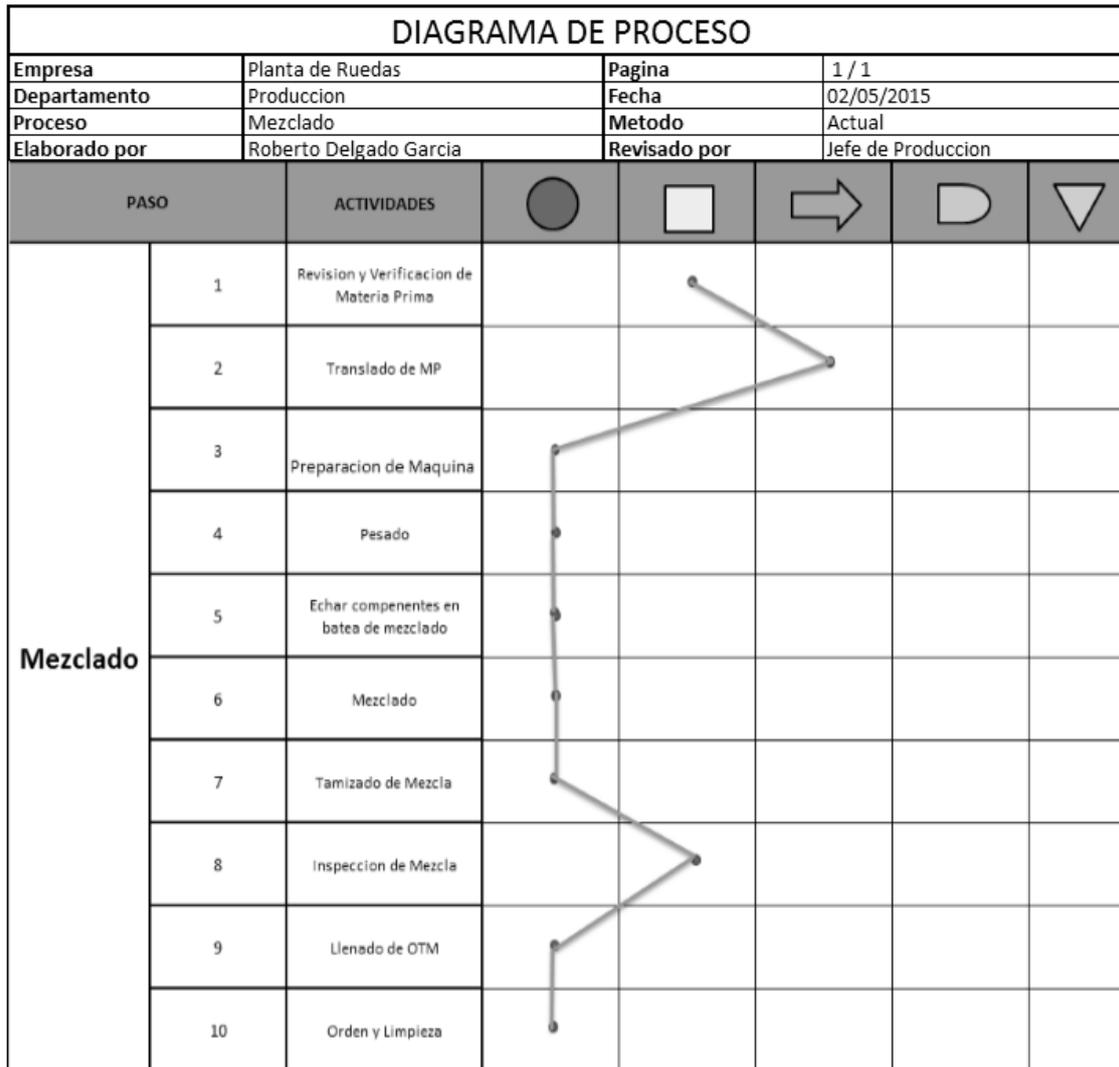
- Superficie: Se realiza en la maquina #2 y en esta operación se rebaja el espesor a la medida solicitada en la especificación.

- Centros: Se realiza en la maquina #3 y en esta operación se rectifica el agujero de la rueda, haciéndolo más grande según la medida requerida por el cliente.
- Embujado: Se prepara una mezcla de Azufre y Sílice a una temperatura de 190 grados centígrados, esta mezcla se coloca en el interior del agujero de la rueda con la ayuda del eje correspondiente, esto sirve para revestir el interior de la rueda y para proteger el eje en el que la rueda será colocada.
- Faseado: Se realiza en la maquina #6, realiza rectificados de diámetros exteriores mayores a 8", diámetro interiores en caso de copas cónicas o rectas, da forma a faces y regula espesores de pared. El faseado de diámetros menores a 8" se dan en la maquina #7. En el caso de P.A.V. y Puntas Montadas se dan faseado en las maquinas #8 y #9 , que son exclusivamente para ese tipo de productos
- Balanceo: Colocando peso en los lados de las ruedas se puede determinar si toda la rueda tiene mezcla uniformemente distribuida, si no está balanceada la rueda tiende a gastarse más de un lado que de otro.
- RPM : Prueba de revoluciones por minuto para ruedas vitrificadas
- Etiquetado: Colocan el código de barras en la rueda y de ser necesario se marca su especificación.
- Inspección: Inspección final para comprobar que no haya fisuras y/o lascas en las ruedas que puedan ocasionar accidentes. Al terminar pasan al almacén de productos terminados.

Por ultimo en ambos casos se embalan y se pone el destino al que será envía el producto, cabe mencionar que tienen una vida útil de 3 años que se coloca en cada caja de ruedas abrasivas.

Como se explicó los procesos para llevar a cabo una rueda abrasiva son muchos y muy variados, a continuación se explicara gráficamente las actividades de los procesos más importantes de la fabricación de estas piedras:

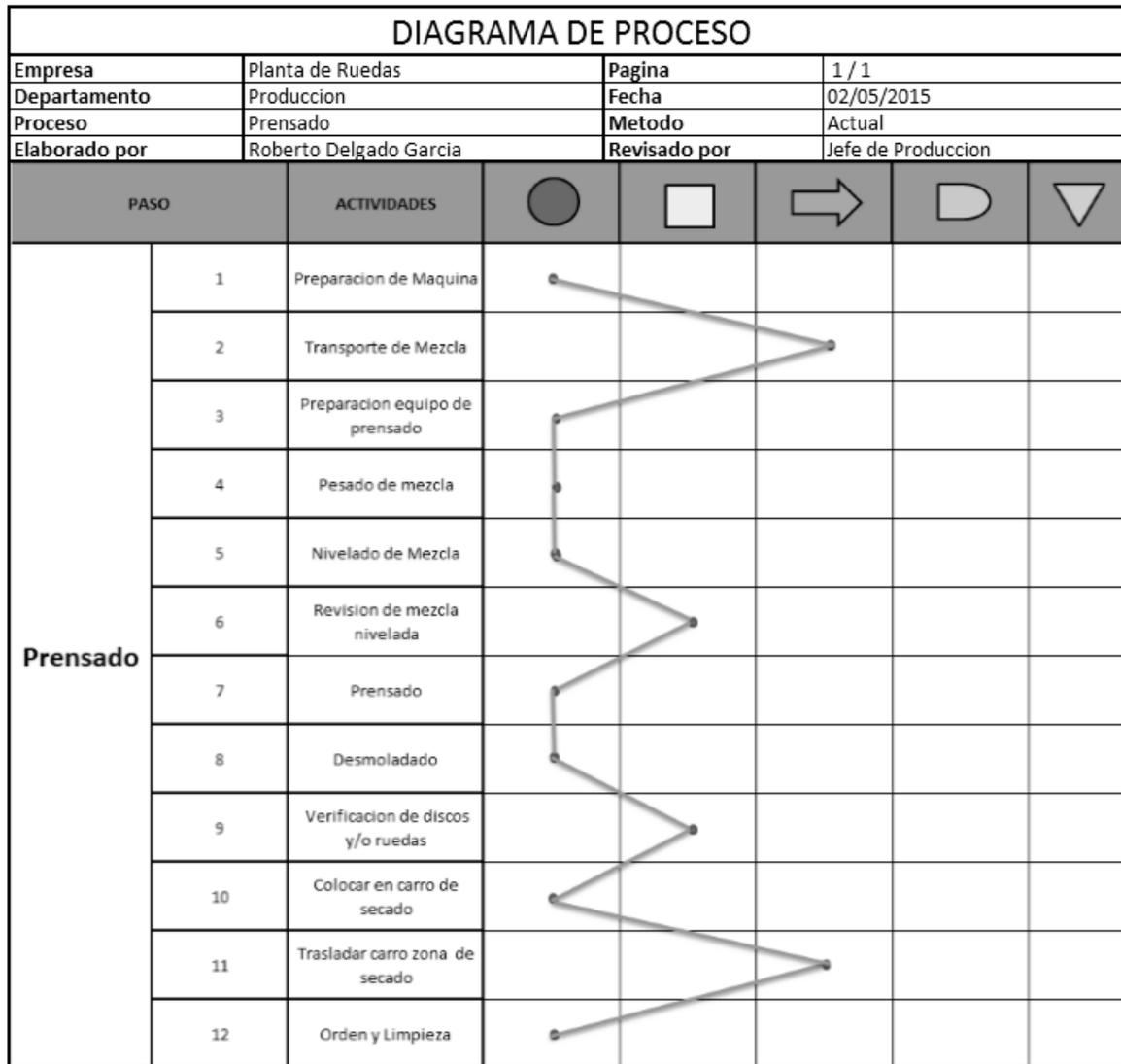
Diagrama N<sup>o</sup>. 1. Actividades del Proceso de Mezclado



*Fuente: Elaboración Propia*

En el caso del mezclado y el prensado las actividades no cambian si el producto es Vitrificado o Resinoide, por eso en esta parte no hubo ninguna variación, El Diagrama Nro. 1 nos esquematiza de mejor manera el proceso, nos ayuda a entender que tipo de actividades se realiza, el mezclado es el primer proceso importante, si las inspecciones no se realizan bien, los componentes pueden contaminarse, el tiempo que se utiliza también es importante, ya que puede modificar las densidades, la cantidad de ligante o las durezas de los productos a fabricar.

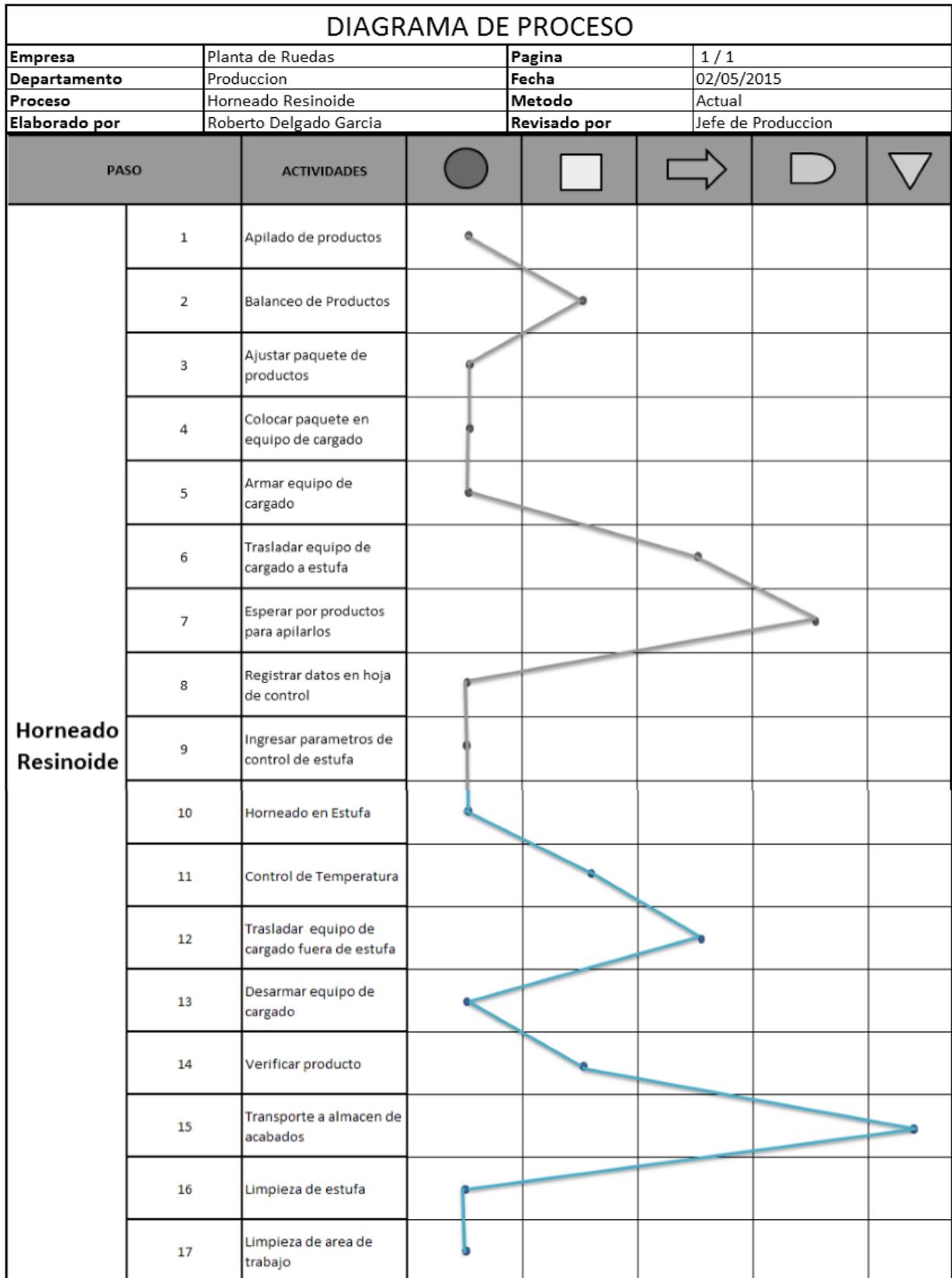
Diagrama N° 2. Actividades del Proceso de Prensado



Fuente: Elaboración Propia

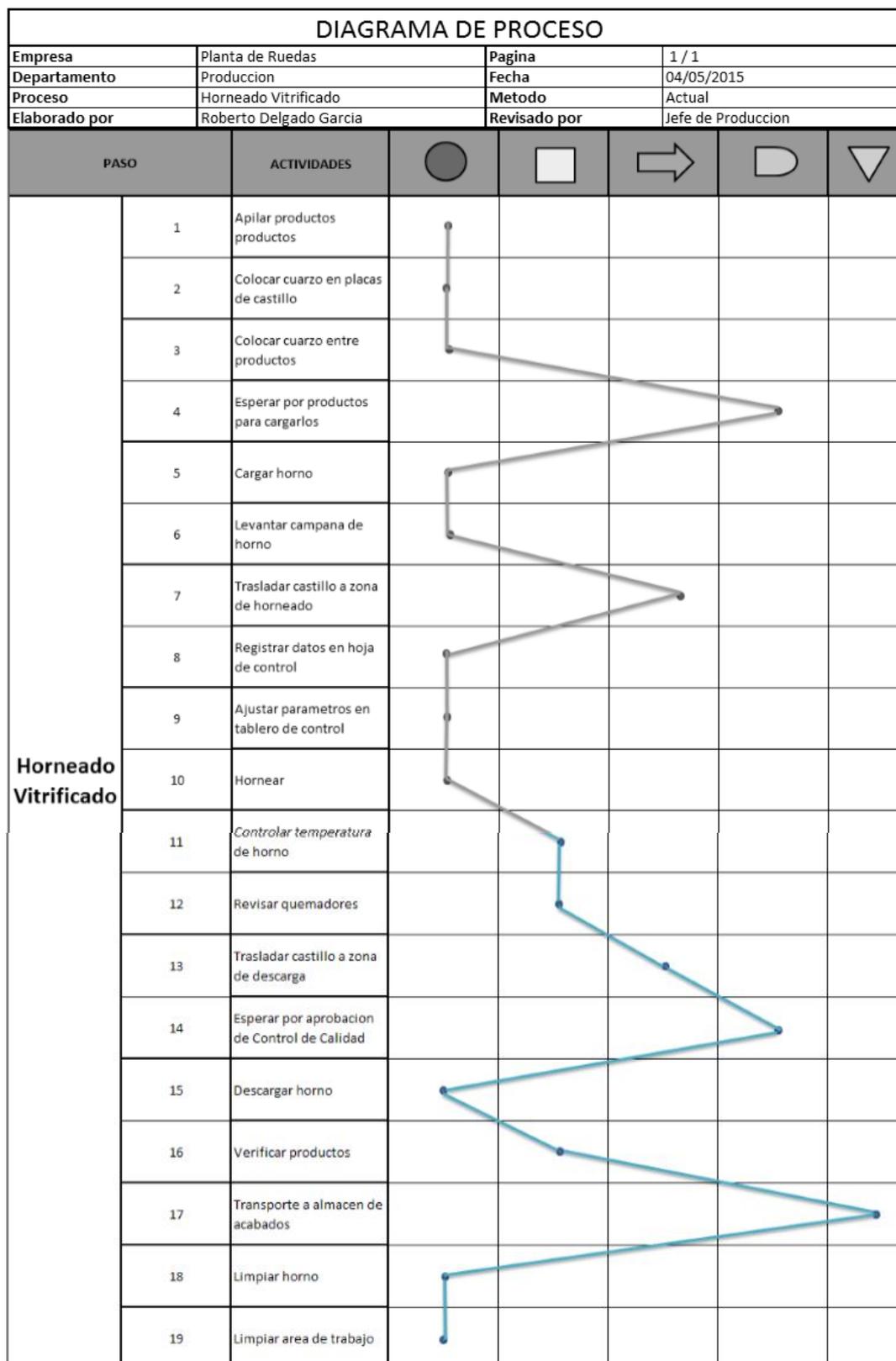
En esta descripción de actividades se toman como referencia los productos con mayor rotación de la empresa que en caso de Vitrificados son Ruedas rectas de 6” y 8 “ , y en productos Resinoides son los Discos de Corte de 4 ½” , 7” y 14 “ ( estas pulgadas son del Diámetro exterior de los productos). El prensado se realiza en distintas Prensas, actualmente se cuenta con 4 prensas, 2 de 200TN, una de 20TN y una de 800TN, no se realizó distinción entre prensas ya que los procesos son iguales, solo varían mezclas y medidas dependiendo del tipo de producto. A partir de esta sección haremos una distinción entre productos Vitrificados y Resinoides ya que la diferencia en actividades es considerable.

Diagrama N° 3. Actividades del Proceso de Horneado Resinoide



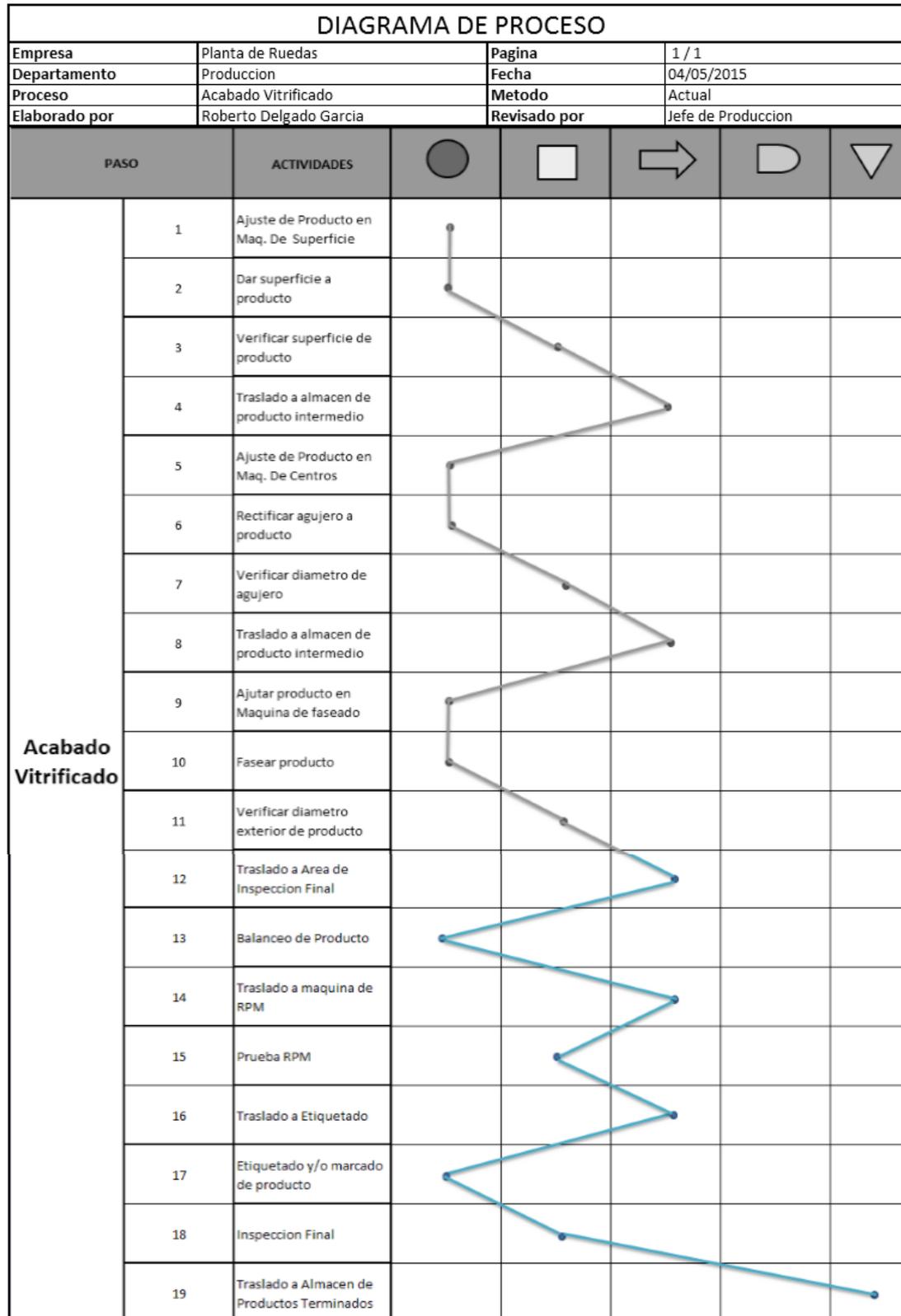
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 4. Actividades del Proceso de Horneado Vitrificado



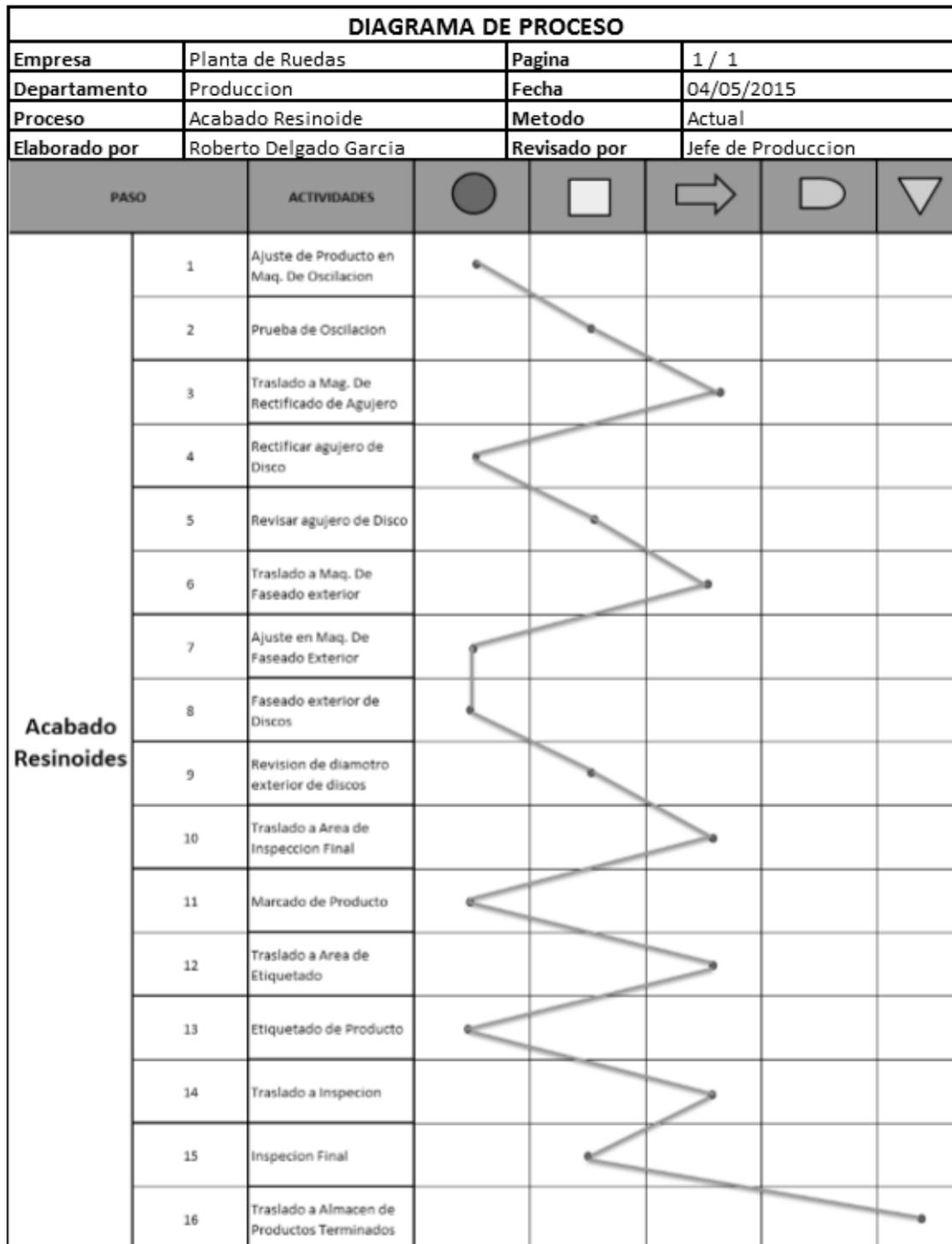
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 5. Actividades del Proceso de Acabado Vitrificado



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 6. Actividades del Proceso de Acabado Resinoide



Fuente: Elaboración Propia

Los procesos graficados anteriormente nos permiten tener una idea más clara de las actividades que se realizan en los procesos claves de la empresa. En los procesos de acabado existen bastantes maquinas (Superficie, Centros, Faseado, Taladros, Embujados, entre otras).

### 2.3.3. Diagnóstico de situación actual

#### 2.3.3.1. Producción

A raíz del tiempo de observación y análisis de los procesos más importante para la empresa se pudieron determinar los problemas más resaltantes y sus respectivas causas. A continuación su descripción y representación:

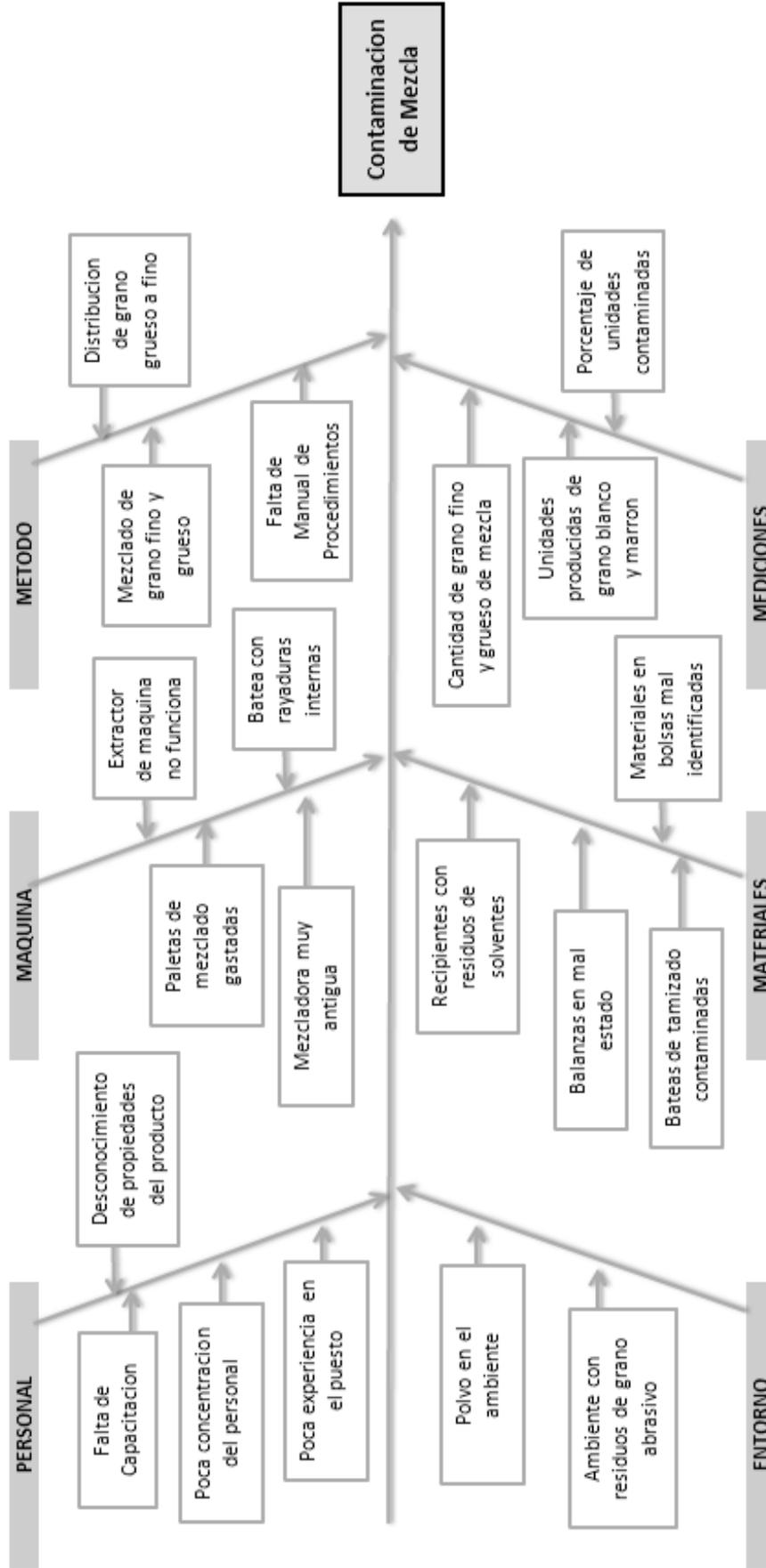
##### 2.3.3.1.1. Procesos de Mezclas y Prensados

**Contaminación de Mezclas :** En los procesos de mezcla resinode y vitrificada se usan distintos recipientes especiales para contener la mezcla , pero en este caso estos recipientes no son suficientes para todo un día por la variedad de productos a prensar , por ende se usan los mismos recipientes pero a causa de un mal acondicionamiento de estos el producto sale contaminado , con granos de distintos colores y tamaño , esto no es muy notorio en la etapa de prensado pero si en la etapa de acabados , este producto debe ir al Almacén de productos No conformes y es rechazado por Control de Calidad.

**Moldes fuera de Medida:** Los moldes utilizados en los procesos de Prensado están fuera de medida, puede que haya más o menos diámetro exterior y esto hace que se utilice más mezcla para rellenar el molde, esto es una pérdida de Materia Prima, de la misma forma si el producto es prensado con medidas incorrectas (menos diámetro exterior) no hay más remedio que mandarlo al Almacén de Productos No Conformes, ya que no se puede hacer nada con una medida menor a la de la especificación.

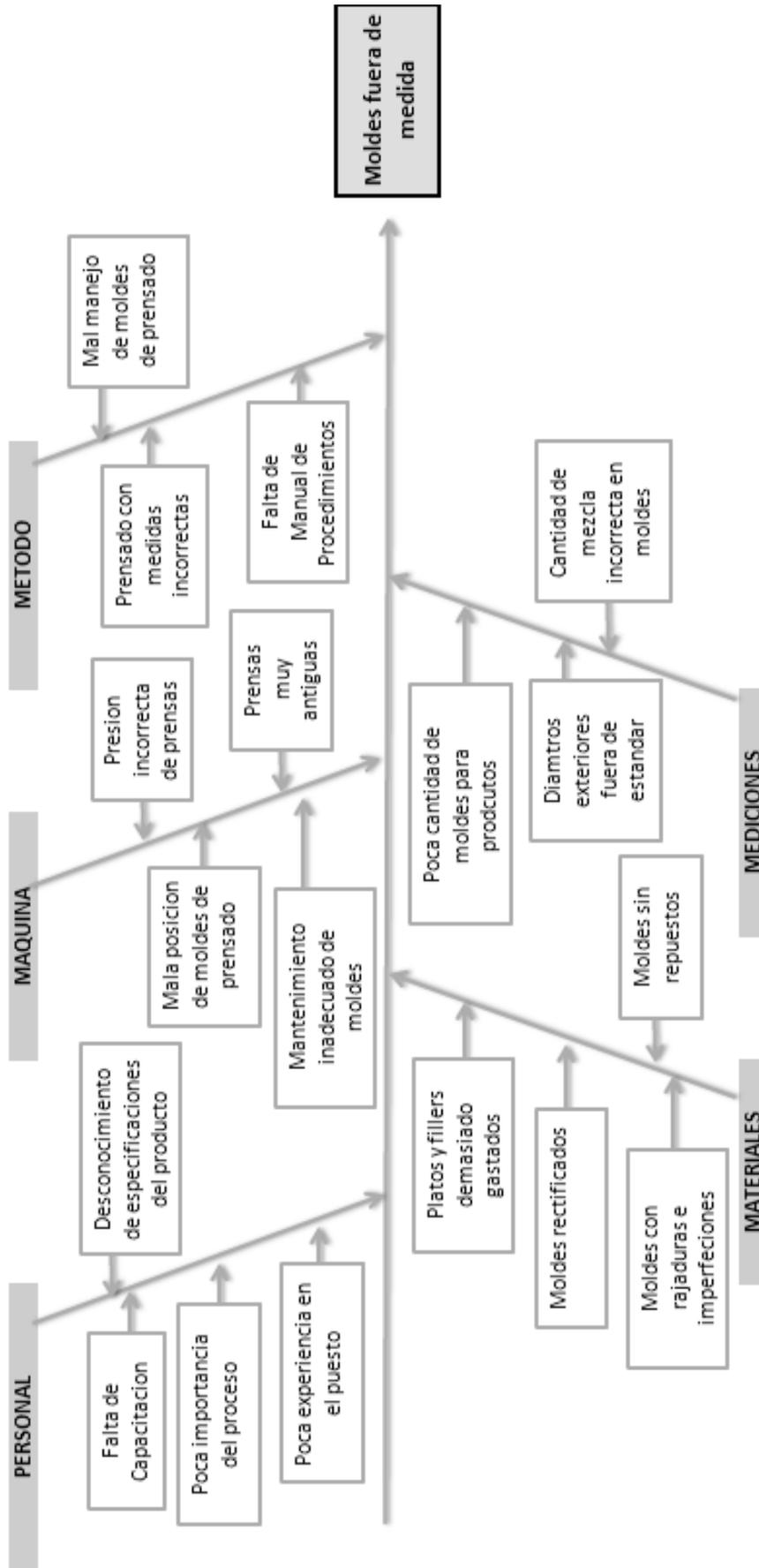
**Identificación de moldes y accesorios de prensado :** Los moldes de los productos no están bien identificados , al igual que sus accesorios ( platos superiores , inferiores , ejes , marcos y fillers) , al principio de la jornada se toma demasiado tiempo buscando y midiendo cada uno de estos componentes para encontrar el adecuado para cada producto a prensar, la identificación de moldes no existe , se basan en la experiencia de una persona para poder escoger los accesorios , esto quita tiempo de producción y contribuye a que los productos salgan chuecos, ya que si algún plato o filler no corresponde no hay una buena nivelación , ni prensado de rueda.

Diagrama N° 7. Diagrama Ishikawa de Mezclado



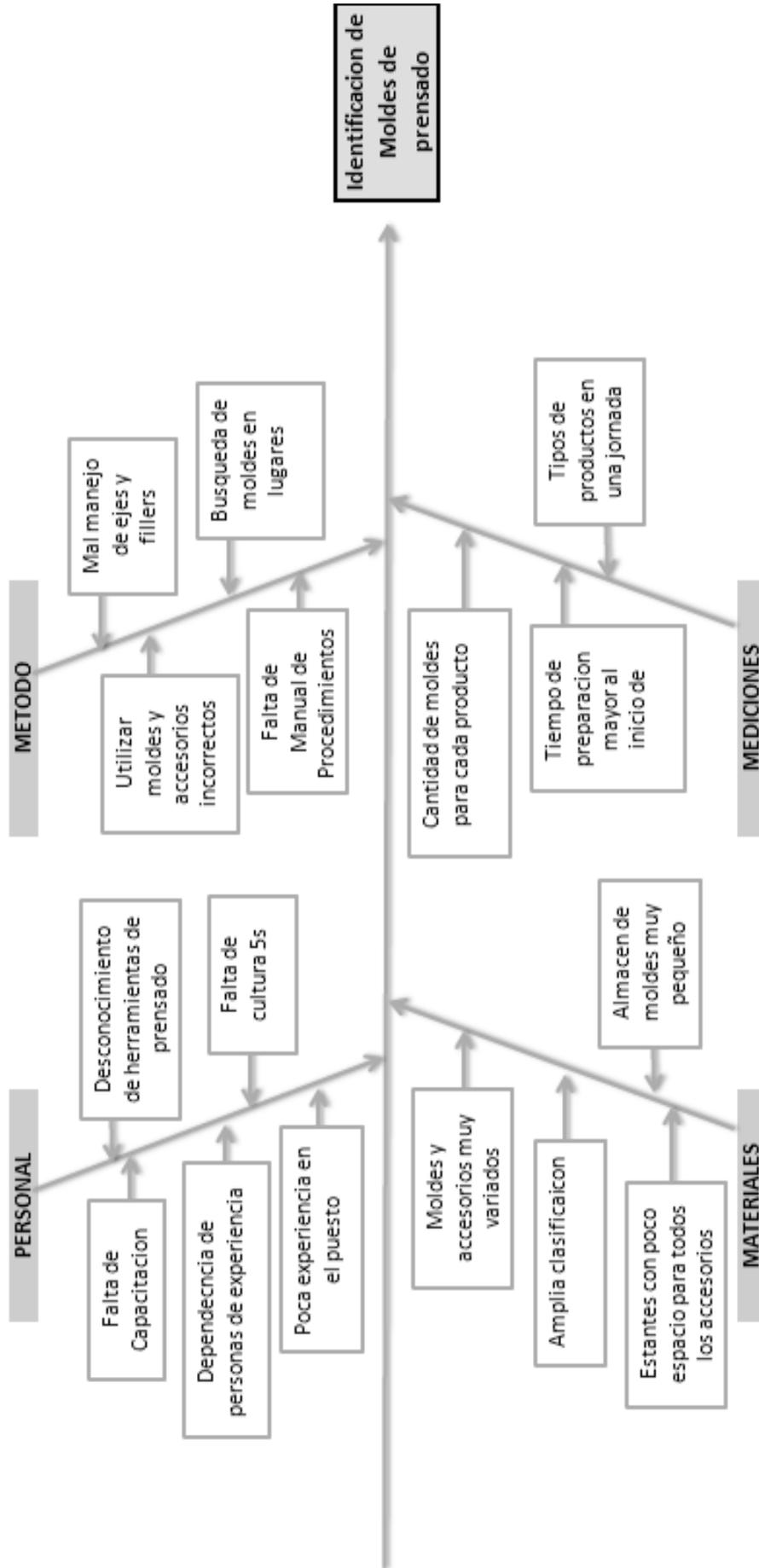
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 8. Diagrama Ishikawa de Moldes de Prensado



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 9. Diagrama Ishikawa de Identificación de Moldes



Fuente: Elaboración Propia

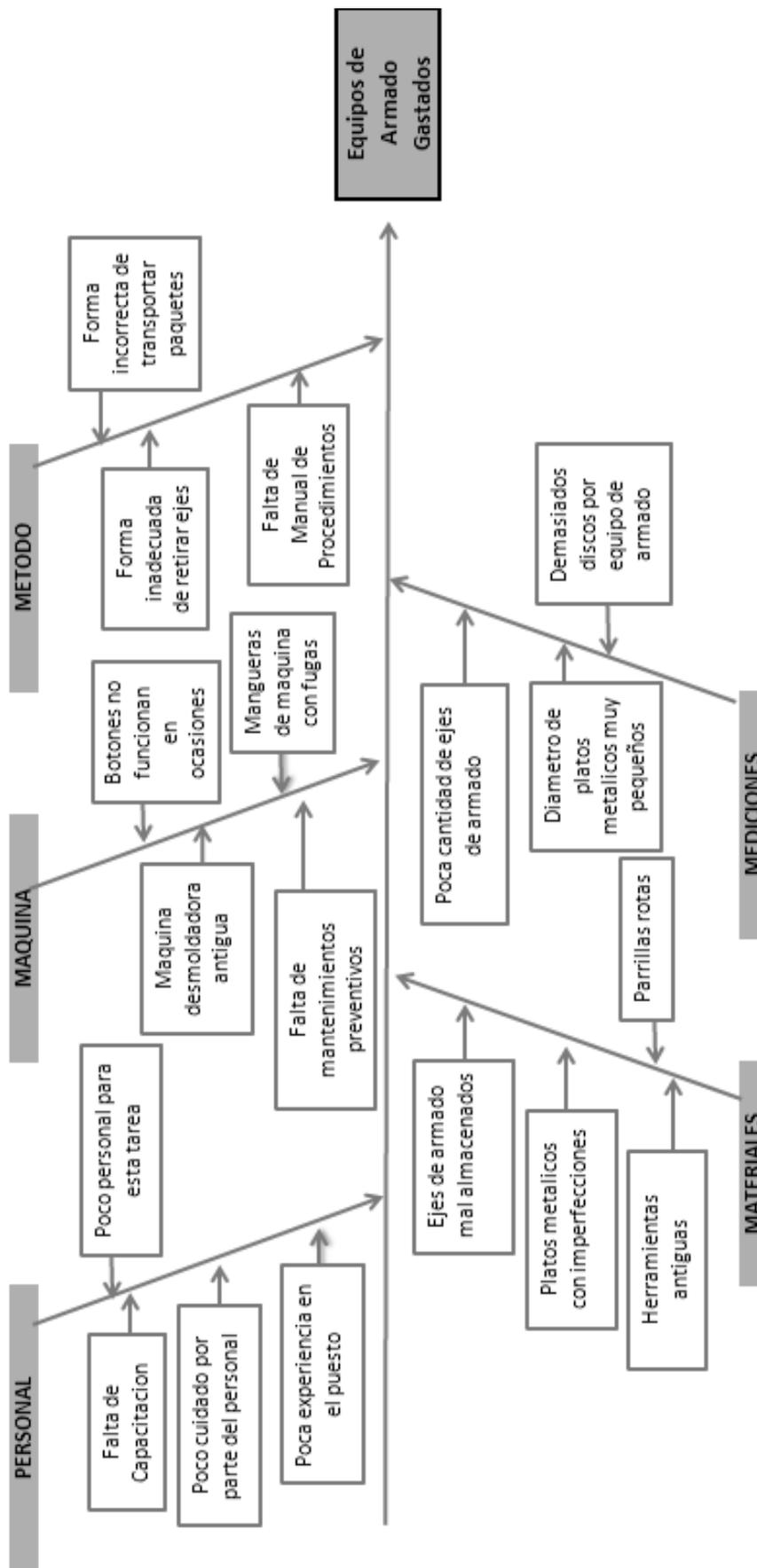
### 2.3.3.1.2. Procesos de horneado

**Equipos de armado gastados:** Los placas, mallas y platos de armado y apilado se encuentran muy gastados, al momento de armar y desarmar el equipo resinoides es muy difícil sacar los productos, ocurren que los discos se rompen o se quedan pegados en los platos y/o placas por falta de mallas en buenas condiciones. También ocurre esto por no darles mantenimiento a los equipos antes de cada horneado en las estufa, para que el porcentaje de productos resinoides chuecos disminuya es necesario que los trabajadores también puedan cuidar el equipo necesario para cada uno de los cargados resinoides,

**Incorrecto tiempo de secado:** Los productos vitrificados y resinoides pasan por un proceso de secado pero por la falta de cuidado y orden hay productos que no pasan por este proceso, esto hace que al entrar al horneado se fisuren internamente y cuando se usen a ciertas revoluciones exploten , pudiendo lastimar a alguien y haciendo el producto inservible , existen carros de secado pero no tienen una zona específica ni una identificación correcta , lo que hace que los productos sean horneados sin ningún control sobre el secado , es uno de los problemas que ocasiona rechazo en la planta. Al quedar aun partículas de agua dentro de los productos al elevarlos a altas temperaturas estas partículas salen violentamente de la rueda, haciendo que internamente se rompa o se fisure.

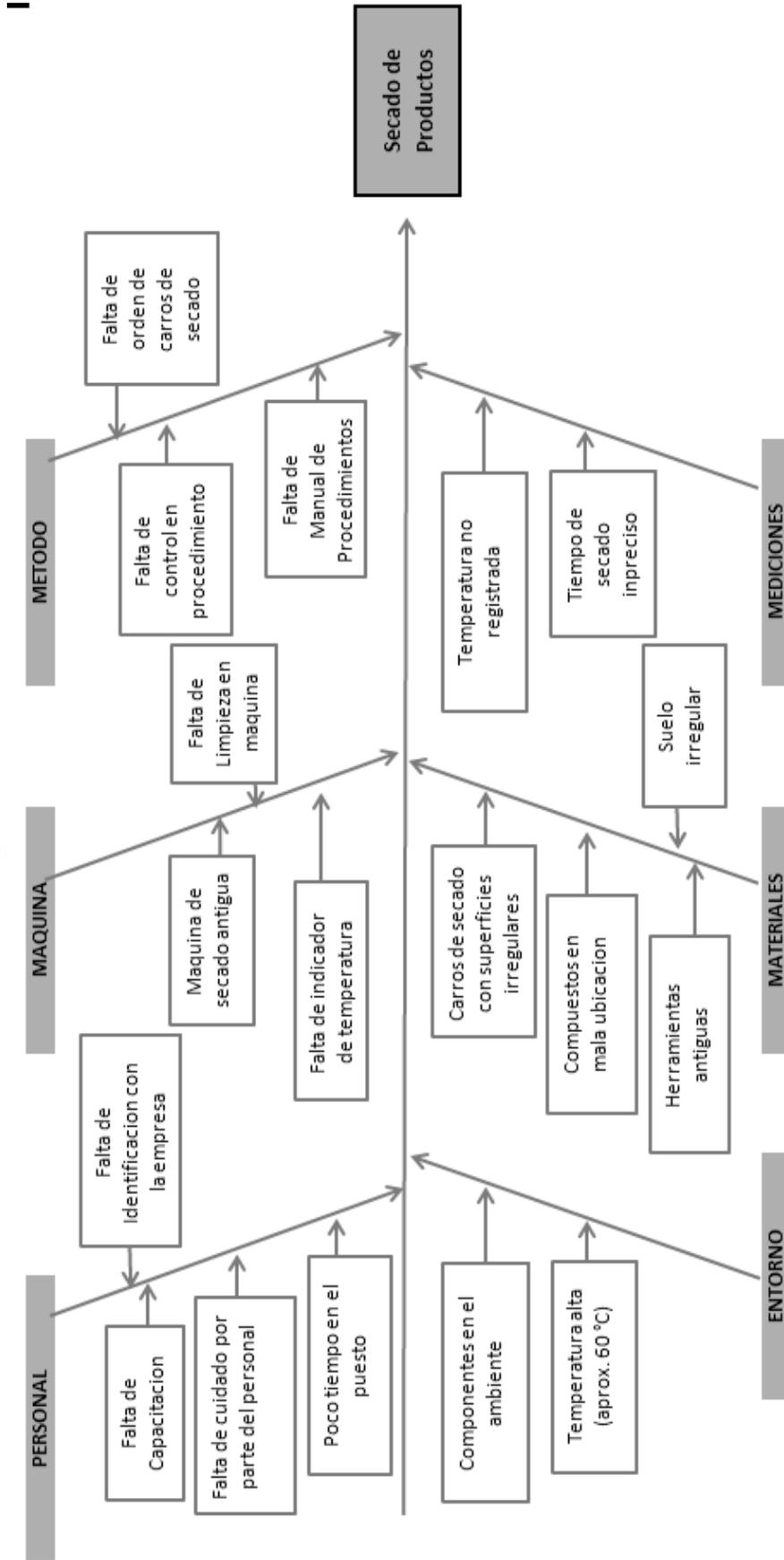
**Distribución de temperaturas :** Los productos resinoides se hornean en Estufas con una temperatura máxima de 200 °C y los productos vitrificados en el Horno Bickley a una temperatura máxima de 1270 °C , siempre hay cierto porcentaje de rechazos porque algunos productos no son bien horneados, no curan de la manera que deben curar y por ende produce reprocesos y hasta rechazos , las temperaturas dentro de estas Estufas y Horno no son estables en todas las zonas, en algunas partes se concentra más calor que en otras y causa una de las razones más frecuentes de rechazo. Si el producto sobrepasa su temperatura no hay vuelta atrás, mientras que si no llega a su temperatura se procede a un reproceso.

Diagrama N° 10. Diagrama Ishikawa de Identificación



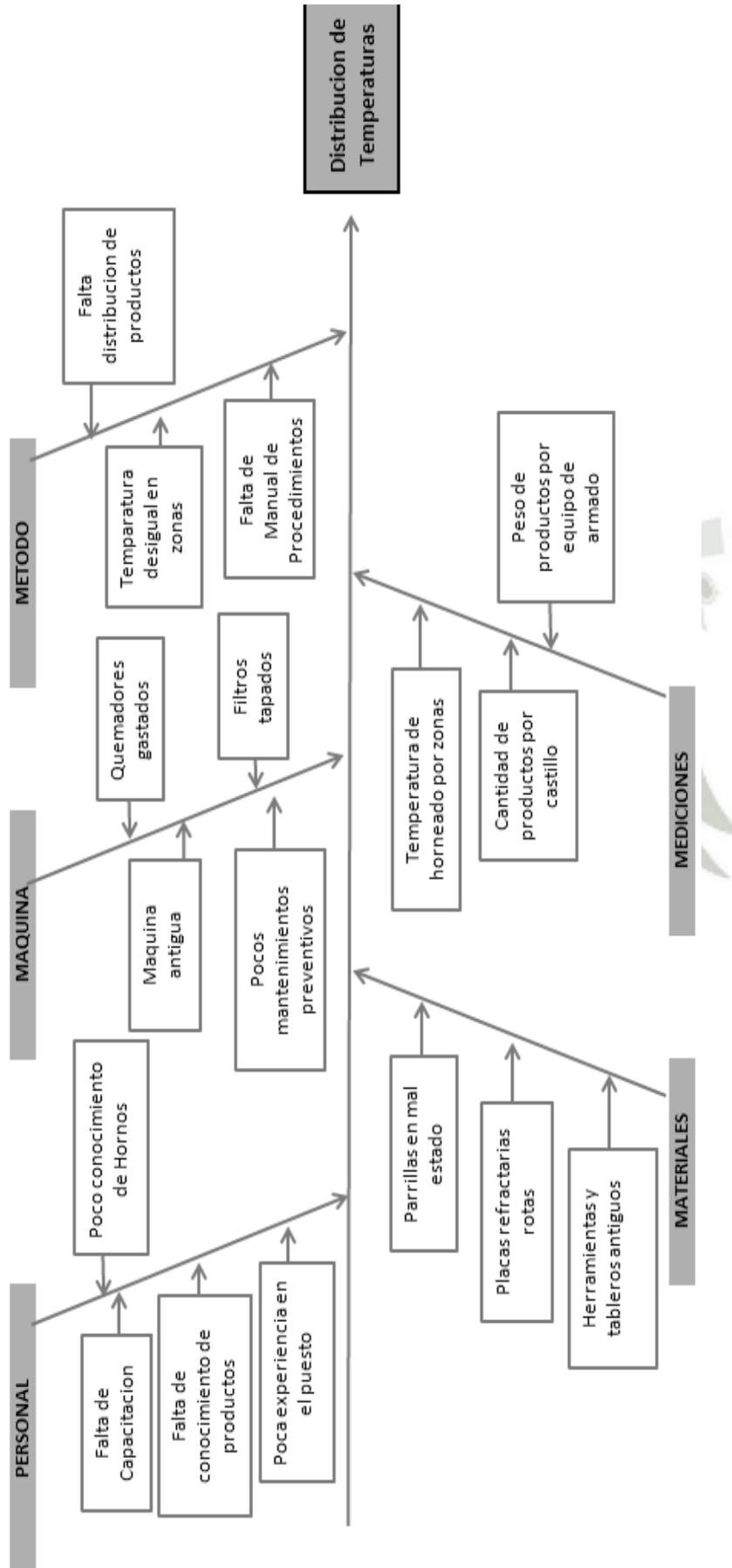
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 11. Diagrama Ishikawa de Secado



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 12. Diagrama Ishikawa de Distribución de Temperaturas



Fuente: Elaboración Propia

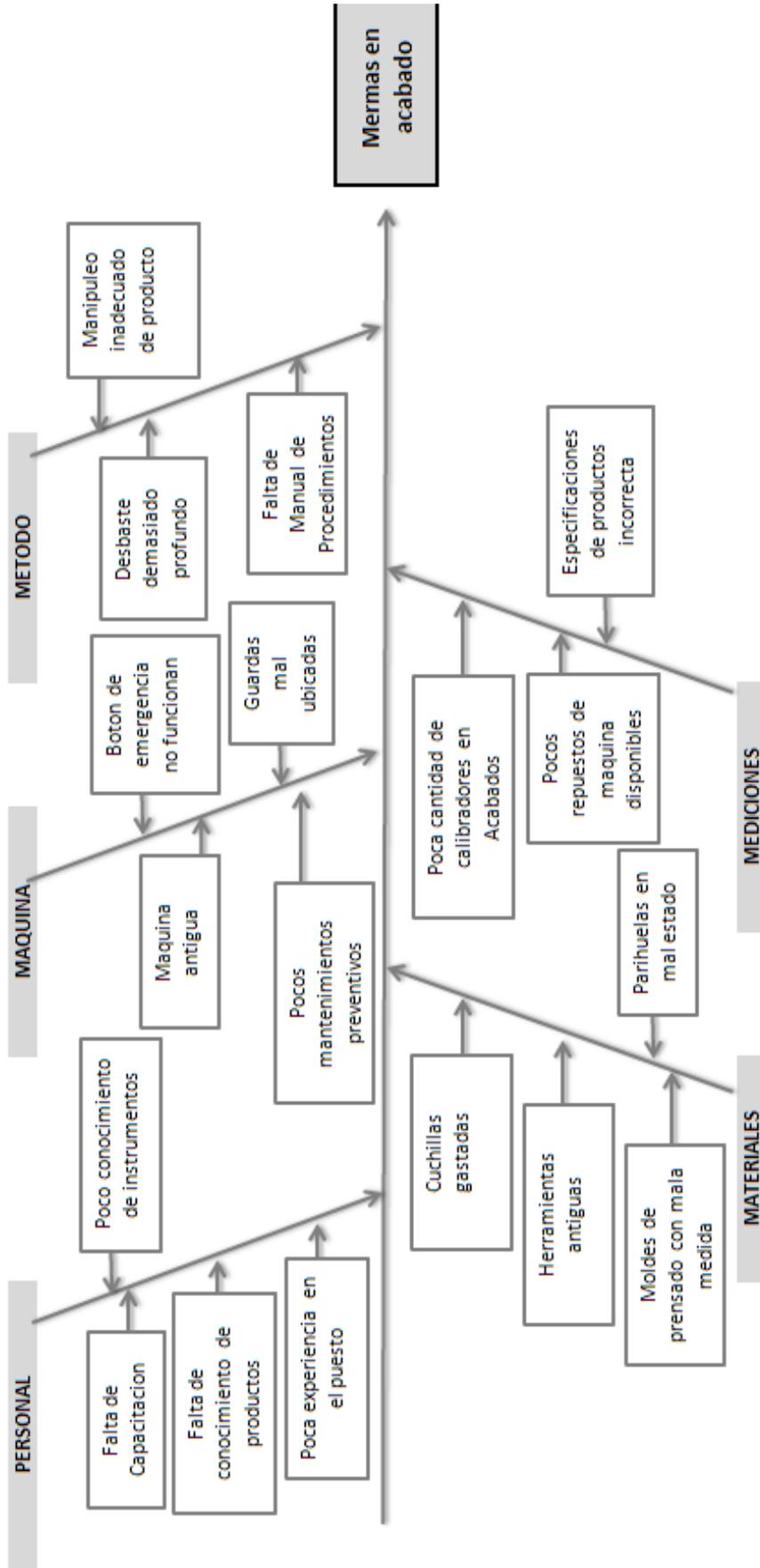
### 2.3.3.1.3. Procesos de Acabado

**Merma de productos:** Los productos vitrificados son rectificadas tanto de superficie, agujero y diámetro, para que puedan llegar a la especificación correcta y requerida por el cliente, en el proceso se pierde mucha materia prima, esto afecta el costo del producto, ya que estamos desperdiciando una cantidad considerable de material por el mal estado de los moldes de prensado, se puede llegar a botar hasta 30 kg por lote de producción por esta merma. Estas mermas son producto de los desbastes en el área de acabados para llegar a una correcta especificación.

**Mediciones incorrectas :** Los maquinas que conforman los procesos de acabado son manejadas por el operario a través de manivelas que permiten el movimiento de las ruedas de acabado y los rieles para el alineado del producto, para darle la medida final al producto el operario (mayormente basado en su experiencia) le da acabado sin medir , al final del proceso retiran el producto y miden para ver cuánto le rebajaron y si no le rebajaron de mas , esta práctica perjudica mucho a las ruedas Abrasivas , ya que está basada solo en la experiencia , pero si hay personas nuevas ocasionan rechazos por la falta de un método de trabajo adecuado. La experiencia en los trabajadores es importante pero también lo es establecer métodos de trabajo, los procedimientos no pueden ser solo basados en la experiencia de los operarios, tienen que medir.

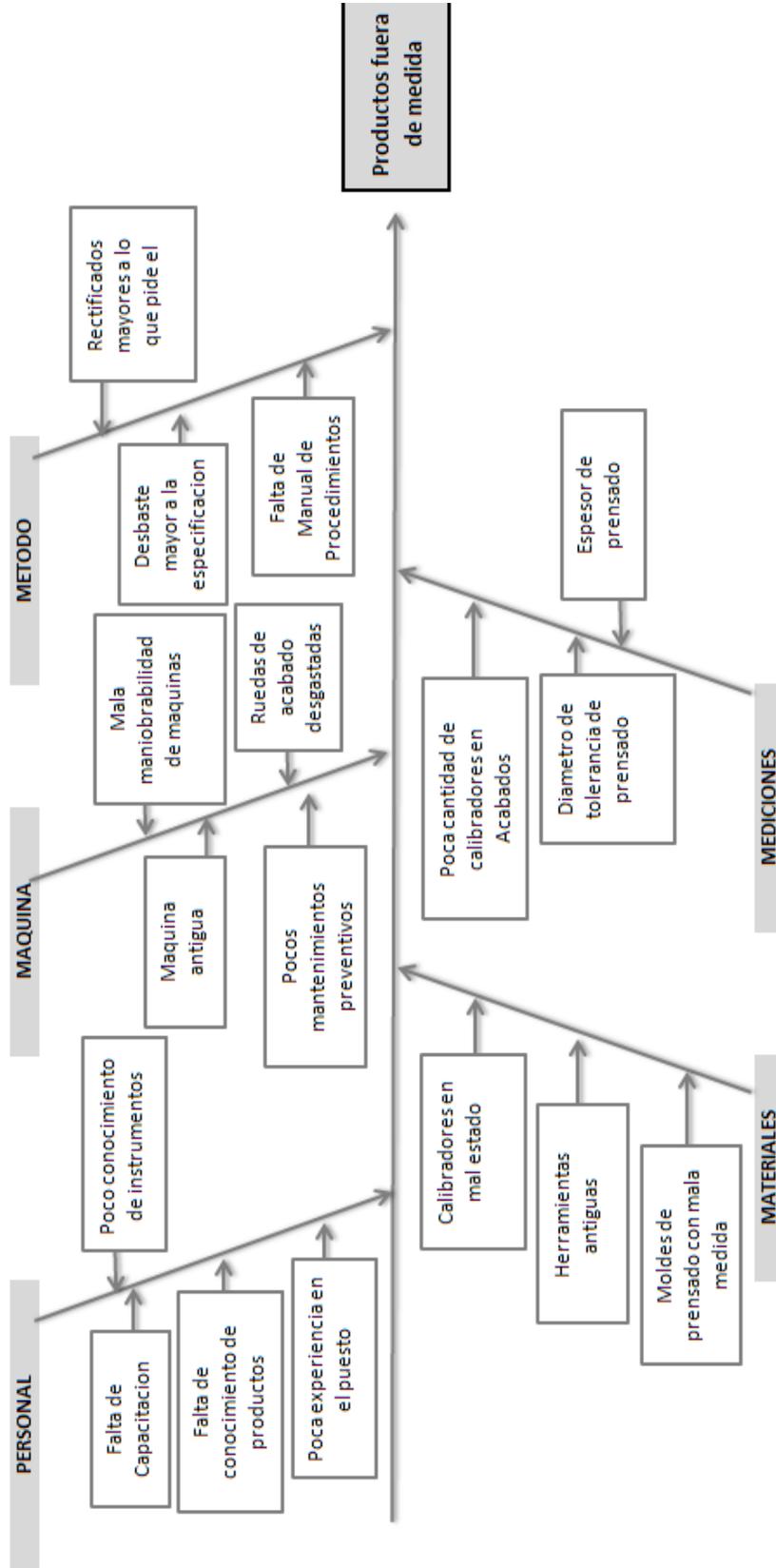
**Cuello de Botella Maquina de Superficie:** En el proceso de acabado la mayoría de máquinas producen un promedio de 50 a 60 ruedas por hora hablando de las ruedas de mayor rotación ( Ruedas Rectas A-1 6" y 8") pero la máquina de Superficie produce apenas 22 ruedas por hora , cosa que dificulta el avance de las otras máquinas y produce atrasos , esto se debe a la antigüedad de la máquina y a la complejidad de su trabajo , la mayoría de veces esta máquina es operada por una persona que cuente con experiencia , también incurre en demoras porque al tener medidas mayores demora más en desbastar las ruedas y llegar a las medidas finales.

Diagrama N° 13. Diagrama Ishikawa de Mermas



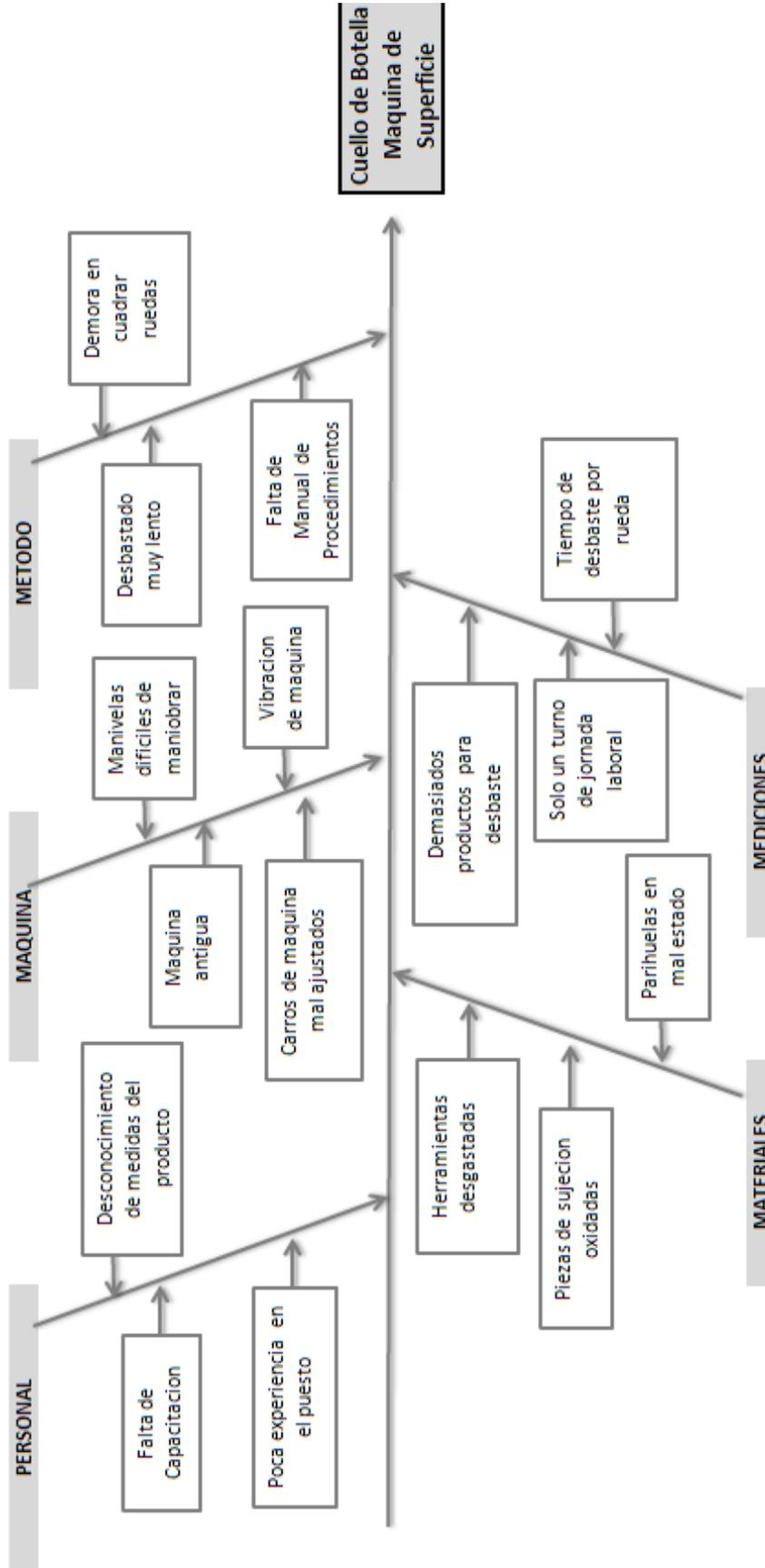
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 14. Diagrama Ishikawa de Fuera de Medida



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 15. Diagrama Ishikawa de Máquina de Superficie

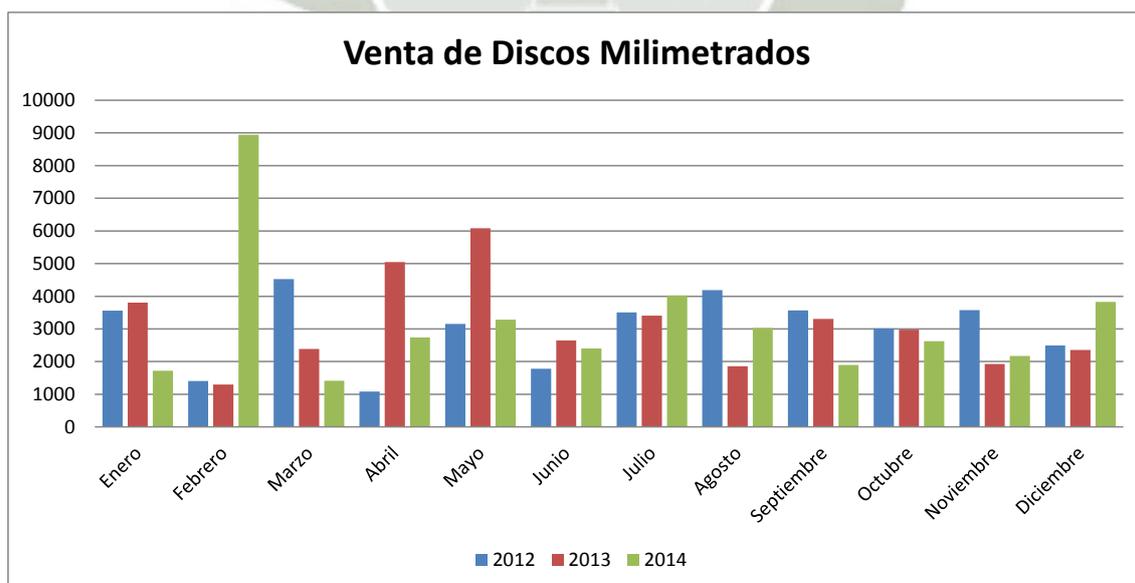


Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.3.2. Ventas

Se analizara la situación de la empresa tanto interna como externamente, mediante el método de observación se pudieron detectar los problemas antes mencionados, al igual que sus principales causas, estos problemas ocasionan un alto de efectos al momento de producir, actualmente esta Planta es la única en el Perú que se encarga de fabricar Ruedas Abrasivas, actualmente ocupa el 30% de mercado Nacional, el otro 70% está ocupado por marcas extranjeras, mayormente importan estos productos de Brasil o Argentina, que es la competencia directa que tiene esta empresa. Actualmente la empresa tiene precios muy altos en comparación con la competencia, si bien es cierto la calidad es igual o mejor que su competencia, los costos de producción elevados hacen que el precio suba y que su mercado se reduzca. La empresa tiene oportunidad de expandir sus operaciones siempre y cuando pueda encontrar los defectos que hacen que su costo sea tan elevado. Los productos resinoides con mayor rotación son los discos milimetrados, como se puede observar en los gráficos en los primeros 6 meses del 2012 y 2013 las ventas fueron mayores de lo que va del 2014, las ventas han ido disminuyendo, esto se atribuye a demoras en entregas o lotes incompletos de productos.

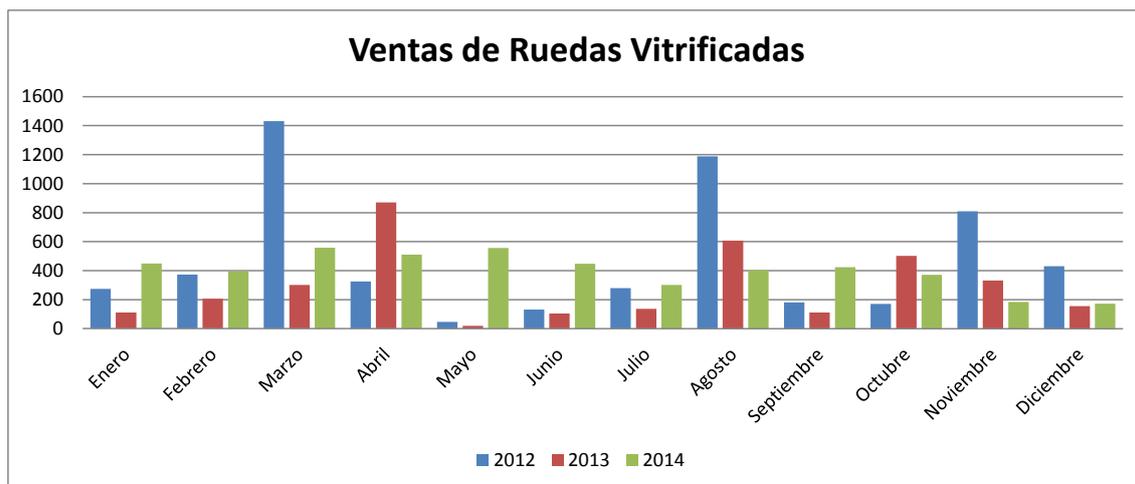
**Grafico N°. 1. Venta de Discos Milimetrados**



Fuente: Elaboración Propia

En lo que respecta a ruedas vitrificadas los productos que tienen más movimiento son las ruedas de 6" (A-1 Rueda Recta A60 NVBE 6 x 1 x 1) en los productos vitrificados si se puede observar una disminución entre los años 2012 y 2013, y en este año a pesar de ser las ruedas que más se venden, las cantidades vendidas hasta Julio del 2014 no superan las 1000 unidades.

**Grafico N° 2. Venta de Ruedas Vitrificadas**



*Fuente: Elaboración Propia*

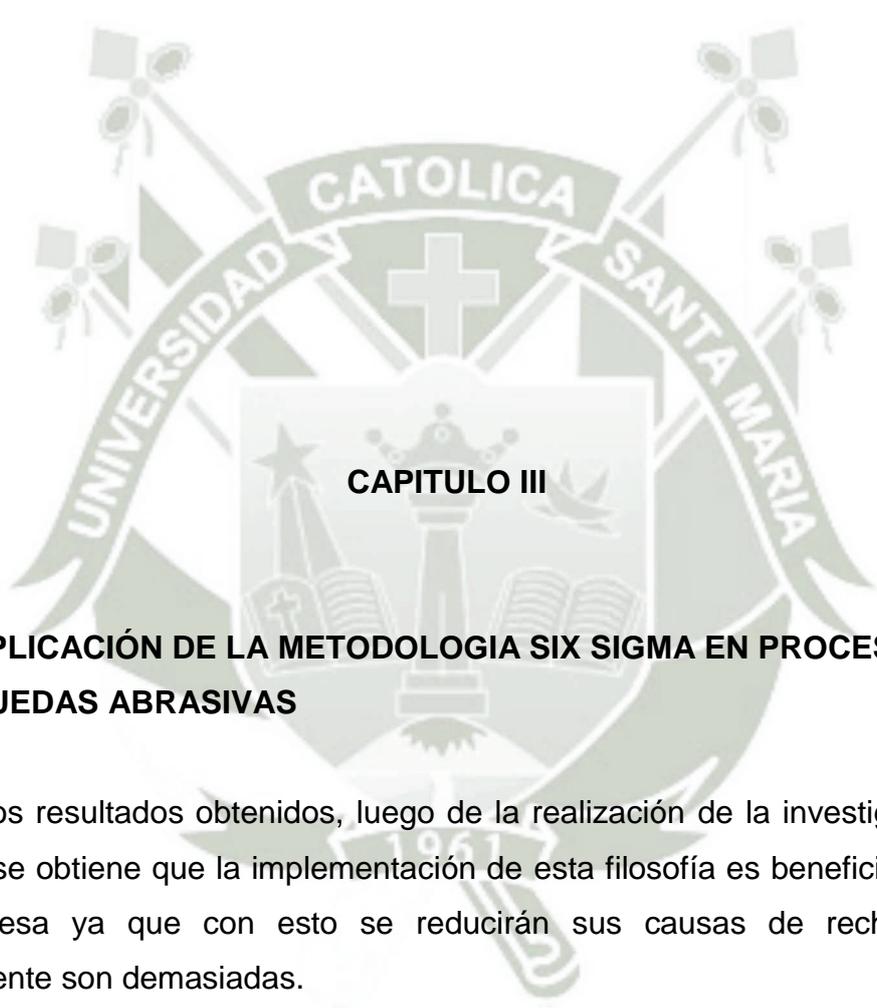
En cuanto a la situación actual de la cadena de producción en general se cuenta con maquinaria muy antigua, esto dificulta muchas veces la entrega del producto a tiempo o incluso puede comprometer la calidad de producto. En la empresa la Planta de Producción cuentan con trabajadores experimentados que conocen el oficio, pero no hay personas nuevas que empiecen a aprender cómo se realiza el trabajo, se observó que si alguien experimentado falta la producción se atrasa porque nadie más puede hacerlo.

En general existe mucho desorden en el proceso de producción, no es fácil ubicar herramientas o instrumentos, las cosas están ubicadas en lugares que no siempre son los adecuados, esto retrasa el trabajo del día a día, el manejo de lotes de producción también es incorrecto ya que están rotos o no se puede observar bien las especificaciones del producto, esto ha causado muchas veces errores en el Área de Acabados. El Área de Producción no tiene buena

comunicación con el área Logística, esto ocasiona que muchas veces falte Materia Prima (Oxido de Aluminio o Carburo de Silicio) que hace que el tiempo de entrega se alargue más de lo debido, el tiempo de entrega de Ruedas Abrasivas es de 30 días, pero esto solo se da el 66% de las veces.

Habiendo recolectado los datos y observado más a fondo los procesos productivos de la Planta de Ruedas Abrasivas se empezara a proponer mejoras al proceso siguiendo la Metodología Six Sigma y siguiente el Mapa que se explicó en el Capítulo I, esta propuesta está enfocada a proponer mejoras que no requieran mucha inversión y que puedan implementarse en el Corto o Mediano plazo , la compra de nuevas máquinas no será considerado como propuesta de mejora por su alto costo de inversión , así mismo para la elaboración de la propuesta se toman en consideración todos los procesos de Producción, cualquier otra Área de la empresa queda fuera del estudio.





### CAPITULO III

#### **3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA EN PROCESOS DE RUEDAS ABRASIVAS**

Según los resultados obtenidos, luego de la realización de la investigación de Campo se obtiene que la implementación de esta filosofía es beneficiosa, para la empresa ya que con esto se reducirán sus causas de rechazo que actualmente son demasiadas.

##### **3.1. Importancia de la Aplicación de la Filosofía Six Sigma.**

Actualmente todas las empresas, se encuentran en búsqueda de herramientas que les permitan enfrentar la alta competitividad del mercado, más aun habiendo que el mercado está ocupado por empresas extranjeras.

Las empresas peruanas han comprendido la necesidad de realizar esfuerzos para estar a la vanguardia. Debido a esto, muchas empresas se esfuerzan en contar con procesos que sean efectivos y eficientes, mediante la aplicación de métodos que les permitan contar con tecnología innovadora; que ayude a satisfacer las necesidades del cliente y que les permita ser eficaces-eficientes de manera radical; es por ello que éstas disponen de sistemas de detección e implementación de mejoras.

Por lo anterior, es importante proponer la implementación de la filosofía Six Sigma ya que ofrece beneficios en todo nivel, Six Sigma está enfocado en el cliente, en producir grandes retornos sobre la inversión y además en crear un método que motive el desarrollo del liderazgo por la calidad y cambia el modo en que opera la dirección.

### **3.2. Objetivo de la Propuesta.**

Proponer mejoras en el proceso de fabricación de Ruedas Abrasivas aplicando la metodología Six Sigma

### **3.3. Desarrollo de la Propuesta.**

Se describe el mapa de Six Sigma y sus etapas de aplicación en la empresa en estudio. Lo primero que se debe realizar es proponer una persona que sea apta en su desempeño y que conozca el proceso de producción, para capacitarla en el desarrollo e implementación de la filosofía Six Sigma en esta empresa.

Como parte de la propuesta se presenta en la etapa uno del mapa un listado de cargos de la empresa, tomando en cuenta que estas personas están involucradas permanentemente en el desarrollo del proceso de Ruedas Abrasivas y conocen de primera mano la verdadera y real situación en la que se desenvuelve el proceso productivo.

- Jefe de Producción
- Supervisor de Planta Abrasivos
- Encargado de Área Prensa y Mezclas
- Encargado de Área Acabados

Al estar estas personas capacitadas y preparadas teóricamente será hora de que se embarquen a la búsqueda de proyectos pequeños necesarios para iniciar un proceso y poniendo en práctica la metodología del mapa de Six Sigma y sus herramientas.

### **3.4. Roles y Responsabilidades**

Lefcovich (Seis Sigma Hacia un nuevo Paradigma de Gestión 2005) definió:

#### **3.4.1. Grupo Responsable o Consejo**

En la mayoría de las organizaciones el grupo responsable o consejo de la calidad es el mismo grupo que el equipo de alta dirección, que en este caso lo conforman la Gerencia de Producción. Este grupo establecerá:

- Los roles e infraestructura de la iniciativa Six Sigma
- Seleccionara los proyectos específicos y asignara los recursos
- Revisará periódicamente el progreso de los distintos proyectos y aportara ideas
- Actuaran como patrocinadores de los proyectos Six Sigma
- Ayudaran a cuantificar el impacto de Six Sigma en la empresa
- Evaluaran los progresos e identificaran los puntos fuertes y débiles del esfuerzo
- Compartirán las mejoras prácticas en toda la organización, así como con los proveedores y clientes principales.
- Actuaran como eliminadores de obstáculo cuando los equipos identifican barreras

### **3.4.2. Patrocinador del proyecto**

Es un directivo que supervisa un proyecto de mejora y tiene como principal responsabilidad, proveer de lineamientos claros al equipo de Implantación, debe ser el Líder del proyecto y ser el agente que de apoyo en todo sentido al equipo, elimina los obstáculos y dedica recursos para soporte al Black Belt.

Debe establecer una meta, estar siempre abierto al cambio, proveer recursos y servir de enlace entre el equipo y los diversos niveles gerenciales de la empresa. En este caso el Patrocinador sería el Jefe de Producción con apoyo del Supervisor de Planta.

### **3.4.3. Responsable de Implantación**

El responsable de la Implantación será el Ingeniero de Procesos que debe añadir a sus responsabilidades el esfuerzo de la Implementación Six Sigma. Esta persona tendrá que velar tanto por el cumplimiento de las mejoras a obtener a través de Six Sigma.

### **3.4.4. Jefe de Equipos / jefe de Proyecto – “Black Belt”**

El Jefe de Equipo será el Supervisor de Planta. Como líderes de equipo y jefes del proyecto estarán entrenados para manejo de equipos e indagar en los problemas crónicos y de alto impacto además, pasan de la teoría a la acción siguiendo los pasos de la metodología Six Sigma.

### **3.4.5. Green Belt**

Los encargados de Planta y colaboradores son los Green Belt que ayudan a los black belt en sus tareas funcionales, aplican los resultados de las herramientas de Six Sigma para solucionar los problemas crónicos dentro de sus trabajos normales

### **3.4.6. Propietario del proceso**

Sería el Ingeniero de Procesos de la Planta ya que asumirá una nueva responsabilidad interfuncional para gestionar un conjunto completo de etapas, que proporcionarán valor a un cliente interno y externo. Recibe entregas de los equipos de mejora o se convierten en los propietarios de los procesos nuevos o recién diseñados.

### **3.5. Aplicación de Mapa Six Sigma**

#### **3.5.1. Etapa 1 del Mapa: Identificar los procesos claves y los clientes principales.**

##### **3.5.1.1. Etapa 1A: Identificar los procesos claves de la empresa en estudio.**

Los procesos clave nos proporcionan una idea clara de lo que la empresa realiza, en el caso de esta empresa de Ruedas Abrasivas cuenta con estos procesos clave:

- Mezclado y Prensado
- Horneado
- Acabados

Estos 4 procesos son los principales de la cadena de producción de esta planta, cabe mencionar que los demás procesos también son importantes pero no le agregan tanto valor al producto como lo mencionados anteriormente.

##### **3.5.1.2. Etapa 1B: Definir los resultados del proceso y sus clientes principales**

En esta etapa del mapa, se determina que los resultados que se buscan obtener estarán delimitados en función de clientes internos que son los

afectados positiva o negativamente según el desempeño de dichos procesos. Los resultados se obtendrán al atacar todos aquellos puntos críticos que están generando pérdidas a la empresa

**Tabla N° 1. Procesos y clientes**

Procesos Clave	Cliente	Tipo Cliente
Mezclado	Prensas	Interno
Prensado	Hornos	Interno
Horneado	Acabado	Interno
Acabado	Compradores	Externo

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.5.1.3. Etapa 1C: Crear mapas de alto nivel del proceso clave

Es necesario representar las principales actividades que constituyen cada proceso clave y para ello puede utilizar el modelo de proceso (SIPOC); es una de las técnicas más utilizadas en la gestión y mejora de procesos. Se emplea para presentar una perspectiva de los flujos de trabajo.

- **Proveedor:** es la persona o grupo que suministra información, materiales y otros recursos para el proceso.
- **Entrada:** lo suministrado.
- **Proceso:** el conjunto de etapas que transforman y que idealmente añaden valor al resultado.
- **Resultado o salida:** el producto final del proceso.
- **Cliente:** la persona, grupo o proceso que recibe el resultado.

A continuación se presenta los diagramas SIPOC de los procesos de Mezclado, Prensado, Horneado y Acabado, los procesos que presentaremos a continuación tienen como entradas las OTM, que son las Ordenes de Traslado de Material, no indican la formulación y la guía de proceso a seguir para todos los procesos.

**Diagrama N° 16. Sipoc de Mezclado**

SIPOC - Proceso de Mezclado				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Planificación de Producción	OTM - Ordenes de Producción	Pesado de Materia prima y Ligas	Mezcla Tamizada	Area de Prensado
Supervisión de Planta Ruedas	Liga Resinoide/Vitrificada	Mezclado Resinoide o Vitrificado	OTM - Ordenes de Producción	
	Materia Prima (grano abrasivo)	Tamizado de Mezcla		

*Fuente: Elaboración Propia*

En el proceso de Mezclado entran distintos tipos de materias primas, las principales son el Óxido de Aluminio y el Carburo de Silicio que tienen distintos tamaños, existen desde Grano 12 hasta grano 220, a mayor el número más fino el grano, más pequeño.

**Diagrama N° 17. Sipoc de Prensado**

SIPOC - Proceso de Prensado				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Area de Mezclado	OTM - Ordenes de Producción	Pesado de Mezcla	Producto Prensado	Area de Horneado
Supervisión de Planta Ruedas	Mezcla Tamizada	Nivelado de Mezcla	OTM - Ordenes de Producción	
		Prensado de Ruedas		
		Desmoldado de Ruedas		

*Fuente: Elaboración Propia*

La planta tiene 4 prensas de distintas toneladas, esto le permite hacer una gran variedad de productos, con distintas durezas y medidas. Los moldes usados en cada prensado están hechos de acero inoxidable. A continuación una tabla de las prensas y productos que pueden fabricar:

**Tabla N° 2. Productos por prensa**

	Vitrificados	Resinoides
<b>Prensa 800 TN</b>	Ruedas Rectas 10" a mas	Discos de 10" a mas
	Copas de 12" a mas	
	Piedas de Afilar	
	Limas	
<b>Prensa 200 TN Automatizada</b>		Discos Milimetrados
		Discos hasta 9"
<b>Prensa 200 TN</b>	Ruedas Rectas hasta 9"	Discos BDA hasta 7"
	Copas hasta 10"	Discos BNA hasta 7"
	Segmentos	
	Anillos	
	Copas Conicas	
<b>Prensa 20 TN</b>	P.A.V.	P.A.V.
	Puntas Montadas	Puntas Montadas

*Fuente: Elaboración Propia*

El proceso de horneado lo dividiré en dos partes, el Horneado Resinoide y el Horneado Vitrificado, ya que cada uno contiene procesos distintos, se analizarán por separado, el horneado Resinoide dura 24 horas, mientras que el horneado Vitrificado dura 56 horas. Hay que resaltar que los procesos del estado del horno o estufa que realice el proceso, pero según la distribución se puede mejorar el cocido. El horneado Vitrificado usa el horno Bickley, mientras que los resinoides tienen 5 estufas. Existe un horneado de emergencia que se realiza en el horno eléctrico, este horno solo es utilizado cuando un producto necesita ser enviado y despachado de manera urgente su ciclo de quema es de 36 horas, es para vitrificados y en su mayoría óxidos.

Diagrama N<sup>ro</sup>. 18. Sipoc de Horneado Vitrificado

SIPOC - Proceso de Horneado Vitrificado				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Area de Prensado	OTM - Ordenes de Produccion	Secado de Productos	Producto Horneado	Area de Acabados
Supervision de Planta Ruedas	Producto Prensado	Armado de Castillo	OTM - Ordenes de Produccion	
		Horneado		
		Descargado de Castillo		

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N<sup>ro</sup>. 19. Sipoc de Horneado Resinoide

SIPOC - Proceso de Horneado Resinoide				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Area de Prensado	OTM - Ordenes de Produccion	Armado de Equipo	Producto Horneado	Area de Acabados
Supervision de Planta Ruedas	Producto Prensado	Horneado en Estufas	OTM - Ordenes de Produccion	
		Desarmado de equipo		

Fuente: Elaboración Propia

Los procesos de Acabado son distintos para productos Resinoideos o Vitrificados, también dividiremos este proceso en dos partes para tener una idea más clara de cómo se fabrican estas Ruedas.

**Diagrama N° 20. Sipoc de Acabado Vitrificado**

SIPOC - Proceso de Acabados Vitrificado				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Area de Horneado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Supervision de Planta</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">OTM - Ordenes de Produccion</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Productos Horneados</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Rectificado Superficie</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Rectificado Agujero</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Embujado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Rectificado Diametro</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Balanceo</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">RPM</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Etiquetado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Inpeccion</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Embalado</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Producto Terminado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OTM - Ordenes de Produccion</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Compradores</div>

*Fuente: Elaboración Propia*

**Diagrama N° 21. Sipoc de Acabado Resinoide**

SIPOC - Proceso de Acabados Resinoide				
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Area de Horneado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Supervision de Planta</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">OTM - Ordenes de Produccion</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Productos Horneados</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Oscilacion</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Rectificado Agujero</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Rectificado Diametro</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Etiquetado y Marcado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Inspeccion</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Embalado</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Producto Terminado</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OTM - Ordenes de Produccion</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Compradores</div>

*Fuente: Elaboración Propia*

Estos diagramas nos permiten graficar de manera más clara el flujo de cada uno de los procesos de Producción, con este diagnóstico poder identificar fallas y cuantificarlas es más sencillo, con estos diagramas analizados y realizados podemos proceder con la siguiente etapa del mapa Six Sigma.

### 3.5.2. Etapa 2 del Mapa: Definir las necesidades de los clientes

Lo que trata es comprender lo que los clientes quieren. Obtener buena información del cliente, de sus necesidades y requisitos, es uno de los aspectos más complejos para la empresa en cuanto al método Six Sigma. Los clientes internos, como Recursos Humanos, Logística o Almacenes, también tienen sus propios procesos clave que integran productos, servicios y valor a los clientes.

El objetivo es, Crear una comprensión clara de la imagen global de las actividades interfuncionales más importantes de su organización y de cómo interactúan con los clientes externos. Los productos finales de esta actividad Six Sigma comprenden:

- Una estrategia y un sistema para seguir y actualizar de forma continúa los requisitos de cliente. Este sistema en el caso de Abrasivos se da a través de entrevistas y encuestas a los clientes por parte del área de Ventas, esa retroalimentación permite poder saber si las necesidades del cliente fueron atendidas y si están satisfechos con el servicio. Posteriormente el área de ventas transmite esta información a la Jefatura de Producción para tomar medidas correctivas según sea el caso.
- Una descripción de estándares de rendimiento, en el caso de ruedas y discos los estándares de rendimiento se manejan en base a las especificaciones dadas por el cliente, al tener una amplia gama de productos las ruedas o discos tienen muchas medidas diámetros, espesores y agujeros, el cliente cuando desea desbastar o cortar algo simplemente manda sus especificaciones y basado en eso se empieza la producción, estos productos son especiales, los productos de línea

tienen especificaciones ya establecidas. Los rendimientos también se pueden medir en otras variables como desgaste de productos, En la figura N° 1 de Anexo se puede observar un ejemplo de estándares de control de calidad.

**Tabla N° 3. Estándar de Discos**

<b>Desgaste de productos</b>	
<b>Discos 180 x 1.6 x 22.2</b>	2.7 a 3.8 gramos
<b>Discos 114 x 1 x 22</b>	2.9 a 4 gramos

*Fuente: Elaboración Propia*

- Otra de las necesidades del clientes es la presentación, este es un atributo que se puede percibir a primera vista, los productos tienen que tener buena presentación, esta con sus etiquetas limpias, pegadas, bien identificados, sin ningún tipo de mancha ni rajadura, embalaje ordenado y en cajas en buen estado, aunque parezca simple la presentación del producto es primordial a la hora de enviarlo.

En las etapas iniciales de un Mapa Six Sigma es probable que se centre en las entradas de alta prioridad de los clientes, aparte de la presentación y las especificaciones también están los lotes y las cantidades, un cliente pide 3000 unidades de cierto producto pero se le despacha 2990 por unidades defectuosas, se pueden reponer pero el tiempo de entrega es mayor, al igual que el uso de materia prima, en el caso de la Empresa de Ruedas Abrasivas este punto es primordial e importante ya que se vienen dando estos problemas desde hace más de 3 años. Muchas veces lo análisis Six Sigma se basan en mejorar procesos que no tienen relación con lo que los clientes desean, es decir que se enfocan en las variables equivocadas, por excelencia el Six Sigma es un sistema de mejora basada en los requerimientos y satisfacción de los clientes, si nuestra mejora no ayuda a que lo clientes tengan un beneficio que se pueda notar y sea percibido, no tiene sentido implanta o aplicar esta metodología.

### 3.5.2.1. Etapa 2A: Reunir los datos del cliente y desarrollar una estrategia de voz del Cliente

#### 3.5.2.1.1. Factores Clave en Los Sistemas de Voz del Cliente.

Tanto si desarrolla internamente esta competencia como si se basa en recursos externos para que le sirvan como oídos en el mercado se necesita reconocer algunos de los fundamentos de un sistema efectivo de Voz del Cliente.

- ✓ Conviértalo en un esfuerzo continuo: La metodología Six Sigma está basada en el cliente, las propuestas de mejora de producción se hacen con un fin claro que es obtener mejores productos para nuestros clientes, la voz del cliente, sus pedidos o sus especificación son lo más importante para una empresa, todas las Áreas de la empresa trabajan para ese fin, el Área de estudio, Planta de Ruedas Abrasivas puede mejorar mucho más a fin de satisfacer las necesidades de sus clientes
- ✓ Definir claramente a los clientes: Hay distintos tipos de clientes, obviamente una empresa ya tiene sus cartera de clientes y son los que tienen prioridad de atención, esto sin descuidar a clientes potenciales o de la competencia que pueden fidelizar. La empresa puede esquematizar a sus clientes basados en esta categoría :
  - Clientes satisfechos actuales.
  - Clientes insatisfechos actuales
  - Clientes perdidos.
  - Clientes de la competencia.
  - Clientes potenciales.

Esta clasificación de tipos de clientes nos permite enfocarnos más en nuestros objetivos, ya que lo que se quiere es mantener satisfechos a los clientes actuales, mejorar el servicio de los insatisfechos y conseguir potenciales con la buena calidad de los productos.

### **3.5.2.2. Etapa 2B: Desarrollar estándares de rendimiento y definición de requisitos.**

Obtener un conocimiento de las necesidades y comportamiento de los clientes, ya sea a partir de datos existentes o de sistemas mejorados de Voz del Cliente, es el punto de partida desde el que podrá establecer líneas maestras claras para el rendimiento y la satisfacción del cliente.

#### **3.5.2.2.1. Tipos de requisitos: resultado y servicio**

##### **3.5.2.2.1.1. Requisitos de resultados**

Son las funciones o características del producto final o servicio entregado al cliente al final del proceso. Puede haber muchos tipos de requisitos de resultados, pero todos están vinculados con la utilidad o efectividad del producto final o servicio, a los ojos del cliente. Los requisitos de resultados más importantes en la Planta de Ruedas Abrasivas se enumeran a continuación:

- Diámetro exterior de producto
- Espesor de producto
- Diámetro de Agujero
- Diámetro interior ( en caso de copas cónicas o rectas )
- Dureza del producto
- Estado del producto ( sin rajaduras o lascas )
- Superficie lisa, sin imperfecciones
- Identificación del producto
- Presentación del producto
- Homogeneidad de Producto

##### **3.5.2.2.1.2. Requisitos de servicios**

Son las líneas maestras para tratar o servir al cliente durante la ejecución del proceso en sí. Los requisitos de servicios tienden a ser mucho más subjetivos y

dependientes de las situaciones; que los requisitos de resultados, por lo que suele ser más complicado definirlos concretamente.

Los requisitos de servicios están referidos a la manera en que el cliente espera que sea atendido, en el caso de Planta Abrasivos el requisito de servicio más importante es el tiempo de entrega de producto, hay otras variables como la manera de compra o métodos de pago, pero el requisito que involucra a producción y en el que podemos realizar algún tipo de mejora es en el tiempo de entrega, los clientes consideran este el mejor atributo que podemos tener.

### **3.5.3. Etapa 3 del Mapa: Medida del rendimiento actual.**

#### **3.5.3.1. Etapa 3A: Planificar y medir el rendimiento frente a los requisitos del cliente.**

En esta etapa empezaremos a evaluar y medir el rendimiento de la empresa, en base a lo que deseamos medir para poder encontrar una mejora más adelante, para esto empezaremos dividiendo lo que deseamos medir en los procesos clave:

- Mezcla y Prensado
- Horneado
- Acabados

##### **3.5.3.1.1. Mezclas y Prensado**

- Por el problema de contaminación de mezclas en este punto mediremos la cantidad de unidades rechazadas que se tiene, de esta manera sabremos cuanto representa y cuan frecuente se dan estos rechazos. Las unidades que se contaminan son únicamente de grano claro, no suponen rechazo total el 100% de las veces, pero si tienen más mano de obra para remover los granos contaminantes para poder entregarlo a los clientes.

Tabla N<sup>o</sup>. 4. Unidades Contaminadas

Año	Contaminadas	Producción	Porcentaje
2006	20	1250	2%
2007	847	1995	42%
2008	75	500	15%
2009	51	250	20%
2010	6	208	3%
2011	55	350	16%
2012	25	840	3%
2013	130	950	14%
2014	62	620	10%

*Fuente Elaboración Propia*

Grafico N<sup>o</sup>. 3. Unidades Contaminadas



*Fuente Elaboración Propia*

La producción en el Grafico N<sup>o</sup>. 3 solo es de productos que tengan grano abrasivos blanco o rosado, ya que las ruedas con grano oscuro no tienen relevancia en este punto. Se observa que los porcentajes de rechazos son

altos, han disminuido desde el 2006 pero igual representan una parte importante de la producción.

- Los moldes de prensado no tienen las medidas correctas en algunos casos más y en algunos casos menos, veremos cuantos moldes se tienen con la medida correcta y qué cantidad de productos son rechazados por tener medidas fuera de especificación.

**Tabla N° 5. Moldes por producto**

Productos	Nro. Moldes
Ruedas Rectas	32
Copas Rectas	8
Copas Cónicas	9
Tapones	10
Disco de Corte	31
Discos de Desbaste	15
Bloques	6
P.A.V	7
Segmentos	29
Limas	23
Puntas Montadas	24

*Fuente Elaboración Propia*

Existen gran cantidad de moldes fuera de medida, si tiene más medida se puede corregir en Acabados donde se desbastan hasta tener la especificación correcta pero aumentando la merma del proceso, si la medida es menor a la especificación es menor no se puede hacer nada ya que no coincidirá correctamente con lo que desea el cliente.

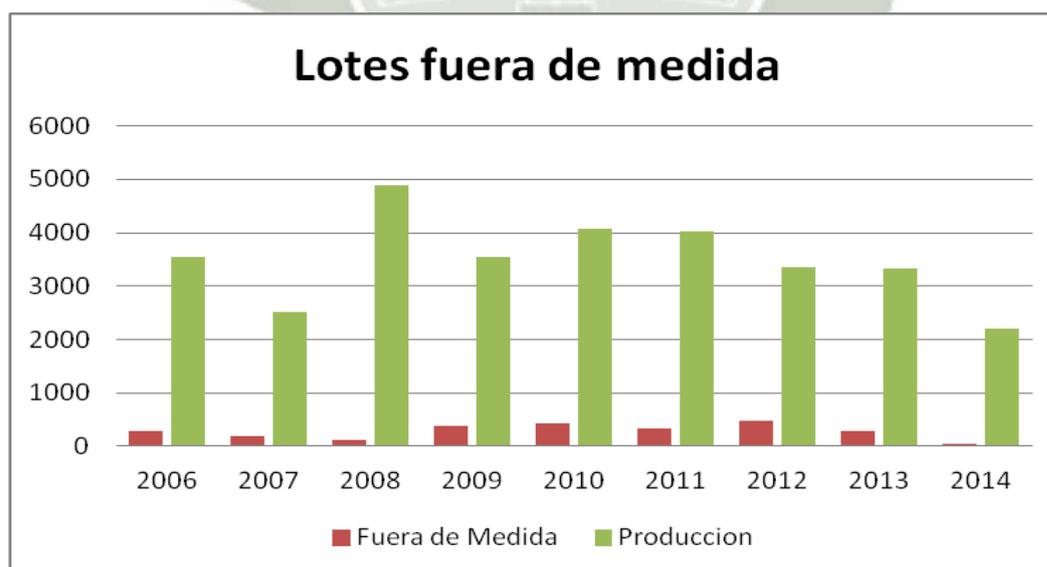
**Tabla N<sup>o</sup>. 6. Lotes fuera de Medida**

Año	Fuera de Medida	Producción	Porcentaje
2006	277	3550	7.80%
2007	190	2503	0.08%
2008	118	4893	2.41%
2009	370	3555	10.41%
2010	421	4077	10.33%
2011	340	4015	8.47%
2012	472	3351	14.09%
2013	285	3341	8.53%
2014	55	2193	2.51%

*Fuente Elaboración Propia*

En este caso se muestran el número de lotes que resultan observados por estar fuera de la especificación del producto.

**Grafico N<sup>o</sup>. 4. Lotes fuera de Medida**



*Fuente: Elaboración Propia*

Cada lote de producción varía en cuanto a cantidad de unidades, dependiendo del requerimiento del cliente, los productos de línea y que tienen más rotación tienen lotes menos variables. No todos los lotes se van a rechazo, ya que algunos lotes se envían al cliente con previa anticipación de la variación en las medidas del producto, si el cliente acepta este lote de productos pasa a ser un producto observado, pero de igual manera se considera un producto rechazado fuera de medida.

- La identificación de moldes no es buena, también se medirá el número de unidades rechazadas por equivocación de molde de prensado.

**Tabla N° 7. Lotes rechazados por moldes**

<b>Año</b>	<b>Producto equivocado</b>	<b>Producción</b>	<b>Porcentaje</b>
2006	15	3550	0.42%
2007	21	2503	0.84%
2008	30	4893	0.61%
2009	17	3555	0.48%
2010	27	4077	0.66%
2011	23	4015	0.57%
2012	21	3351	0.63%
2013	19	3341	0.57%
2014	5	2193	0.23%

*Fuente: Elaboración Propia*

Como observamos el porcentaje en cuanto a todos los lotes no es muy representativo, pero este punto afecta mucho el tiempo de entrega, el tiempo de entrega normal de la Planta de Ruedas Abrasivas es de 30 días, pero al haber equivocación de pedidos, hay un retraso de 15 días más, esto aumenta costos y debilita la relación con el cliente.

3.5.3.1.2. Hornos

- En el proceso de hornos se detectó unidades hinchadas, es decir productos deformes, esto se debe a la humedad que tienen, si al entrar al horno existe humedad el producto se deforma o fisura, veremos el número de unidades rechazadas por estos defectos.

Tabla N<sup>o</sup>. 8. Productos rechazados por mal Secado

Año	Mal secado	Producción	Porcentaje
2006	11240	273774	4.11%
2007	16600	404346	4.11%
2008	13490	488866	2.76%
2009	24860	355159	7.00%
2010	11170	407472	2.74%
2011	26200	401161	6.53%
2012	9450	334716	2.82%
2013	10000	333995	2.99%
2014	2550	219214	1.16%

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N<sup>o</sup>. 5. Productos rechazados por mal Secado



Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que a diferencia de los productos fuera de medida, los productos que son afectados por la humedad son rechazados.

- Como se dijo en el capítulo II, este estudio no propondrá cambios de máquinas, serán propuestas que se puedan hacer en el corto o mediano plazo, eso nos lleva al punto de la distribución de las temperaturas, en las estufas y horno las temperaturas no son uniformes por ello analizaremos los rechazos obtenidos por falta de curado (horneado).

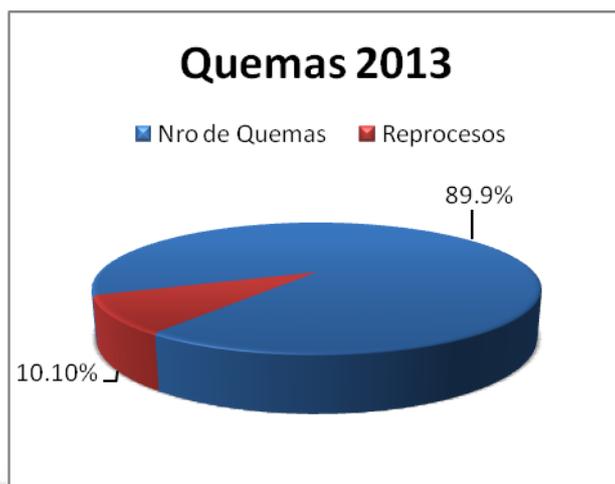
**Tabla N<sup>o</sup>. 9. Porcentaje de Re-procesos en estufas**

Año	Nro. de Quemadas	Re-procesos	Porcentaje
2006	490	71	14.49%
2007	513	62	12.09%
2008	495	53	10.71%
2009	483	65	13.46%
2010	502	42	8.37%
2011	492	59	11.99%
2012	521	59	11.32%
2013	505	51	10.10%
2014	262	26	9.92%

*Fuente: Elaboración Propia*

Tomando como referencia el año 2013 se observa que el número de re-procesos es más bajo en comparación al promedio de años anteriores, pero de igual manera el valor es muy alto, ya que se incurre en más gastos y tiempo para cada reproceso, le agrega costo al producto. En el año 2014 el porcentaje de re-procesos es casi igual al año anterior, por ende se están incurriendo en los mismos errores al no haber un análisis de la situación actual.

**Grafico N° 6. Productos rechazados**



*Fuente: Elaboración Propia*

- Por último también observaremos los productos que son rechazados por estar chuecos o fallas en oscilación, se da en discos de corte resinoide.

**Tabla N° 10. Productos Chuecos**

Año	Chuecos	Producción	Porcentaje
2006	2172	191642	1.13%
2007	2251	283042	0.80%
2008	3536	342206	1.03%
2009	19501	248611	7.84%
2010	6985	285230	2.45%
2011	15121	280813	5.38%
2012	9300	234301	3.97%
2013	8521	233797	3.64%
2014	5320	153450	3.47%

*Fuente: Elaboración Propia*

Los discos chuecos no son siempre un rechazo, la mayoría de veces se convierten en un producto observado, pero enderezar los discos se tienen que homogenizar con peso encima de ellos, pero esto toma 8 horas

aproximadamente, este defecto tiene más relevancia en el tiempo de entrega de los productos.

### 3.5.3.1.3. Acabados

- En el área de acabados uno de los puntos más importantes son las mermas de cada proceso y/o producto, como los moldes trabajan con mucha tolerancia (aproximadamente 8 a 10 milímetros) en el área de Acabados las operaciones de desbaste tienen mucha merma, a continuación hare una comparación entre el peso del productos al salir del horno y el peso del producto cuando ha sido desbastado por Acabados.

**Tabla N<sup>o</sup>. 11. Mermas de Productos Vitrificados por unidad**

Código	Especificación	Peso Horneado	Peso Acabado	Merma
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1.19	1.01	0.18
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	1.17	1.11	0.06
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	1.15	1.08	0.07
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	0.97	0.81	0.16
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	0.88	0.69	0.19
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	2.11	2.01	0.10
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	2.04	1.97	0.07
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	2.03	1.91	0.12
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	1.74	1.59	0.15
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1.59	1.41	0.18

*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla N<sup>o</sup>.10 se puede observar algunos de los productos con más rotación en la Planta, vemos que la merma es considerable considerando que lo que observamos es solo la merma por una unidad, esta merma nos hace dar cuenta que la tolerancia es demasiada y esto empieza desde lo moldes prensado.

Tabla N<sup>o</sup>. 12. Mermas de Productos Vitrificados por año

Código	Especificación	Salidas	Merma	Merma
		2013	(unidad)	(total)
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	2357	0.18	424.26
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	2294	0.06	137.64
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	2204	0.07	154.28
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	3458	0.16	553.28
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	3077	0.19	584.63
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	1725	0.10	172.5
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	1364	0.07	95.48
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	1287	0.12	154.44
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	1955	0.15	293.25
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1931	0.18	347.58

*Fuente: Elaboración Propia*

Haciendo un análisis del 2013 vemos que se perdieron solo en merma más de 25 mil kilogramos de mezcla que pudo ser utilizada y reprocesada, consideremos que solo estamos analizando 10 productos de una sola familia (Ruedas Rectas).

- De la misma manera que en el prensado, en el área de acabados se sufre del problema de las medidas, en Prensas este problema estaba dado más por los moldes, ya que no contaban con la medida correcta y hacia que no se pueda hacer nada más con los productos, en este caso se da en Acabados con la diferencia de que si el producto tiene una medida final que no corresponde ya no se puede hacer nada, no hay manera de recuperar producto una vez horneado y por consiguiente este producto tiene que ser rechazado o en el mejor de los casos aprobados por concesión, pero esto depende solo del comprador. La tabla N<sup>o</sup>. 12 nos ilustra mejor este punto:

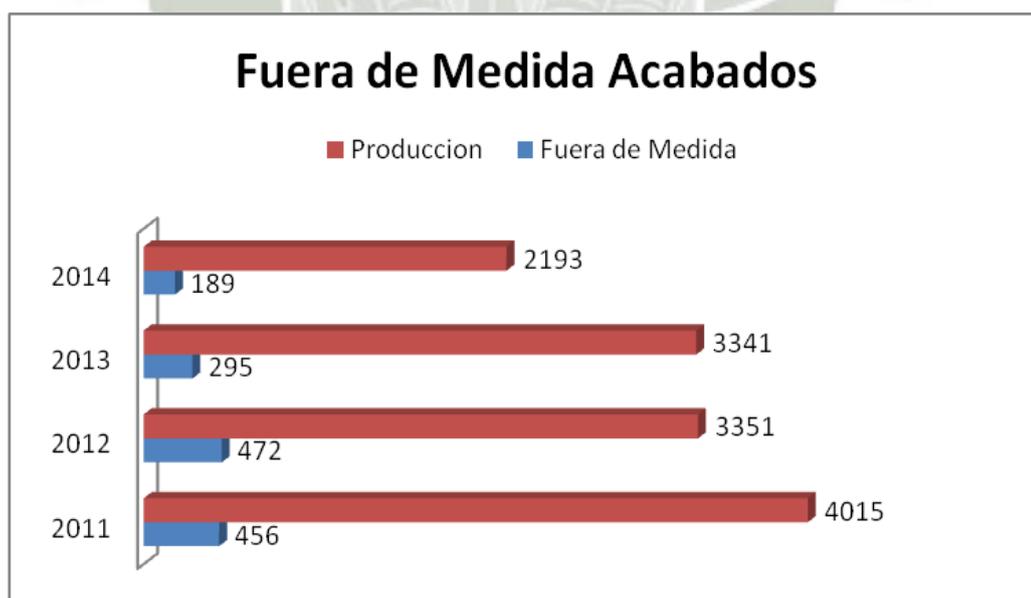
**Tabla N°- 13. Lotes con menos Medida**

Año	Fuera de Medida	Producción	Porcentaje
2006	328	3550	9.24%
2007	266	2503	10.63%
2008	750	4893	15.33%
2009	486	3555	13.67%
2010	545	4077	13.37%
2011	456	4015	11.36%
2012	472	3351	14.09%
2013	295	3341	8.83%
2014	189	2193	8.62%

*Fuente: Elaboración Propia*

La tabla N°12 está representada en lotes de producción, vemos que los productos con medidas incorrectas tienen un alto porcentaje de ocurrencia, igual cabe recalcar que no todos estos productos son rechazados, pueden haber observados o entregados por concesión, pero igual son distintos a la especificación por ende se consideran productos no aptos.

**Grafico N°- 7. Lotes fuera de medida**



*Fuente: Elaboración Propia*

- Por último también se quiere medir el número de unidades que hace Superficie la Maquina N<sup>o</sup>. 2 , ya que siempre hay retraso en la producción en esa máquina, Los estándares actuales de producción de las Maquinas de acabado son los siguientes:

**Tabla N<sup>o</sup>. 14. Estándar de Producción de Ruedas 6''**

Ruedas de 6''	
Proceso	Estándar
Superficie	36 x hora
Embujado	75 x hora
Faseado	80 x hora
Balanceo	140 x hora
RPM	100 X hora
Inspección	187 x hora
Etiquetado	100 x hora

*Fuente: Estándares de la Empresa*

**Tabla N<sup>o</sup>. 15. Estándar de Producción de Ruedas 8''**

Ruedas de 8''	
Proceso	Estándar
Superficie	22 x hora
Embujado	50 x hora
Faseado	80 x hora
Balanceo	140 x hora
RPM	100 X hora
Inspección	187 x hora
Etiquetado	100 x hora

*Fuente: Estandares de la Empresa*

Como se puede observar en las tablas N<sup>o</sup>. 13 y N<sup>o</sup>. 14 los estándares por hora de la máquina de Superficie son muy bajos en comparación con la siguiente tarea, en esta parte también entra las medidas de los productos, en superficie el espesor de la rueda juega un papel importante ya que es esto lo que se desbasta, al tener tanta tolerancia en el espesor el tiempo por rueda aumenta.

#### **3.5.3.1.4. Fuentes de datos**

Existen muchas posibles fuentes de datos en una organización. Las consideraciones más importantes que se tomaron fueron las siguientes:

- Garantizar que la fuente tenga datos precisos y que sea representativo
- Producto que se quiere medir. Seleccionar medidas para lo cual tengamos fuentes adecuadas.

Seguir estas consideraciones para garantizar calidad de datos:

- Explicar porque se reúnen los datos.
- Describir lo que se va a hacer con los datos y
- Prestar atención a las personas involucradas en proporcionar datos,
- Hacer el proceso simple y rápido

#### **3.5.3.1.5. Formularios de toma de datos**

En el Capítulo II se describieron los formatos de toma de datos para producción, en estos formatos podemos plasmar los datos que necesitamos para la investigación, haciendo un recuento de estos datos serian:

- Producción Programada
- Producción Real
- Especificación del Producto
- Tipo de Producto ( Vitrificado o Resinoide )
- Número de Lote
- Acciones no programadas

Aparte de esta formulación, se recopila información más completa y detallada mediante los siguientes documentos:

- Informe de Rechazos Mensual
- Informe de Indicadores Mensual
- Informe de Metas alcanzadas
- Reportes de la Intranet de la empresa
- Reporte de peso de producto
- Consolidado de Materias Primas y Ligas

Todos estos reportes e informes ayudan a complementar la información antes mencionada, las personas encargadas de revisar esta información son los respectivos Jefes de Área, por lo que los datos fueron válidos.

### **3.5.3.2. Etapa 3B: Desarrollo de las medidas básicas de defectos e identificación de oportunidades de mejora.**

#### **3.5.3.2.1. Medidas de unidades defectuosas y de rendimiento**

Las medidas que se dirigen a los defectuosos, es decir, a los productos que contengan un defecto o diez. Las medidas de unidades defectuosas son importantes para cualquier empresa, ya que identificándolo y corrigiéndolo se aumenta la productividad y también la calidad del producto. En la planta de Ruedas Abrasivas estos son los defectos más importantes y causas de rechazo:

**Tabla N° 16. Causas de Rechazo**

<b>Causas de Rechazo de Ruedas Abrasivas</b>	
Fisuras	Mala carga
Roto Maq. Acabado	Roto en superficie
Ruedas lascadas	Ruedas manchadas
Ruedas chuecas	Mala mezcla
Fuera de medida	Fuera de especificación
Roto en crudo	Oscilación
Ruedas hinchadas	Contaminadas

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.5.3.2.2. Porcentaje de unidades defectuosas

En esta sección se calcula las unidades defectuosas, el cual se necesitarán el número de unidades defectuosas y el número de unidades de producción total. La fórmula que se utilizará es la siguiente:

#### Formula N° 1. Porcentaje de Unidades Defectuosas

$$PUD = \frac{\text{Numero de Unidades Defectuosas}}{\text{Numero de Unidades Producidas}}$$

Se obtiene los porcentajes de unidades defectuosas para cada proceso claves en los siguientes cuadros, los datos obtenidos para estos cálculos fueron proporcionados por los encargados de procesos de la empresa.

Figura N<sup>ro</sup>. 4. Porcentaje de defectos en Prensa

Proceso de Prensado	
PUD =	$\frac{\text{Unidades Defectuosas}}{\text{Unidades Prensadas}}$
PUD =	$\frac{13950}{383180}$
PUD =	0.036405867
PUD =	<b>3.64%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura N<sup>ro</sup>. 5. Porcentaje de defectos en Hornos

Proceso de Horneado	
PUD =	$\frac{\text{Unidades Defectuosas}}{\text{Unidades Horneadas}}$
PUD =	$\frac{18521}{369230}$
PUD =	0.050161146
PUD =	<b>5.02%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura N<sup>o</sup>. 6. Porcentaje de defectos en Acabados

Proceso de Acabados	
PUD =	$\frac{\text{Unidades Defectuosas}}{\text{Unidades Acabadas}}$
PUD =	$\frac{16914}{350709}$
PUD =	0.048228018
PUD =	4.82%

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.5.3.2.3. Defectos por oportunidad o DPO

Expresa la proporción de defectos sobre el número total de oportunidades de un grupo. Es otra forma de conocer el rendimiento de los procesos. Para realizar esta medida de rendimiento es necesario obtener el número de oportunidades de mejora.

Un producto rechazado puede tener más de un defecto. Para el proceso de Prensado las oportunidades de defecto son:

- Contaminadas
- Fuera de Especificación
- Fuera de Medida
- Mala Mezcla

**Figura N° 7. Defectos por oportunidad- Prensado**

Proceso de Prensado	
DPO =	$\frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades Prensadas} \times \text{Oportunidad de Defectos}}$
DPO =	$\frac{41850}{383180}$
DPO =	<b>0.027</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Para el proceso de Horneado las oportunidades de defecto son:

- Ruedas Chuecas
- Ruedas Lascadas
- Ruedas Hinchadas
- Oscilación
- Mala Carga
- Manchadas

**Figura N° 8. Defectos por oportunidad- Horneado**

Proceso de Horneado	
DPO =	$\frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades Horneadas} \times \text{Oportunidad de Defectos}}$
DPO =	$\frac{62580}{369230}$
DPO =	<b>0.028</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Para el proceso de Acabado las oportunidades de defecto son:

- Roto en superficie
- Roto en Maquina de Acabado
- Fuera de Medida
- Manchada
- Fisuras

**Figura N<sup>o</sup>. 9. Defectos por oportunidad-Acabados**

Proceso de Acabados

$$DPO = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades Acabadas} \times \text{Oportunidad de Defectos}}$$

$$DPO = \frac{39870}{275625}$$

$$DPO = 0.029$$

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 3.5.3.2.4. Defectos por millón de oportunidades o DPMO

La mayoría de las medidas de oportunidades de defecto se traducen al formato DPMO, que indica el número de defectos que podrían producirse si hubiera un millón de oportunidades. Especialmente, en los entornos de fabricación, DPMO suele llamarse PPM (partes por millón). A continuación los Defectos por millón de oportunidades de la planta de Ruedas Abrasivas.

Figura N<sup>o</sup>. 10. Defectos por millón de Oportunidades

Defecto por Millon de Oportunidades ( DPMO )	
DPMO(Prensado) =	0.027 x 10 <sup>6</sup>
DPMO(Prensado) =	27304
DPMO(Horneado) =	0.028 x 10 <sup>6</sup>
DPMO(Horneado) =	28248
DPMO(Acabado) =	0.029 x 10 <sup>6</sup>
DPMO(Acabado) =	28931

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.3.2.5. Medida Sigma

Obtener el rendimiento Sigma equivalente en este momento es muy sencillo. La forma más fácil de obtener la cifra es traducir la medida de defectos (generalmente DPMO) utilizando una tabla de conversión(Anexo N<sup>o</sup>2), los valores de nivel sigma se muestran a continuación, para los tres procesos de producción.

Tabla N<sup>o</sup>. 17. Nivel Sigma de Procesos Clave

	Nivel Sigma para Proceso Clave			
	DPO	DPMO	Rendimiento	Nivel Sigma
<b>Proceso de Prensado</b>	0.02730	27304	0.97270	3.42
<b>Proceso de Horneado</b>	0.02825	28248	0.97175	3.41
<b>Proceso de Acabado</b>	0.02893	28931	0.97107	3.40

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el nivel sigma de los tres procesos es 3.4, 3.41 y 3.42, actualmente, como se observa en la Tabla N<sup>o</sup>. 16 todos los procesos tienen más de 27000 oportunidades de rechazo por Millón, lo que hace que se esté muy lejos de la meta actual.

### **3.6. Etapa 4 del Mapa: Dar prioridad, analizar e implantar las mejoras**

Esta es la etapa primordial de Six Sigma, en el cual se identifican las causas raíz de los problemas, y dar soluciones a estas. A medida que avance por las etapas de mejora del proceso, se conseguirá los beneficios que están descritos.

#### **3.6.1. Etapa 4A: Analizar, desarrollar e implantar soluciones dirigidas a la causa raíz(método DMAMC)**

La planta de Ruedas Abrasivas seguirá el esquema DMAMC para esclarecer el panorama, encontrar causas y proponer mejoras que ayuden a reducir primordialmente los rechazos en Producción.

##### **3.6.1.1. Definir: Esclarecer el problema y el proceso**

Como ya se mencionó el proceso de producción de Ruedas Abrasivas tiene 3 procesos clave: Prensado, Horneado y Acabado, continuación definiremos cuales son los problemas más comunes de estos procesos:

###### **3.6.1.1.1. Proceso de Prensado**

###### **a. Contaminación de mezclas**

En el momento de mezclado los Granos Abrasivos se mezclan (Oxido de Aluminio con Carburo de Silicio), esto provoca manchas en las ruedas Blancas y también problemas al momento de usarlas en alguna operación de corte o desbaste.

### **b. Moldes fuera de Medida**

Los moldes de prensado de Discos y ruedas presentan medidas erróneas, esto provoca que un producto con dimensiones distintas a las que pide el cliente, si sale con menos dimensiones el producto se rechaza o se transfiere, si sale con medidas de más, se desbasta en acabados pero el desperdicio de grano y liga es considerable.

### **c. Identificación de Moldes**

Los moldes usados en el prensado así como sus herramientas (platos, fillers, niveladores) no tienen lugares definidos, mucho menos un orden establecido, muchas veces por el apuro de cumplir el programa de producción se dejan en cualquier sitio y provoca equivocaciones a la hora de prensar según la especificación requerida

## **3.6.1.1.2. Proceso de Horneado**

### **a. Equipos Resinoide Gastados**

Los equipos de armado resinoide se encuentran muy gastados, en parte por el mal mantenimiento de los mismo, ya que no existen roles de limpieza o acondicionamiento para estos equipos, esta situación provoca que sea muy difícil retirar los discos resinoides al momento de la descarga.

### **b. Secado de Productos**

Los productos tienen que pasar por 8 a 10 horas de secado a 60 °C antes de ser horneados, en esta parte esas horas de secado no son controladas y crea rechazos al momento del horneado, ya sea hinchazón del producto o fisuras internas.

### **c. Distribución de Temperaturas**

La distribución de temperaturas dentro de las estufas resinoide y el Horno Bickley (vitrificado) no son iguales en todas las zonas, si bien es cierto este problema concierne más a las maquinas la disposición de los productos dentro de las maquinas es muy importante.

### 3.6.1.1.3. Proceso de Acabados

- **Demora en Máquina de Superficie**

La máquina de Superficie es la máquina que más se usa en productos Vitrificadas, lo ideal es que con una pasada el producto que liso y sin imperfecciones pero debido a la sobre medida esta máquina demora su operación demasiado, teniendo que hacer 4 o 5 pasadas para rebajar el exceso de medida, su estándar de producción es el más bajo de todo acabados.

- **Producto fuera de medida**

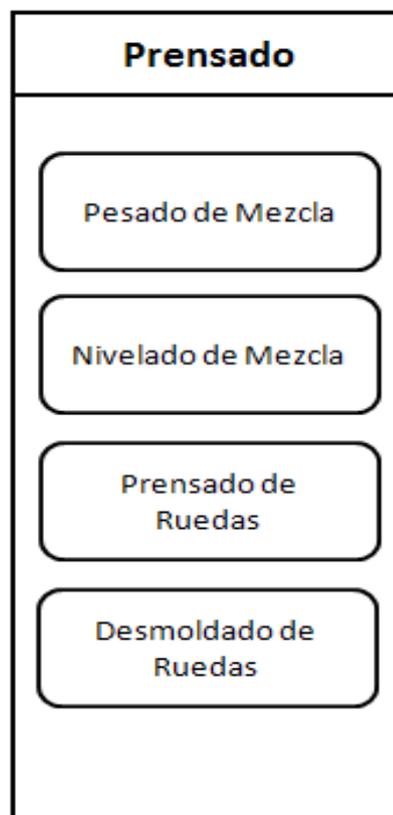
El producto fuera de medida en acabados tiene que ver con el problema de los moldes, ya que si una medida es menor a la pedida por el cliente este producto es inservible, estas piedras son para trabajos de precisión y una medida fuera de estándar haría que no cumpla su trabajo como debe ser.

- **Merms en Acabado**

Mientras que por un lado se ve que la medida es menor, aquí toma relevancia cuando la medida es mayor, si bien es cierto el producto puede salir y puede ser procesado, el costo del grano que se desperdicia en cada proceso es demasiado.

A continuación desarrollaremos el diagrama SIPOC para determinar las variables de entrada y salida de cada uno de los procesos claves, esto nos permitirá observar un panorama más claro de todos los componentes que intervienen en cada uno de los procesos y determinar la criticidad de los mismos en busca de las mejoras para el proceso de producción de Abrasivos.

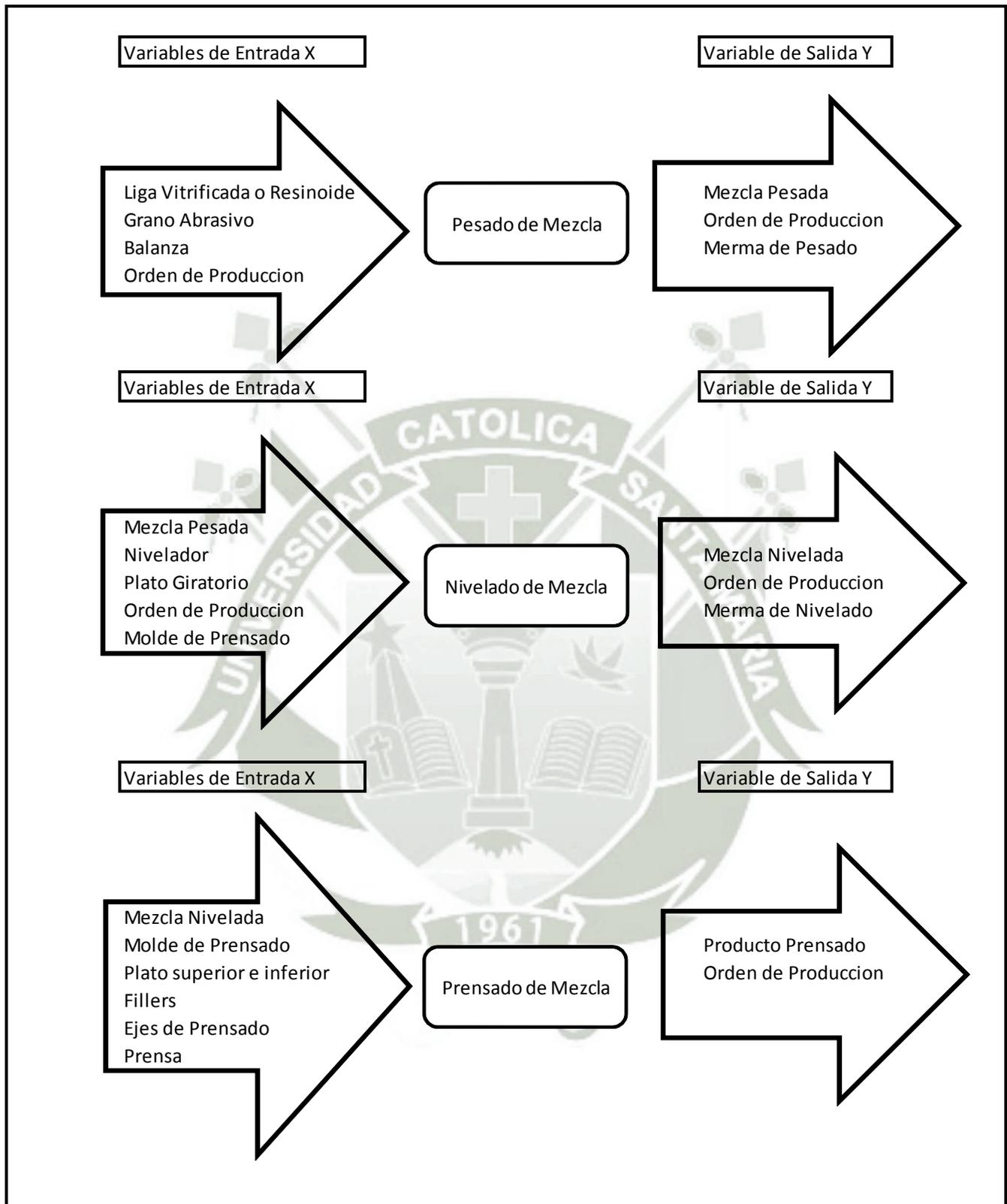
Diagrama N° 22. Sub- Procesos de Prensado



*Fuente: Elaboración Propia*

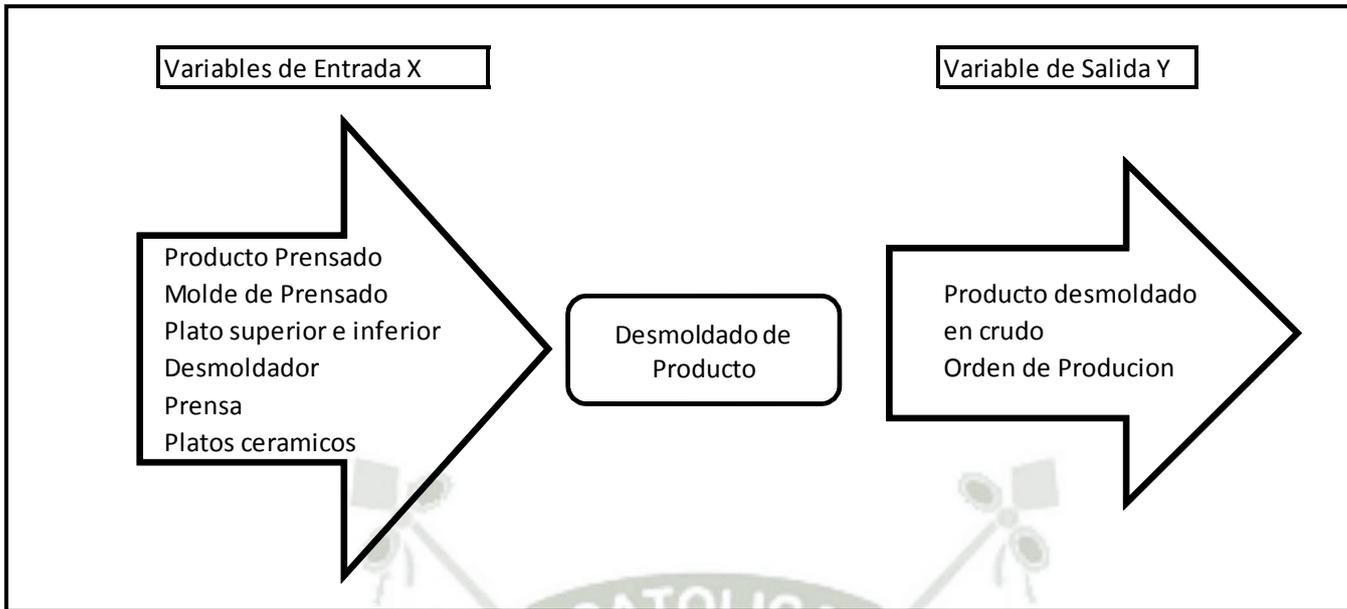
El proceso de Prensado cuenta con 4 sub-procesos, cada uno de estos subprocesos tiene entradas y salidas, a continuación veremos las entradas que determinaremos variables Xs y las salidas que serán Ys :

Diagrama N° 23<sup>1</sup>. Variables de entrada y salida - Prensado



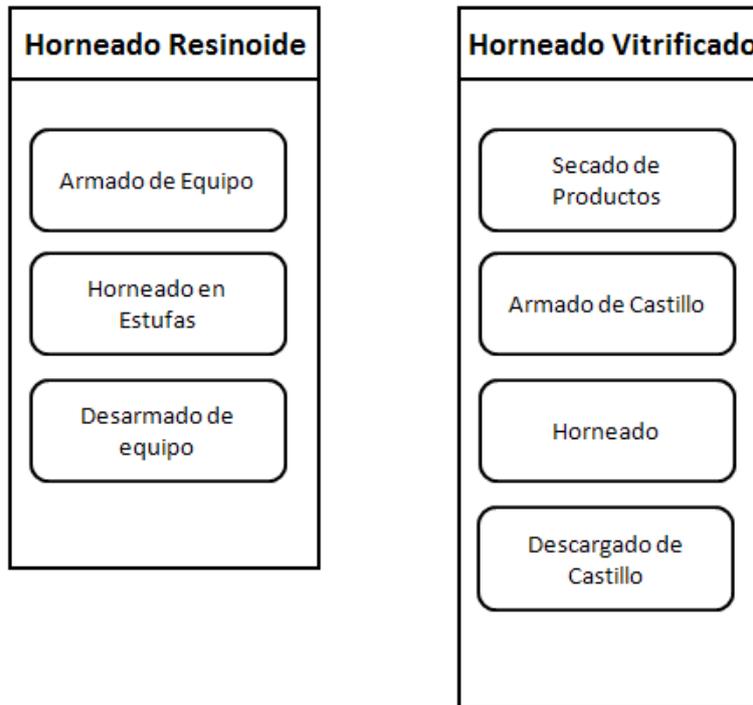
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 23<sup>2</sup>. Variables de entrada y salida - Prensado



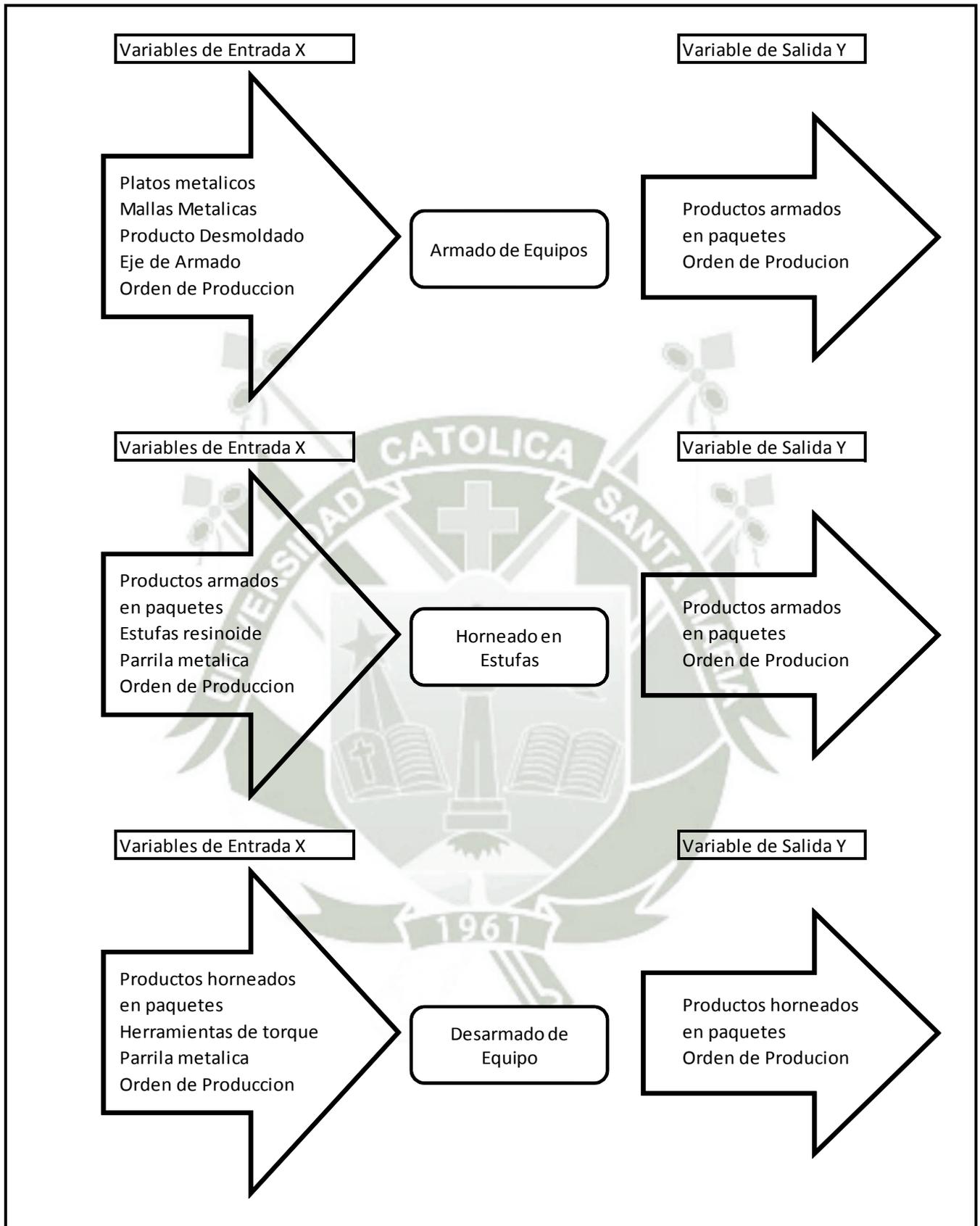
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 24. Sub- Procesos de Horneado



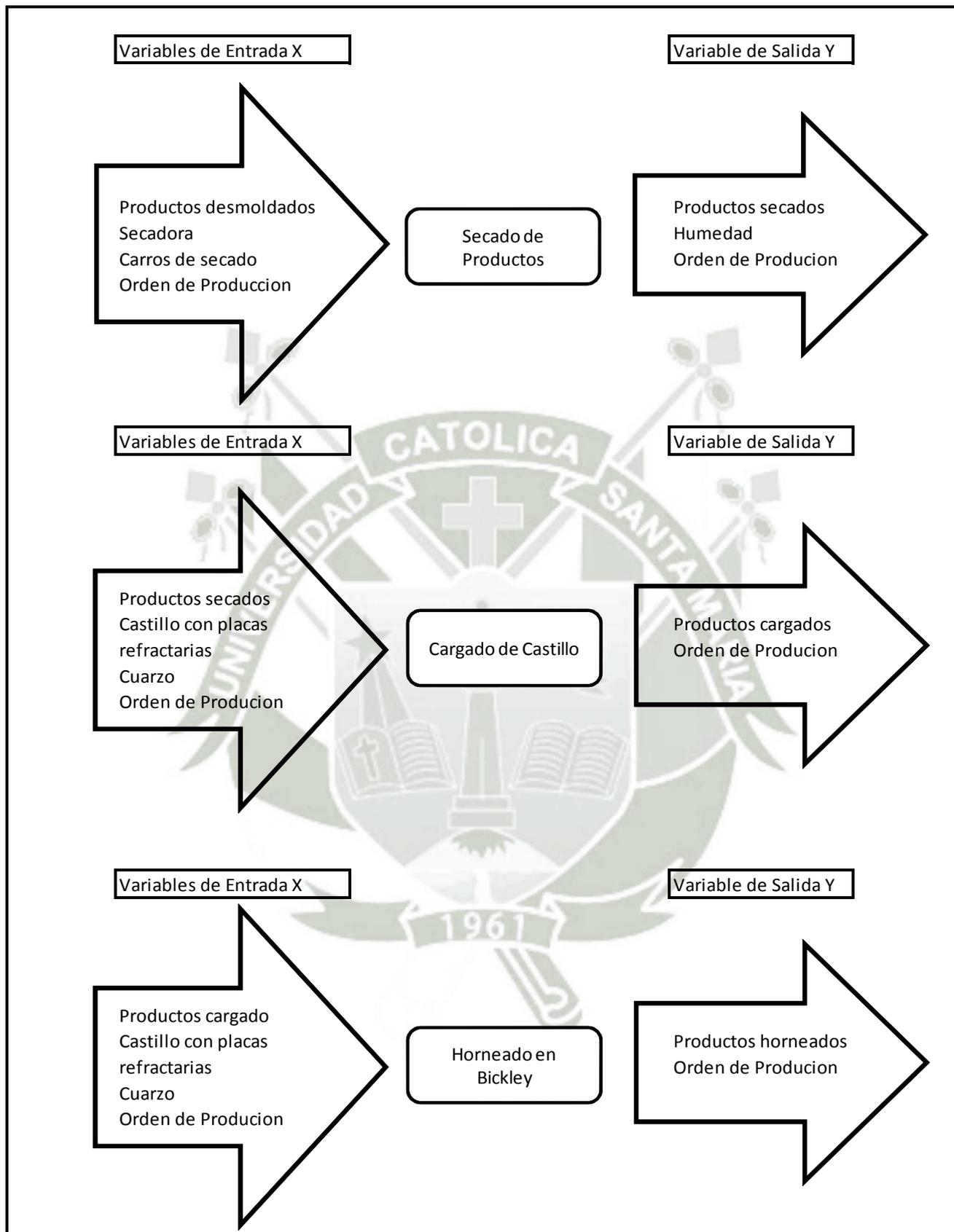
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 25. Variables de entrada y salida – Horneado Resinoide



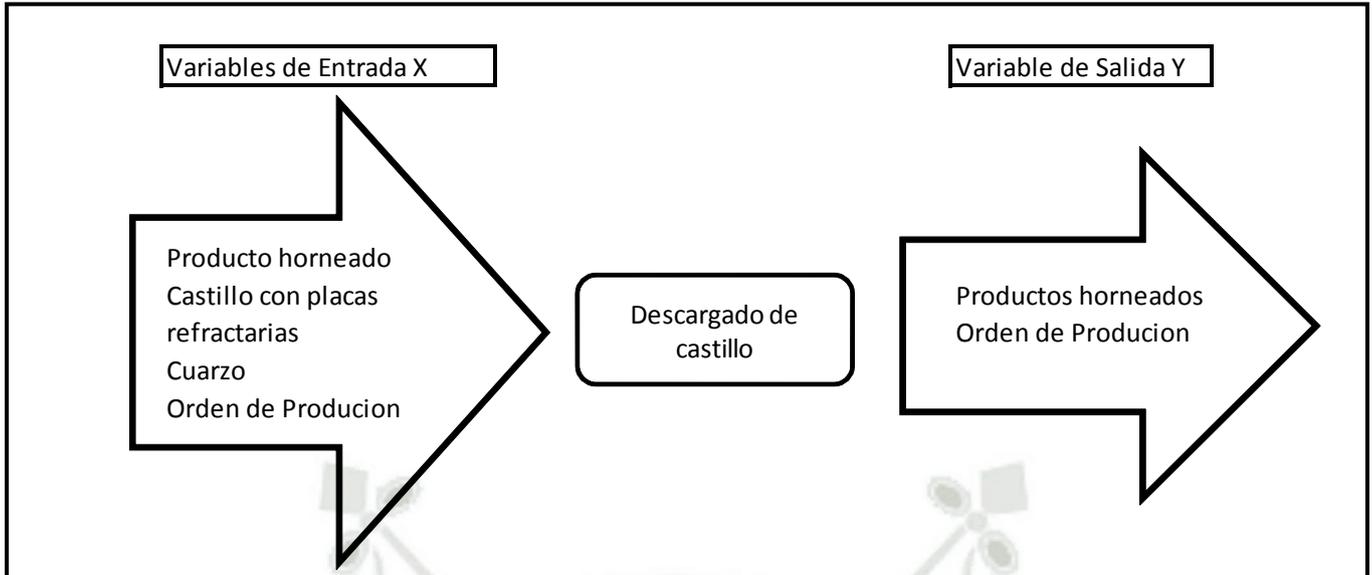
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 26<sup>1</sup>. Variables de entrada y Salida – Horneado Vitrificado



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N<sup>o</sup>. 26<sup>2</sup>. Variables de entrada y salida – Horneado Vitrificado



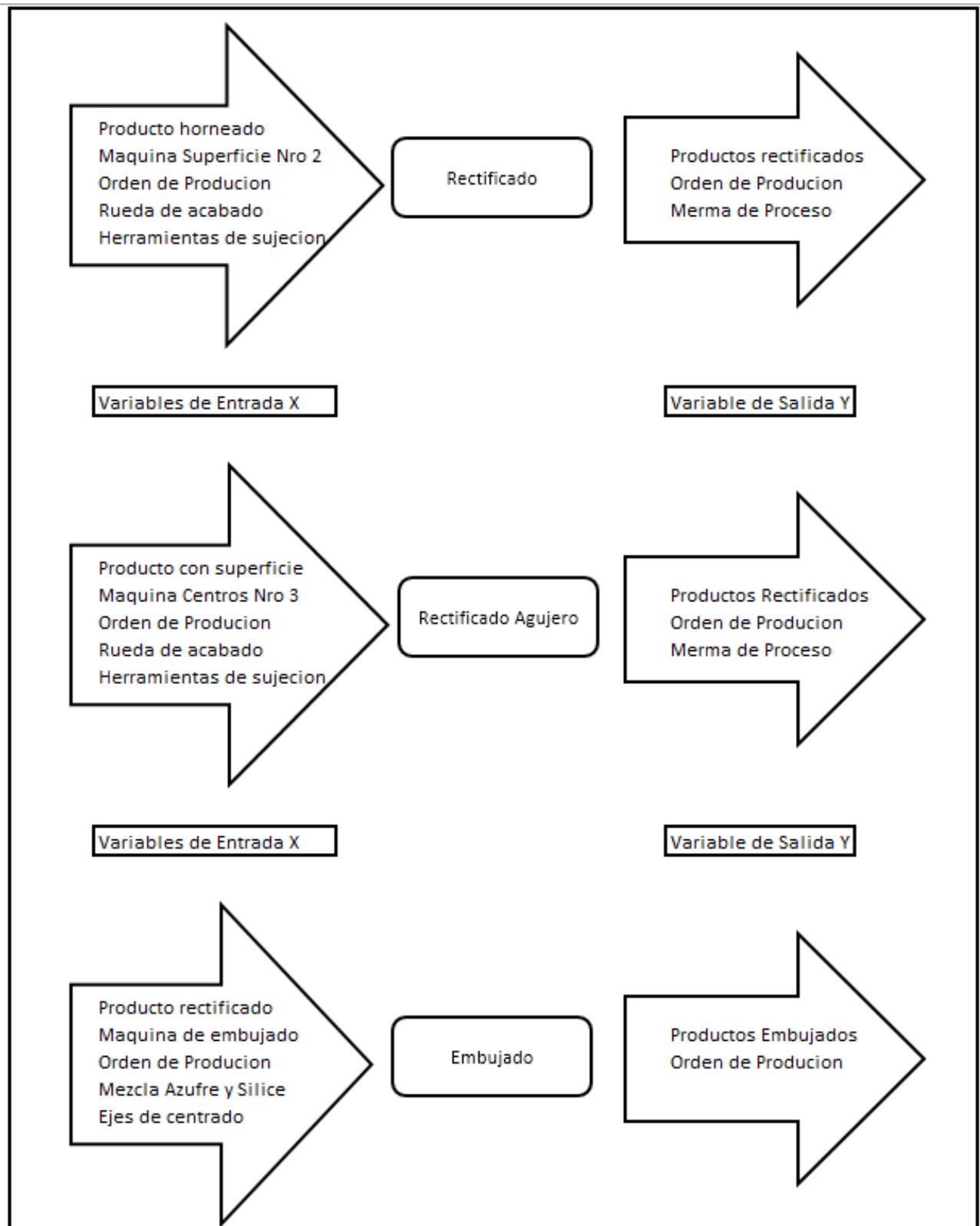
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N<sup>o</sup>. 27. Sub-Procesos de Acabado



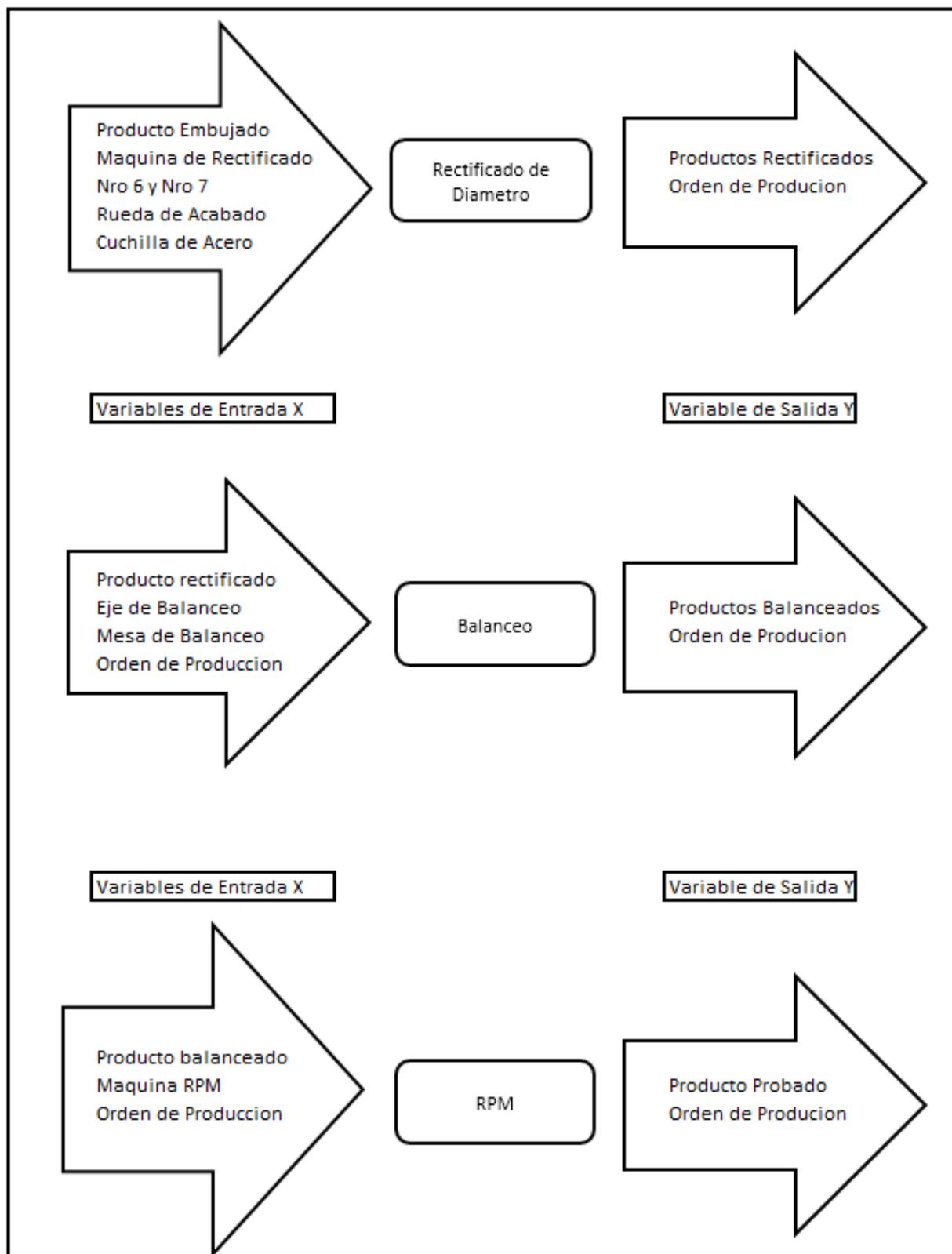
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°: 28<sup>1</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado



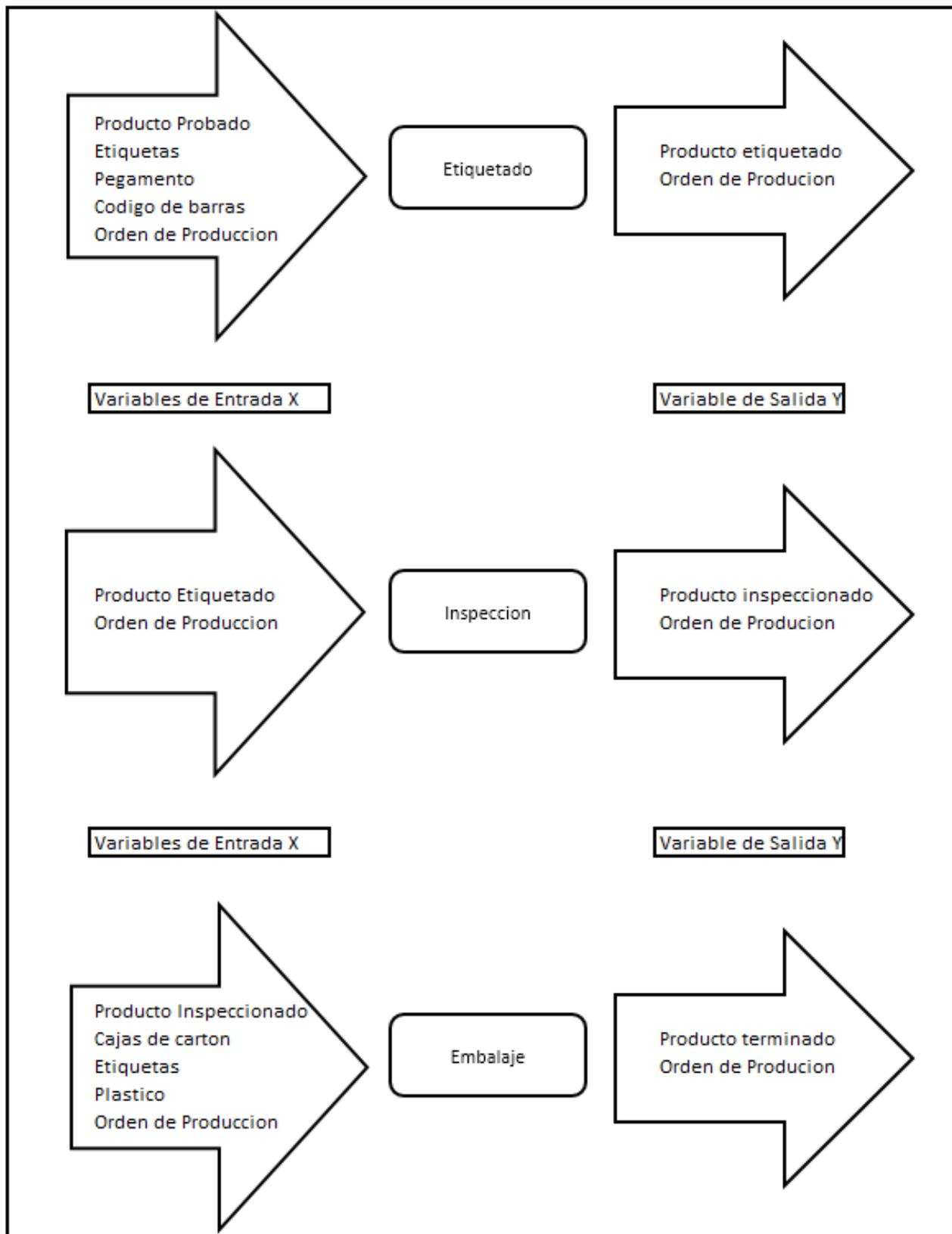
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°: 28<sup>2</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado



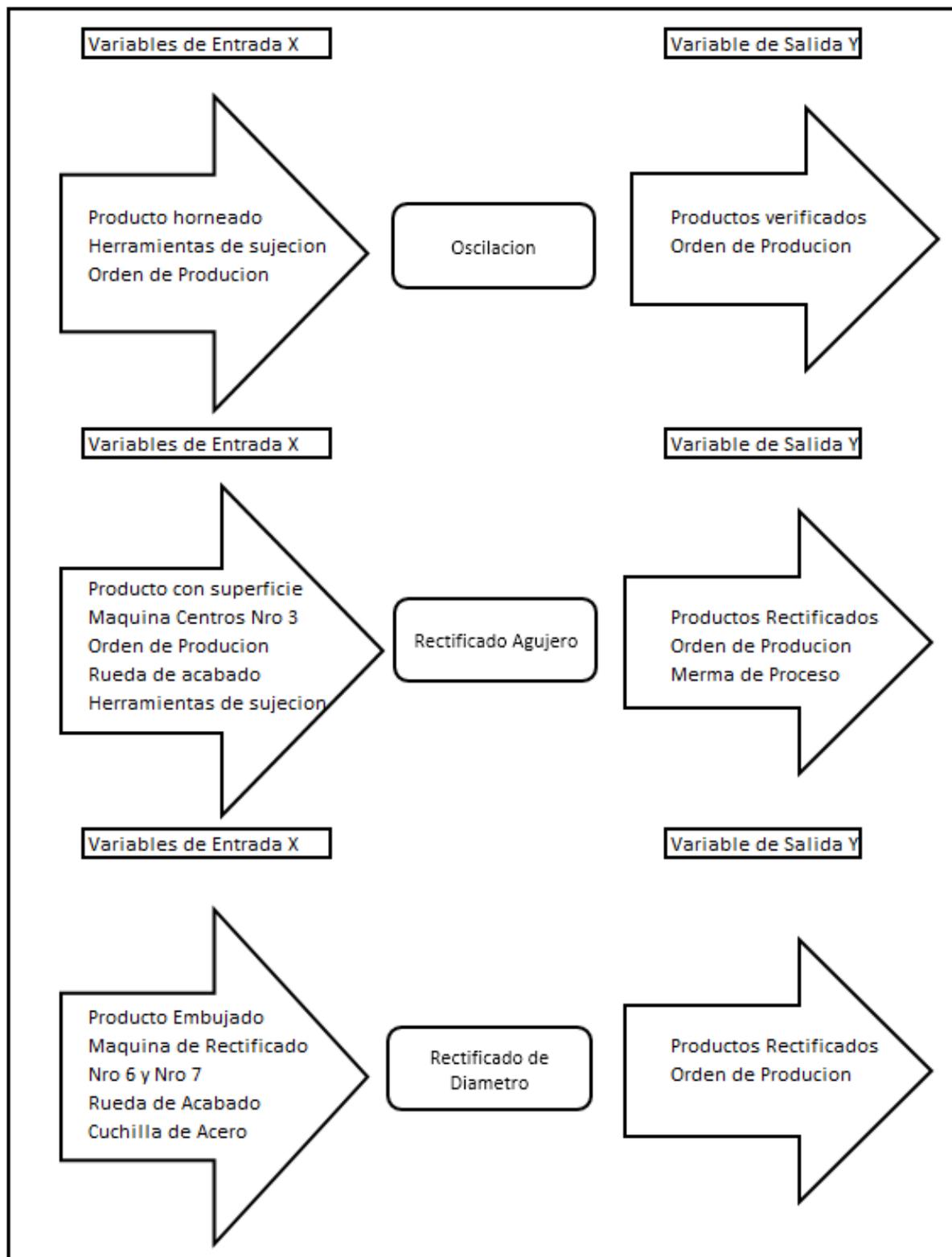
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N<sup>ro</sup>. 28<sup>3</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Vitrificado



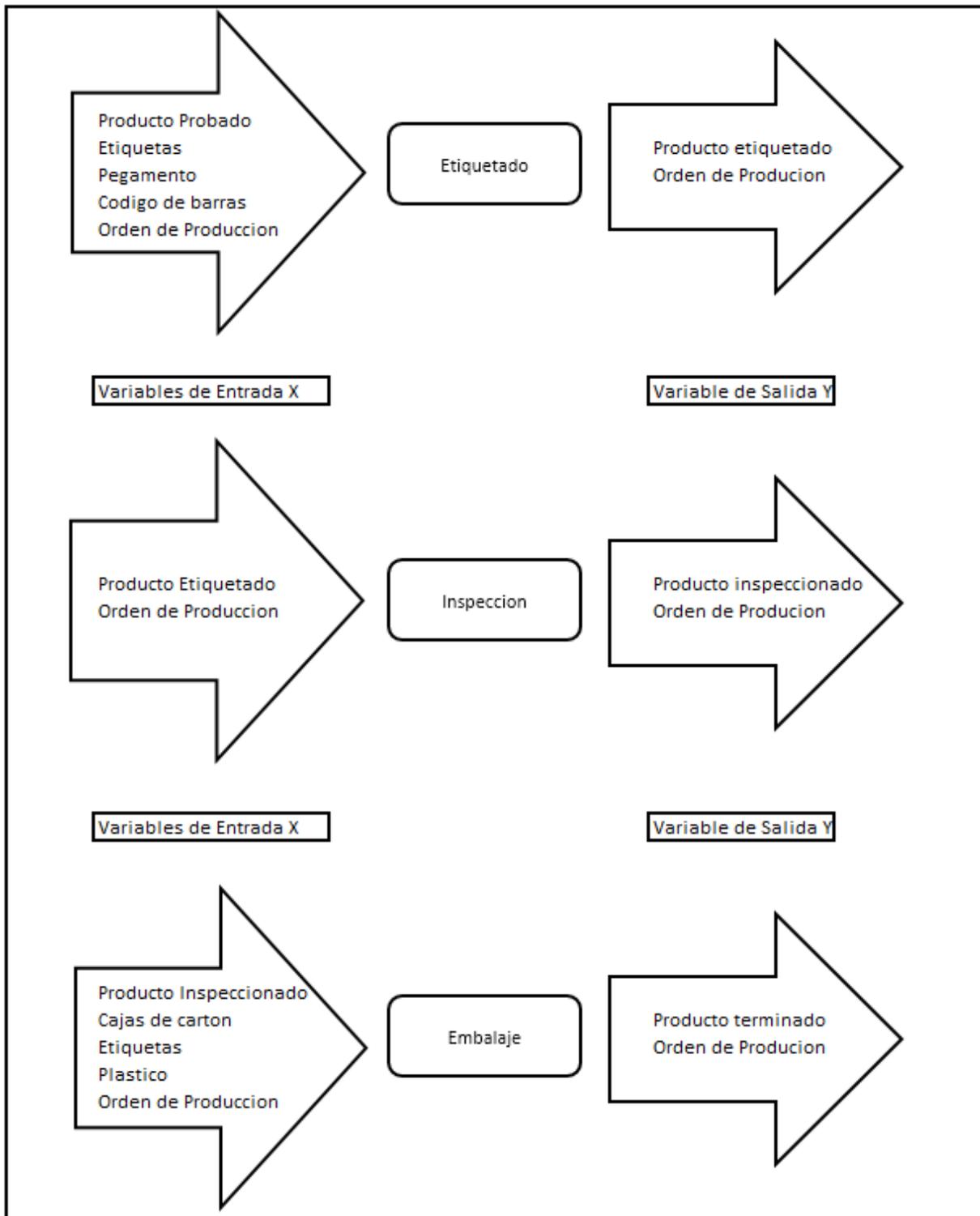
Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N° 29<sup>1</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Resinoide



Fuente: Elaboración Propia

Diagrama N°: 29<sup>2</sup>. Variables de entrada y salida – Acabado Resinoide



Fuente: Elaboración Propia

Habiendo realizado este análisis podemos ver detalladamente cada una de las entradas a los distintos procesos clave en la elaboración de Ruedas Abrasivas, permite tener una visión más clara de lo que está sucediendo en cada proceso e identificar las causas que puedan estar ocasionando los problemas.

### 3.6.1.2. Medir fundamentos del problema

“La medición es una fase clave de transición, que nos sirve para validar o precisar el problema y para comenzar la búsqueda de las causas raíz, que son el objeto de la etapa siguiente Analizar” (Brue G., Six Sigma para directivos, 2003)

En la fase Definir se obtuvo las X's (entrada) y Y's (salidas) de cada uno de los procesos. Ahora, en la fase Medir, se aplica para los tres procesos en particular La Matriz Causa y Efecto o La Matriz X-Y. Con la finalidad de identificar los problemas que más dimensiones tienen de acuerdo a la numeración.

A continuación los requerimientos y su importancia:

**Tabla N° 18. Importancia de Requerimientos**

Requerimientos del Cliente	Rango de Importancia
Diámetro exterior de producto	10
Espesor de producto	9
Diámetro interior	8
Diámetro de Agujero	7
Homogeneidad de Producto	6
Superficie Lisa	5
Estado del producto	4
Presentación del Producto	3
Dureza del producto	2
Identificación del Producto	1

*Fuente: Elaboración Propia*

Colocaremos los requerimientos del cliente y las entradas a cada proceso, esto nos permitirá descubrir que tan determinante es una entrada de procesos para el requerimiento final del cliente, esto nos permitirá atacar los problemas más adecuadamente. Se usaran estos rangos para medir el grado de cada Entrada en los requerimientos.

**Tabla N° 19. Grado de relevancia de requerimientos**

Rango	¿Qué tanto afecta?
0	No afecta
3	Afecta Poco
6	Afecta Moderadamente
9	Afecta Mucho

Matriz N<sup>o</sup>. 1. Matriz Causa-Efecto – Proceso de Prensado

		Requerimiento de Cliente										Resultado
		Diámetro exterior de producto	Espesor de producto	Diámetro interior	Diámetro de Agujero	Homogeneidad de Producto	Superficie Lisa	Estado del producto	Presentación del Producto	Dureza del producto	Identificación del Producto	
Procesos de Prensado	Entradas X	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Pesado de Mezcla	Liga Vitrificada o Resinoide	0	0	0	0	9	3	9	9	6	6	150
	Mezcla Abrasiva	0	0	0	0	9	0	6	3	6	0	99
	Balanza	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	12
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
Nivelado de Mezcla	Mezcla Pesada	0	0	0	0	9	0	3	6	6	3	99
	Nivelador	0	6	0	0	0	6	3	0	6	0	108
	Plato Giratorio	0	0	0	0	0	6	0	0	3	0	36
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Molde de Prensado	9	6	3	6	0	0	0	3	0	0	219
Prensado de Mezcla	Mezcla Nivelada	0	0	0	0	0	6	0	3	0	0	39
	Molde de Prensado	9	6	3	6	0	0	0	3	0	0	219
	Plato superior e inferior	0	9	0	0	0	6	3	0	0	0	123
	Fillers	0	6	0	0	0	3	3	0	0	0	81
	Ejes de Prensado	0	0	0	9	0	0	0	3	0	0	72
	Prensa	0	6	0	0	0	9	9	3	0	0	144
Desmoldado de Producto	Producto Prensado	0	0	0	0	0	0	6	6	0	9	51
	Molde de Prensado	9	6	3	6	0	0	0	3	0	0	219
	Plato superior e inferior	0	9	0	0	0	6	3	0	0	0	123
	Desmoldador	0	3	0	3	0	3	6	9	0	0	114
	Prensa	0	6	0	0	0	9	9	6	3	0	159
	Platos ceramicos	0	0	0	0	0	9	6	0	0	6	75

Fuente: Elaboración Propia

En la matriz N<sup>o</sup>. 1 se puede observar que las entradas más relevantes e importantes para los requerimientos del producto final son los Moldes de prensado y la mezcla abrasiva, por ende las propuestas de mejora se centraran en estos dos aspectos para poder optimizar el proceso en mención.

Matriz N<sup>ro</sup>- 2. Matriz Causa-Efecto – Proceso de Horneado

		Requerimiento de Cliente										Resultado	
		Diámetro exterior de producto	Espesor de producto	Diámetro interior	Diámetro de Agujero	Homogeneidad de Producto	Superficie Lisa	Estado del producto	Presentación del Producto	Dureza del producto	Identificación del Producto		
	<b>Procesos de Prensado</b>	<b>Entradas X</b>	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
<b>Horneado Resinoide</b>	<b>Armado equipo resinoide</b>	Platos metalicos	0	0	0	6	0	3	9	0	0	0	93
		Mallas Metalicas	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	33
		Producto Desmoldado	0	0	0	0	0	3	6	0	0	0	39
		Eje de Armado	0	0	0	9	0	0	3	3	0	0	84
		Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	<b>Horneado en estufas</b>	Productos armados	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Estufas resinoide	0	0	0	0	0	0	9	6	9	0	72
		Parrila metalica	0	0	0	0	0	0	9	9	6	0	75
		Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	<b>Desarmado de equipos resinoide</b>	Productos horneados	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Herramientas de torque	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0	72
		Parrila metalica	0	0	0	0	0	0	9	6	9	0	72
Orden de Produccion		0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24	
<b>Horneado Vitrificado</b>	<b>Secado de Productos</b>	Productos desmoldados	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Secadora	3	9	0	0	0	3	3	3	0	0	147
		Carros de secado	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	42
		Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	<b>Cargado de Castillo</b>	Productos secados	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Castillo con placas	0	0	0	0	0	0	9	6	9	0	72
		Cuarzo	0	0	0	0	0	6	3	3	0	0	51
		Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	<b>Horneado en Bickley</b>	Productos cargado	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Castillo con placas	0	0	0	0	0	0	9	6	9	0	72
		Horno Bickley	0	0	0	0	0	3	9	3	0	0	60
		Cuarzo	0	0	0	0	0	6	3	3	0	0	51
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24	
	<b>Descargado de Castillo</b>	Producto horneado	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	48
		Castillo con placas	0	0	0	0	0	0	9	6	9	0	72
		Cuarzo	0	0	0	0	0	6	3	3	0	0	51
Orden de Produccion		0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24	

Fuente: Elaboración Propia

Matriz N<sup>o</sup>. 3. Matriz Causa-Efecto – Proceso De Acabado

Procesos de Acabado	Entradas X	Requerimiento de Cliente										Resultado
		Diámetro exterior de producto	Espesor de producto	Diámetro interior	Diámetro de Agujero	Homogeneidad de Producto	Superficie Lisa	Estado del producto	Presentacion del Producto	Dureza del producto	Identifiación del Producto	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Oscilacion	Producto horneado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Herramientas de sujecion	0	0	0	0	0	3	6	6	0	0	57
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
Rectificado Superficie	Producto horneado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Maquina Superficie Nro 2	0	9	0	0	0	6	3	3	0	0	132
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Rueda de acabado	0	3	0	0	0	3	6	3	0	0	75
Rectificado Agujero	Herramientas de sujecion	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	36
	Producto con superficie	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Maquina Centros Nro 3	0	0	6	9	0	0	3	3	0	0	132
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Rueda de acabado	0	0	3	6	0	3	6	3	0	0	114
Embujado	Herramientas de sujecion	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	45
	Producto rectificado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Maquina de embujado	0	0	6	0	0	0	6	9	0	0	99
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Mezcla Azufre y Silice	0	0	0	3	0	0	6	6	0	0	63
Rectificado Diametro	Ejes de centrado	0	0	0	3	0	0	6	6	0	0	63
	Producto Embujado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Maquina de Rectificado	9	0	6	0	0	0	3	6	0	0	168
	Rueda de Acabado	6	0	0	0	0	3	6	3	0	0	108
Balanceo	Cuchilla de Acero	0	0	6			3	6	3	0	0	96
	Producto rectificado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Eje de Balanceo	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	36
	Mesa de Balanceo	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	36
RPM	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Producto balanceado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Maquina RPM	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	36
Etiquetado	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Producto Probado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Etiquetas	0	0	0	0	0	0	6	9	0	9	60
	Pegamento	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	42
	Codigo de barras	0	0	0	0	0	0	6	9	0	9	60
Inspeccion	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Producto Etiquetado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
Embalado	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24
	Producto Inspeccionado	0	0	0	0	0	6	9	6	0	0	84
	Cajas de carton	0	0	0	0	0	0	9	9	0	9	72
	Etiquetas	0	0	0	0	0	0	6	9	0	9	60
	Plastico	0	0	0	0	0	0	6	6	0	3	45
	Orden de Produccion	0	0	0	0	3	0	0	0	0	6	24

Fuente: Elaboración Propia

Como se explicó en el Capítulo II, nuestras propuestas de mejoras no se enfocaran en maquinaria ni en un equipo, como vemos en la Matriz de Acabados las entradas más importantes para las características del producto son las Maquinas pero sabiendo que este es un gasto muy alto se desarrollaran los problemas antes mencionados del área de Acabados.

### 3.6.1.3. Analizar: Investigación del proceso

#### 3.6.1.3.1. Análisis de los datos

La filosofía Six Sigma hace uso de toda una gama de herramientas que puede utilizar para determinar la causa raíz del problema. En esta etapa, se propone que la empresa haga uso de una herramienta denominada Análisis de Modo de Fallos y Efectos (AMFE) examina un producto o proceso desde el punto de vista de todas las maneras en que puede fallar, analizando que provoca dicho fallos y cuáles son sus consecuencias, así como la probabilidad que aparezcan. “Con ello establecen medidas que les permitan evitar esas situaciones o corregirlas lo antes posible en caso que se produzcan. Por ser una forma fácil de detectar las posibles causas potenciales que afectan al proceso, determinándolas por medio de una categorización a través de criterios de evaluación o RPN, numero de prioridad de riesgo (en sus siglas en inglés Risk Priority Number)” (Jimeno J, AMFE: Análisis Modal de Falla y Efectos, 2011). Deberá enfocar sus esfuerzos de mejora en aquellos que tienen el mayor valor de RPN; haciendo uso de herramientas que la empresa considere sean las más adecuadas para analizar específicamente la variabilidad que existe. El RPN es el resultado de la multiplicación de tres índice de evaluación:

- **Índice de gravedad (severidad del efecto):** es la valorización que el cliente hace sobre las consecuencias del fallo que podría sufrir. La evaluación se realiza en una escala de 1 a10 en base a una tabla de gravedad en función de la mayor o menor insatisfacción que dicha consecuencia le provoquen. Así muy insatisfecho (afecta a su seguridad no cumple requisitos básicos, etc.) es un diez y un 1 indica muy baja inseguridad de insatisfacción

Tabla N<sup>ro</sup>. 20. Índice de Gravedad

Criterio	Índice
Muy Leve	1 a 2
Leve	3 a 4
Gravedad Moderada	5 a 6
Gravedad Alta	7 a 8
Muy Grave	9 a 10

- **Induce de ocurrencia:** es la probabilidad que ocurra un modo de fallo. Depende de la probabilidad de ocurrencia de la causa. Este puede tomar valores del 1 al 10, siendo 1 catalogado como remota falla es despreciable y 10 como la fallas casi inevitables.

Tabla N<sup>ro</sup>. 21. Índice de Ocurrencia

Criterio	Probabilidad
Casi Improbable	1 a 2
Baja Probabilidad	3 a 4
Probable	5 a 6
Alta probabilidad	7 a 8
Casi con Certeza	9 a 10

**Índice de detección (habilidad de detección):** se evalúa una probabilidad de detectar un defecto o fallo antes de que el producto llegue al cliente. Toma valores de 1 donde es muy probable que se detecte a 10 que no puede detectarse.

Tabla N<sup>ro.</sup> 22. Índice de Detección

<b>Criterio</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Casi Improbable que no se detecte</b>	1 a 2
<b>Baja Probabilidad de detección</b>	3 a 4
<b>Probable detección</b>	5 a 6
<b>Alta probabilidad de no detección</b>	7 a 8
<b>Probabilidad muy alta de no detectar el fallo</b>	9 a 10

Finalmente se calcula el RPN (número de prioridad de riesgo) mediante el producto de los tres índices anteriores. Este índice podrá tomar valores entre 1 y 1000 correspondiendo 1000 al mayor potencial de riesgo. Nos indica la importancia relativa de las distintas causas de fallo pudiendo así establecer prioridades sobre en qué actividades se debe concentrar los esfuerzos de mejora. La herramienta aplicada en la etapa Medir: Matriz Causa y Efecto, ofrece un insumo de información, el cual será utilizado en la herramienta AMFE, que es una herramienta aplicada para descubrir la Causa Raíz de los problemas que existen en los procesos más importantes de la fabricación de ruedas Abrasivas. A continuación el AMFE de los procesos clave:

**Matriz N<sup>o</sup>. 4. AMFE - Prensado de Ruedas Abrasivas**

Proceso	Componentes	Funciones	Modo de Fallo	Efecto	Causa	Control	P	G	D	IPR
<b>Prensado de Productos</b>	Mezcla Resinoide o Vitrificada	Proporciona la dureza del producto, component e principal	Mezcla contaminada con otros componentes	Producto manchado y de estructura irregular	Mezclado con falta de orden	No hay control	7	8	7	392
	Balanza	Pesa de manera exacta la mezcla necesaria	No pesa cantidad exacta	Mala dsitribucion de cantidades	Particulas de polvo que entran en balanza	Calibracion mensual de balanzas	3	6	3	54
	Nivelador	Distribuye la mezcla en todo el molde	No se encuentra recto, imperfecciones en su superficie	Producto con distintas durezas en zonas	Uso constante de componente	Revision de niveladores	4	4	4	64
	Platos , fillers y ejes	Rellena molde para prensado	Superficie irregular, medidas gastadas	Producto con superficie chueca	Uso constante de componente	Revision de medidas	2	4	4	32
	Molde de Prensado	Da la forma y diametro al producto	Molde con medidas incorrectas, superficie con imperfecciones	Productos con dimensiones incorrectas, diametros y agujeros	Uso constante de molde	Revision solo cuando se necesita moldes	9	8	8	576
	Prensa	Ejerce el fuerza de prensado	Falla electrica	Porducto blando	Antigüedad de maquina	Mantenimientos preventivos	5	5	5	125

*Fuente: Elaboración Propia*

**Matriz N<sup>o</sup>. 5. AMFE - Horneado Resinoide**

Proceso	Componentes	Funciones	Modo de Fallo	Efecto	Causa	Control	P	G	D	IPR
<b>Horneado Resinoide</b>	Platos metálicos	Separar los discos resinoides y mantenerlos rectos	Platos chuecos o mal limpiados	Producto con oscilación y superficie irregular	Desgaste y falta de limpieza	No hay control	6	6	6	216
	Ejes de Armado	Sirve para armar el paquete de quema	Ejes desgastados o chuecos	Agujero con diametro distinto	Desgaste y falta de cuidado	No hay control	5	5	4	100
	Estufas Resinoide	Hornea producto resinoide	Mal horneado en zonas de estufa	Disco mas blando	Antigüedad de maquina	Mantenimientos preventivos	5	5	5	125
	Productos Resinoide	Usados para corte y desbaste	Discos chuecos y con remocion de grano	Mal corte e irregular desgaste	Falla en algun proceso mencionado	Muestreo por cada lote	2	5	5	50
	Herramientas de ajuste	Ajusta el paquete de discos	Herramienta rota	Paquete de productos no ajustado	Desgaste y antigüedad	No hay control	3	3	3	27

Fuente: Elaboración Propia

**Matriz N<sup>o</sup>. 6. AMFE - Horneado Vitrificado**

Proceso	Componentes	Funciones	Modo de Fallo	Efecto	Causa	Control	P	G	D	IPR
<b>Horneado Vitrificado</b>	Secadora	Retirar humedad de productos	Mal secado de productos	Producto hinchado y deforme	Antigüedad de maquina	Mantenimientos preventivos	4	7	2	56
	Carros de Secado	Transporte de productos y distribución en secadora	Secar productos que ya pasaron ese proceso	Producto hinchado y deforme	Falta de identificación de secado	No hay control	6	7	5	210
	Castillo con placas	Distribucion de Productos en horno	Placas chuecas y zonas mas calientes	Producto sobre- quemado	Distribucion de productos	No hay control	6	8	5	240
	Horno Bickley	Horneado de Productos Vitrificado	Fallo en quemadores y filtros	Producto crudo	Antigüedad de maquina	Mantenimientos preventivos	5	6	4	120

*Fuente: Elaboración Propia*

**Matriz N° 7. AMFE – Proceso de Acabado**

Proceso	Componentes	Funciones	Modo de Fallo	Efecto	Causa	Control	P	G	D	IPR	
<b>Acabado de Productos</b>	Rectificado Superficie - Maq Nro 2	Rectifica la superficie dejandola lisa	Demora en acabado de superficie	Aumento de estandar de produccion, demora en entrega	Medidas con mucha tolerancia	No hay control	7	6	8	336	
	Rectificado Centros - Maq Nro 3	Rectifica el agujero a su dimension final	Demora en rectificado de agujero	Aumento de estandar de produccion, demora en entrega	Medidas con mucha tolerancia	No hay control	7	5	8	280	
	Rectificado Diametro - Maquina nro 6	Rectifica diametros exteriores e interiores	Demora en rectificado de diametros	Aumento de estandar de produccion, demora en entrega	Medidas con mucha tolerancia	No hay control	7	6	8	336	
	Ruedas de Acabado	Se usan para rectificar los productos	Ruedas con fisuras internas o lascas	Explosion de ruedas de acabado	Mal prensado y mal cargado	Revision solo cuando se necesita ruedas	2	7	4	56	
	Embujado	Refuerza el contorno del agujero para el eje de trabajo	Embujado demasiado delgado	Daño al eje de trabajo	Mal posicionamiento del cono de embujado	Muestreo de ruedas	3	4	6	72	
	Inspeccion	Revision de productos y presentacion	Enviar productos defectuosos	Reclamos de los clientes	Distraccion del Operario	Control total	2	6	5	60	
	Embalado	Translado de productos en buen estado	Productos rotos o fisurados en cajas	Reclamos de los clientes	Falta de cuidado al embalar los productos	No hay control	1	3	4	12	

Fuente: Elaboración Propia

Las matrices AMFE realizadas nos muestran los puntos más críticos de cada proceso, vemos que muchos de ellos no tienen un control, que suceden frecuentemente y que son graves para el producto, es decir que afectan su calidad. En la primera matriz de Prensado se observa que el IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) más alto está en los Moldes de Prensado y en la Mezcla Resinoide o Vitrificada, esto se interpreta como que en el proceso de Prensado, los procesos con más probabilidad de ocurrencia, con más gravedad para la calidad y más probabilidad de detectar son los que involucran esos dos ítems. Se procede de igual forma para la matriz de Horneado Vitrificado y Resinoide, y Acabados. En el siguiente cuadro podemos ver los criterios más importantes de cada proceso:

**Tabla N° 23. Índice de Prioridad de Riesgo**

<b>IPR</b>	
<b>Prensado</b>	
Molde de Prensado	576
Mezcla	392
Prensa	125
<b>Horneado Vitrificado</b>	
Castillo con placas	240
Carros de secado	210
Horno Bickley	120
<b>Horneado Resinoide</b>	
Platos Metálicos	216
Estufa Resinoide	125
Ejes de armado	100
<b>Acabado</b>	
Maq. Nro 2	336
Maq. Nro 6	336
Maq. Nro 3	280

*Fuente: Elaboración Propia*

## CAPITULO IV

### 4. PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION

#### 4.1. Mejorar: Generar, seleccionar y aplicar soluciones

Todo el trabajo de definir, medir y analizar los problemas de los procesos da su beneficio en la fase mejorar siempre que se aplique adecuadamente, la empresa debe tratar de resolver o empezar a dar solución a los puntos críticos encontrados en las matrices de Causa y Efecto y AMFE.

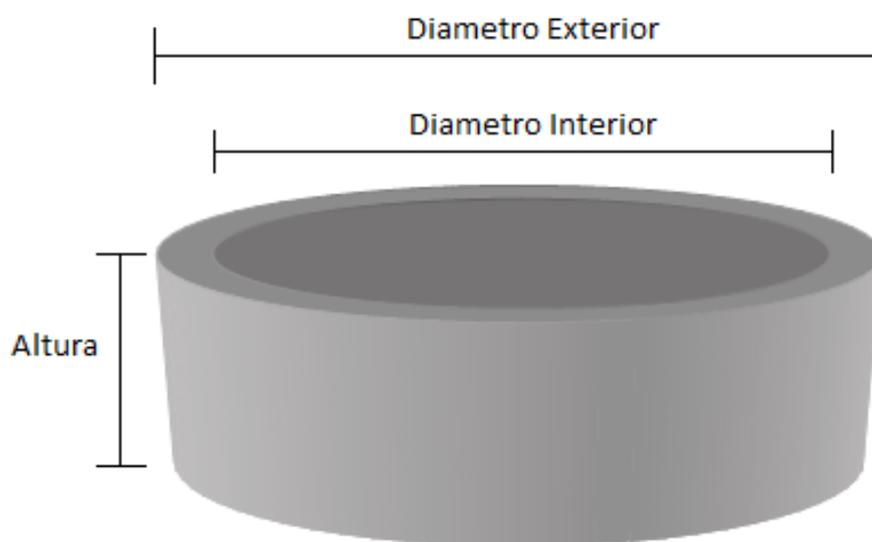
En esta etapa se empiezan a proponer soluciones a las causas más críticas que existen en los procesos claves de producción de Ruedas Abrasivas. Se empezara a proponer mejoras en cada uno de los procesos clave, las matrices de la fase analizar nos han disminuido el trabajo ya que ahora sabemos cuáles son las variables más críticas para el procesos y las más importantes para el cliente.

#### 4.1.1. Propuestas de Mejoras para Proceso de Prensado

##### 4.1.1.1. Moldes de Prensado

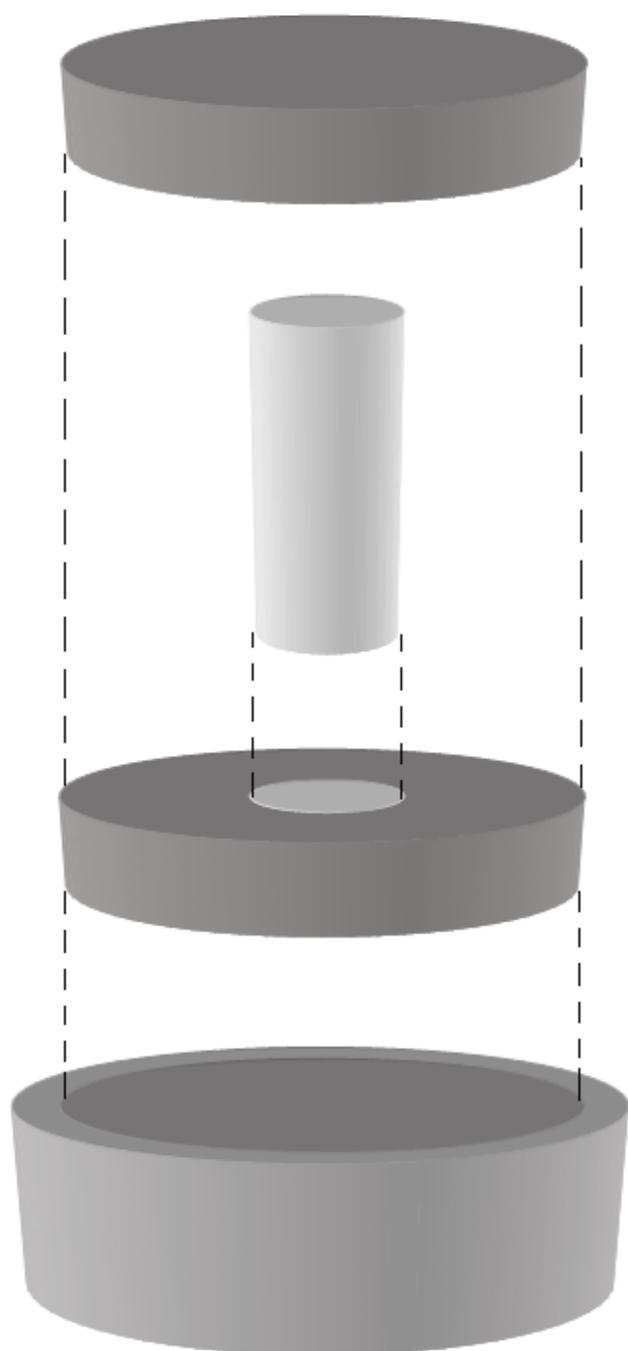
Los moldes de prensado se usan para dar la forma y distribuir la mezcla, así el producto sale con las medidas y espesor correcto, en la figura podremos observar un molde y los componentes para el prensado:

**Figura N<sup>o</sup>. 11. Molde de Prensado**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura N<sup>ro</sup>. 12. Componentes de Prensaado**



**PLATO SUPERIOR**

Plato que cubre el molde

**EJE DE PRENSADO**

Determina el diámetro del agujero de la Rueda

**PLATO INFERIOR**

Plato que sujeta eje

**MOLDE DE PRENSADO**

Distribuye mezcla abrasiva

*Fuente: Elaboración Propia*

El estado del molde es primordial, en la parte inferior no puede presentar ningún tipo de imperfección, si no la rueda o disco pueden salir lascados o hasta fisurados. Los moldes están hechos de acero inoxidable y tienen más de 15 años de antigüedad, no tienen ningún tipo de mantenimiento o limpieza, por eso se propone un Plan de Mantenimiento.

**Tabla N° 24. Mantenimiento de Moldes**

<b>Moldes de Productos</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Ruedas Rectas</b>	2 veces por mes
<b>Copas Rectas</b>	1 vez por mes
<b>Copas Cónicas</b>	1 vez por mes
<b>Tapones</b>	1 vez cada 2 meses
<b>Disco de Corte</b>	2 veces por mes
<b>Discos de Desbaste</b>	1 vez por mes
<b>Bloques</b>	1 vez cada 2 meses
<b>P.A.V</b>	1 vez por mes
<b>Segmentos</b>	1 vez cada 2 meses
<b>Limas</b>	1 vez cada 2 meses
<b>Puntas Montadas</b>	1 vez por mes

*Fuente: Elaboración Propia*

El mantenimiento consiste en una limpieza general del molde de prensado, así se evita que el producto sea contaminado con alguna sustancia ajena a su composición, y también a un rectificando de las superficies para eliminar imperfecciones en el molde, dando prioridad a la parte interna.

Hay otro problema referido a los moldes y son las medidas, los moldes no tienen medidas exactas, tienen en la mayoría de los casos más medida, esto supone un gasto de materia prima como ya lo tocamos en los puntos anteriores, se recomienda modificar los moldes para tener medidas exactas.

Para esto hay que empezar identificando productos con más rotación y empezar con esos moldes.

**Tabla N° 25. Productos Vitrificados con más rotación**

Código	Especificación	Diámetro exterior		Espesor	
		Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	6 1/4 "	6 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	6 1/4 "	6 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	6 1/4 "	6 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	6 1/4 "	6 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	6 1/4 "	6 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	8 1/4 "	8 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	8 1/4 "	8 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	8 1/4 "	8 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	8 1/4 "	8 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	8 1/4 "	8 1/32 "	1 1/16 "	1 1/32 "

*Fuente: Elaboración Propia*

Las medidas de los moldes tendría 1/32" más que su especificación que equivale a 0.79375 mm, este pequeño margen se dará para dar un pequeño acabado y dar buena presentación a la rueda, ya que después del horneado puede quedar algo manchada o con alguna pequeña imperfección.

En el caso de discos resinoide los moldes deben ser exactos, ya que a los discos no se les reduce el diámetro ni el espesor, en el prensado ya tienen etiquetas y bujes por ende sus medidas deben ser exactas, pero en la

actualidad se les da un pequeño faseado exterior reduciendo su diámetro ya que los moldes no tienen una medida correcta.

**Tabla N° 26. Productos Resinoides con más rotación**

Código	Especificación	Diámetro exterior	
		Actual	Propuesta
6509108392	BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM	116	114
6509108492	BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2 MM	183	180
6509102492	BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 4 1/2 X 1/8 X 7/8	116	114.3
6509109492	BNA D.DE CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	360	355.6
6508100492	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8, 180 0	183	177.8
6508100692	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8, 1	116	114.3

*Fuente: Elaboración Propia*

Cuando el molde es más grande la distribución de mezcla tiende a ser más extensa, por ende el espesor y densidad de los discos varían, aparte de esto siempre se les da un faseado para poder dar uniformidad a la circunferencia del disco y darle su diámetro correcto , según especificación. Esto reduciría el tiempo de faseado y los productos fuera de medida de una manera considerable.

Hay que considerar que teniendo las medidas correctas de los productos, tanto en resinoide como en vitrificado, se reducirán considerablemente los productos fuera de estándar u observados, haciendo que la producción sea uniforme y con menos rechazos.

#### **4.1.1.2. Contaminación de Mezcla**

Un tipo de rechazo que se está haciendo cada vez más frecuente es la contaminación de las mezclas, una contaminación es cuando hay otro tipo de grano abrasivo en un producto, esto se nota más en los productos que tienen grano Abrasivo Blanco o Rosado, cuando un grano de otro color o de otro grosos contamina una Rueda puede causar raspones o ralladuras en el

producto que se vaya a trabajar, se analizó el problema y se propone las siguientes mejoras:

- Establecer un orden de fabricación de Grano abrasivo más Fino a más grueso.

**Tabla N<sup>o</sup>. 27. Orden de Fabricación**

<b>Orden De Fabricación</b>		
<b>Orden</b>	<b>Tipo de grano</b>	<b>Tamaño Grano</b>
1	Oxido de Aluminio	120
2	Oxido de Aluminio	100
3	Oxido de Aluminio	80
4	Oxido de Aluminio	60
5	Oxido de Aluminio	46
6	Oxido de Aluminio	36
7	Oxido de Aluminio	30
8	Carburo de Silicio	120
9	Carburo de Silicio	100
10	Carburo de Silicio	80
11	Carburo de Silicio	60
12	Carburo de Silicio	46
13	Carburo de Silicio	36
14	Carburo de Silicio	30
15	Carburo de Silicio	24
16	Carburo de Silicio	16

*Fuente: Elaboración Propia*

Si dentro del plan de producción diario se sigue este orden, se evitara que granos gruesos contaminen ruedas con granos finos y proporcionara mejor desempeño a la rueda en su operación de desbaste.

- Establecer un orden colores de grano para evitar manchas en las ruedas abrasivas.

**Tabla N<sup>o</sup>. 28. Orden de Mezclado**

**Orden De Fabricación**

Orden	Tipo de grano	Codificación	Color
1	Oxido de Aluminio	38A	Blanco
2	Oxido de Aluminio	AR	Rosado
3	Oxido de Aluminio	19A	Marrón claro
4	Oxido de Aluminio	A	Marrón
5	Carburo de Silicio	39C	Verde
6	Carburo de Silicio	37C	Negro

*Fuente: Elaboración Propia*

- Por ultimo aparte de respetar el orden antes mencionado siempre mantener una limpieza diaria de envases y/o baldes que contengan materia prima, la limpieza de la maquina mezcladora es también importante, hay que crear un cronograma de limpieza diario, por cada tipo de grano para evitar rechazos en las mezclas. Estos cambios son percibidos por los trabajadores como cambios innecesarios o tediosos, pero siempre es así cuando se trata de implementar algo nuevo, se tiene que seguir constantemente con las personas capacitándolas y haciéndoles entender el porqué de los cambios, en que se beneficia la empresa y a la vez ellos, los cambios están para mantenerse, no para perderse después de algunas semanas.

**4.1.1.3. Identificación de Moldes**

Actualmente en la empresa se busca implementar las 5's un sistema de mejoramiento continuo, para esto los primeros pasos de la implementación son deshacerse de innecesarios, que se hizo satisfactoriamente en el Área de Ruedas Abrasivas, actualmente aún no se pasa a la siguiente etapa, que nos

lleva al otro problema detectado, la identificación de materiales y equipos para el equipo de prensado. Se cuenta con un almacén de herramientas y equipos donde hay niveladores, fillers, ejes y todo lo necesario para el prensado, actualmente no hay un lugar definido para cada cosa, esto hace que los prensistas demoren en encontrar el equipo correcto para trabajar, de igual manera a los prensistas que aún no son muy experimentados se les hace muy difícil encontrar su equipo y siempre piden ayuda a los trabajadores más antiguos, esto es una pérdida de tiempo. Se tomaron algunas muestras para tener una idea más clara de cuanto se demoran en esta tarea:

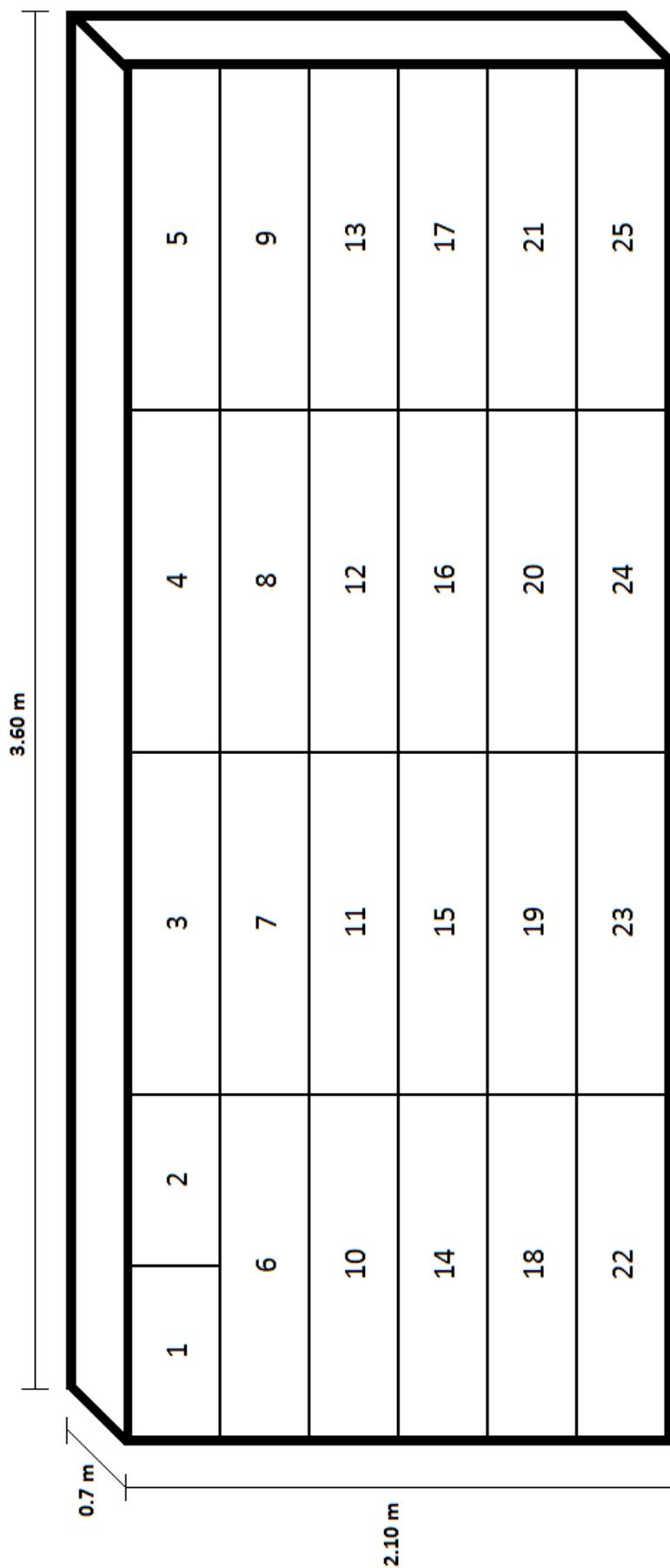
**Tabla N° 29. Equipo de Prensado**

Recojo de Equipo Prensado	
N° Muestra	Tiempo(min)
1	35
2	41
3	29
4	30
5	31
6	15
7	25
8	43
9	35
10	26

*Fuente: Elaboración Propia*

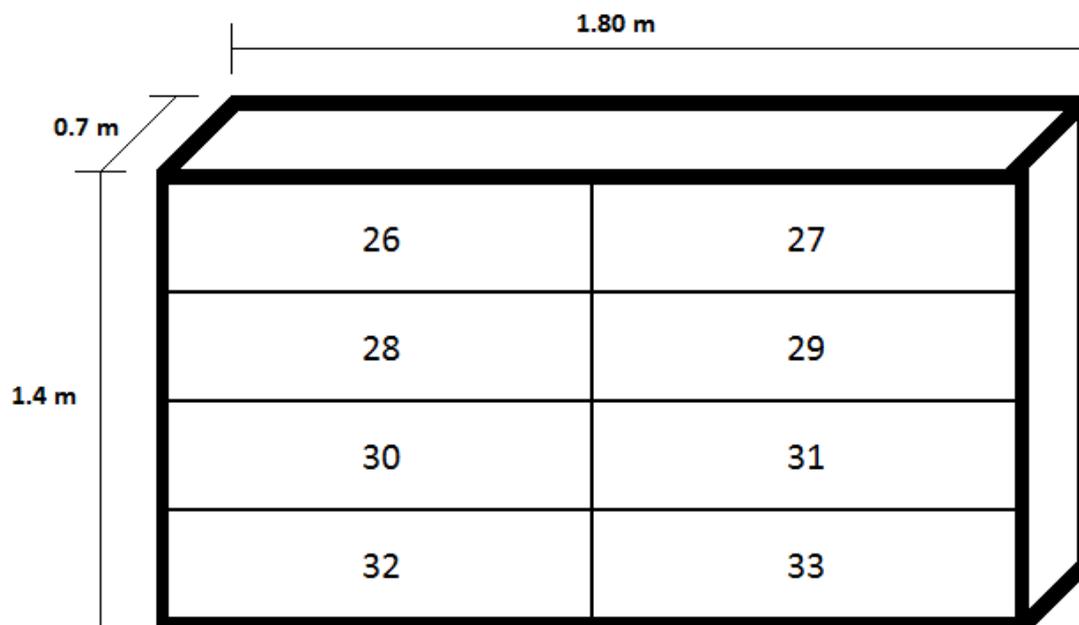
Los datos nos dan un promedio de 31 minutos escogiendo y buscando los equipos necesarios para prensar, esta tarea debería demorar no más de 10 minutos, ya que perjudica el tiempo de producción y entrega de productos. Para esto se propone un esquema de distribución de la siguiente manera:

Figura N<sup>o</sup>. 13. Distribución de Moldes – Estante Grande



Fuente: Elaboración Propia

Figura N<sup>ro</sup>. 14. Distribución de Moldes – Estante Pequeño



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N<sup>ro</sup>. 30. Leyenda de Distribución de Moldes

Numero de Compartimiento	Detalle
1	- Pesas calibradoras de balanzas
2	- Moldes de Limas Redondas - Fillers
3	- Moldes de Segmentos Vitrificados - Fillers
4	- Moldes de Anillos Vitrificados - Platos superiores e inferiores - Ejes de Prensado

<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Limas Redondas</li> <li>- Fillers</li> </ul>
<b>6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de tapones</li> <li>- Platos superiores</li> <li>- Ejes de tapones</li> </ul>
<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas Rectas de 4", 5" y 6"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Fillers de molde</li> </ul>
<b>8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de discos milimetrados 115 y 180 mm</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Ejes y fillers</li> </ul>
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de P.A.V.</li> <li>- Platos, fillers y ejes P.A.V</li> </ul>
<b>10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveladores productos resinoide</li> </ul>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejes de prensado de Ruedas Rectas</li> </ul>
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveladores productos vitrificados</li> </ul>
<b>13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separadores</li> <li>- Uñas de desmoldado</li> </ul>
<b>14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas Rectas de 8"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Fillers</li> </ul>
<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas Rectas de 7"</li> <li>- Platos superiores e inferiores y fillers</li> <li>- Fillers</li> </ul>
<b>16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Copas Cónicas 4"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Ejes de copas</li> </ul>
<b>17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Copas Cónicas 5" y 6"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Ejes de copas</li> </ul>

18	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de piedras de afilar</li> <li>- Platos y fillers</li> </ul>
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de BNA de 4 ½", 7" y 9"</li> <li>- Platos superiores e inferiores , ejes</li> </ul>
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de BDA de 4 ½", 7" y 9"</li> <li>- Platos superiores e inferiores , ejes</li> </ul>
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Copa recta de 5"</li> <li>- Platos superiores e inferiores, ejes</li> </ul>
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de ruedas de 18"</li> <li>- Platos de prensado y fillers</li> </ul>
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas de 14"</li> <li>- Platos de prensado y fillers</li> </ul>
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas de 12"</li> <li>- Platos de prensado y fillers</li> </ul>
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas de 10"</li> <li>- Platos de prensado y fillers</li> </ul>
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de BNA de 10" y 12"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Ejes de prensado</li> </ul>
27	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de BNA de 14"</li> <li>- Platos superiores e inferiores</li> <li>- Ejes de prensado</li> </ul>
28	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Puntas Montadas</li> <li>- Fillers de Puntas Montadas</li> </ul>
29	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platos de Puntas Montadas</li> <li>- Ejes de Puntas Montadas</li> </ul>
30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Bloques</li> </ul>
31	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moldes de Ruedas, muelas y bloques marmoleros</li> <li>- Fillers</li> </ul>

32	- Bloques de prensado
33	- Fillers de bloques

*Fuente: Elaboración Propia*

Con esta distribución (Figura N<sup>o</sup>. 13 y N<sup>o</sup>. 14) los equipos estarían distribuidos por tipo y por producto a prensar, eso ayudaría a reducir este tiempo y aumentar la productividad, aparte de eso se necesitarían programar capacitaciones mensuales a los trabajadores para que sepan las funciones de cada uno de los equipos, estas capacitaciones pueden ser dadas internamente por los trabajadores con experiencia, así la identificación de moldes será más rápida en el futuro.

#### **4.1.2. Propuestas de Mejoras para Proceso de Horneado**

##### **4.1.2.1. Secado de Productos**

Los productos deben pasar por un proceso de secado para eliminar toda la humedad posible de su composición, esto para evitar fisuras o productos hinchados, actualmente los productos se ponen a secar pero no hay un registro o un control que nos ayude a identificar que producto se está secando o cuánto tiempo tiene, los carros de secado tienen muchos productos y no siempre todos los productos necesitan el mismo tiempo de secado, para evitar esto se propone hacer un formato donde se registren los productos y el tiempo de secado de los mismos.

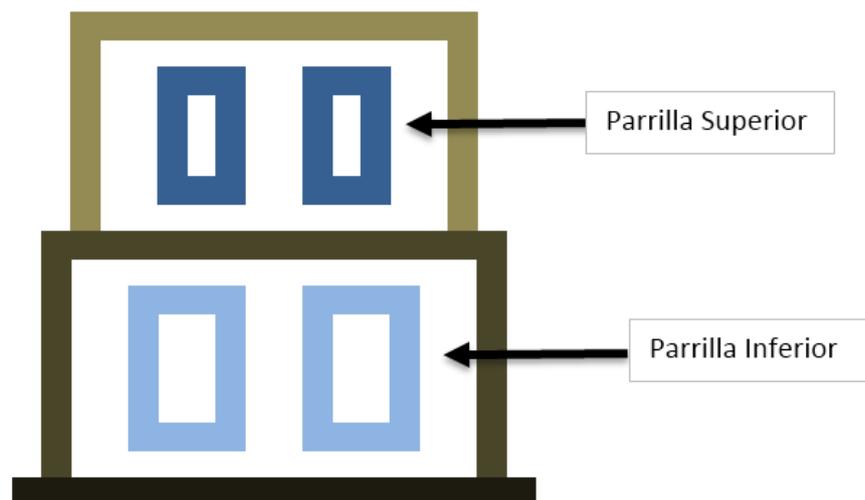
Con este simple formato (Figura N<sup>o</sup>. 15) podremos llevar control del secado de todos los productos, asimismo lo carros de secado deben contener productos que tengan el mismo tiempo de secado para evitar sacarlos y meterlos de la secadora.



#### 4.1.2.3. Distribución de Temperaturas

Como se mencionó en líneas más arriba, esta investigación tiene por objetivo proponer mejoras en las condiciones actuales de la planta, no se planteara la compra de máquinas nuevas de ningún tipo, por eso se plantearan mejoras con las máquinas que actualmente se tienen. En el caso de los productos resinoides se hornean en Estufas que llegan hasta los 200° c , la estufa está diseñada de manera que los quemadores creen una corriente de aire caliente y horneen los productos, esta corriente sale de la parte superior de las estufas, actualmente no todos los productos salen bien horneado y esto porque la temperatura dentro de la estufa no es igual en todas sus zonas internas , esto produce los reproceso y homogenizaciones, para esto se tiene que re-distribuir las posiciones dentro de las estufas :

**Figura N<sup>o</sup>. 16. Distribución de Productos en Parrillas**



*Fuente: Elaboración Propia*

En el 2014 hubo 325 quemas en las estufas resinoides, de las cuales 81 quemas fueron mandadas a homogenizar por falta de uniformidad en la parte inferior de la Estufa, considerando que la estufa siga con este diseño para conseguir uniformidad en los horneados se tendrán que distribuir los productos de la siguiente forma:

**Tabla N° 31. Tabla de Distribución Resinoide**

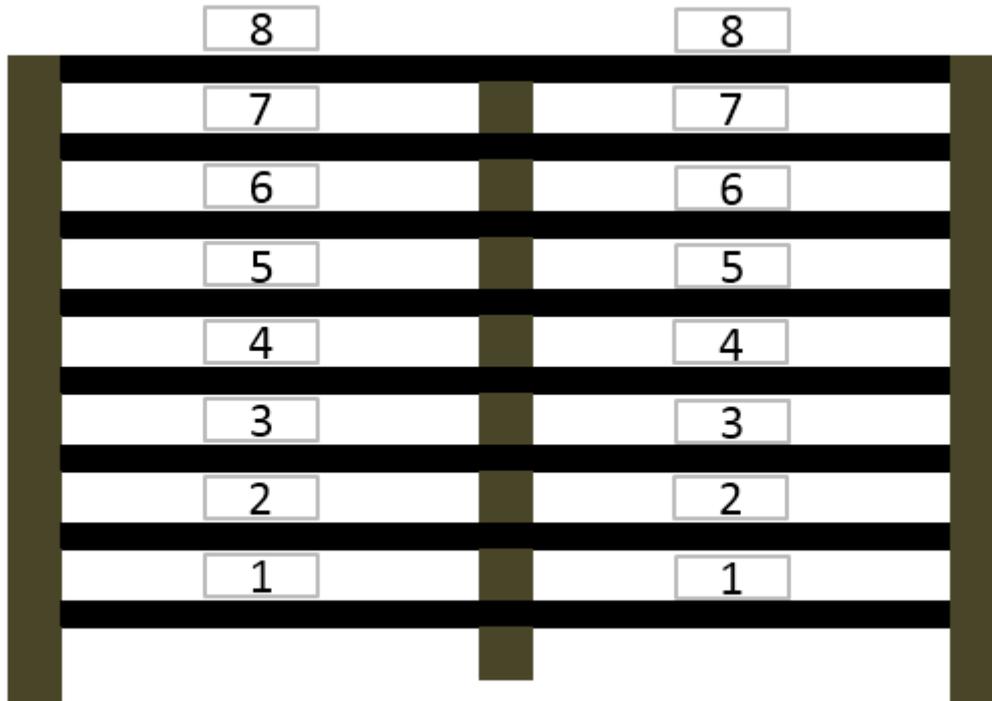
Tipo de Producto	Medida	Parrilla
Discos Corte	3" y 4 1/2"	Inferior o Superior
	7", 9", 10", 12" y 14"	Superior
Discos de Desbaste	3" y 4 1/2"	Inferior o Superior
	7" y 9"	Superior
Ruedas A-1	4" , 6" y 8"	Inferior o Superior
	10" , 12" , 16" y 18"	Superior
Puntas Montadas	A-1 , A-3	Inferior o Superior
Tapones	Esféricos	Inferior o Superior

*Fuente: Elaboración Propia*

Como se puede notar los productos con mayor volumen y por ende diámetro son puestos en la parte superior, ya que la corriente de aire caliente les afectara con más fuerza, para realizar el horneado requerido, los productos más pequeños al tener menos cuerpo pueden hornearse en la parte inferior donde no es tan caliente. Respetando esta distribución se podrá reducir los re procesos en Resinoides.

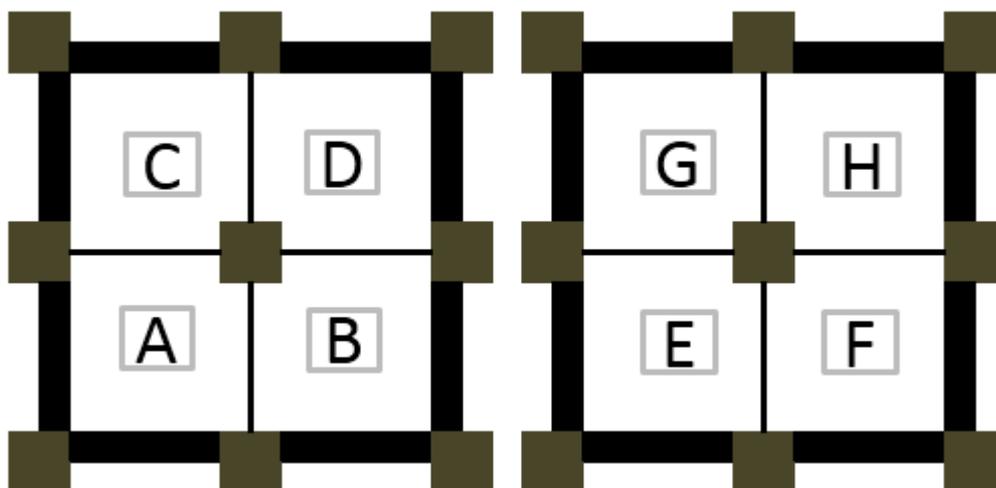
Los productos vitrificados también se cargan en un castillo para poder ser horneados en el Horno Bickley, cuenta con 8 niveles donde se ponen todos los productos vitrificados, cada nivel tiene 8 placas refractarias que hacer que el calor se distribuya por todos los niveles del castillo. Visto desde la parte superior tiene esta disposición:

Figura N<sup>ro</sup>. 17. Distribución de Castillo



*Fuente: Elaboración Propia*

Figura N<sup>ro</sup>. 18. Zonas de Castillo de Horno Bickley



*Fuente: Elaboración Propia*

Como se observa en las Figura N<sup>ro</sup>. 17 y N<sup>ro</sup>. 18 cuenta con 8 zonas en cada nivel, más que todo para poder identificar que producto entra y en qué zona. El horno Bickley está dividido en 2 zonas la alta y la baja, en las últimas 30 quemadas del horno se mostró que la zona alta llegaba hasta 1270° c, mientras que la zona baja tiene como tope 1248° c, por diseño del horno y antigüedad de la máquina los filtros y válvulas solo permiten esas temperaturas en los quemadores del horno. Los productos vitrificados que contienen Carburo de Silicio se queman a un mínimo de 1250° c, pudiendo llegar hasta 1270° c, mientras que los productos con Oxido de Aluminio se queman a un máximo de 1245° c, actualmente los productos se cargan sin ningún orden en particular y hay veces que por la disposición del cargado los productos tienen que quemarse o salen hervidos, si se requeman se gasta en combustible (petróleo) y en tiempo de entrega, si salen hervidos se crean fisuras por las altas temperaturas.

Para evitar esto se hizo un esquema de distribución de cargas de productos en el castillo, tomando en cuenta los datos de las 30 quemadas anteriores y las temperaturas que registraba cada zona.

Con la distribución propuesta de la Tabla N<sup>ro</sup>. 31 los productos de Oxido y Carburo quedarán distribuidos en zonas donde las temperaturas de los quemadores sean las suficientes para cocerlos de manera correcta, como podemos observar:

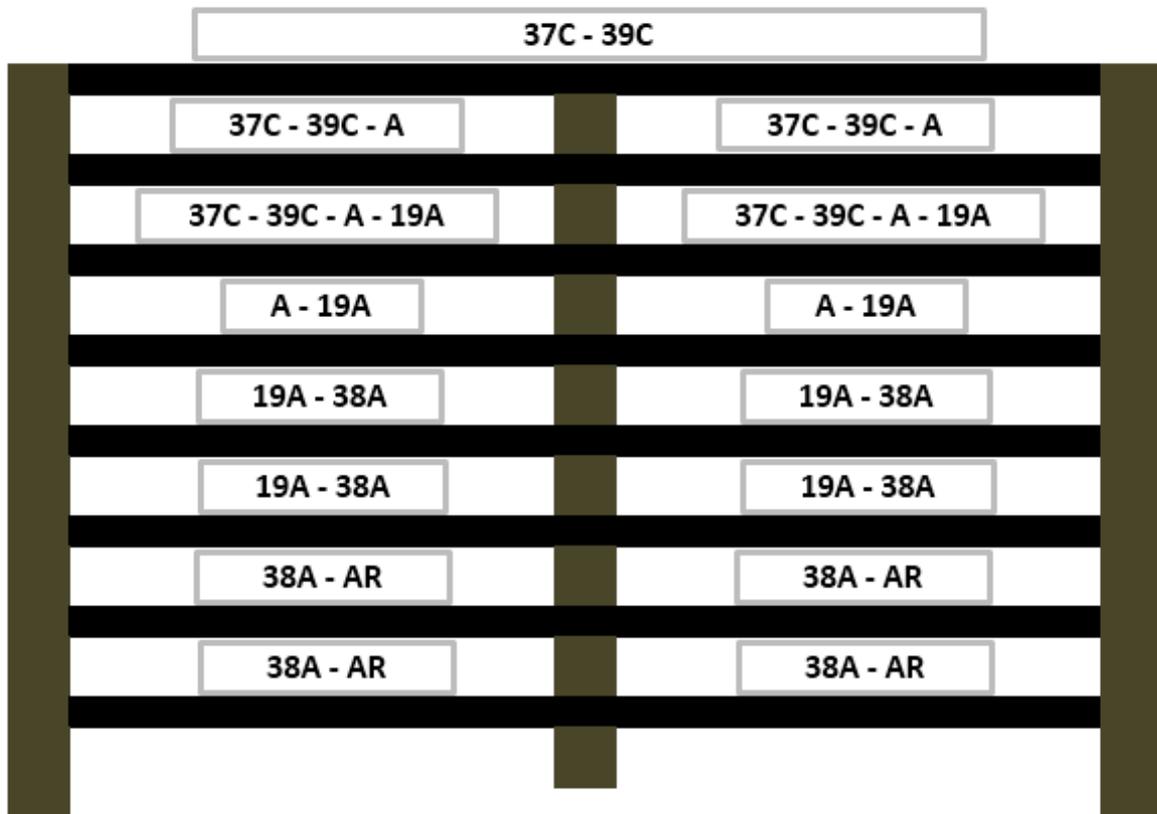
Tabla N° 32. Tabla de Distribución en Castillo Vitrificado

Productos	Tipo de Grano	Nivel	Zona
<b>Ruedas Rectas</b>	19A	3,4,5,6	A - H
	38A	1,2,3,4	A - H
	A	5,6,7	A - H
	37C	6,7,8	A - H
	39C	6,7,8	A - H
<b>Copas Rectas</b>	AR	1,2	A - H
	19A	3,4,5,6	A - H
	38A	1,2,3,4	A - H
	A	5,6,7	A - H
	37C	6,7,8	A - H
<b>Copas Cónicas</b>	39C	6,7,8	A - H
	38A	1,2,3,4	A - H
	A	5,6,7	A - H
	37C	6,7,8	A - H
	39C	6,7,8	A - H
<b>Bloques</b>	38A	1,2,3,4	A - H
	A	5,6,7	A - H
	37C	6,7,8	A - H
<b>P.A.V</b>	AR	1,2	A - H
<b>Segmentos</b>	38A	1,2,3,4	A - H
	A	5,6,7	A - H
	37C	6,7,8	A - H
<b>Limas</b>	19A	3,4,5,6	A - H
	38A	1,2,3,4	A - H
	37C	5,6,7	A - H
	39C	6,7,8	A - H
<b>Puntas</b>	38A	1,2,3,4	A - H
<b>Montadas</b>	AR	1,2	A - H

*Fuente: Elaboración Propia*

Para ilustrarlo mejor el castillo quedaría de la siguiente manera:

**Figura N<sup>ro</sup>. 19. Castillo Vitrificado**



*Fuente: Elaboración Propia*

Cabe mencionar que si el producto de Oxido es grueso (espesor  $>1 \frac{1}{2}$ "") puede subir uno o dos niveles en el castillo de manera que su cocción sea completa. Los productos que no respeten esta distribución podrían sufrir fisuras internas por las altas temperaturas o por otro lado tener que entrar a otra quema distinta por no llegar a la correcta temperatura.

#### **4.1.3. Propuesta de Mejora en Sector de Acabados**

##### **4.1.3.1. Demora en Maquina de Superficie**

La máquina de Superficie tiene como función principal rebajar el espesor de los productos, es decir si un producto tiene  $6 \frac{1}{2}$ " de espesor o altura, la maquina

debe dejar el producto en 6", la raíz principal de este problema es que esta máquina constituye el cuello de botella de las máquinas de acabados.

**Tabla N° 33. Estándar de Ruedas de 6"**

**Ruedas de 6"**

Proceso	Estándar
Superficie	36 x hora
Embujado	75 x hora
Faseado	80 x hora
Balanceo	140 x hora
RPM	100 X hora
Inspección	187 x hora
Etiquetado	100 x hora

*Fuente: Estandares de la Empresa*

Se produce por el número excesivo de pasadas (pasadas de rueda de acabado) que da al producto, primordialmente por exceso de medida y manchas por exceso de horneado.

**Tabla N° 34. Desbaste en superficie**

Espesor a rebajar	Nro. de Pasadas	Desbaste por pasada (pg.)	Desbaste por pasada (mm)
1/16"	4	0.02	0.4
1/8"	8	0.02	0.4

*Fuente: Elaboración Propia*

Aproximadamente por cada pasada la rueda tiene un rebaje de 0.02", dependiendo del diámetro de la rueda el tiempo cambia, el tiempo empleado por pasada es directamente proporcional al diámetro de la rueda. Todas las ruedas dejan una tolerancia de 1/16" como mínimo, debido a todos los

problemas que pueden aparecer en el proceso prefieren darse una tolerancia muy amplia.

La propuesta es reducir el espesor de todos los productos a 1/32" de tolerancia, esta propuesta va desde el prensado del producto, con esta nueva medida la máquina de acabados de Superficie aumentara su producción estándar al disminuir el número de pasadas por producto.

**Tabla N° 35. Desbaste propuesto**

Espesor a rebajar	Nro. de Pasadas	Desbaste por pasada (pg.)	Desbaste por pasada (mm)
1/32"	2	0.02	0.4

*Fuente: Elaboración Propia*

Podemos disminuir de 4 a 2 el número de pasadas, eso ahorraría en caso de ruedas de 8" , unos 45.1 segundos que reduciría el tiempo por unidad a 118.9 segundos y en el caso de ruedas de 6" reduciría unos 27.5 segundos en pasadas y su nuevo tiempo por unidad sería 72.5 seg.

**Tabla N° 36. Tiempo de desbaste por rueda**

Producto	Nro de Pasadas	Tiempo por unidad (seg)	Tiempo por Pasada
Ruedas de 8"	4	164	22.55
Ruedas de 6"	4	100	13.75

*Fuente: Elaboración Propia*

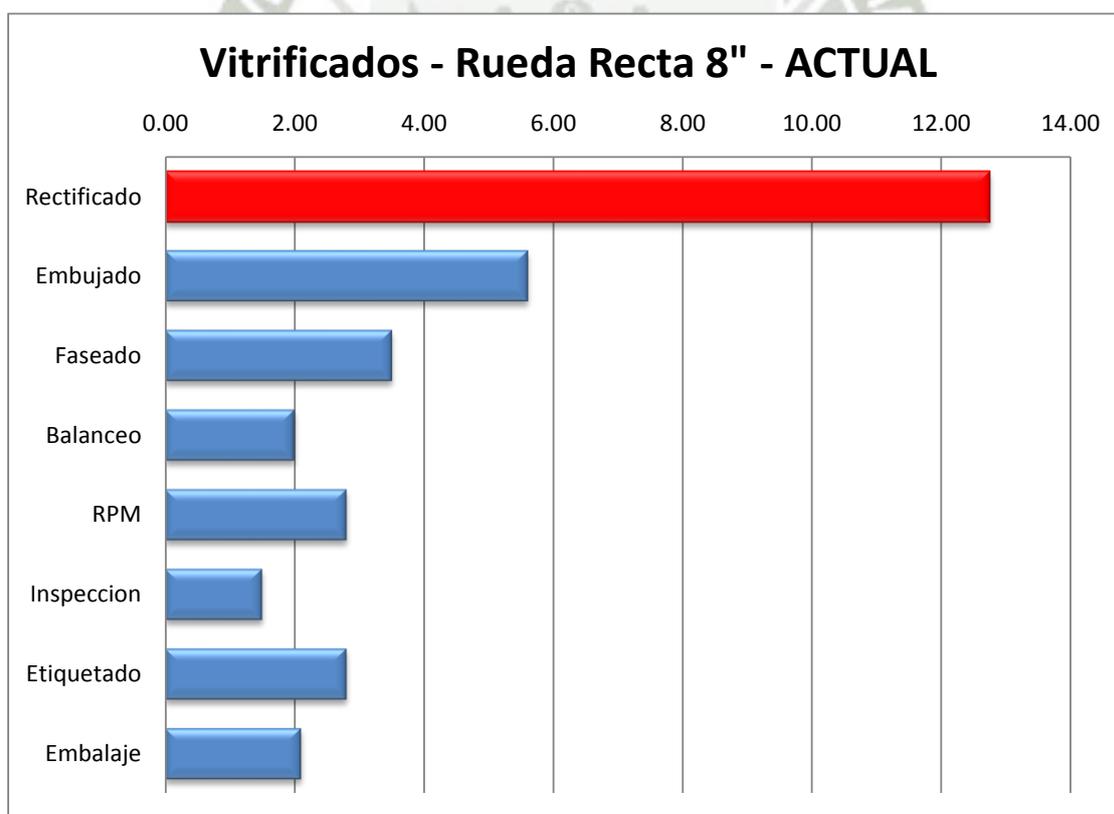
**Tabla N° 37. Tiempo con propuesta**

Producto	Propuesta			
	Nro. de Pasadas	Tiempo por unidad (seg)	Tiempo por Pasada	Estándar
Ruedas de 8"	2	118.9	22.55	30 u x h
Ruedas de 6"	2	72.5	13.75	49 u x h

*Fuente: Elaboración Propia*

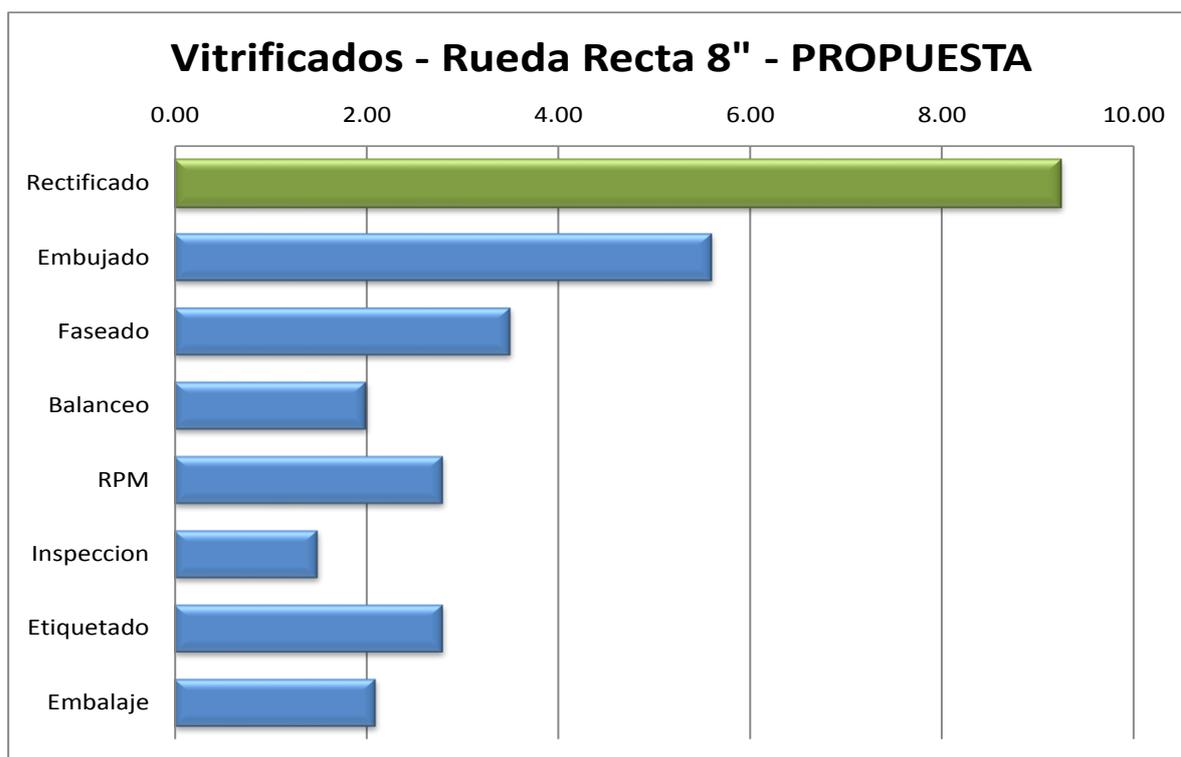
Con esta modificación en el espesor de la rueda de 8" podemos disminuir el tiempo de Rectificado de 12.8 horas a 9.2 horas y en la de 6" de 7.8 horas a 5.6 horas.

**Grafico N° 8. Gantt Ruedas de 8" - Actual**

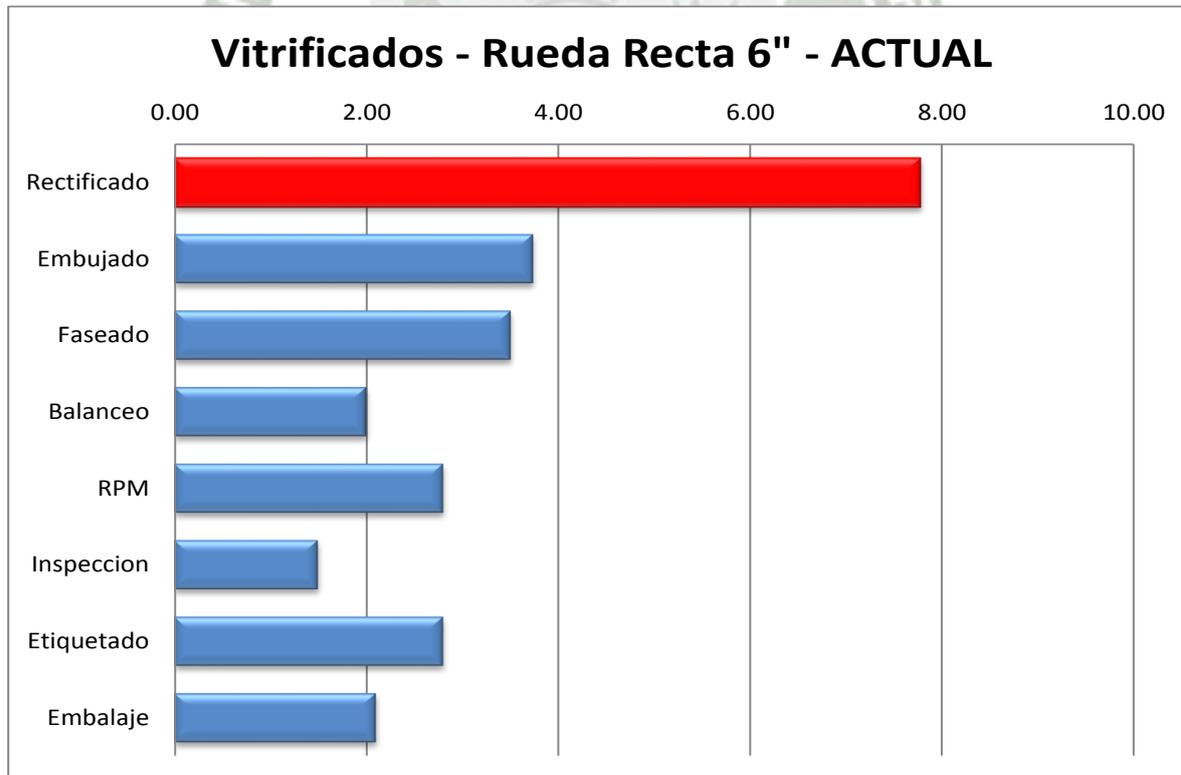


*Fuente: Elaboración Propia*

**Grafico N° 9. Gantt Ruedas de 8" - Propuesta**

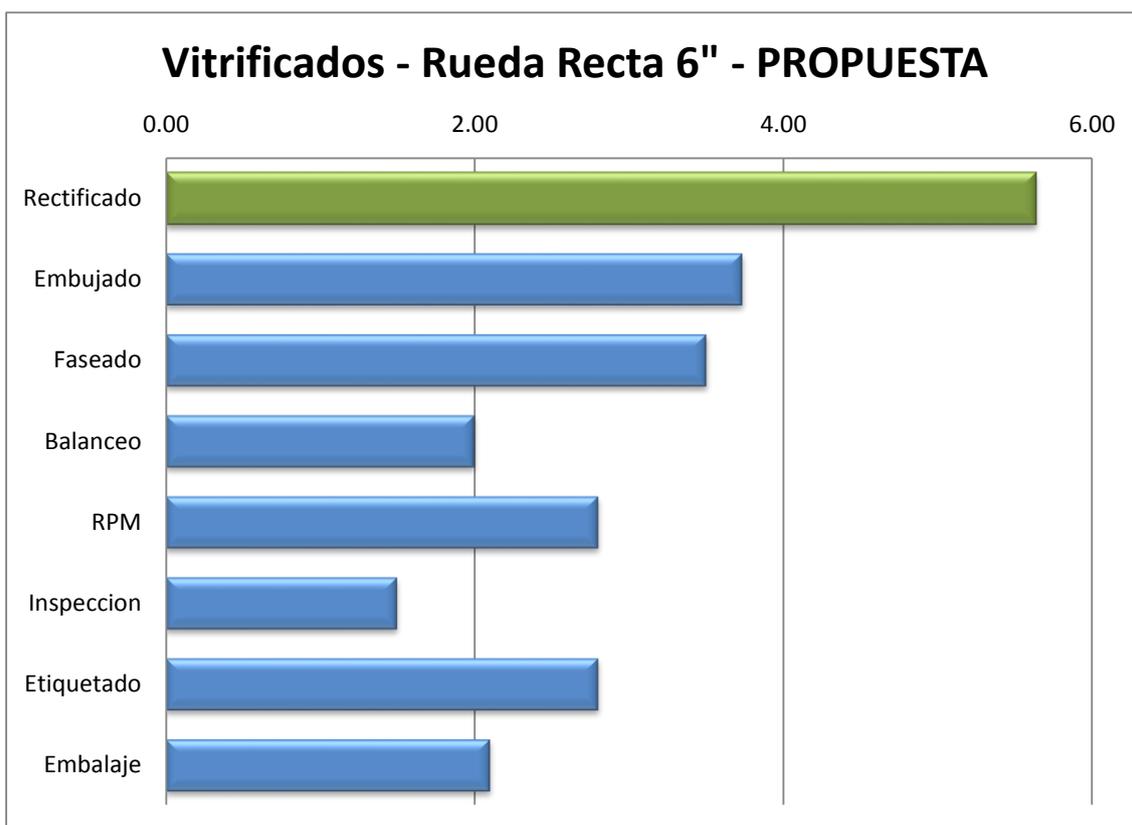


**Grafico N° 10. Gantt Ruedas de 6" - Actual**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Grafico N° 11. Gantt Ruedas de Ruedas de 6" - Propuesta**



*Fuente: Elaboración Propia*

El tiempo total de Acabados de las Ruedas de 6" y 8" se reducen, esto significa que podemos entregar el producto en menos tiempo, esto beneficia a la empresa y por ende a los clientes interesados.

**Tabla N° 38. Tiempo Actual vs. Propuesta**

Producto	ACTUAL		PROPUESTO	
	Tiempo total Acabado (hr )	Días de trabajo ( 8 horas)	Tiempo total Acabado (hr )	Días de trabajo ( 8 horas)
Ruedas de 8"	33.1	4.1	29.5	3.7
Ruedas de 6"	26.2	3.3	24.1	3.0

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.1.3.2. Producto fuera de medida

Este problema tiene dos causas, la primera es el error humano, estos trabajos son completamente manuales, si la persona no está 100% concentrada puede cometer errores de medida que perjudican al producto, en cualquiera de los procesos de acabado. Como se ha venido mencionando a la largo de toda la investigación en la planta de Ruedas Abrasivas se trabajan con medidas exactas y muy pequeñas, así que se propone y recomienda adquirir Calibradores Digitales, las medidas serán más exactas y ahorrara el tiempo de medida en cada proceso.

**Tabla N° 39. Calibradores digitales para Acabado**

#### Calibradores Digitales

Cantidad	Maquina/Sector	Costo
1	Superficie	S/. 864.90
1	Centros	S/. 864.90
1	Faseado	S/. 864.90
1	Inspección	S/. 864.90
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 3,459.60</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Adquirir los equipos sugeridos costarían un aproximado de S/. 3500, si valorizamos las pérdidas de los últimos años en la empresa podemos obtener que el promedio equivale a S/. 6732 de perdidas anual, es decir podríamos percibir un promedio de S/. 6000 más por año, que cubriría la adquisición de los calibradores digitales.

**Tabla N° 40. Perdidas por Producto fuera de Medida**

<b>Año</b>	<b>Fuera de Medida Rechazo</b>	<b>Perdidas Valorizadas</b>
2006	66	S/. 5,248
2007	53	S/. 4,256
2008	150	S/. 12,000
2009	97	S/. 7,776
2010	109	S/. 8,720
2011	91	S/. 7,296
2012	94	S/. 7,552
2013	59	S/. 4,720
2014	38	S/. 3,024

*Fuente: Elaboración Propia*

La otra causa de fuera de medidas son los moldes de prensado, como se mencionó hay moldes que tienen sobre medida y moldes que no llegan a la medida indicada por la especificación, estos moldes no tienen mucho uso porque sus medidas son equivocadas, normalmente son de productos no que tienen mucha rotación, pero cuando se usan estos moldes los productos pasan como Producto Observado, es decir como un producto con especificaciones similares.

**Tabla N° 41. Moldes con medidas incorrectas**

<b>Productos</b>	<b>Nro. Moldes</b>
Ruedas Rectas	3
Copas Rectas	1
Tapones	2
Bloques	1
Limas	2

*Fuente: Elaboración Propia*

Estos son los moldes que tienen los problemas de medidas menores a las especificaciones, están en orden de rotación, estos productos se consideran especiales porque no salen muy seguido al mercado y por esa falta de continuidad la empresa dejó pasar su reparación.

La empresa evaluará si estos productos seguirán fabricándose y si se continúa se debe reparar los moldes en orden de rotación de cada uno de los ítems mencionados.

**Tabla N° 42. Costo de Reparación de Moldes**

**Reparación de Molde ( aproximado )**

Procesos	Costo
<b>Rectificado de Parte Afectada</b>	Interno
<b>Tratamiento térmico</b>	S/. 275.00
<b>Rectificado de Platos</b>	S/. 128.00
<b>TOTAL</b>	S/. 403,00

*Fuente: Elaboración Propia*

Una reparación puede demorar entre 15 y 30 días y su costo depende del peso y forma del molde, si se decide proseguir con la producción de estos productos esos serían sus costos aproximados, es un costo recuperable y viable pero depende estrictamente de la gerencia de la empresa.

**4.1.3.3. Merms en acabado**

Las merms en el Área de Acabado es uno de los problemas más grandes que tiene la Planta de Ruedas Abrasivas, esto se debe principalmente a los moldes y a su sobre medida, en los diversos procesos de acabado se pierde cantidad de Mezcla Abrasiva por el rectificado de las mismas, esta merma siempre existirá ya que los productos siempre pasan un proceso de acabado, pero se verá la forma de minimizar esta pérdida por medio de la reducción de los

moldes de prensado. Primero analizaremos los moldes de los productos vitrificados, se eligió los productos vitrificados con más rotación y con más demanda en el mercado:

**Tabla N° 43. Peso de producto terminado**

Código	Especificación	Peso Final
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1.01
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	1.11
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	1.08
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	0.81
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	0.69
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	2.01
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	1.97
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	1.91
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	1.59
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1.41

*Fuente: Elaboración Propia*

Las medidas actuales de los moldes de Prensado de los productos vitrificados son las siguientes:

**Tabla N° 44. Medidas de Moldes de 8"**

RUEDAS DE 8"	Molde		Acabado		Medida excedente	
	Pulgadas "	Milímetros (mm)	Pulgadas "	Milímetros (mm)	Pulgadas "	Milímetros (mm)
Diámetro Exterior	8 1/8"	206.4	8 "	203.2	0.125 "	3.175
Diámetro Agujero	1 1/16 "	26.9	1 "	25.4	0.0625"	1.6
Espesor	1 1/16 "	26.9	1 "	25.4	0.0625"	1.6

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 45. Medidas de Moldes de 6"**

RUEDAS DE 6"	Molde		Acabado		Medida excedente	
	Pulgadas "	Milímetros (mm)	Pulgadas "	Milímetros (mm)	Pulgadas "	Milímetros (mm)
Diámetro Exterior	6 1/8"	155.58	6 "	152.4	0.125 "	3.175
Diámetro Agujero	1 1/16 "	26.9	1 "	25.4	0.0625"	1.6
Espesor	1 1/16 "	26.9	1 "	25.4	0.0625"	1.6

*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede observar en la Tabla Nro. 42 y Nro. 43 que la medida excedente es considerable, cuando se prensa así, se hornea con estas medidas y en la sección acabados tienen que darles las medidas de finales, los moldes tienen estas dimensiones porque son moldes antiguos, con más de 10 años de antigüedad, las dimensiones usadas hace 10 años ya no son favorables en la

actualidad. Con las dimensiones actuales esto es lo que se tiene de merma en los productos de línea antes mencionados:

**Tabla N° 46. Merma de Productos Vitrificados**

<b>Especificación</b>	<b>Peso Prensado(kg)</b>	<b>Peso Acabado(kg)</b>	<b>Merma(kg)</b>
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1.19	1.01	0.18
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	1.17	1.11	0.06
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	1.15	1.08	0.07
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	0.97	0.81	0.16
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	0.88	0.69	0.19
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	2.11	2.01	0.1
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	2.04	1.97	0.07
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	2.03	1.91	0.12
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	1.74	1.59	0.15
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1.59	1.41	0.18

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 47. Merma Anual - Vitrificados**

Código	Especificación	Salidas 2014- Arequipa	Salida 2014- Lima	Merma(kg)	Merma anual (kg)
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	3194	3417	0.18	1189.98
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	2862	2822	0.06	341.04
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	3104	2993	0.07	426.79
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	4775	4507	0.16	1485.12
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	4225	3615	0.19	1489.6
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	1830	1819	0.1	364.9
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	1542	1294	0.07	198.52
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	2002	1900	0.12	468.24
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	2600	2082	0.15	702.3
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1207	1270	0.18	445.86

*Fuente: Elaboración Propia*

La propuesta de mejora es la adaptación de estos moldes a las medidas más cercanas posibles a las especificaciones, como se mencionó en puntos anteriores lo ideal es siempre dejar un poco de tolerancia para que la rueda pueda tener su correcto acabado. Estas son las medidas propuestas:

**Tabla N° 48. Propuesta para Moldes de 8"**

PROPUESTA						
RUEDAS DE 8"	Molde		Acabado		Medida excedente	
	pulgadas "	milímetros (mm)	pulgadas "	milímetros (mm)	pulgadas "	milímetros (mm)
<b>Diámetro Exterior</b>	8 1/32"	204	8 "	203.2	0.031 "	0.8
<b>Diámetro Agujero</b>	15/16 "	23.8	1 "	25.4	0.0625"	-1.6
<b>Espesor</b>	1 1/32 "	26.2	1 "	25.4	0.031 "	0.8

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 49. Propuesta para Moldes de 6"**

PROPUESTA						
RUEDAS DE 6"	Molde		Acabado		Medida excedente	
	pulgadas "	milímetros (mm)	pulgadas "	milímetros (mm)	pulgadas "	milímetros (mm)
<b>Diámetro Exterior</b>	6 1/32"	153.2	6 "	152.4	0.031 "	0.8
<b>Diámetro Agujero</b>	15/16 "	23.8	1 "	25.4	0.0625"	-1.6
<b>Espesor</b>	1 1/32 "	26.2	1 "	25.4	0.031 "	0.8

*Fuente: Elaboración Propia*

Con estas medidas de prensado se reduce la cantidad de grano usado, además se reduce al mínimo la cantidad de merma en el área de acabados quedando de la siguiente manera:

**Tabla N° 50. Merma aplicando la propuesta**

Código	Especificación	Peso Prensado(kg)	Peso Acabado(kg)	Merma(kg)
6501102392	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1.05	1.01	0.04
6501104892	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	1.125	1.11	0.015
6501110792	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	1.1	1.08	0.02
6501110892	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	0.9	0.81	0.09
6501119892	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	0.75	0.69	0.06
6501122592	A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	2.04	2.01	0.03
6501126492	A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	2.001	1.97	0.031
6501138492	A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	1.98	1.91	0.07
6501138292	A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	1.67	1.59	0.08
6501148492	A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	1.46	1.41	0.05

*Fuente: Elaboración Propia*

En el plan de ventas 2015 se ha proyectado un incremento de 7% más de ventas en productos de línea vitrificados, ahora se compararan las mermas de producción con los moldes actuales y con los moldes modificados para la proyección 2015 (Tabla N° 49) y se muestra las comparaciones actuales con las propuestas (Grafico N° 12) planteadas:

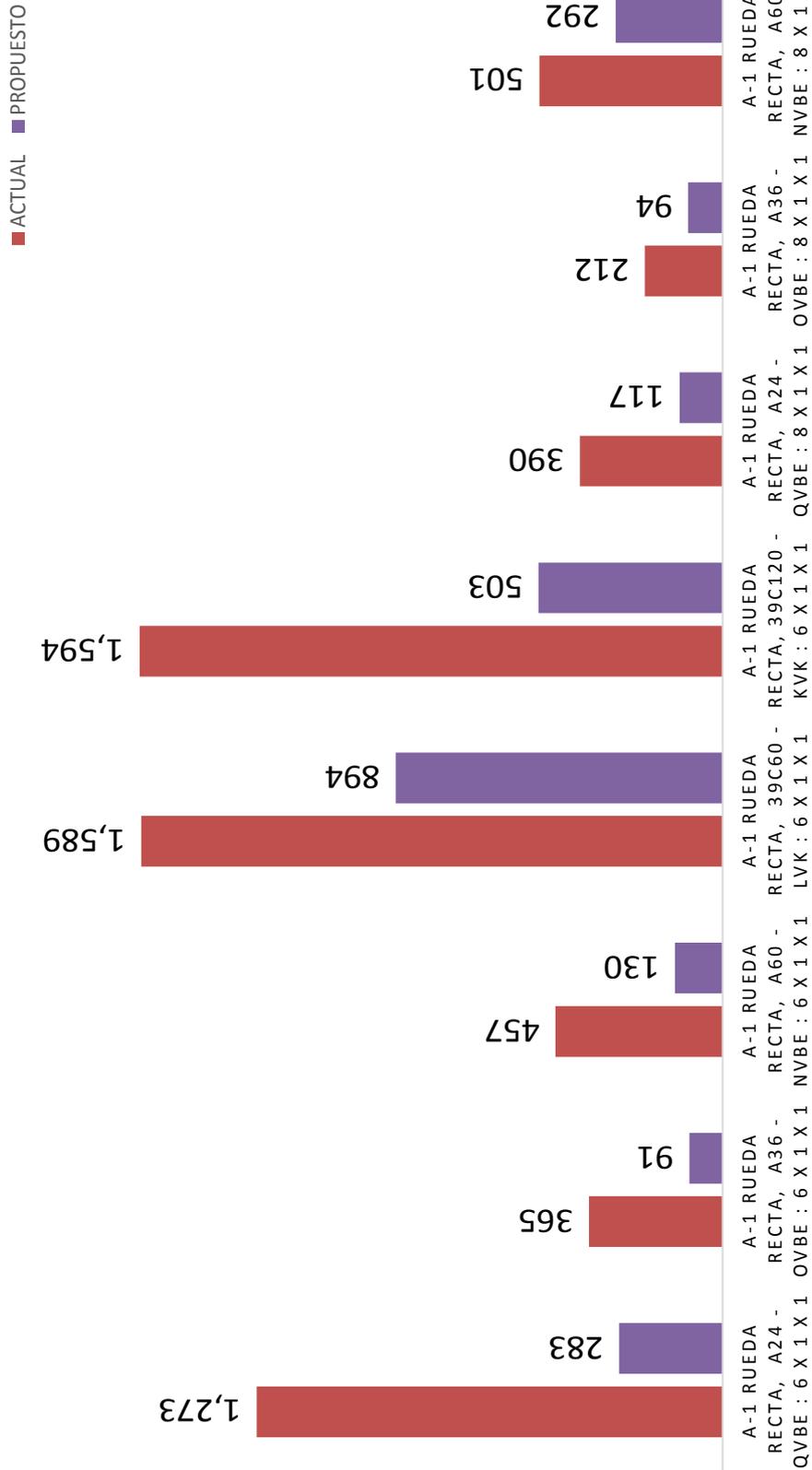
**Tabla N° 51. Merma anual para 2015**

Especificación	Merma por Unidad			Merma Total	
	Proyectado	Actual	Propuesta		
<b>Salidas</b>	<b>Proyectado</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Propuesta</b>	
<b>2015</b>	<b>2015</b>				
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	7074	0.18	0.04	1273.28	282.95
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	6082	0.06	0.015	364.91	91.23
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	6524	0.07	0.02	456.67	130.48
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	9932	0.16	0.09	1589.08	893.86
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	8389	0.19	0.06	1593.87	503.33
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	3904	0.1	0.03	390.44	117.13
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	3035	0.07	0.031	212.42	94.07
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	4175	0.12	0.07	501.02	292.26
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	5010	0.15	0.08	751.46	400.78
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	2650	0.18	0.05	477.07	132.52

Fuente: Elaboración Propia

Grafico N° 12. Mermas Actuales vs Propuestas

MERMAS ACTUALES VS PROPUESTAS



Fuente: Elaboración Propia

La propuesta de rectificadores de moldes supone ahorros en mezcla abrasiva que van desde 40 gr hasta 140 gr por unidad, si esto lo llevamos a un periodo anual podemos ver que se puede hacer un verdadero ahorro de grano y mezcla en los procesos de prensado. Se pudo reducir hasta el 70% de merma por unidad, solo disminuyendo las tolerancias del molde y del prensado.

**Tabla N<sup>o</sup>. 52. Ahorro anual (kg)**

	Merma Total (kg)			
	Actual	Propuesta	Ahorro (kg)	Ahorro (%)
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1273.28	282.95	990.33	77.78%
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	364.91	91.23	273.68	75.00%
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	456.67	130.48	326.19	71.43%
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	1589.08	893.86	695.22	43.75%
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	1593.87	503.33	1090.54	68.42%
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	390.44	117.13	273.31	70.00%
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	212.42	94.07	118.35	55.71%
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	501.02	292.26	208.76	41.67%
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	751.46	400.78	350.68	46.67%
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	477.07	132.52	344.55	72.22%

*Fuente: Elaboración Propia*

Los siguientes son los productos resinoides, la merma en estos discos resinoides también se debe al exceso de mezcla que se colocan en los moldes, la pérdida en estos discos no es tan alta como en productos vitrificados, los discos se prensan con sus etiquetas y salen prácticamente listos para entregarse al mercado, pero por este pequeño exceso de grano tienen que pasar por un proceso de faseado donde les quitan las rebabas mediante rectificado del diámetro exterior del disco. Se seleccionaron los productos resinoides con más movimiento en el mercado:

**Tabla N° 53. Merma de Productos Resinoide**

Código	Especificación	Peso (kg)		
		Prensado	Final	Merma
6508100692	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8	0.161	0.159	0.002
6508100492	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8, 180 0	0.393	0.39	0.003
6508100392	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8, 230 0	0.681	0.676	0.005
6509100592	BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	0.171	0.169	0.002
6509103292	BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	0.772	0.765	0.007
6509108492	BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2 MM	0.084	0.082	0.002
6509108392	BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM	0.022	0.021	0.001
6509109492	BNA D.DE CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	0.774	0.769	0.005

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 54. Merma Anual de Resinoides**

Código	Especificación	Salidas	Salida	Merma (kg)	Merma anual (kg)
		2014- Arequipa	2014- Lima		
6508100692	BDA DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8	14908	7374	0.002	44.564
6508100492	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8	17267	9049	0.003	78.948
6508100392	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8	3458	1562	0.005	25.1
6509109392	BNA D.DE CORTE, A30 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	12792	2701	0.002	30.986
6509103292	BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	2425	230	0.007	18.585
6509108492	BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2	38103	2745	0.002	81.696
6509108392	BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM	23986	3916	0.001	27.902
6509109492	BNA CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	17882	99	0.005	89.905

*Fuente: Elaboración Propia*

Para evitar entrar en esta pérdida de grano se propone la modificación de moldes a las medidas exactas, los discos no tienen procesos de acabados por ende no necesitan tolerancias de rectificado como los productos vitrificados.

**Tabla N° 55. Merma Actual vs Propuesta - Resinoides**

Discos Resinoide	Medida de Molde Actual		Medida de Molde Propuesto	
	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros
BDA DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8,	4 5/8"	117.48	4 1/2"	114.3
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8	7 2/16"	180.98	7 "	177.8
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8	9 1/16 "	230.19	9 "	228.6
BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	7 2/16"	180.98	7 "	177.8
BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	14 1/16"	357.19	14 "	355.6
BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2 MM	7.19 "	182.5	7.09 "	180
BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM	4.59 "	116.5	4.49 "	114
BNA DE CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	14 1/16"	357.19	14"	355.6

*Fuente: Elaboración Propia*

Actualmente se prensan estos discos con esa tolerancia en el diámetro por desgaste del molde, podemos ver que en diámetro las diferencias son apenas de 3 o 4 milímetros, pero como se observa en el cuadro anterior las pérdidas en grano abrasivo son considerables. Otra de las razones es porque se teme que el producto salga con fallas o imperfecciones en los bordes, por esta razón prefieren prensarlo con esta tolerancia, pero esas fallas solo se dan cuando hay errores de nivelado, que tiene un porcentaje de 0.9% de discos mal nivelados y es netamente error humano, en un proceso normal esto no ocurre. Con esta propuesta se puede reducir la merma a 0. A continuación un cuadro con las ventas proyectadas 2015 para discos resinoides

**Tabla N°. 56. Merma Anual Actual vs Propuesta para 2015**

Código	Especificación	Salidas		Merma con	
		Proyectadas 2015	Moldes actuales	Moldes actuales (kg)	Propuesta (kg)
6508100692	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8	24956	49.91168	0.449	
6508100492	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8	29474	88.42176	0.796	
6508100392	BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8	5622	28.112	0.253	
6509109392	BNA D.DE CORTE, A30 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	17352	34.70432	0.312	
6509103292	BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	2974	20.8152	0.187	
6509108492	BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2 MM	45750	91.49952	0.823	
6509108392	BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM	31250	31.25024	0.281	
6509109492	BNA D.DE CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	20139	100.6936	0.906	

Fuente: Elaboración Propia



Como se observa en el gráfico Nro. 13, la propuesta actual reduciría la merma a solo gramos. Aparte de esta reducción también estaríamos reduciendo un proceso de Acabado, el faseado exterior del diámetro, eliminando este proceso podemos reducir nuestro tiempo de entrega de Discos Resinoideos.

**Tabla N° 57. Acabado resinoide con propuesta**

Especificación	Proceso de Acabado (hr)		Tiempo en Turno de Trabajo (días)	
	Con faseado exterior	Sin faseado exterior	Con faseado exterior	Sin faseado exterior
BDA DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8	12.08	7.75	2	1
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8	12.43	7.06	2	1
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8	9.05	6.38	2	1
BNA D.DE CORTE, A30 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	11.82	7.09	2	1
BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	18.25	13.13	3	2
BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2	8.95	6.52	2	1
BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2	8.63	6.44	2	1
BNA CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	18.45	12.92	3	2

*Fuente: Elaboración Propia*

Como podemos ver en la Tabla Nro. 55 el tiempo de entrega en días se reduce un día, si eliminamos el proceso de faseado, así podemos ingresar nuestro producto al almacén de Productos Terminados más rápido y entregarlo al cliente en menos tiempo.



## CAPITULO V

### 5. RESULTADOS DE LAS PROPUESTAS

#### 5.1. Controlar: implantar medidas y acciones continuas para mantener las mejoras.

En esta etapa, en caso la empresa decida aplicar las propuesta planteadas se deben implantar las normas para controlar las mejoras.

##### 5.1.1. En prensado

- Llevar un formato con todos los moldes y sus fechas de mantenimiento.
- Controlar medidas de los moldes 1 vez por semana.
- Proveer al mezclador de una cartilla donde figuren el orden de mezclado de granos finos y gruesos.
- Colocar en la planta el plano de distribución del almacén de moldes, para que se mantenga el orden.

### 5.1.2. En horneado

- Elaborar reportes de producción con los productos que van a entrar a la secadora, con lote y fecha.
- Mantener en las estufas y en el horno esquemas para la distribución de productos según las temperaturas.
- Establecer roles de limpieza a los horneros para mantener en buen estado los ejes y platos metálicos en el cargado resinoide.

### 5.1.3. En Acabados

- Realizar un estudio de tiempos en la zona de acabados para mantener un control sobre los estándares de producción.
- Verificar medidas de los productos en todos los procesos de acabados.
- Pesar un porcentaje de productos de cada lote para tener un historial de mermas y cómo evolucionan.

## 5.2. Etapa 5 del Mapa: extensión e integración del sistema Six Sigma

### 5.2.1. Etapa 5A: Definir la responsabilidad de la gestión y la propiedad del proceso.

Si la empresa adopta una metodología Six Sigma y decide implementar los cambios se necesita definir responsabilidades y compromisos en la empresa:

- Los jefes y encargados deben hacer que el trabajo circule con efectividad y eficiencia.
- El personal debe identificarse con el proceso como con sus nuevas funciones.
- Los trabajadores de todos los niveles jerárquicos deben entender como sus funciones se ajustan al proceso y como añade valor al cliente.
- Los procesos necesitan medidas, mejoras y rediseño de forma continua.

### **5.2.2. Etapa 5B: Realizar una gestión dirigiéndose hacia Six Sigma.**

Aplicar la gestión por proceso es tanto el final como el principio de los pasos para convertirse en una organización Six Sigma real. Cualquier empresa o proceso que haya seguido el mapa o al menos las etapas 1, 2, 3, dispondrá de los elementos principales del método de gestión por procesos. Esas etapas son:

1. Identificar los procesos clave y los clientes principales
2. Definir los requisitos del cliente
3. Medir el rendimiento actual

Entre las herramientas que puede utilizar la empresa para gestionar sus procesos están las herramientas mencionadas como Cuadros de procesos, diagramas Ishikawa y cuadros SIPOC, el jefe o encargado tiene amplia variedad de herramientas para poder aplicar a la gestión de sus procesos.

#### **5.2.2.1. Costos y beneficios económicos de la Implementación**

Como se mencionó en capítulos anteriores, las mejoras propuestas se darán en la situación actual de la empresa, es decir que no se adquirirán maquinas o equipos nuevos, ya que esto supone una fuerte inversión. Los costos en que incurriremos son los siguientes:

**Tabla N° 58. Costo de Nuevos Moldes**

<b>Costo de Moldes Nuevos</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio x Uní.</b>	<b>TOTAL</b>
Molde Vitrificado 6"	1	S/. 2,140.00	S/. 2,140.00
Molde Vitrificado 8"	1	S/. 2,230.00	S/. 2,230.00
Molde Resinoide 180 mm	1	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00
Molde Resinoide 114 mm	1	S/. 1,960.00	S/. 1,960.00
Molde Resinoide 14"	1	S/. 2,330.00	S/. 2,330.00
Molde Resinoide 7"	1	S/. 2,180.00	S/. 2,180.00
Molde Resinoide 9"	1	S/. 2,300.00	S/. 2,300.00
Molde Resinoide 4 1/2"	1	S/. 2,050.00	S/. 2,050.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 17,290.00</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla N° 59. Costo de Rectificado de Moldes Actuales**

<b>Costo de Rectificado de Moldes Actuales</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio x Uní.</b>	<b>TOTAL</b>
Molde Vitrificado 6"	1	S/. 320.00	S/. 320.00
Molde Vitrificado 8"	1	S/. 415.00	S/. 415.00
Molde Resinoide 180 mm	1	S/. 350.00	S/. 350.00
Molde Resinoide 114 mm	1	S/. 350.00	S/. 350.00
Molde Resinoide 14"	1	S/. 450.00	S/. 450.00
Molde Resinoide 7"	1	S/. 350.00	S/. 350.00
Molde Resinoide 9"	1	S/. 430.00	S/. 430.00
Molde Resinoide 4 1/2"	1	S/. 320.00	S/. 320.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 2,985.00</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Se presentan los costos en las Tablas Nro. 56 y Nro. 57 en el caso de adquirir moldes nuevos y/o en el caso de rectificar los moldes actuales, dependiendo de la producción requerida se evaluara la cantidad de moldes necesarios, pero en la situación actual un molde por medida es suficiente. Adicionalmente presentamos los costos de las herramientas y equipos incluidos en la propuesta:

**Tabla N<sup>o</sup>. 60. Costos de Equipos adicionales**

<b>Costos Adicionales</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio x Uni.</b>	<b>TOTAL</b>
Bateas plásticas	8	S/. 15.00	S/. 120.00
Probetas	4	S/. 12.00	S/. 48.00
Estante de metal	2	S/. 240.00	S/. 480.00
Calibradores digitales	4	S/. 864.90	S/. 3,459.60
Escobillas de Metal	12	S/. 20.00	S/. 240.00
Cera Amarilla x galón	12	S/. 34.80	S/. 417.60
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 4,765.20</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Con los cambios en las medidas de los moldes de prensado la merma de grano abrasivo disminuirá, a continuación se presenta la merma cuantificada en soles y lo que se podría ahorrar:

**Tabla N° 61. Ahorro en Soles - Vitrificados**

Especificación	Actual	Propuesta	Ahorro (kg)	Ahorro (S/.)
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 6 X 1 X 1	1273.28	282.95	990.33	S/. 4,415.33
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 6 X 1 X 1	364.91	91.23	273.68	S/. 1,220.21
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 6 X 1 X 1	456.67	130.48	326.19	S/. 1,454.30
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 6 X 1 X 1	1589.08	893.86	695.22	S/. 3,099.61
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 6 X 1 X 1	1593.87	503.33	1090.54	S/. 4,862.14
A-1 RUEDA RECTA, A24 - QVBE : 8 X 1 X 1	390.44	117.13	273.31	S/. 1,218.54
A-1 RUEDA RECTA, A36 - OVBE : 8 X 1 X 1	212.42	94.07	118.35	S/. 527.64
A-1 RUEDA RECTA, A60 - NVBE : 8 X 1 X 1	501.02	292.26	208.76	S/. 930.73
A-1 RUEDA RECTA, 39C60 - LVK : 8 X 1 X 1	751.46	400.78	350.68	S/. 1,563.50
A-1 RUEDA RECTA, 39C120 - KVK : 8 X 1 X 1	477.07	132.52	344.55	S/. 1,536.16

*Fuente: Elaboración Propia*

En el caso de productos vitrificados tenemos un ahorro anual de S/. 20828.17, estos productos son lo más pedidos y los que tienen más movimiento pero hay que considerar que hay más de 200 tipos de ruedas vitrificadas, con distintas medidas y composición.

**Tabla N<sup>o</sup> 62. Ahorro en Soles - Resinoides**

Especificación	Merma con Moldes actuales	Merma con Propuesta	Ahorro (kg)	Ahorro (S/.)
BDA DESBASTE, BDA - 66 : 4 1/2 X 1/4 X 7/8	49.91168	0.449	49.462	S/. 220.53
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 7 X 1/4 X 7/8	88.42176	0.796	87.626	S/. 390.68
BDA D.DE DESBASTE, BDA - 66 : 9 X 1/4 X 7/8	28.112	0.253	27.859	S/. 124.21
BNA D.DE CORTE, A30 - RBNA : 7 X 1/8 X 7/8	34.70432	0.312	34.392	S/. 153.34
BNA D.DE CORTE, A24 - RBNA : 14 X 1/8 X 1	20.8152	0.187	20.628	S/. 91.97
BNA DE CORTE A46 TBNA : 180 X 1.6 X 22.2	91.49952	0.823	90.676	S/. 404.27
BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2	31.25024	0.281	30.969	S/. 138.07
BNA D CORTE, A24-RBNA PERFIL: 14 X 1/8 X 1	100.6936	0.906	99.787	S/. 444.90

*Fuente: Elaboración Propia*

En el caso de los productos resinoide el ahorro asciende a S/. 1967.96, también representan los productos resinoide con más movimiento, en este caso los productos resinoides tienen un tiempo de entrega más corto y con estos cambios reducimos esos días.

El ahorro total es de S/. 20311.27 anuales en los productos de más rotación (vitrificados y resinoides), este ahorro solo se calculó considerando la disminución de merma producto del cambio o rectificado de moldes.

### 5.2.2.2. Beneficios a obtener a través de la propuesta de Aplicación

#### 5.2.2.2.1. Prensas y Mezclas

- Reducción de productos contaminados por mezclas no homogéneas en 90%, con el nuevo orden de mezclado basado en tamaño y granulometría de abrasivos.
- Reducción del tiempo de preparación de equipos de 31 min (promedio) a máximo 15 min con la nueva distribución de moldes, platos y ejes en los estantes.
- Reducción del peso de mezcla en cada prensado, en promedio se redujo por unidad 78 gr. de mezcla abrasiva.

#### 5.2.2.2.2. Hornos

- Tener un control de los productos que entran y salen de la secadora, esto hace que los rechazos por ruedas hinchadas bajen de 3.8% anual a 0% (en el caso de tener más humedad colocar los productos 2 horas más de lo que corresponde).
- Reducción del número de Re-procesos de 11.38% (promedio anual) a 0% (considerando que el Horno y las estufas funcionen bien y según los parámetros establecidos), se logró mediante la distribución de productos en el castillo de Bickley y parrillas de Estufas.
- Reducción de productos chuecos y oscilantes de 3.3% a 0.5%, limpiando con cera y escobillas de metal platos y ejes se evitan imperfecciones en las superficies y se asegura un disco recto.

#### 5.2.2.2.3. Acabados

- Mediante la reducción del espesor de prensado se disminuyó el tiempo de Acabado de Superficie en la maquina Nro. 2 en 3 horas (promedio de ruedas de 8" y 6").

- Con la compra de calibradores digitales se reduciría el porcentaje de Fuera de Medida en Acabados de 11.68% a 1%( tomando en cuenta el error humano).
- Reducción de la merma en acabados con el prensado de productos a la medida, ahorro en vitrificado 467.16 kg anuales y en resinoide 55.18 kg anuales.



## CONCLUSIONES

### PRIMERA

Se realizó un diagnóstico actual de cada proceso dando como resultados diversas propuestas de mejora para la Planta de Ruedas Abrasivas por cada área:

- ✓ Mezclas y Prensas
  - Mezclado según tamaño y granulometría
  - Distribución de moldes y equipo en almacén de Prensas
  - Prensado a la medida con rectificado y/o reemplazo de moldes actuales.
- ✓ Hornos
  - Implementar formatos de control para secado de productos vitrificados y resinoides.
  - Distribución de productos en Horno y estufas según las temperaturas de cada equipo.
  - Mantenimiento de platos y ejes con equipo de acondicionamiento adecuado.
- ✓ Acabados
  - Reducir espesor de productos vitrificados a fin de disminuir tiempo de acabado de Superficie.
  - Hacer uso de calibradores digitales para reducir productos con Medidas erróneas.
  - Reducción de merma en máquinas de acabado con el prensado a medida.

## SEGUNDA

Se realizó el diagnóstico actual de los procesos clave de producción mediante el método de observación y se determinó lo siguiente:

- ✓ En el área de Prensas y Mezcla, los recipientes de mezcla y componentes estaban con residuos de lotes anteriores y todos los tipos de grano abrasivos se juntaban, así mismo los moldes exceden las medidas de fabricación haciendo que se tenga que usar más mezcla por unidad y por último no hay un orden de equipos de prensado lo que provoca pérdida de tiempo en la preparación del prensado.
- ✓ En el área de Hornos, se observó que no hay un control para el secado de productos, es complicado saber cuáles están sin humedad y cuáles no, los equipos de armado resinoide están gastados, los platos tienen residuos de mezclas en sus ranuras y causas que los días sean irregulares, por último se notó que existían muchas Requemas por falta o exceso de temperatura en Horno y Estufas.
- ✓ En el área de Área de Acabados, existe dificultad para entregar los productos a las medidas exactas, ya que solo se cuenta con calibradores antiguos, muchas veces los productos no tienen la medida de la especificación, también es claro ver que la máquina que más demora en procesar es la máquina de superficie, que tiene que realizar varias pasadas por el espesor del producto y por último se observa que en cada proceso de acabado se pierde mucha mezcla abrasiva, debido a la sobre medida con la que presan los productos, es notoria la cantidad de grano que se pierde.

### TERCERA

En todo el proceso de producción de Ruedas Abrasivas se determinaron 3 etapas clave del procesos que son Prensado , Horneado y Acabado , cada una de estas cuenta con sub-procesos que influyen en la calidad y presentación de los Abrasivos :

- En el procesos de Mezclado y Prensado los sub-procesos más importantes son el Prensado a 200TN, 800TN y 20TN, así como el Mezclado Resinoide y Vitrificado. Los equipos clave son las 3 prensas y los moldes de prensado.
- En el proceso de horneado los sub-procesos más importantes son el cargado de Castillo , el armado de equipo y secado de productos , los equipos clave son el Castillo del Horno Bickley, los ejes y platos metálicos y la secadora de Productos Vitrificados.
- En el proceso de Acabados los sub-procesos más importantes son proceso de Superficie, Centro y Faseado y los equipos clave son la Maquina de Superficie y los calibradores de medición.

### CUARTA

El proceso de fabricación de Ruedas Abrasivas posee diversas etapas , esto debido a la amplia variedad de productos que existen, desde el Prensado hasta los Acabados , la planta incurre en mermas de Grano Abrasivo, a continuación especificamos las cantidades :

- En el 2014 la merma anual en productos vitrificados fue de 7112.35 kg y representa 31,710.09 nuevo soles, mientras que en productos resinoides es de 445.41 kg representando 1,985.83 nuevos soles.

## QUINTA

Las propuestas de mejora de la Planta de Ruedas Abrasivas incurren en costos de equipos y herramientas para mejorar el desempeño de las actividades de cada proceso, los costos más elevados son los de rectificado de moldes, ya que los moldes representan la mayor fuente de merma y por ende de costos. Los costos de mejora adicionales pertenecen a los equipos y/o herramientas de los otros procesos clave mencionados.

- El costo de los equipos adicionales es de 4,765.20 nuevos soles, sumando el costo de los nuevos moldes (17,290 nuevos soles) obtenemos un costo total de 22,796.13 nuevos soles.
- El costo de moldes rectificadas es de 2,985.00 nuevos soles y sumados a los costos adicionales hacen una suma total de 7,750.20 nuevos soles.
- El ahorro anual con las propuestas hechas es de 20,828.17 en productos vitrificados y de 1,967.96 en productos resinoides, haciendo un total de 22,796.13 nuevos soles.
- El indicador de Beneficio/Costo adquiriendo nuevos moldes es de 1.03 y rectificando los moldes actuales es de 2.94.

El costo de los moldes es menor al ahorro que se conseguirá en el caso de cambiarlos, como se observa en el Indicador de Beneficio/Costo, en ambos casos la empresa ahorra dinero, también se considera incurrir en estos gastos cada 5 años en el caso de moldes nuevos y cada 2 años en el caso de rectificarlo

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la problemática que se quiera atacar se deberá determinar el listado de herramientas que se puedan adaptar al estudio de las variables que estarán en el problema, tomando en cuenta que no es una regla el que se deban de utilizar todas las herramientas y métodos que se usaron en esta investigación.
- Al aplicar Six Sigma la empresa no está obligada a realizar el mapa de Six Sigma para obtener mayores beneficios, algunas empresas han utilizado solamente la metodología DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar) como solución a los problemas. Pero con el mapa se tiene una visión más amplia de la empresa como del cliente.
- Se recomienda que, después de impulsar la filosofía Six sigma en una empresa, es necesario estimular y capacitar a los que están involucrados y hacerlos propios de la empresa y de las mejoras.
- El área de producción necesita convertirse en un participante activo de todo el proceso. El personal debe de ser formado en ayudar a solucionar los problemas, así como a tratar con las dificultades a que se enfrentan en las actividades cotidianas.
- Definir qué problemas son los más comunes y empezar a trazar objetivos, alcances y un marco en el cual se pueda apoyar para la realización de la filosofía Six Sigma.

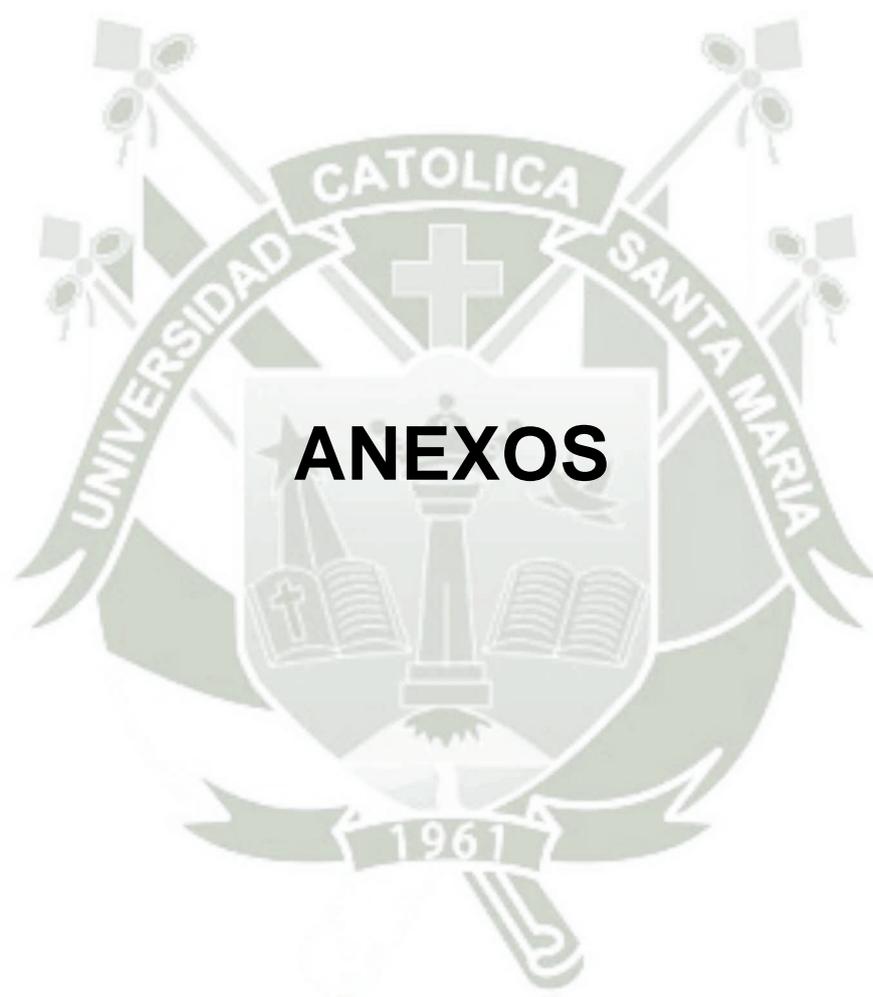
## BIBLIOGRAFÍA

- Abrasivos Industriales(1998), Manual Interno de la Empresa
- Brue G.(2003), Six Sigma para directivos
- Cavanagh R., Neuman, R., Pande P., (2004) Las claves prácticas de Seis Sigma.
- Gutiérrez G., De la Vara R., (2009) Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.
- Kanawaty G. (1996), Introducción al estudio del Trabajo.
- Lefcovich M. (2005), Seis Sigma Hacia un nuevo Paradigma de Gestión.
- Moosa K., Sajid A. (2010), Critical analysis of Six Sigma implementation.
- Stephen H. Kan (2003), Metrics and models In Software Quality Engineering Segunda Edicion.

## BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA

- Abrasivos Industriales (1998). Recuperado de <http://www.abralit.com.pe/ruedas.html>
- Aptiva Soluciones (2012), Gestión de calidad en empresas de servicios. Recuperado de [http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos/material\\_didactico/especialidades/materialdidactico\\_calidad\\_mejora/modulos/MODULO%205%20-%20CALIDAD.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos/material_didactico/especialidades/materialdidactico_calidad_mejora/modulos/MODULO%205%20-%20CALIDAD.pdf)
- Cabrera C. (2014), La voz del cliente. Recuperado de <http://www.liderazgolean6sigma.com/2014/02/la-voz-del-cliente.html>

- Jimeno J. (2010), AMFE: Análisis Modal de Falla y Efectos. Recuperado de <http://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos>
- López G. (2013), Metodología Six Sigma – Calidad Industrial. Recuperado de <https://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>
- Pérez-Wilson M. (2005), Seis Sigma. Recuperado de [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis\\_sigma/sec\\_1/tabla\\_contenidos.html](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis_sigma/sec_1/tabla_contenidos.html)
- Portillo R., Quintanilla A. (2004), Aplicación Six Sigma en empresas con ISO 9000 Universidad Don Bosco. Recuperado de [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/343/1/035046\\_tesis.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/343/1/035046_tesis.pdf)
- Valencia J. (2013), Leasing, Titularización y Six Sigma. Recuperado de (<http://tendenciasadministracion.blogspot.com/2013/11/leasing-titularizacion-y-six-sigma.html>)



**Anexo N<sup>ro</sup>. 1**

08/08/2014  
09:33:36 a.m.

**HOJA DE CONTROL DE CALIDAD**

**PRODUCTO** : BNA DE CORTE A60 PBNA : 114 X 1 X 22.2 MM  
**LOTE** : 4007-6317

**CODIGO** : 65091083  
**FECHA** : 23/07/2014

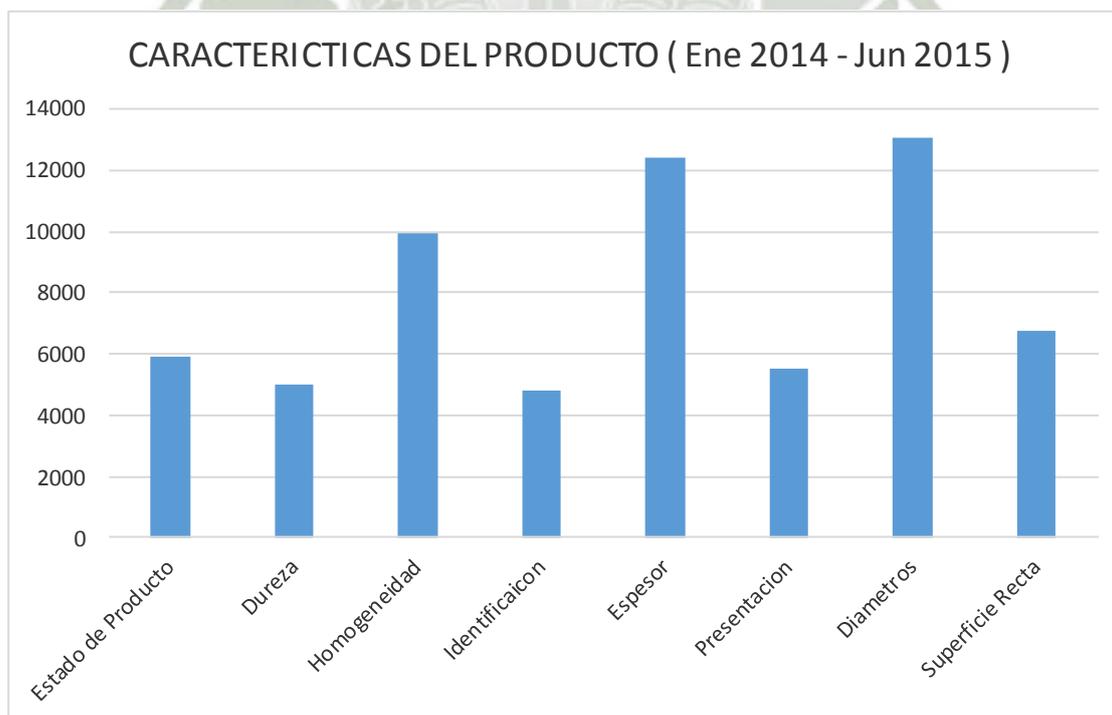
PRUEBA	DESCRIPCION	UNIDADES	OBSERVACIONES	ESTANDAR	1° CONTROL	2° CONTROL
E39L22	DETER. DE ESPESOR	MILIMETROS		1.00 1.10 1.30		
E65L29	CONTROL DE TIEMPO	SEGUNDOS	2 CORTES 30CM DE	72.00 82.00 92.00		
E68L38	DETERMINACIÓN DE D	GRAMOS	A 11300 RPM. 2 CO	2.90 3.45 4.00		
E68L48	DESGASTE DE DISCO L	GRAMOS	En plancha de acero l	3.90 5.00 6.10		
E68L55	PERDIDA DE DIAMETR	MILIMETROS	2 CORTES DE 30CM	6.80 7.90 9.00		
E68L56	PERDIDA DE DIAMETR	MILIMETROS	1 Corte en plancha d	9.00 11.20 13.40		
<b>PESO DE ENVASADO</b>		<b>VOLUMEN</b>				
<b>CAJA DE CONTRAMUESTRA</b>		<b>PESO DE PAILA</b>				
		<b>REALIZADO POR</b>				
		<b>FECHA</b>				

**Anexo N<sup>ro</sup>. 2**

Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities	Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

**Anexo N<sup>ro</sup>. 3**

Encuesta de Satisfacción al cliente 			
Empresa :			
Producto :			
Fecha :			
1. Enumere de 1 a 8 , siendo 8 mas importante y 1 menos importante, las características que considere mas relevantes en nuestros productos			
(    )	Presentacion	(    )	Espesor
(    )	Estado del Producto	(    )	Identificacion
(    )	Homogeneidad	(    )	Diametros
(    )	Dureza	(    )	Superficie Recta
2. ¿ Como calificaria la atencion del vendedor que lo atendio?			
(    )	Mala	(    )	Buena
(    )	Regular	(    )	Excelente
3. ¿ Que sugerencias nos daria para poder mejorar nuestros productos y servicios?			
<hr/> <hr/> <hr/>			



Anexo N<sup>ro</sup>. 4

Encuesta de Satisfacción al cliente 

Empresa :	Fomateria RECORD SRL		
Producto :	Discos 180 x 1,6 mm		
Fecha :	02/02/15		

1. Enumere de 1 a 8 , siendo 8 mas importante y 1 menos importante, las características que considere mas relevantes en nuestros productos

( 5 ) Presentacion	( 6 ) Espesor
( 2 ) Estado del Producto	( 3 ) Identificacion
( 7 ) Homogeneidad	( 8 ) Diametros
( 1 ) Dureza	( 4 ) Superficie Recta

2. ¿ Como calificaria la atencion del vendedor que lo atendio?

( ) Mala	( <input checked="" type="checkbox"/> ) Buena
( ) Regular	( ) Excelente

3. ¿ Que sugerencias nos daria para poder mejorar nuestros productos y servicios?

- Mayor embalaje.

Encuesta de Satisfacción al cliente 

Empresa :	Brahm F.I.R.L		
Producto :	Rueda 6" x 1" x 1"		
Fecha :	21/05/15		

1. Enumere de 1 a 8 , siendo 8 mas importante y 1 menos importante, las características que considere mas relevantes en nuestros productos

( 2 ) Presentacion	( 6 ) Espesor
( 3 ) Estado del Producto	( 5 ) Identificacion
( 7 ) Homogeneidad	( 8 ) Diametros
( 1 ) Dureza	( 4 ) Superficie Recta

2. ¿ Como calificaria la atencion del vendedor que lo atendio?

( ) Mala	( <input checked="" type="checkbox"/> ) Buena
( ) Regular	( ) Excelente

3. ¿ Que sugerencias nos daria para poder mejorar nuestros productos y servicios?

Menor costo de entrega