

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA DE
SANITARIOS DE FRANZ VIEGENER ECUADOR DE LA
APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA
EN SU PROCESO DE MANUFACTURA**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGISTER (MSc.) EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

DIEGO ROBERTO MORILLO SOSA

diego_morillososa@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. HUGO RAMIRO ORTÍZ TULCÁN

hrtiz@espe.edu.ec

CO-DIRECTOR: MSc. PEDRO ENRIQUE BUITRÓN FLORES

pedro.buitron@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2017

© Escuela Politécnica Nacional (2017)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Diego Roberto Morillo Sosa, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Diego Roberto Morillo Sosa

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Roberto Morillo Sosa, bajo nuestra supervisión.

Hugo Ramiro Ortíz Tulcán

DIRECTOR DE PROYECTO

Pedro Enrique Buitrón Flores

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la empresa Franz Viegner Ecuador, en la persona del Ingeniero Marco Bravo, Gerente de la planta de sanitarios, y a todo su grupo de trabajo, por la apertura y apoyo incondicional para la realización de la presente tesis.

Al director del proyecto de tesis, Ing. Hugo Ortiz Tulcán, y al codirector del proyecto, Ing. Pedro Buitrón Flores, por su apoyo incondicional para la realización y consecución del trabajo.

DEDICATORIA

A mi padre Eduardo Morillo, que a pesar de ya no estar en este mundo, siempre estuvo impulsándome para superarme día a día, dándome su amor y apoyo incondicional.

A mi madre Mariana Sosa, por el apoyo incondicional, el amor, la paciencia y los valores que me inculcó para ser un hombre de bien.

A mi esposa Andrea Tito, por su amor, paciencia y apoyo incondicional en el día a día, por ser el motor de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
GLOSARIO	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	xi
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Manufactura Esbelta	1
1.1.1. Productividad	3
1.1.2. Arquitectura de procesos	4
1.1.3. Cadena de valor	5
1.2. Los 7 desperdicios	6
1.3. Las 5 S	7
1.4. Sistema de Producción Justo a Tiempo	9
1.5. El sistema Kaisen	10
1.6. DMAIC Seis Sigma	12
2. METODOLOGÍA	14
2.1. Establecimiento de la cadena de valor	14
2.2. Identificación de la causa raíz de los problemas encontrados	14
2.3. Selección de las herramientas de manufactura esbelta e indicadores	15
2.4. Planteamiento de mejoras y ajuste del plan de mejoras continuas	18
2.5. Implementación de mejoras	19
2.6. Evaluación de las mejoras y su impacto	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1. Establecimiento de la cadena de valor	21
3.2. Identificación de la causa raíz de los problemas	25
3.2.1. Tabulación de los problemas	25
3.2.2. Diagramas causa efecto de problemas encontrados	27
3.2.3. Análisis de presiones en cabinas de terminación	35
3.2.4. Análisis de las presiones en cabinas de esmaltación	40
3.3. Selección de las herramientas de manufactura esbelta	43
3.4. Planes de mejoras propuestos	44
3.4.1. Plan de mejora N°1	44

3.4.2.	Plan de mejora N°2-3	46
3.4.3.	Plan de mejora N°4-5	48
3.4.4.	Plan de mejora N° 6a	50
3.4.5.	Plan de mejora N°6b	52
3.4.6.	Plan de mejora N°7	54
3.4.7.	Plan de mejora N°8	57
3.4.8.	Plan de mejora N°9	58
3.4.9.	Diseño de parqueaderos intermedios	60
3.5.	Implementación de mejoras	70
3.6.	Evaluación y análisis de los indicadores	77
3.6.1.	Rendimiento de fábrica	77
3.6.2.	Calidad OPM	79
3.6.3.	Calidad acumulada	81
3.6.4.	Rotura OPM	83
3.6.5.	Rotura acumulada	85
3.6.6.	Eficiencia OPM	87
3.7.	Evaluación de las mejoras y su impacto	89
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
4.1.	Conclusiones	91
4.2.	Recomendaciones	92
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	93
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 2.1 Indicadores para evaluación	17
Tabla 3.1 Listado de problemas encontrados por sección de fábrica	25
Tabla 3.2 Resultado auditoría inicial 5's terminación	35
Tabla 3.3 Resultado auditoría inicial 5's esmaltación	35
Tabla 3.4 Presiones en cabinas del área de terminación	36
Tabla 3.5 Estadística de datos de la cabina de terminación 1	37
Tabla 3.6 Estadística de datos de la cabina de terminación 2	39
Tabla 3.7 Estadística de datos de la cabina de terminación 3	40
Tabla 3.8 Presiones en las cabinas del área de esmaltación	40
Tabla 3.9 Datos estadísticos de las presiones de cabinas de esmaltación.	42
Tabla 3.10 Herramienta seleccionada por problema y sección	43
Tabla 3.11 Comparación de capacidades de parqueaderos	68
Tabla 3.12 Comparación de número de movimientos en parqueaderos	68
Tabla 3.13 Mejora en número de movimientos dentro de parqueaderos	69
Tabla 3.14 Mejora en número de movimientos dentro de parqueaderos	70
Tabla 3.15 Nuevas presiones en cabinas del área de terminación	72
Tabla 3.16 Nuevas presiones en las cabinas del área de esmaltación	73
Tabla 3.17 Comparación de estadísticas de las presiones en cabinas de terminación	73
Tabla 3.18 Comparación de estadísticas de las presiones en cabinas de esmaltación	75
Tabla 3.19 Datos del indicador Rendimiento de fábrica año 2014 y 2015	78
Tabla 3.20 Datos del indicador Calidad OPM en los años 2014 y 2015	80
Tabla 3.21 Datos del indicador Calidad acumulada en los años 2014 y 2015	82
Tabla 3.22 Datos del indicador Rotura OPM en los años 2014 y 2015	84
Tabla 3.23 Datos del indicador Rotura acumulada en los años 2014 y 2015	85
Tabla 3.24 Datos del indicador Eficiencia OPM en los años 2014 y 2015	87
Tabla AIV.1 Evaluación inicial 5s proceso terminación	125
Tabla AV.1 Evaluación inicial 5s proceso esmaltación	128

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1 Formato de arquitectura de procesos	4
Figura 1.2 Ciclo DMAIC seis sigma	12
Figura 3.1 Arquitectura de proceso "Horno"	23
Figura 3.2 Cadena de valor de procesos planta sanitarios FV Ecuador	24
Figura 3.3 Diagrama causa - efecto para el problema 1	28
Figura 3.4 Diagrama causa - efecto para el problema 2	29
Figura 3.5 Diagrama causa - efecto para el problema 3	29
Figura 3.6 Diagrama causa - efecto para el problema 4	30
Figura 3.7 Diagrama causa - efecto para el problema 5	31
Figura 3.8 Diagrama causa - efecto para el problema 7	32
Figura 3.9 Diagrama causa - efecto para el problema 8	32
Figura 3.10 Diagrama causa - efecto para el problema 9	33
Figura 3.11 Diagrama causa - efecto para el problema 6a y 6b	34
Figura 3.12 Presiones en la cabina 1 del área terminación	37
Figura 3.13 Presiones en la cabina 2 del área de terminación	38
Figura 3.14 Presiones en la cabina 3 del área de terminación	39
Figura 3.15 Presiones en las cabinas del área de esmaltación	41
Figura 3.16 Ejemplo de parqueadero de coches tradicional	61
Figura 3.17 Propuesta de diseño para parqueadero de coches	63
Figura 3.18 Propuesta de diseño de parqueadero para secaderos intermedios	64
Figura 3.19 Propuesta de diseño de parqueadero para secaderos normales	65
Figura 3.20 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno derecho	65
Figura 3.21 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno izquierdo	66
Figura 3.22 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno COEL	66
Figura 3.23 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de rotura	67
Figura 3.24 Comparación de la media de presiones en las cabinas de terminación	74
Figura 3.25 Comparación de la varianza de presiones en las cabinas de terminación	74
Figura 3.26 Comparación de la desviación estándar de las presiones en las cabinas de terminación	75
Figura 3.27 Comparación de la media de las presiones en las cabinas de esmaltación	76
Figura 3.28 Comparación de la varianza de las presiones en las cabinas de esmaltación	76

Figura 3.29 Comparación de la desviación estándar de las presiones en las cabinas de esmaltación	77
Figura 3.30 Comportamiento del indicador Rendimiento de fábrica en el año 2014 y 2015	78
Figura 3.31 Comportamiento del indicador Rendimiento de fábrica en el periodo de 1 año	79
Figura 3.32 Comportamiento del indicador Calidad OPM en los años 2014 y 2015	80
Figura 3.33 Comportamiento del indicador Calidad OPM en el periodo de 1 año	81
Figura 3.34 Comportamiento del indicador Calidad acumulada en los años 2014 y 2015	82
Figura 3.35 Comportamiento del indicador Calidad acumulada en el periodo de 1 año	83
Figura 3.36 Comportamiento del indicador Rotura OPM en los años 2014 y 2015	84
Figura 3.37 Comportamiento del indicador Rotura OPM en el periodo de 1 año	85
Figura 3.38 Comportamiento del indicador Rotura acumulada en los años 2014 y 2015	86
Figura 3.39 Comportamiento del indicador Rotura acumulada en el periodo de 1 año	87
Figura 3.40 Comportamiento del indicador Eficiencia OPM en los años 2014 y 2015	88
Figura 3.41 Comportamiento del indicador Eficiencia OPM en el periodo de 1 año	89
Figura AII.1 Formato de encuesta para operarios	100
Figura AII.2 Arquitectura del proceso de colado	103
Figura AII.3 Arquitectura del proceso de control de equipos de medición y seguimiento	104
Figura AII.4 Arquitectura del proceso de control de producto no conforme	105
Figura AII.5 Arquitectura del proceso de control, diseño y desarrollo de sanitarios	106
Figura AII.6 Arquitectura del proceso de esmaltación	107
Figura AII.7 Arquitectura del proceso de fabricación de moldes laminados	108
Figura AII.8 Arquitectura del proceso de fabricación de moldes	109
Figura AII.9 Arquitectura del proceso de fabricación de matrices plásticas	110
Figura AII.10 Arquitectura del proceso de fabricación de matrices yeso/cemento	111
Figura AII.11 Arquitectura del proceso de horno COEL	112
Figura AII.12 Arquitectura del proceso de horno	113
Figura AII.13 Arquitectura del proceso de inspección y ensayo en recepción	114
Figura AII.14 Arquitectura del proceso de inspección y ensayos de productos de primera	115
Figura AII.15 Arquitectura del proceso de materia prima	116

Figura AII.16 Arquitectura del proceso de parchado de piezas	117
Figura AII.17 Arquitectura del proceso de preparación de barbotina	118
Figura AII.18 Arquitectura del proceso de preparación de esmaltes	119
Figura AII.19 Arquitectura del proceso de recuperación de barbotina	120
Figura AII.20 Arquitectura del proceso de recuperación de esmalte	121
Figura AII.21 Arquitectura del proceso de terminación	122
Figura AIII.1 Diagrama de flujo de procesos para la fabricación de piezas sanitarias	123
Figura AIII.2 Diagrama de flujo de procesos para la fabricación de piezas sanitarias	124

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Instructivo – Identificación de problemas por parte de operarios	98
ANEXO II	
Arquitectura de procesos de la planta de sanitarios de FV Ecuador	102
ANEXO III	
Flujo de procesos de la planta de sanitarios de FV Ecuador	123
ANEXO IV	
Evaluación inicial 5s del proceso de terminación	125
ANEXO V	
Evaluación inicial 5s del proceso de esmaltación	128

GLOSARIO

5S: es un método japonés, utilizado para conseguir un mejor entorno laboral, con lugares más limpios y ordenados, comprometiendo a todos los integrantes del proceso para conseguirlo. Su nombre se debe a las 5 primeras letras de cada etapa que se incluyen en este método (Blanco, 2007, p. 1).

Barbotina: mezcla de arcillas, arena, agua y demás materiales que forman un compuesto semilíquido que es considerado como materia prima para la elaboración de piezas cerámicas sanitarias. En el proceso de fabricación de piezas sanitarias a dicha mezcla se le agregan componentes químicos para cambiar las características de la misma, modificando la densidad de la mezcla y los tiempos de secado. La barbotina es la mezcla utilizada en la fabricación de piezas que utilizan el colado como base de fabricación (Fatás, 1993, s.p.).

Colado: proceso de manufactura que consiste en la introducción de un material en estado líquido a través de un orificio para llenar un molde. Tras esperar la solidificación del material dentro del molde, éste es retirado para obtener una pieza que mantiene la forma del mismo.

Desperdicio: dentro del proceso de fabricación de piezas cerámicas se considera como desperdicio a los recorridos innecesarios, a los tiempos perdidos, tiempos de reproceso, piezas con defectos que deben ser re trabajadas, materias primas no recuperadas, etc., es decir, todo aquello que involucra la pérdida de recursos dentro de la producción (Fatás, 1993, s.p.).

Esmalte: el esmalte es un líquido con componentes químicos que al ser aplicado a las piezas cerámicas les da su apariencia característica vidriada. El esmalte una vez que es sometido a temperaturas superiores a los 600 grados centígrados se cristaliza y luego de enfriarse da una apariencia de cristal a la superficie de la pieza esmaltada. El esmalte está compuesto por varios componentes, entre los que se destaca el cuarzo (Fatás, 1993, s.p.).

Matriz: la matriz es el contra molde que sirve para fabricar los moldes que serán utilizados en el colado de las piezas. Normalmente son de fabricados en materiales resistentes como fibra de vidrio o yeso cemento. (Hernández, 2012, s.p.).

Merma: es considerado como merma toda pieza cerámica que ha pasado por el proceso de esmaltado y que ha sido cocida, que presenta defectos que no pueden ser reparados y por ende debe ser destruida. La merma es valorada por el costo por kilogramo desechado y depende del peso de cada pieza (Fatás, 1993, s.p.).

OPM: siglas del inglés “One Piece Monaco”, que corresponde al nombre de un modelo de un sanitario que se cola en una sola pieza. Las piezas tradicionales son coladas por separado: el tanque y el asiento, y luego son ensamblados para formar el sanitario.

Pieza cocida: se denomina pieza cocida a la pieza cerámica una vez que ha pasado por un proceso de secado y cocido en un horno a alta temperatura, a más de 600 grados centígrados. La pieza cocida tiene características propias de dureza. El acabado que presenta la pieza cocida depende del esmalte que se le haya añadido a la pieza cerámica (Hernández, 2012, s.p.).

Rotura en crudo: se denomina rotura en crudo a defectos de calidad en la pieza de cerámica sanitaria antes de pasar por el quemado en el horno. Normalmente las roturas en crudo pueden ser reparadas sin mayor inconveniente ya que la pieza aún no se ha solidificado en su totalidad (Hernández, 2012, s.p.).

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la planta de sanitarios de Franz Viegner Ecuador. Se estudió el impacto sobre la productividad de la planta con la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en los procesos de manufactura y en el plan de mejoras continuas de la misma.

El punto de partida fue la identificación y esquematización de todos los procesos de la planta, para luego establecer la cadena de valor y poder identificar los procesos primarios, donde se identificaron los problemas existentes en los mismos.

Una vez identificados los problemas se procedió a tabularlos, analizarlos y se buscó la causa raíz o causa más probable de los mismos mediante diagramas causa efecto. Se generó un plan de acción o plan de mejora para cada uno de ellos, seleccionando y aplicando para cada caso la herramienta de manufactura esbelta que más se adecuaba. Las herramientas utilizadas fueron Kaizen, DMAIC seis sigma y las 5s, y en muchos de los casos se las utilizó de manera conjunta para potenciar la herramienta Kaizen. Además se presentó un diseño para parqueaderos intermedios de coches para la optimización de los mismos, que ayudará en el orden y la clasificación de las piezas y por ende en la disminución de tiempos de transporte de piezas de un proceso a otro.

Se utilizaron indicadores específicos para medir el impacto de los planes de mejora, obteniendo tendencias crecientes en lo que respecta a calidad OPM y eficiencia OPM, y tendencia decreciente en lo que respecta a rotura de piezas OPM. Para el análisis se tomó un periodo de un año, contando seis meses antes y seis meses después de implementados los planes de mejora. En la calidad OPM se mejoró 15 puntos porcentuales, llegando a un 70% de calidad OPM. En rotura OPM se mejoró 8 puntos porcentuales, disminuyendo el porcentaje hasta llegar al 6 % de roturas OPM. La eficiencia OPM mejoró 30 puntos porcentuales, llegando a 74% de eficiencia OPM. Con esto quedó claro que la utilización de herramientas de manufactura esbelta dentro de la planta ayudó para mejorar la calidad, disminuir desperdicios y por ende mejorar la productividad.

La metodología llevada en este trabajo se incluyó al plan de mejoras continuas de la planta mediante un instructivo que permite repetir este procedimiento para la localización, análisis y solución de problemas dentro de la planta, utilizando las herramientas de manufactura esbelta y todas sus potencialidades.

INTRODUCCIÓN

Los objetivos principales de una empresa de manufactura que basa sus procesos de fabricación en la utilización de mano de obra y no en la tecnificación de la planta, son básicamente la eliminación de los desperdicios de todo tipo (tiempo, materia prima, movimientos, etc.), la mejora continua de los procesos y la mejora progresiva de la productividad y calidad. Dichos objetivos se ajustan claramente a lo que busca la filosofía de manufactura esbelta (Cuatrecasas, 2010, p. 61; McHose, 1994, p. 45).

La manufactura esbelta brinda los criterios y herramientas para sobrevivir dentro de un mercado global competitivo, ya que exige una calidad alta de los productos, la producción de la cantidad requerida, la entrega más rápida y a más bajo costo. Además la utilización de dichas herramientas permite reducir dramáticamente la cadena de desperdicios, reduce el inventario final e intermedio, y permite reducir el tamaño en piso. El estudio de los problemas de planta a través de esta filosofía permite crear un sistema de producción más robusto mediante la creación de sistemas de entrega de materiales apropiados, la mejora en la distribución de la planta y aumento, de esa manera, de la flexibilidad de la producción (Rajadell y Sánchez, 2010, p.11; Hindle, 2008, p. 87).

Tener una filosofía de manufactura es fundamental en cualquier empresa que se dedique a dicha actividad. Tener definida y establecida una filosofía de manufactura permite que la empresa sepa cuáles son las herramientas que tiene a su disposición para poder llevar a cabo los controles respectivos, las retroalimentaciones, y en definitiva los procesos de mejora continua que todas las empresas deben llevar si quieren permanecer productivas y competitivas en el mercado (Hodson, 1996, p. 23).

Los objetivos propios de la planta de sanitarios Franz Viegner Ecuador están claramente alineados a una filosofía de manufactura esbelta, donde inicialmente se busca determinar todos los procesos involucrados en la fabricación y establecer cuál es en realidad la cadena o flujo de valor del proceso (Rodríguez, 2012, p.151). Además se busca la eliminación de desperdicios de todo tipo, entre los que se

puede nombrar la materia prima, tiempos de proceso, movimientos de materiales, espacio físico en planta, entre los más destacados (Niebel y Freivalds, 2009, p.60). Además se busca constatar el impacto que tiene la aplicación de dichas herramientas sobre la productividad de la planta, ya que a pesar de trabajar bajo la certificación ISO9001 y tener un plan de mejoras, aún faltan muchos ámbitos en los cuales trabajar y mejorar. Por último, la planta busca llevar un plan de mejora continua que le permita identificar los problemas de cada proceso, establecer los planes de acción, controlarlos y retroalimentar la información para los demás procesos o plantas. De esta manera, es clara la concordancia de los objetivos empresariales con los objetivos o beneficios que brinda la aplicación de una filosofía de manufactura esbelta (Sumanth, 2001, p. 38).

El primer principio del pensamiento esbelto persigue establecer el valor de cada proceso no como un producto o servicio, sino como una solución y establecer el flujo de valor, es decir, identificar los procesos que no agregan valor al producto y que podrían ser modificados, cambiados o eliminados si es el caso, ya que podrían ser considerados como desperdicios (Díaz del Castillo, 2009, p.7).

Una vez que se tiene establecido el flujo de valor es necesario propiciar un flujo continuo y suave entre los procesos que agregan valor al producto, evitar las zonas de espera innecesarias, o lo que se conoce como inventarios intermedios. Los tiempos de espera tienen que ser los justos y necesarios que requiera el proceso (Díaz del Castillo, 2009, p.7).

Una vez conseguido el flujo suave es posible generar el “pull” o “jale” de los procesos individuales, es decir, que los procesos van a producir por órdenes pequeñas de los procesos posteriores y ya no basados en un pronóstico general que obliga a la producción de grandes lotes que luego tienen que ser almacenados temporalmente hasta que sean requeridos (Díaz del Castillo, 2009, p.7).

Por último el pensamiento esbelto busca la perfección. Conseguidos los cuatro puntos anteriores es claro evidenciar que mejorar siempre es posible. Siempre es posible añadir eficiencia, es decir siempre se puede mejorar, lo que se convierte en un proceso de mejora continua (Díaz del Castillo, 2009, p.7).

Con el presente trabajo se pretende aplicar los fundamentos y herramientas de la

manufactura esbelta en la planta de sanitarios Franz Viegner Ecuador, teniendo como objetivos la disminución de desperdicios y mermas, el aumento de la productividad y la implementación de un proceso de mejora continua, donde los resultados evidencien todos los esfuerzos que la planta realiza en la búsqueda de dichos objetivos.

Para conocer el estado inicial hay que tener en cuenta primero las características de la parte operativa de la planta, es decir los turnos de producción, cantidad de piezas proyectadas, etc., así como de la parte productiva, procesos, secuencias, etc.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta está constituida por una serie de herramientas que tienen como propósito la identificación de la cadena de valor de un proceso, permite identificar aquellas operaciones que no generan un valor agregado al producto y que pueden ser modificadas o eliminadas.

Por otro lado, dichas herramientas van a permitir identificar y eliminar los desperdicios a todo nivel, ya sea en recurso o materia prima, tiempo, movimiento o cualquier otro tipo de desperdicio que esté generando un costo adicional al proceso y que puede ser eliminado o reducido (Carreira, 2005, p. 67; Dailey, 2003, p. 18).

Por último, pero no por ello menos importante, la manufactura esbelta tiene como principio la mejora continua de los procesos, lo que incluye la identificación de los problemas, la posible solución, la implementación de la misma y el control sobre los cambios realizados para poder retroalimentar la información y seguir mejorando (Krajewsky et al., 2008, p.7). Todos estos principios se deben ver reflejados en el aumento de la calidad del producto final y en un aumento de la productividad.

Un eje fundamental del pensamiento esbelto es el que respecta al personal, ya que el desarrollo de una estrategia implica un cambio en la forma de trabajar y pensar de toda la organización. Con esta estrategia los empleados son involucrados dentro de la búsqueda de la mejora continua, con lo que se aprovecha su creatividad, inteligencia y experiencia en cada uno de sus puestos de trabajo. Dentro de este pensamiento los mandos deben cambiar por liderazgos. Este pensamiento tiene que ser culturizado dentro de la organización para crear un verdadero compromiso de cada uno de los integrantes en busca de una mejora continua, cuya perspectiva sea que cada problema en un proceso o actividad se puede convertir en una oportunidad de mejora (Díaz del Castillo, 2009, p.5).

El pensamiento esbelto tiene 5 principios fundamentales: a) definir el valor desde el punto de vista del cliente, el cual considera que el cliente compra o busca una

solución y no un producto o servicio; b) identificar el flujo de valor, con lo que se consigue definir los procesos o actividades que agregan valor al producto y aquellas que no lo hacen (Blanco, 2007, p. 90); c) crear un flujo suave, que permita pasar de un proceso a otro que agrega valor, desde la materia prima hasta el producto terminado; d) producir el “jale” del cliente, es decir, que el proceso siguiente realiza el requerimiento inmediato y no se produce de acuerdo con un plan de ventas o programación a largo plazo; e) buscar la perfección, evidenciando que siempre es posible añadir eficiencia a los procesos o actividades, dentro de un esquema de mejora continua (Díaz del Castillo, 2009, p.7).

La herramienta principal de la manufactura esbelta la constituyen las 5 S's: Seiri (Clasificar, Organizar o Arreglar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar), y Shitsuke (Disciplinar). El objetivo principal de esta herramienta es conseguir un funcionamiento más eficiente y estandarizado de las personas en las estaciones de trabajo y sus actividades. La implementación de la herramienta permite disminuir los despilfarros principalmente de tiempo, mejora la seguridad industrial del personal y genera una cultura organizacional (Blanco, 2007, p. 1; Rajadell y Sánchez, 2010, p. 217). Todo esto se puede ver reflejado en una disminución de mermas y pérdidas por productos con defectos, es decir, se mejora la calidad.

Otra de las herramientas utilizadas dentro de la manufactura esbelta es la del control visual. Para la utilización de esta herramienta se parte de la estandarización de las actividades y procedimientos, que vuelve gráfica toda esa información, de tal manera que con un breve vistazo se pueda identificar el lugar de cada cosa o herramienta, el lugar de materiales de oficina, conexiones eléctricas, etc. (Díaz del Castillo, 2009, p. 20).

Otra herramienta de la manufactura esbelta es el denominado sistema “jale” o “pull”. Este sistema consiste en producir únicamente lo que se necesita, a partir del material de la estación o proceso anterior. Para este sistema es necesario una planificación de la producción desde el final de la línea hacia el inicio, para evitar la existencia final de artículos innecesariamente producidos. Este sistema permite reducir los inventarios intermedios, producir sólo lo necesario para facilitar el control, minimizar el tiempo de entrega y reducir el espacio en planta (Rajadell y

Sánchez, 2010, p. 124).

Uno de los sistemas que contempla la manufactura esbelta es el sistema Justo a Tiempo (JAT). Este sistema tiene como objetivo la eliminación de las actividades que no agregan valor para lograr un sistema lo suficientemente flexible y ágil para responder ante los requerimientos de los clientes. Este sistema es aplicado cuando existen elevados inventarios intermedios, existe gran cantidad de defectos por mala calidad o existen recorridos demasiado largos entre procesos contiguos (Díaz del Castillo, 2009, p. 21).

Por último, existe otro sistema que es utilizado dentro de la manufactura esbelta: el sistema Kaizen. El sistema Kaizen es concebido bajo la premisa de la mejora continua. Este sistema considera que no son necesarias grandes inversiones en tecnología ni en sistemas complejos de administración para implementar mejoras que permitan sostenidamente la eficiencia y efectividad en el uso de los recursos. Este sistema necesita del compromiso, participación y disciplina de todos los integrantes de la organización (Imai, 1998, p. 250).

1.1.1. Productividad

La aplicación de la manufactura esbelta tiene como objetivo final el mejoramiento del sistema productivo y por ende la mejora de la productividad.

La productividad dentro de la industria está definida como la relación entre los recursos e insumos utilizados para tener como resultado un bien procesado, entendiéndose como bien procesado a cualquier producto resultado de un proceso. Es así que la forma en que se administren dichos recursos determina la capacidad productiva del sistema. Es necesario entonces tomar en cuenta que para mejorar los indicadores de productividad es necesario llevar un control sobre la administración de los recursos y la mano de obra involucrada en el proceso (Bravo, 2010, p.10; Zandin, 2010, p. 220).

1.1.2. Arquitectura de procesos

Uno de los primeros pasos de la implementación de la manufactura esbelta es la identificación y definición de los procesos que participan en el proceso productivo.

Para cualquier proceso es necesario contar con las entradas, que están constituidas por una parte por las materias primas o insumos que serán procesados, y por otro lado por los recursos para poder realizar el proceso, es decir la maquinaria, equipos, herramientas, etc. y el recurso humano necesario para la producción. Además es necesario contar con las directrices del proceso, donde se especifica cómo debe realizarse el proceso, indicando las diferentes tareas, los actores y demás actividades que se deben realizar en el proceso. Por último y a la salida del proceso se obtiene como resultado un material intermedio o un producto final (Meyers y Stephens, 2006, p. 85). En la figura 1.1 se puede observar en el formato utilizado para la esquematización de los procesos.

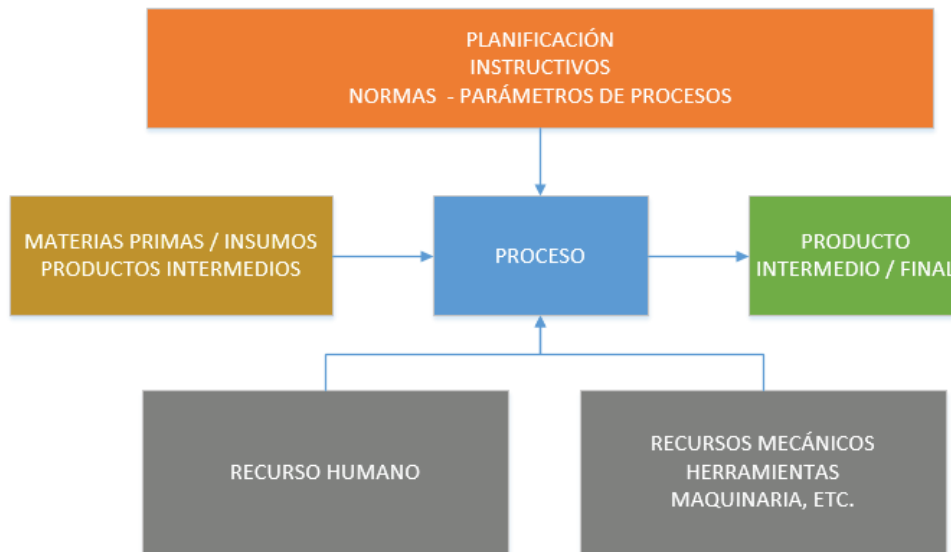


Figura 1.1 Formato de arquitectura de procesos

Todos los procesos deben estar definidos para poder trabajar sobre el mejoramiento de los mismos. La arquitectura de un proceso está definido por las entradas (insumos y materias primas), recursos (maquinaria y personal), procedimientos o directrices (normas, instructivos, procedimientos), y las salidas (productos finales o intermedios).

Una vez que todos los procesos cuenten con su arquitectura definida se los puede ordenar dentro un flujo de proceso para posteriormente poder armar la cadena de valor.

1.1.3. Cadena de valor

Una vez que se tienen los procesos esquematizados es necesario la identificación de los mismos dentro la cadena de valor del sistema de producción.

La cadena de valor corresponde a la identificación de los procesos por los que un producto debe pasar y en los cuales se le agrega valor, en cada uno de diferente forma pero que al final constituyen en parte fundamental del producto terminado. Dicha cadena de valor constituye la base para poder trabajar sobre una mejora continua ya que sobre esta deben ir encaminados los esfuerzos para mejorar los procesos que la conforman. Si bien existen otros procesos parte de la producción, que constituyen los procesos de apoyo, un cambio en ellos no se verá reflejado de manera evidente o clara ya que no influyen directamente sobre el producto terminado (Dailey, 2003, p.18; Womack y Jones, 2003, p. 19).

La cadena de valor se divide en dos partes principales: las actividades o procesos principales y las actividades o procesos secundarios.

Los procesos primarios están estrechamente relacionados a la producción, es decir corresponden a la parte operativa de la planta, en el caso de analizarse un entorno industrial de manufactura. En estos procesos la transformación que sufre el producto añade valor al mismo.

Los procesos secundarios o de apoyo, también conocidos como procesos de apoyo adicionales, son procesos que sirven de apoyo a los procesos primarios, pudiendo ser también servicios complementarios que no tienen relación con la parte operativa de la planta, como servicios médicos, planificación, almacenamiento, etc. (Gutiérrez, 2010, p.106).

1.2. Los 7 desperdicios

En todo proceso existen desperdicios. Es fundamental dentro de un proceso de mejora continua el identificarlos y buscar algún mecanismo para reducirlos o eliminarlos. Los desperdicios están constituidos por todas las actividades o cosas que no agregan valor al producto final, pero hay que dejar claro que los desperdicios son sólo el síntoma de los problemas, pero no constituyen la causa raíz. Existen siete tipos de desperdicios: movimientos, transportación, corrección, inventarios, esperas, sobre procesamientos y sobre producción (Alukal, 2006, p. 5; Díaz del Castillo, 2009, p.7). Cada uno de estos desperdicios tiene un impacto claro y específico sobre los diferentes indicadores de productividad.

- Sobreproducción: este desperdicio se considera como uno de los importantes y además como causa para los demás desperdicios. Consiste en producir más de lo que el cliente necesita o requiere.
- Transporte: este desperdicio hace referencia a los movimientos de los productos entre procesos, debido principalmente a que el flujo de la línea de producción no está bien diseñado. Este desperdicio aparece incluso con distancias cortas, e incluye además los movimientos desde y hacia el lugar de almacenamiento.
- Tiempo de espera: este desperdicio está relacionado con los tiempos que los operarios deben esperar mientras la información o los materiales llegan a su estación de trabajo. Incluye también los desperdicios de tiempo por averías de máquinas.
- Sobre procesamiento o procesos inapropiados: este desperdicio aparece cuando los productos son sometidos a procesos que no les agregan valor, o se tienen estándares muy altos para clientes que no requieren ese nivel de calidad.
- Exceso de inventario: este desperdicio puede ser por exceso de materias primas almacenadas, exceso de inventarios intermedios o exceso de inventario de producto terminado. Este desperdicio está ligado normalmente a otros problemas de la empresa.
- Defectos: este desperdicio hace referencia al retrabajo por productos no conformes o devueltos. Además puede ser provocado por repetición o

corrección de los procesos.

- Movimientos innecesarios: este desperdicio es parte de los operarios, ya que se considera cualquier movimiento que no agregue valor al producto como un movimiento innecesario. Buscar una herramienta, agacharse, movilizar coches, etc. son ejemplos de movimientos innecesarios en los puestos de trabajo.

1.3.Las 5 S

El método y concepto de las 5S tiene su origen en el Japón. Se trata de una concepción relacionada con la búsqueda de la calidad total que se originó en Japón bajo la orientación de W.E. Deming desde hace más de 40 años y que se constituye en lo que se conoce como el mejoramiento continuo. Surgió como un movimiento que buscaba la mejora de la calidad mediante la eliminación de obstáculos que impidan una producción eficiente. Su campo de aplicación es muy amplio ya que puede ser aplicado desde una línea de montaje de automóviles hasta el puesto de trabajo de un oficinista (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 48; Sayer y Williams, 2012, p.217).

Cuando un entorno de trabajo se encuentra sucio o desorganizado el trabajador pierde eficiencia en su actividad y su moral se ve afectada, disminuyendo su capacidad y productividad.

Esta estrategia de la manufactura esbelta lleva ese nombre porque representan 5 acciones que son principios expresados mediante palabras japonesas que empiezan con la letra S. Las 5 palabras son las siguientes (Blanco, 2007, p.1; Rajadell y Sánchez, 2010, p.217):

Seiri: Clasificar.

El clasificar significa identificar lo necesario para que un trabajador pueda realizar la tarea específica, teniendo a su alcance las herramientas y recursos necesarios para su trabajo. Los artículos, herramientas o demás objetos que no sean utilizados por el trabajador deben ser retirados de su puesto de trabajo, y los que sean utilizados de manera poco frecuente deben ser ubicados en un lugar específico para dichos artículos.

La aplicación de esta acción permite tener un lugar de trabajo ordenado, un control visual mejorado del trabajo y el uso adecuado de las herramientas, evitando errores en la manipulación de las mismas, posibles accidentes y disminución de tiempos de movimientos de los trabajadores. Además se incrementa la productividad en el uso del tiempo y una mejora en la calidad del producto ya que con un control visual mejorado se puede identificar más fácilmente posibles errores y prevenir defectos.

Seiton: Ordenar.

Ya que el lugar de trabajo se encuentra clasificado y se han retirado las cosas innecesarias se procede a ordenar los artículos necesarios dentro del lugar de trabajo. Cada herramienta o recurso debe tener un lugar específico para ubicarlo y debe estar listo para utilizarse, y debe estar correctamente señalizado, de tal forma que el trabajador sepa en qué lugar se encuentra cada cosa. Además, una vez utilizada una herramienta o recurso debe regresar a su lugar designado de tal forma de mantener el orden.

La aplicación de esta acción permite que los trabajadores tengan un acceso más rápido a herramientas y recursos. Se mejora la información del lugar de trabajo al contar con señalización más precisa y accesible. Se consigue liberar espacio, mejorar la estética del lugar de trabajo y mejorar el ambiente laboral, además de mejorar la seguridad ya que todo se encuentra etiquetado y señalizado, con cada cosa en su lugar asignado (Torres, 2009, p. 30).

Seiso: Limpieza.

Una vez que se consigue un lugar clasificado y ordenado el objetivo es mantenerlo limpio. La limpieza implica establecer una metodología que permita mantener el entorno de trabajo limpio y que en la rutina se incorpore la revisión de maquinaria en búsqueda de averías, fugas, etc. La limpieza entonces abarca un concepto más grande que el sólo mantener la estética del lugar, sino que busca identificar las fuentes de suciedad y contaminación, de tal forma que se pueda asegurar la calidad de los productos.

La aplicación de esta acción permite integrar la limpieza como una actividad diaria y parte del trabajo, convirtiendo esta actividad en un mantenimiento autónomo. Se

reduce los posibles accidentes, se reduce despilfarros de materiales y energía por fugas o escapes y mejora la calidad del producto (Torres, 2009, p. 32).

Seiketsu: Estandarizar.

Una vez conseguidas las tres acciones anteriores es necesario estandarizarlas, es decir, que se establezca un procedimiento, lugar y responsables para el aseguramiento de la correcta consecución de dichas acciones en lo posterior.

La aplicación de esta acción permite tener el método de mantener y aplicar las anteriores acciones: clasificar, ordenar y limpiar. De esta forma se puede tener un método de trabajo que se implementa, se ejecuta y que es verificable (Torres, 2009, p. 33).

Shitsuke: Disciplina.

Esta acción es muy importante dentro de las 5s, ya que de nada sirve el ejecutar las cuatro acciones restantes si dichas acciones no son mantenidas en el tiempo. Esta acción está enfocada en la creación de la cultura en el trabajo a través del mantenimiento de los procedimientos.

La aplicación de esta acción permite generar una cultura dentro de los trabajadores, manteniendo las 5s a través del tiempo, convirtiéndolas en un plan de mejora continua de la empresa o fábrica (Torres, 2009, p. 35).

1.4.Sistema de Producción Justo a Tiempo

“Justo a tiempo” (JAT), consiste en una filosofía de entrega de materiales o componentes en la línea de producción cuando son necesarios, y se utiliza principalmente para optimizar el sistema de producción. Muchas veces se lo limita a una herramienta de control de inventarios pero su aplicación puede llegar a ser más extensa (Fogarty, 1994, p. 324).

El sistema JAT no busca conseguir que los proveedores entreguen los pedidos con puntualidad sino más bien está enfocado en conseguir que se generen inventarios sólo cuando realmente son necesarios. Pero para ello este sistema debe considerar muchas variables dentro del sistema de producción, empezando desde los pedidos

de los clientes finales, ventas, insumos, capacidad de fábrica, tiempo de producción, tiempo de respuestas, etc., lo que hace que este sistema tenga sus dificultades el momento que quiere ser implementado, ya que exige una sistematización no solo de la línea de producción sino de todo el sistema de producción, comercialización, etc. (Dailey, 2003, p. 18).

El sistema JAT emplea lo que se denomina el “arrastre” del sistema, que significa que ningún proceso arranca hasta que el proceso que esta adelante se lo solicite, es decir la producción va de adelante hacia atrás, y cuando se realiza un requerimiento se utiliza toda la capacidad de manufactura para terminar y entregar el pedido en los plazos establecidos. Sin embargo existe sistemas en los que se debe realizar varios productos y se busca mantener siempre la capacidad de la fábrica utilizada al máximo y no es posible implementar el jale del sistema, sino que se utiliza lo contrario, el empuje del sistema, es decir se produce cantidades específicas de cada producto para mantener la capacidad de la fábrica utilizada al máximo. El empuje del sistema genera inventarios innecesarios pero hay que tomar en cuenta las características de los productos y cómo está definido el sistema de producción de cada fábrica, ya que en algunos casos son concebidas de esa manera y el implementar un sistema de jale resulta no viable (Gutiérrez, 2000, p.96; Womack y Jones, 2003, p.24).

Como se dijo anteriormente JAT va más allá de un sistema de control de inventario, ya que en su filosofía se considera la eliminación de desperdicios, considerando estos no solo a los inventarios no necesarios, sino también a todo aquello que no sea necesario para la producción, como horas extras, inventarios de seguridad, maquinaria subutilizada, material desperdiciado, etc. ya que es un sistema que busca simplificar el proceso de manufactura y considera como la pérdida más importante al exceso de producción (Gutiérrez, 2000, p. 130).

1.5.El sistema Kaisen

Kaisen o mejora continua, a diferencia de otras filosofías o herramientas no busca grandes cambios o cambios radicales, sino se centra en la aplicación de pequeñas mejoras, pero aplicadas continuamente, de tal forma que cada una aporte al cambio o mejora general del sistema (Ruiz, 2004, p. 365).

Kaisen viene de dos palabras japonesas: Kai que significa cambio, y zen que significa para mejorar, por lo que Kaisen es considerado un “cambio para mejorar, que interpretada como una filosofía se puede considerar como “mejoramiento continuo”. Así el mejoramiento continuo precisa un cambio en la cultura organizacional y laboral, ya que Kaisen involucra un cambio más extenso, involucrando mejores prácticas (Imai, 2001, p. 225).

Dicha mejora continua no solo involucra la mejora de calidad, o la reducción de desperdicios, sino involucra un cambio en la cultura de todos los integrantes de la organización, y es ahí donde toman importancia los trabajadores, ya que son ellos los que se encuentran en contacto directo con los procesos, y son precisamente ellos los que pueden ayudar a encontrar los problemas y soluciones para los problemas de los procesos en los que se desenvuelven. Los operarios entonces se convierten en aliados de la mejora continua comprometiéndolos en cada uno de sus puestos de trabajo.

La aplicación de Kaisen como una herramienta consta de cuatro pasos o etapas (Liker y Meier, 2005, p. 456):

- Verificación de la misión: que corresponde a la parte de planeación estratégica para su aplicación, es decir, establecer las actividades, responsables, plazos y demás cosas necesarias para la aplicación de Kaisen.
- Diagnóstico de la causa raíz: esta etapa corresponde a la identificación y diagnóstico de los problemas dentro de los diferentes procesos, así como de su análisis y determinación de la causa raíz o causa más probable.
- Solución de la causa raíz: una vez que se identificó la causa más probable o la causa raíz para los problemas encontrados se procede a establecer cuáles son las posibles soluciones a dichos inconvenientes. Tomando en cuenta las características de Kaisen, en donde no se busca hacer grandes cambios o invertir mucho dinero, se establece la solución más viable para combatir los problemas encontrados.
- Mantenimiento de resultados: es necesario llevar un control sobre los cambios realizados para verificar que las soluciones implementadas han combatido los problemas encontrados con anterioridad.

1.6.DMAIC Seis Sigma

La metodología o herramienta seis sigma actualmente tiene una nueva concepción, y se ha convertido en una estrategia para mejorar u optimar los resultados. Esta herramienta además de incluir una base estadística, incorpora criterios y elementos de la calidad total. Si bien el primer concepto de la estrategia se basa en disminuir la variabilidad de los datos y tratar de que los mismos estén más centrados a la media, hoy en día ese concepto es más amplio, usando dicho análisis como parte de un sistema de mejoras continuas, creando un bucle de mejoras (Membrado, 2013, p. 137).

En la figura 1.2 se muestra la estrategia DMAIC, siglas de las partes del bucle que representa seis sigma en la búsqueda de la mejora continua y la optimización de resultados.

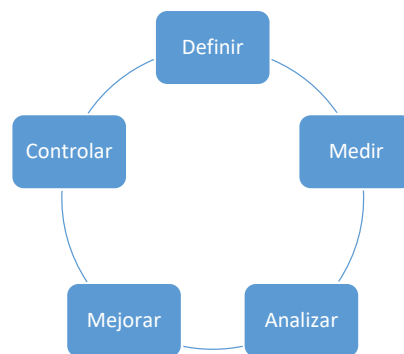


Figura 1.2 Ciclo DMAIC seis sigma

D: Definir. Este paso consiste en la identificar los requerimientos del proceso, delimitarlo e identificar los procesos críticos para la calidad.

M: Medir. Esta parte de la estrategia consiste en la medición del estado actual del desempeño del proceso o variable que afecta al mismo y la relación que guardan con los estados esperados por el cliente.

A: Analizar. Con los datos recolectados se procede a un análisis de los mismos y búsqueda de las causas raíces de los problemas y defectos encontrados.

I: Mejorar. Conocidas las causas raíces se procede a implementar soluciones, las mejoras o planes de mejoras para tener un impacto sobre las variables o procesos.

C: Controlar. Se debe validar que las soluciones funcionan. Se implementan controles para asegurar que las mejoras se mantengan a través del tiempo.

DMAIC seis sigma es una herramienta muy poderosa en procesos en los que se puede implementar soluciones rápidas y que tienen un impacto inmediato sobre el proceso o variable de interés, siempre que estas sean medibles y que se demuestre una variabilidad exagerada en su comportamiento (Membrado, 2013, p. 138).

2. METODOLOGÍA

2.1. Establecimiento de la cadena de valor

En primera instancia se revisó la situación actual de la empresa mediante la recopilación y análisis la información histórica de planta correspondiente a la información de la caracterización de los procesos que se presentaba en formatos extensos. Se realizó la observación directa de los procesos y sus problemas.

Una vez que se clarificó cuáles eran los procesos que intervenían en la producción, procesos primarios y secundarios, se estableció un esquema para representar la arquitectura de cada proceso con sus respectivas entradas, salidas, recursos y normas o parámetros.

Ubicando cada proceso y el flujo dentro de la producción, se estableció la cadena de valor de acuerdo a la importancia e impacto de cada proceso.

2.2. Identificación de la causa raíz de los problemas encontrados

Una vez identificados y establecidos los procesos que agregan valor al producto, es decir los procesos primarios de la cadena de valor, se identificó los problemas existentes en ellos, mediante una observación directa y entrevistas con los encargados de cada área de producción. Se priorizaron los mismos mediante el histórico de defectos y se analizó las posibles causas de cada uno de ellos.

Los problemas encontrados se tabularon de acuerdo a los siguientes criterios:

- Ubicación
- Observación
- Problema
- Desperdicio asociado
- Posible solución

Una vez que se identificaron los problemas se procedió a la aplicación de diagramas de causa efecto, herramienta común y sencilla pero muy poderosa, para la identificación de las posibles causas de dichos problemas.

Se observó que los procesos que causan las mayores mermas son los procesos de terminación y esmaltación, ya que una vez que las piezas fueron esmaltadas, un defecto en las mismas ya no puede ser recuperado o reprocesado, y dicho defecto se evidencia una vez que la pieza pasa por el horno, a la salida del cual la pieza debe ser destruida. Por dicha razón fue necesario una verificación más detallada de dichos procesos, específicamente en las presiones de aire comprimido con las que se trabaja en las cabinas de esmaltación y terminación. La información presentada corresponde a los datos de campo obtenidos mediante observación simple de los medidores de presión instalados en las cabinas. Para el caso de las cabinas de terminación existen dos medidores de presión: uno a cada lado de la cabina. Por otro lado en las cabinas de esmaltación existe sólo un medidor de presión de aire para cada cabina.

Los datos fueron tomados los días martes de cada semana durante dos meses, tomando tres mediciones diarias: a las 5pm, a las 6 pm y a las 7 pm en horario de producción, con la pistola correspondiente en uso. Se utilizaron dichos horarios y días debido a la restricción de acceso al proceso, ya que las medidas se las debía hacer de manera directa en planta.

2.3. Selección de las herramientas de manufactura esbelta e indicadores

Se propusieron las respectivas alternativas de solución para los problemas y desperdicios identificados. Se analizó la viabilidad y pertinencia de las diferentes soluciones y herramientas de manufactura esbelta que podían ser aplicadas en la planta, así como el impacto que tendrían sobre la calidad, desperdicios, mermas y productividad del sistema para implementarlas, y ayudar así con el cumplimiento de los objetivos de la planta.

Si bien se trabajó en la solución de problemas concretos, hay que mencionar que en una primera parte fue necesario el establecimiento de la cadena de valor. Su identificación es fundamental dentro de la manufactura esbelta ya que permite identificar los procesos en los que se debe trabajar para conseguir resultados evidenciables.

Luego de haber identificado la cadena de valor era necesario buscar los problemas existentes dentro de los procesos primarios de dicha cadena y sus posibles causas para poder trabajar sobre ellas. Utilizando los diagramas de causa efecto se logró identificar las causas más probables para cada uno de los problemas encontrados en las áreas de interés.

Para atacar los problemas y sus causas más probables fue necesario utilizar las herramientas de manufactura esbelta más conocidas y sencillas pero muy poderosas.

El Kaizen o mejora continua se estaba llevando a cabo en la planta pero sin una cadena de valor establecida, los esfuerzos por dicha mejora muchas veces no se veían reflejados de la manera que se esperaba.

La manera de aplicar Kaizen fue a través de planes de mejora individuales para cada problema encontrado, sin embargo, fue necesario incorporar algunas mejoras de los planes individuales dentro del plan general de la planta para que las mejoras planteadas puedan ser mantenidas a través del tiempo.

DMAIC seis sigma es una herramienta que permitió implementar mejoras rápidas en problemas concretos, generando una mejora de manera rápida. Esta herramienta se aplicó para los problemas encontrados en el proceso de esmaltación y terminación

Por otro lado, y debido a las características propias del sistema de producción de la planta, el sistema JAT no pudo ser aplicado, principalmente porque la programación de producción no respondía a un pedido específico sino que estaba diseñado de acuerdo a la tendencia de los productos y sus proyecciones de venta con una mezcla de productos específica, de acuerdo a la capacidad de planta instalada, tratando de maximizar el rendimiento de la misma.

Conjuntamente con el plan de acción se revisaron los indicadores existentes para verificar su coherencia y se establecieron los indicadores que permiten llevar un control sobre las mejoras y aplicación de las herramientas de manufactura esbelta que se implementaron.

Se midió y analizó los resultados a través de los indicadores establecidos, mediante

una comparación del estado anterior, actual y la evolución de los mismos a través del tiempo, para lo cual se utilizó la información histórica de la planta para poder realizar dicha comparación.

Hay que mencionar que para evaluar la productividad se utilizó un indicador denominado Rendimiento de fábrica. Se trabajó con los indicadores que se muestran y explican en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Indicadores para evaluación del impacto de mejoras

Variable relacionada	Nombre	Descripción	Relación	Unidad de medida	Frecuencia
Productividad	Rendimiento de fábrica	Este indicador permite evaluar la productividad general de la planta. Relaciona los insumos consumidos con los resultados obtenidos.	Relación de la cantidad de materia prima utilizada versus el número de piezas de producto final (cada pieza está cuantificada por un peso de la materia prima utilizada en ella)	kg piezas terminadas / kg materia prima utilizada = %	Semanal / mensual / anual
Calidad	Calidad OPM	Este indicador permite evaluar la calidad de las piezas OPM	Relación de productos conformes OPM versus el total de las piezas OPM producidas	# piezas OPM OK / # total piezas OPM = %	Semanal / Mensual
Calidad	Calidad acumulada	Este indicador permite evaluar la calidad general del total de las piezas producidas	Relación de productos conformes versus el total de las piezas producidas	# piezas OK / # piezas total = %	Semanal / mensual / anual
Calidad	Rotura OPM	Este indicador permite evaluar la calidad de las piezas OPM antes de ser cocidas y terminadas	Relación de piezas crudas conformes OPM versus el total de las piezas crudas OPM	# piezas OPM crudas OK / # total piezas crudas OPM = %	Semanal / mensual
Calidad	Rotura Acumulada	Este indicador permite evaluar la calidad general de todas las piezas antes de ser cocidas y terminadas	Relación de piezas crudas conformes versus el total de las piezas crudas producidas	# piezas OK / # total piezas = %	Semanal / mensual / anual

Tabla 2.2 Indicadores para evaluación del impacto de mejoras (continuación...)

Variable relacionada	Nombre	Descripción	Relación	Unidad de medida	Frecuencia
Eficiencia	Eficiencia OPM	Este indicador permite evaluar la eficiencia en la producción de piezas OPM	Relación de las piezas terminadas OPM OK que entran a bodega general versus la cantidad de piezas OPM llenadas en los moldes al inicio del proceso de fabricación	# piezas OPM OK bodega / # total piezas OPM llenadas en moldes = %	Semanal / mensual / anual

2.4. Planteamiento de mejoras y ajuste del plan de mejoras continuas

El procedimiento que se siguió en este trabajo, desde la determinación de los problemas hasta la manera de atacar a los mismos, fue incorporado como parte del plan general de mejora continua de la planta, con la implementación del instructivo del Anexo I. Se planteó que la aplicación de dicho procedimiento se debía hacer de manera semestral de la siguiente forma:

- El procedimiento debe ser aplicado en cada área de la planta.
- Con la colaboración directa de los trabajadores se deben identificar los problemas de cada área, pudiendo ser estos de cualquier índole: del entorno, de la maquinaria, procedimientos, personales, etc., para lo cual se puede utilizar en cada una de las áreas una encuesta o cualquier otra herramienta participativa, de modo de involucrar a todos los trabajadores del área. Si es el caso se debe establecer una planificación para la recolección de datos para evidenciar los problemas identificados.
- Los supervisores con sus colaboradores deben plantear los diagramas causa efecto para identificar la causa o causas más probables para cada problema.
- Establecer un plan de mejora individual para cada problema y su causa más probable.
- Llevar un registro del cumplimiento del plan y de la solución de problemas.

De acuerdo a la metodología descrita anteriormente se identificó los problemas y estableció los planes de mejora individuales para cada uno de ellos.

La implementación de mejoras estuvo constituido por un conjunto de planes de mejora individuales, destinados a atacar los problemas identificados, de acuerdo a los diagramas de causa - efecto respectivos y de las posibles causas de dichos problemas.

Para el planteamiento de dichos planes se siguió el esquema siguiente:

- Ubicación y detalle del problema: donde se detalla la ubicación del problema dentro de la planta y la breve descripción del mismo.
- Antecedentes y planteamiento del problema: donde se detalla las observaciones y problemática del proceso, así como sus consecuencias.
- Mejoras planteadas: donde se establecen los posibles cambios que se puede implementar para atacar el problema, de acuerdo al análisis causa efecto respectivo. Las mejoras planteadas se presentan con dos acápite, uno con las consideraciones para la planta en las condiciones en las que se encuentra y otro con las consideraciones o sugerencias a ser tomadas cuando se realice la ampliación de la planta que se tiene prevista.
- Sustento metodológico: donde se detalla la herramienta de manufactura esbelta que ayudaría en cada caso particular, así como el beneficio de la implementación de las mejoras planteadas.

2.5.Implementación de mejoras

Se verificó la pertinencia de la ejecución de la metodología y de los planes de mejora planteados, así como de su impacto sobre los indicadores seleccionados.

Se establecieron las acciones pertinentes de acuerdo al plan de mejora propuesto para conseguir un impacto sobre los indicadores a analizar.

2.6.Evaluación de las mejoras y su impacto

Para la evaluación del impacto de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, así como de los planes de mejora planteados, se realizó la comparación histórica y análisis de los indicadores que maneja la planta, como el indicador general de rendimiento de planta, indicadores de calidad e indicadores de rotura de piezas. Estos indicadores evidencian la relación de los insumos consumidos, en cuanto a materias primas, versus los resultados obtenidos por la planta, la calidad de los productos y la cantidad de desperdicios, respectivamente. La planta considera al indicador de rendimiento como el indicador para evaluar la productividad de la misma, ya que el principal instrumento para medir los insumos consumidos es por la cantidad de materia prima utilizada, y su producto final se contabiliza en número de piezas comercializables, ya que las no comercializables son consideradas como pérdida total, pues las piezas defectuosas no pueden ser reprocesadas y son destruidas. Por lo mencionado anteriormente, el indicador que se utilizó para analizar la productividad de la planta fue el denominado rendimiento de planta, que es el indicador que relaciona los insumos consumidos versus los resultados obtenidos. Hay que mencionar que se analizó los otros indicadores mencionados como indicadores complementarios, debido a que la calidad y las mermas del sistema son importantes para analizar el impacto de las herramientas y guardan relación con el indicador definido para la productividad y con los objetivos propios de las herramientas de manufactura esbelta.

Se mostraron los problemas en la ejecución y sostenibilidad en el tiempo de los resultados y del impacto de las mejoras en los indicadores, tomando en consideración los factores externos a los procesos, como el proceso de ampliación de la planta, ingreso de nuevos productos a las líneas de producción, importación de productos para su comercialización, etc., que afectaron los procesos y sus indicadores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Establecimiento de la cadena de valor

La planta trabaja los siete días de la semana durante todo el año, con una pequeña pausa al final de cada año de aproximadamente veinte días, en donde se realizan reparaciones y mantenimientos que no se pueden realizar con la planta en marcha. Sin embargo hay que mencionar que no todos los procesos tienen ese ciclo de actividad, ya que durante cinco días a la cada semana se realiza el colado de piezas, guardando un stock de piezas para el fin de semana, días en lo que no se realiza el colado de piezas y los moldes de recuperan. El stock de piezas extras, coladas y secas, sirve para seguir produciendo durante el fin de semana.

La producción estimada es de 1200 piezas por turno, tres turnos cada día. La producción se trata de una mezcla de diferentes modelos determinada de acuerdo a la planificación de producción.

Para el establecimiento de la cadena de valor se identificó en una primera instancia todos los procesos que intervienen en la fabricación de piezas sanitarias en la planta de sanitarios Franz Viegner Ecuador.

La determinación de la arquitectura de cada uno se identificó los recursos, entradas, salidas, y procedimientos para cada uno de ellos. Para establecer la arquitectura de los procesos se utilizó la caracterización de los procesos con la que contaba la empresa, se completó alguna información que faltaba y se procedió a trasladar la información a un formato gráfico para que dicha información sea más entendible y pueda ser publicada para los operarios de cada proceso.

Se identificó 21 procesos que se listan a continuación:

- Proceso de clasificación y empaque
- Proceso de colado
- Proceso de control de equipos y mediciones
- Proceso de control de producto no conforme
- Proceso de control, diseño y desarrollo para sanitarios
- Proceso de esmaltación

- Proceso de fabricación de accesorios laminados
- Proceso de fabricación de moldes
- Proceso de fabricación de matrices plásticas
- Proceso de fabricación de matrices yeso cemento
- Proceso Horno COEL
- Proceso Horno
- Proceso inspección y ensayos en recepción
- Proceso inspección y ensayo productos de primera
- Proceso materia prima
- Proceso parchado de piezas
- Proceso preparación de barbotina
- Proceso preparación de esmaltes
- Proceso recuperación de esmaltes
- Proceso recuperación de barbotina
- Proceso terminación.

Una vez que se identificó los procesos se determinó el flujo de procesos que interviene en la fabricación de las piezas sanitarias, es decir el orden y relación de los diferentes procesos individuales dentro de la fabricación de piezas sanitarias, como se puede observar en el anexo III. La representación de la arquitectura individual de cada proceso se realizó a partir de las plantillas de procesos con las que cuenta la empresa, así como con la observación directa y el registro de las diferentes actividades que intervienen en el proceso productivo.

Se realizó el esquema individual de cada proceso donde se incluyó las entradas, salidas, controles y recursos utilizados en cada uno de ellos, de acuerdo al esquema de la figura 1.1. En la figura 3.1 se puede observar a manera de ejemplo como se realizaron dichos esquemas de las arquitecturas de los diferentes procesos. Los esquemas de la arquitectura de todos los procesos identificados se encuentran en el anexo II.

Una vez determinados todos los procesos que intervienen en la fabricación se estableció y determinó la cadena o flujo de proceso general para la fabricación, con lo que se identificó los procesos que agregan valor y aquellos que no. Esto se

realizó bajo el consenso de todos los responsables de las diferentes áreas. El esquema de flujo de procesos se muestra en el anexo III.



Figura 3.1 Arquitectura de proceso "Horno"

Una vez obtenido el flujo de procesos se estableció la cadena de valor, donde se identificaron los procesos primarios y secundarios. En la figura 3.2 se puede observar el esquema con los procesos de la cadena de valor, y de acuerdo a la misma queda claro que los procesos primarios que conforman la cadena de valor son los procesos de matricería, yasería, preparación de barbotina, colado, terminación, esmaltación y hornos.

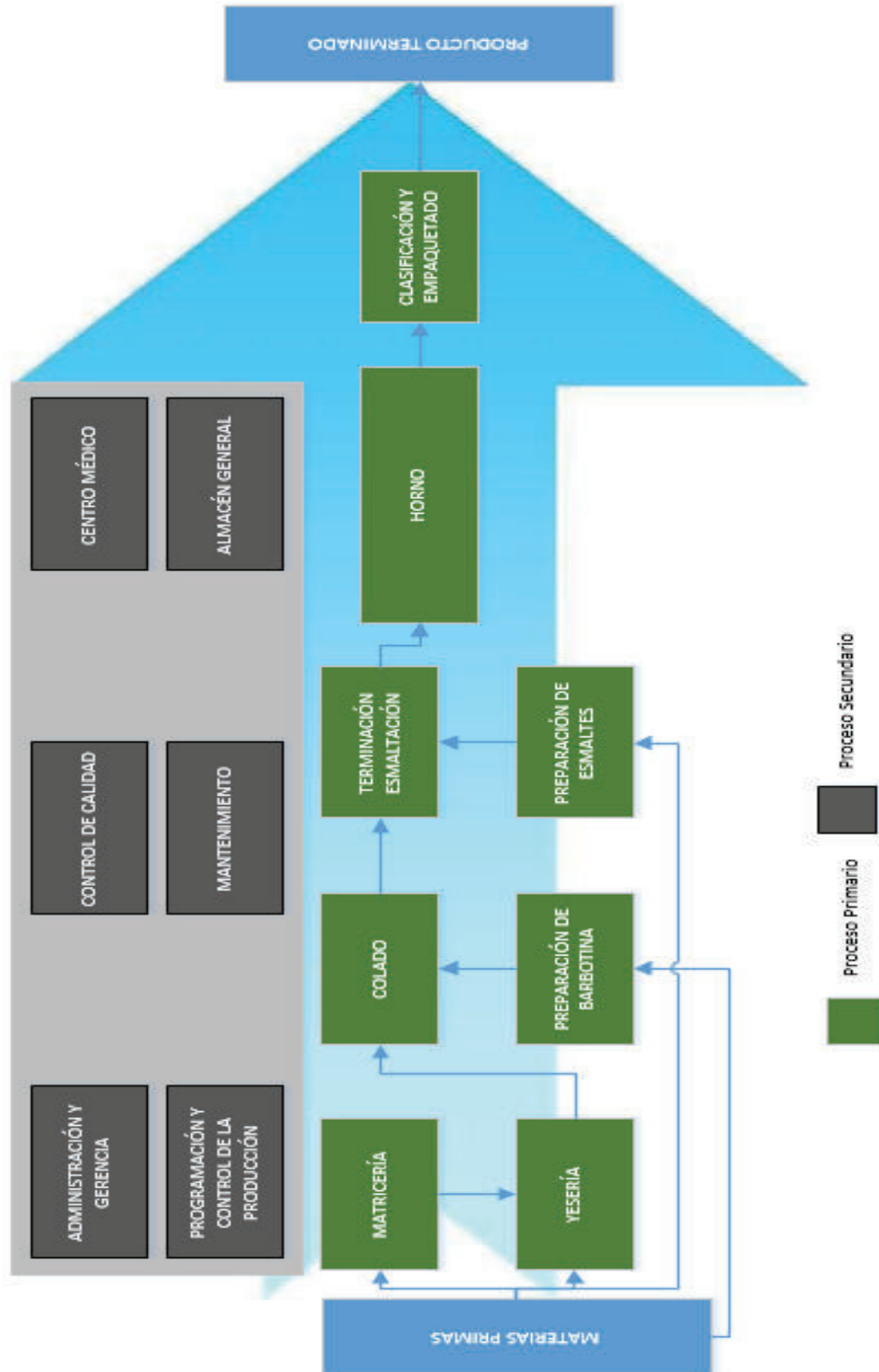


Figura 3.2 Cadena de valor de procesos planta sanitarios FV Ecuador

3.2. Identificación de la causa raíz de los problemas

3.2.1. Tabulación de los problemas

Luego de haber establecido la cadena de valor y los respectivos procesos primarios de la producción, se identificó y tabuló los problemas encontrados dentro de dichos procesos. El resultado de dicha identificación se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Listado de problemas encontrados por sección de fábrica

Sección	Observación	Problema	Desperdicio asociado	Posible solución
Matricería / yasería	Las dos áreas se encuentran juntas sin ningún tipo de separación. El área de yasería hace mucho ruido y desconcentra a los operarios de matricería.	1.- Defectos en las piezas, es necesario un trabajo adicional para eliminar los defectos. Se demoran más de lo planificado en la construcción de las matrices.	Defectos / tiempo de espera	Reubicar o separar las dos zonas para que puedan realizar el trabajo de mejor manera y que los operarios puedan mantener la concentración.
Colado	La barbotina se inyecta a los moldes a través de 3 líneas principales de distribución. Las líneas no fueron planificadas de buena manera. El abastecimiento de barbotina no es uniforme por las diferentes líneas.	2.- Defectos por el mal llenado de piezas.	Defectos	Reubicar las líneas de distribución de barbotina.
	Una vez que se tiene las piezas desmoldadas se procede a lavarlas y recortarlas. No todas las líneas tienen un sistema de ventilación para las piezas desmoldadas.	3.- Defectos de calidad en piezas por el proceso de secado para el desmoldeo.	Proceso inadecuado / Defectos	Implementar el sistema de ventilación en todas las líneas de desmoldeo de piezas.

Tabla 3.1 Listado de problemas encontrados por sección de fábrica (continuación...)

Sección	Observación	Problema	Desperdicio asociado	Posible solución
Terminación	El suministro de aire es variable de 35 a 50 psi. La presión de suministro de aire no es constante, por lo que cada operario debe calcular sus movimientos para tratar de conseguir un acabado uniforme.	4.- Defectos en piezas por un mal proceso de terminación.	Defectos	Instalar un sistema regulado de presión de aire para cada cabina.
	Uno de los problemas del sector es la temperatura que afecta a los operarios, provocándoles cansancio.	5.- Defectos y tiempos más largos en el trabajo de piezas.	Sobre procesamiento / tiempo de espera	Reubicar la zona de terminación o implementar un sistema de ventilación.
	Los operarios deben jalar los coches desde colado buscando el mix de PCP.	6a.- Pérdida de tiempo en el transporte y ubicación de piezas para el proceso.	Transporte / Tiempo de espera	Definir el lugar de parqueadero de cada tipo de pieza que sale de colado. Definir stocks mínimos y máximos de cada tipo de pieza en el parqueadero.
Esmaltación	La presión de suministro de aire debe ser mayor a 70 psi. La presión de suministro no es constante por lo que cada operario debe ajustar sus movimientos para tratar de conseguir un acabado uniforme.	7.- Defectos en piezas por problemas en el proceso de esmaltación.	Defectos	Instalar un sistema regulado de presión de aire para cada cabina.
	Las cabinas se limpian cada mes y medio o dos meses.	8.- Proceso de limpieza de las cabinas no estandarizado.	Proceso inadecuado / Defectos	Definir un tiempo de ciclo estándar para limpiar las cabinas.

Tabla 3.1 Listado de problemas encontrados por sección de fábrica (continuación...)

	Observación	Problema	Desperdicio asociado	Posible solución
	Las piezas esmaltadas se colocan de nuevo en el coche y una vez completo se moviliza al parqueadero del horno. No existe definido el lugar por tipo de pieza dentro del parqueadero. Los coches se colocan donde haya espacio.	6b.- Pérdida de tiempo en el transporte, ubicación y selección de piezas esmaltadas.	Transporte / Tiempo de espera	Definir el lugar de parqueadero de cada tipo de pieza que sale de esmaltación. Definir stocks mínimos y máximos de cada tipo de pieza en el parqueadero.
Preparación de esmaltes	Se realizan pruebas para colores nuevos. Los operarios del área se sienten desplazados porque llegan y miran cosas nuevas y no saben nada, lo que provoca una falta de compromiso con el área.	9.- Inconformidad de los operarios con la forma en que se lleva el proceso.	Proceso inadecuado	Crear una cartelera para avisos varios e incluir fotografías o muestras de los productos en desarrollo para que todos sepan lo que se está realizando.

3.2.2. Diagramas causa efecto de problemas encontrados

Se aplicó un diagrama causa efecto para cada problema, excepto para el problema de parqueaderos intermedios del área de terminación y esmaltación, ya que al ser un mismo parqueadero el problema fue el mismo, por lo que se estableció un diagrama causa efecto a manera general para el problema de parqueaderos intermedios.

En los diagramas se colocó el efecto como una consecuencia de cada problema encontrado en cada área.

La figura 3.3 muestra el diagrama causa efecto para el área de matricería/yasería correspondiente al problema 1 de la tabla 3.1. Se analizó dicho diagrama y se obtuvo que la causa raíz para este caso resultó ser que los operarios no utilizaban

todo el tiempo los elementos de protección personal. Si bien las máquinas realizan ruido durante su funcionamiento, y la distribución de la planta no tiene un área separada para los operarios de matricería y los de yesería, quedó claro que no tendrían dicho inconveniente si los trabajadores utilizaran los elementos de protección personal, en específico las orejeras, de la manera correcta y durante todo el tiempo que permanecen en el área de trabajo.

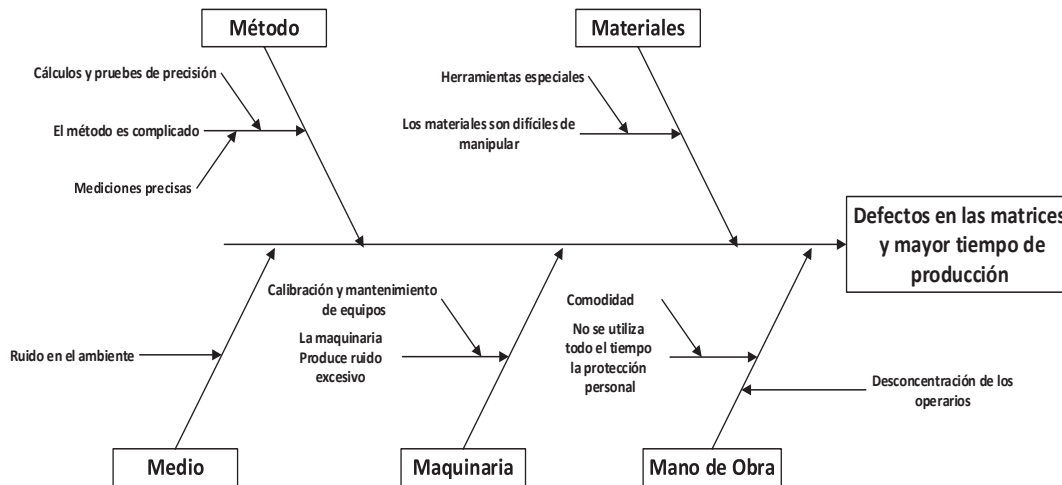


Figura 3.3 Diagrama causa - efecto para el problema 1

La figura 3.4 y la figura 3.5 muestran los diagramas causa efecto para los problemas 2 y 3 encontrados en el área de colado mostrados en la tabla 3.1. Para el caso del problema concerniente a los defectos causados por una mala inyección de barbotina en los moldes, se identificó que la causa raíz para dicho inconveniente corresponde a la mala planificación del circuito de tuberías que alimenta a las líneas de llenado de moldes, ya que se sigue estrictos controles de calidad para asegurar las mejores características del material, la barbotina, y los procedimientos para el llenado de moldes son claros.

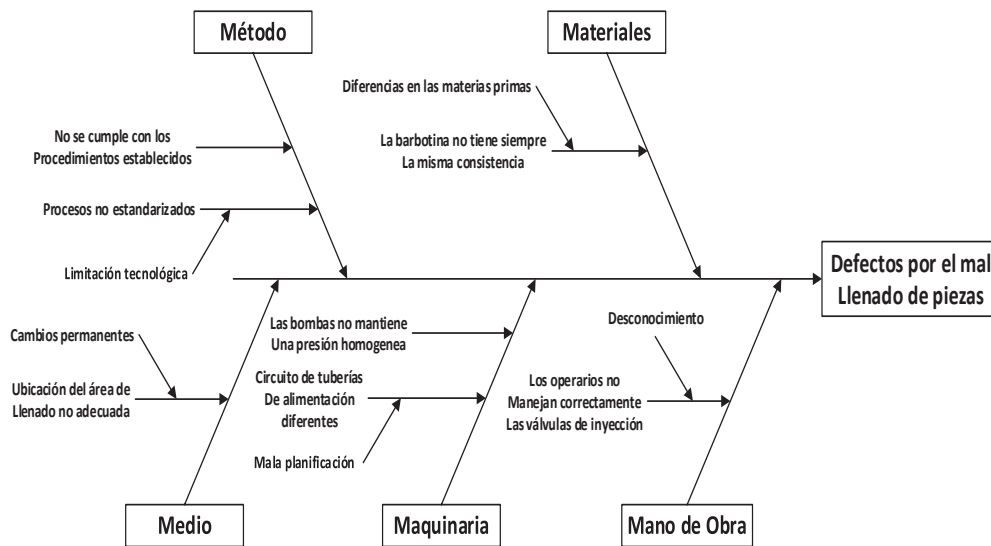


Figura 3.4 Diagrama causa - efecto para el problema 2

Para el caso del problema relacionado con los defectos debido al procedimiento de secado de piezas para el desmoldeo de las mismas, se identificó que la causa raíz corresponde a que no todas las líneas de moldes constan con el sistema de ventilación, esto debido básicamente a una falta de presupuesto para implementar dicho sistema en las demás líneas.

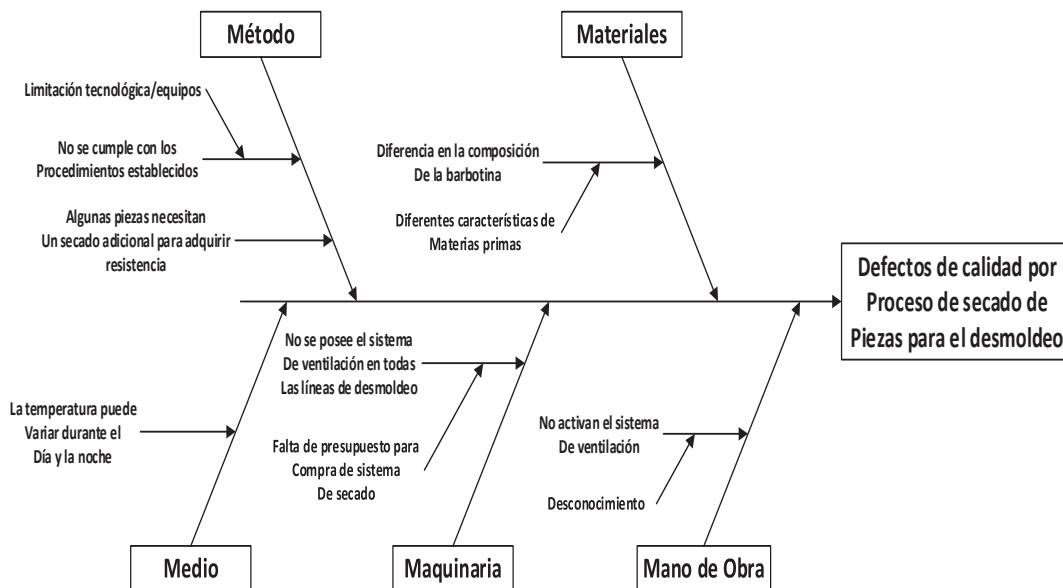


Figura 3.5 Diagrama causa - efecto para el problema 3

La figura 3.6 y la figura 3.7 muestran los diagramas causa efecto para los problemas 4 y 5 encontrados en el área de terminación indicados en la tabla 3.1. Con respecto los defectos derivados de la presión de aire en las cabinas de terminación, se identificó que la causa raíz se debe al sistema de aire comprimido, ya que es único para toda la planta, y la demanda de aire en las diferentes áreas de la planta provocaba que las cabinas tuvieran variación en la presión. Además las válvulas no eran revisadas y ajustadas periódicamente para mantener la presión deseada para el proceso.

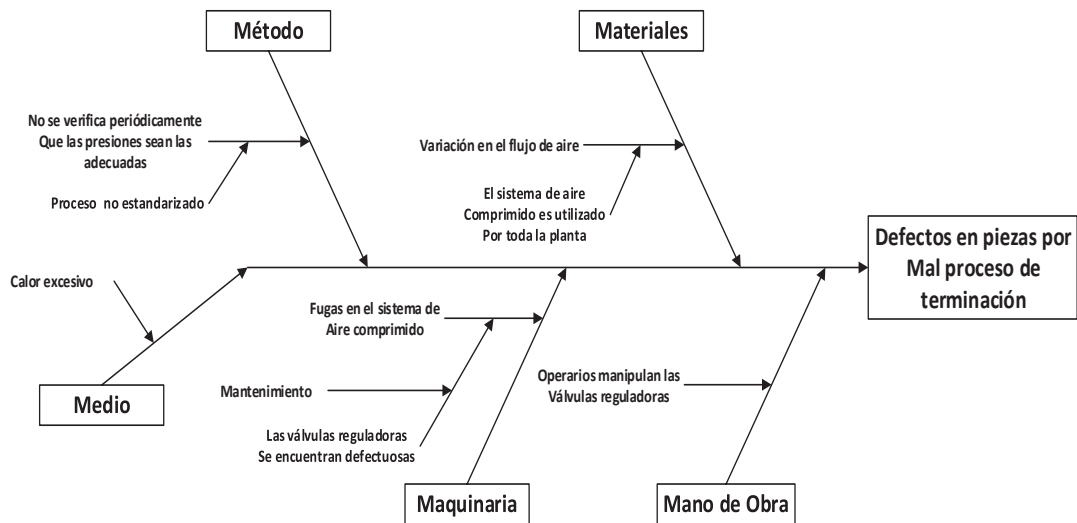


Figura 3.6 Diagrama causa - efecto para el problema 4

Para el caso de los defectos ocasionados a partir de las condiciones ambientales de temperatura elevada en el área de terminación, más de 25 grados centígrados, que provocaba un cansancio excesivo en los operarios, se determinó que la causa más probable para este problema consistía en la ubicación física de dicha área dentro de la planta ya que se encontraba junto al área del horno.

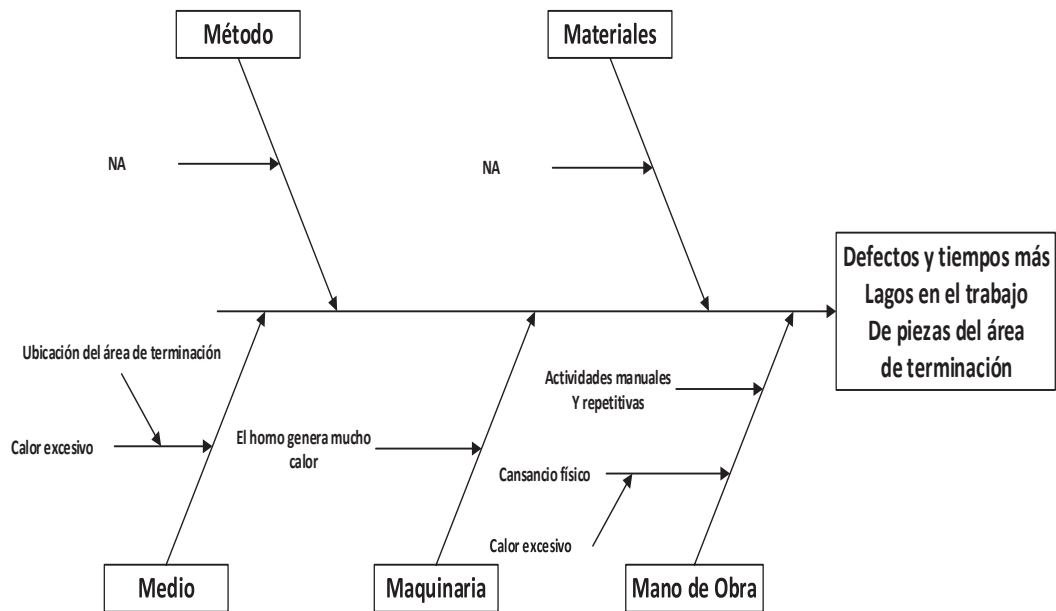


Figura 3.7 Diagrama causa - efecto para el problema 5

La figura 3.8 y la figura 3.9 muestran los diagramas causa efecto para los problemas 7 y 8 encontrados en el área de esmaltación como se indican en la tabla 3.1.

Para el problema del área de esmaltación, respecto a los defectos en las piezas debido a la presión de aire en las cabinas, se llegó a la conclusión que forma parte de la misma causa raíz del problema con la presión de aire en el área de terminación, es decir que el sistema de aire comprimido es compartido por toda las áreas de la planta y que no se realiza un mantenimiento y ajuste periódico para asegurar las presiones necesarias en las cabinas del área.

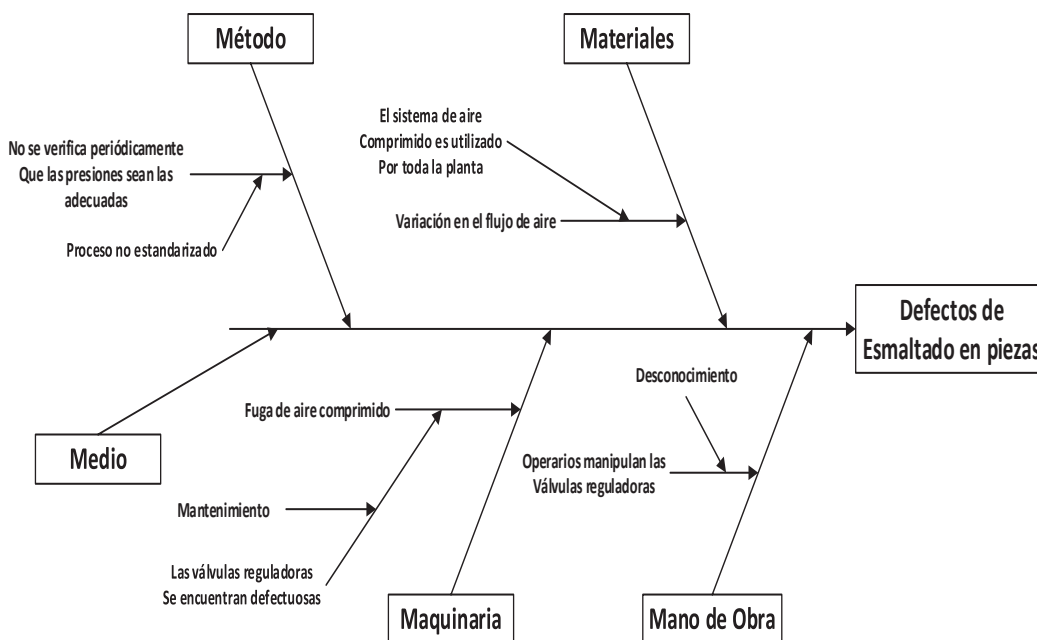


Figura 3.8 Diagrama causa - efecto para el problema 7

En el caso de los defectos debidos al proceso de limpieza de las cabinas de esmaltación y a la acumulación de esmalte en las cabinas, se identificó que la causa raíz se debe a que no constaba en el procedimiento de recolección de esmalte recuperado la periodicidad con la que este procedimiento debía ser llevado a cabo.

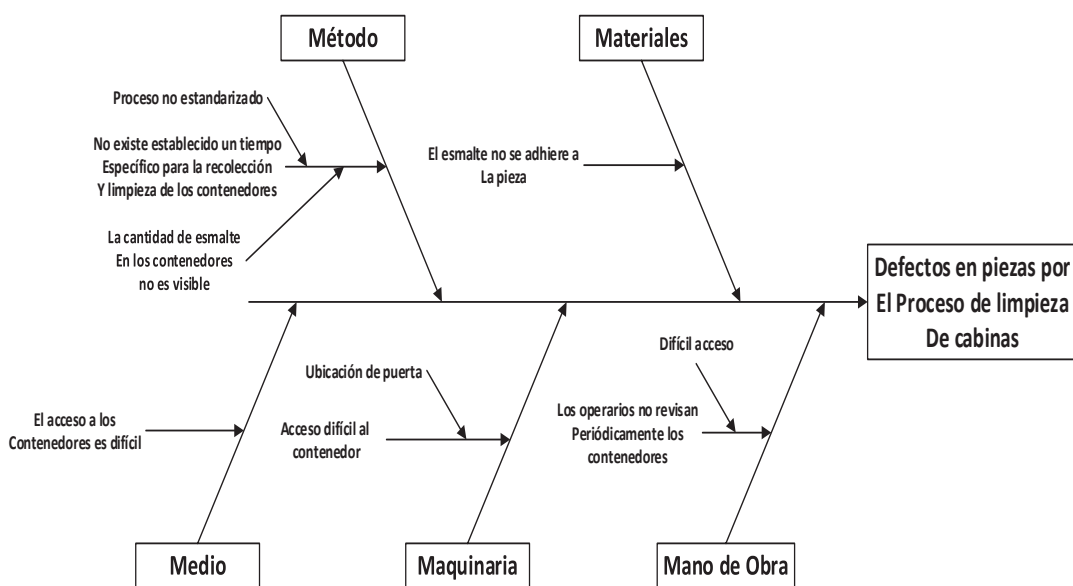


Figura 3.9 Diagrama causa - efecto para el problema 8

La figura 3.10 muestra el diagrama causa efecto para el área de preparación de esmaltes, correspondiente al problema 9 de la tabla 3.1.

Para el caso del problema de descontento de los operarios en el área de preparación de esmaltes, fue claro que la causa más probable para dicho inconveniente era la falta de una comunicación oportuna por parte de los supervisores o encargados hacia los demás operarios, y la falta de un medio para dicha comunicación oportuna.

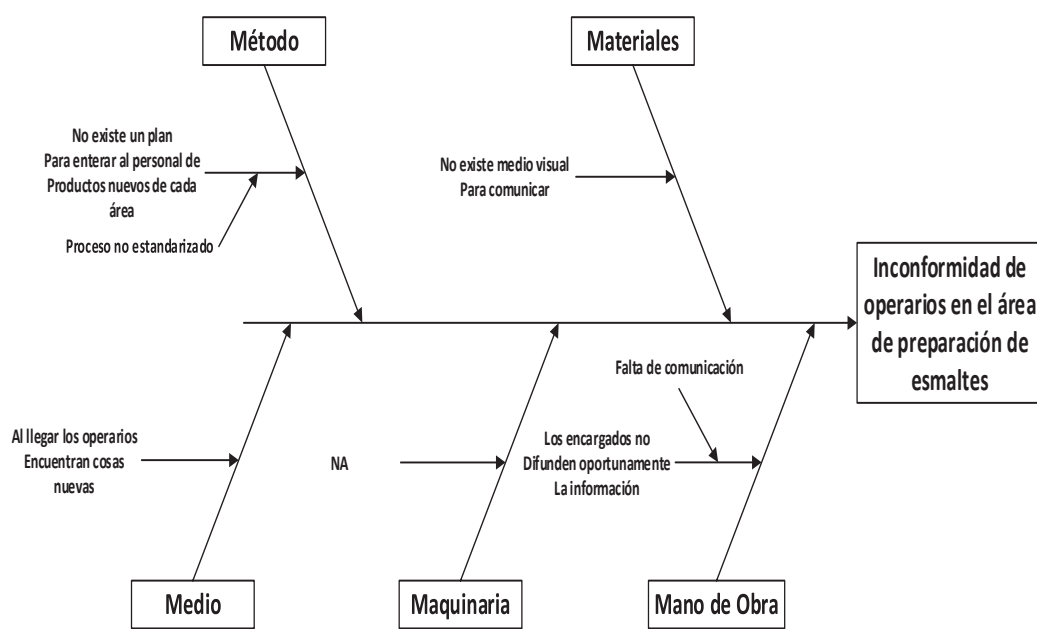


Figura 3.10 Diagrama causa - efecto para el problema 9

Para el caso del problema 6a y 6b se sintetizó en uno solo diagrama de causa efecto, por la naturaleza del mismo. Se identificó que causa raíz corresponde a la falta de espacio físico para la ubicación de los coches con las piezas en espera. Este inconveniente derivaba en otro, que consiste en que como no se tiene suficiente espacio, no se puede establecer lugares específicos para cada tipo de pieza y para optimizar el espacio disponible se llenaba todos los espacios posibles, lo que provocaba en ocasiones que los operarios tuvieran que movilizar muchos coches para poder sacar los requeridos.

La figura 3.11 muestra el diagrama causa efecto del problema referente a los parqueaderos intermedios, que corresponde al problema 6 a y 6b de la tabla 3.1.

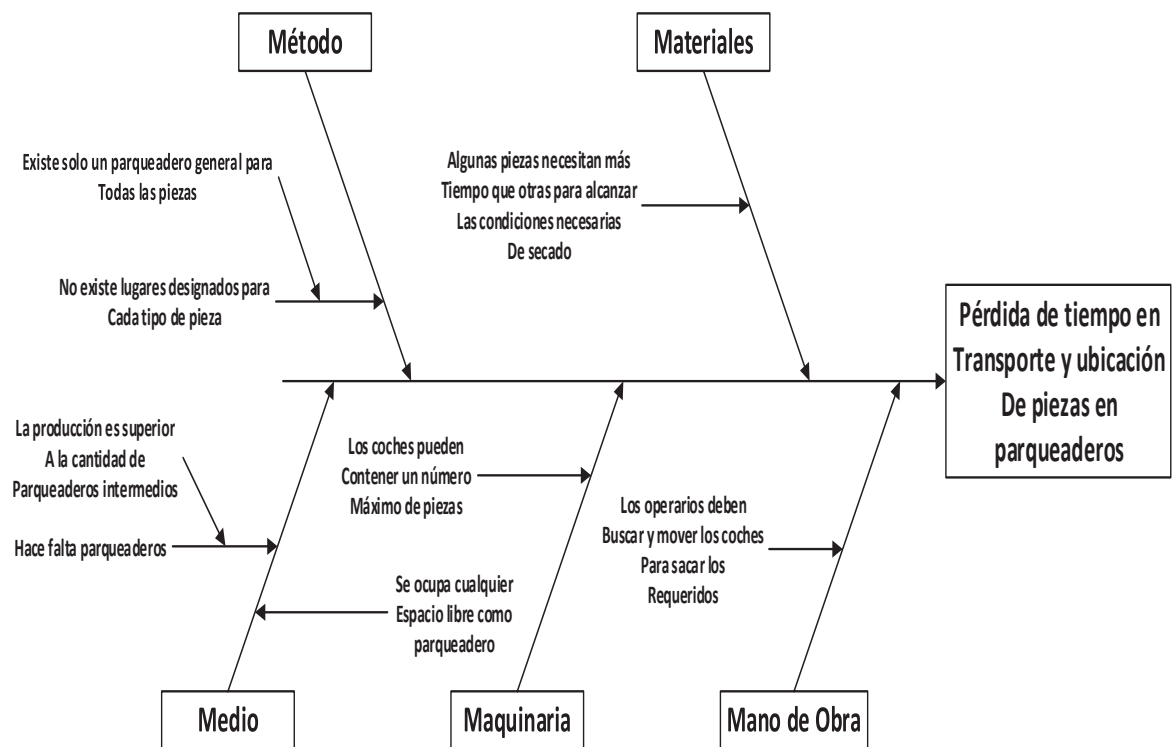


Figura 3.11 Diagrama causa - efecto para el problema 6a y 6b

Luego de revisado el diagrama causa efecto para los problemas 6a y 6b es necesario una evaluación 5's para poder evidenciar las falencias en los procesos involucrados. El resultado de dicha evaluación inicial sirvió como base para el plan de mejoras correspondiente así como para el planteamiento del diseño de parqueaderos complementario. La evaluación inicial 5's para el proceso de terminación y esmaltación, concerniente al movimiento de coches y parqueaderos intermedios se muestra en el anexo IV y V. Los resultados de dicha evaluación inicial y los puntajes alcanzados se encuentran en la tabla 3.2 y la tabla 3.3.

Tabla 3.2 Resultado auditoría inicial 5's terminación

RESULTADO AUDITORÍA 5S TERMINACIÓN	
Criterio	Puntaje
Clasificar	12
Ordenar	10
Limpieza	16
Estandarizar	14
Disciplina	13
TOTAL	65

Tabla 3.3 Resultado auditoría inicial 5's esmaltación

RESULTADO AUDITORÍA 5S ESMALTACIÓN	
Criterio	Puntaje
Clasificar	13
Ordenar	11
Limpieza	16
Estandarizar	14
Disciplina	13
TOTAL	67

Como se puede observar las evaluaciones iniciales 5's no alcanzaron una puntuación mínima de 80/100, por lo que es necesario plantear un plan de mejora para dichos problemas.

3.2.3. Análisis de presiones en cabinas de terminación

Para la verificación del problema y poder evidenciar su magnitud o gravedad se procedió a la medición directa de las presiones en las tres cabinas de terminación. Cada cabina tiene dos medidores: una en el lado izquierdo (LI) y otra en el lado derecho (LD).

De acuerdo al instructivo del proceso de terminación la presión de aire comprimido para la utilización de las pistolas debe estar entre 35 y 50 psi.

En la tabla 3.4 se muestran los datos obtenidos de las presiones en las cabinas del proceso de terminación.

Para poder visualizar de mejor manera la variación en las presiones de las cabinas se procedió a realizar los gráficos respectivos con los datos obtenidos. En la figura 3.12 se muestra el comportamiento de la presión para la cabina 1 de terminación.

Tabla 3.4 Presiones en cabinas del área de terminación

N°	TERMINACIÓN (psi)					
	C1LI	C1LD	C2LI	C2LD	C3LI	C3LD
1	42	45	50	40	65	55
2	60	46	50	55	55	45
3	60	52	45	50	55	55
4	60	36	50	40	65	55
5	60	38	50	38	65	55
6	60	48	65	60	54	62
7	60	52	45	50	55	55
8	60	40	50	50	65	50
9	60	46	50	45	65	55
10	60	48	55	60	65	60
11	60	46	50	50	65	50
12	60	46	50	50	65	55
13	60	46	50	45	65	55
14	60	48	55	60	65	55
15	60	44	50	50	65	50
16	60	46	50	50	65	55
17	60	46	50	45	65	55
18	60	46	50	45	65	55
19	60	48	55	60	65	58
20	60	44	50	50	65	50
21	60	46	50	50	62	55
22	60	46	50	40	50	55
23	60	44	65	50	50	60
24	60	48	72	60	54	62
PROMEDIO	59,25	45,63	52,38	49,71	61,46	54,88
PROMEDIO	52,44		51,04		58,17	
PROMEDIO	53,88					

El lado izquierdo de la cabina 1 tiene una presión de aire promedio de 59,25 psi.

El lado derecho de la cabina 1 tiene una presión de aire promedio de 45,63 psi.

En la cabina de terminación 1 existe una diferencia promedio de 13,63 psi entre el lado derecho e izquierdo de la cabina.

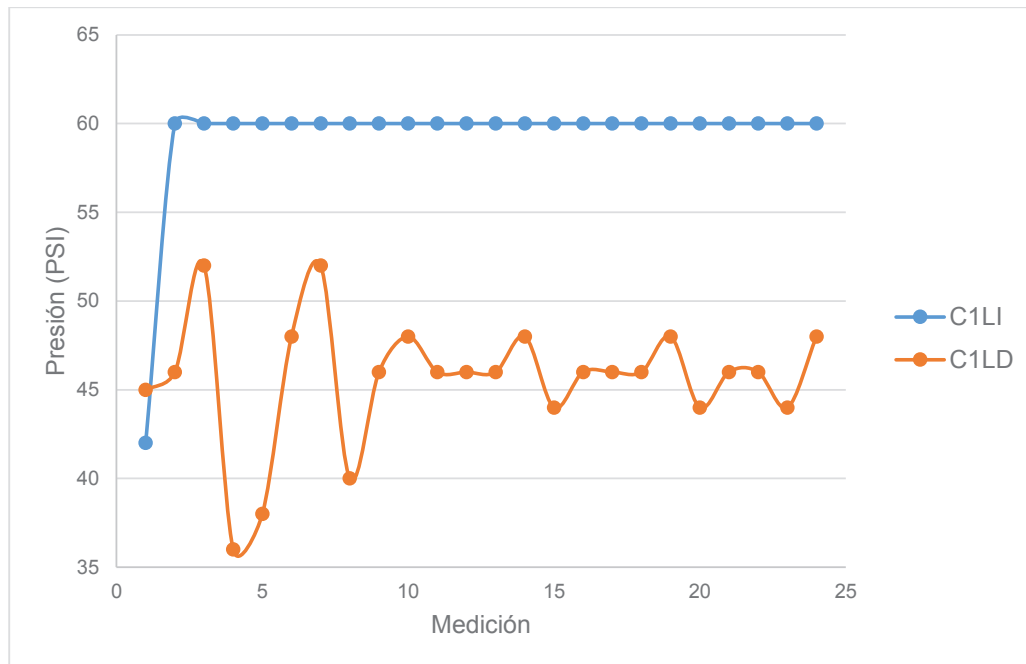


Figura 3.12 Presiones en la cabina 1 del área terminación

El lado izquierdo de la cabina 1 no muestra ninguna variación debido a que no existe conectada una pistola de aire en dicha posición. Analizando entonces el lado izquierdo de la cabina se observa una variación de 5 psi alrededor del valor promedio.

Tabla 3.5 Estadística de datos de la cabina de terminación 1

ESTADÍSTICA	VALOR
Tamaño de la muestra	24
Rango	16
Media	45,63 psi
Varianza	13,11 psi^2
Desviación estándar	3,62 psi

Para el análisis estadístico de la cabina 1 de terminación se tomó en cuenta solo los datos correspondientes al lado derecho de la misma ya que como se mencionó anteriormente en el lado izquierdo no se tiene conectado una pistola. De acuerdo a los datos de la tabla 3.5 se puede observar que la desviación estándar se encuentra por sobre los 3,5 psi.

En la figura 3.13 se observa la variación de las presiones en la cabina 2.

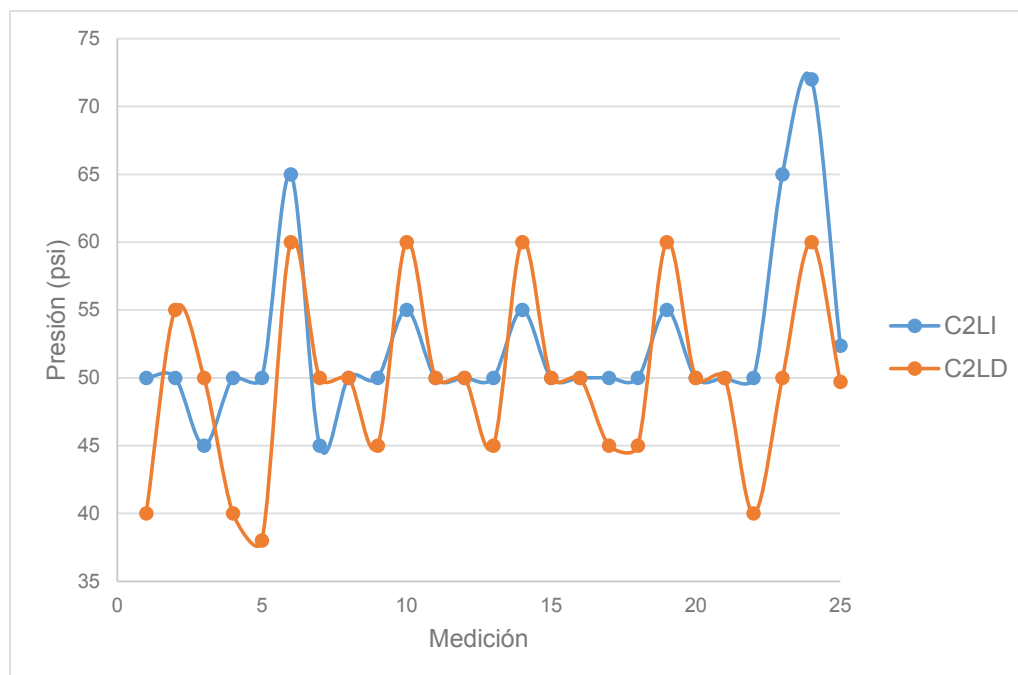


Figura 3.13 Presiones en la cabina 2 del área de terminación

El lado izquierdo de la cabina 2 tiene una presión de aire promedio de 52,38 psi y el lado derecho de la cabina 2 tiene una presión de aire promedio de 49,71 psi.

En la cabina de terminación 2 existe una diferencia promedio de 2,67 psi entre el lado derecho e izquierdo de la cabina, lo que no representa una variación significativa en la cabina.

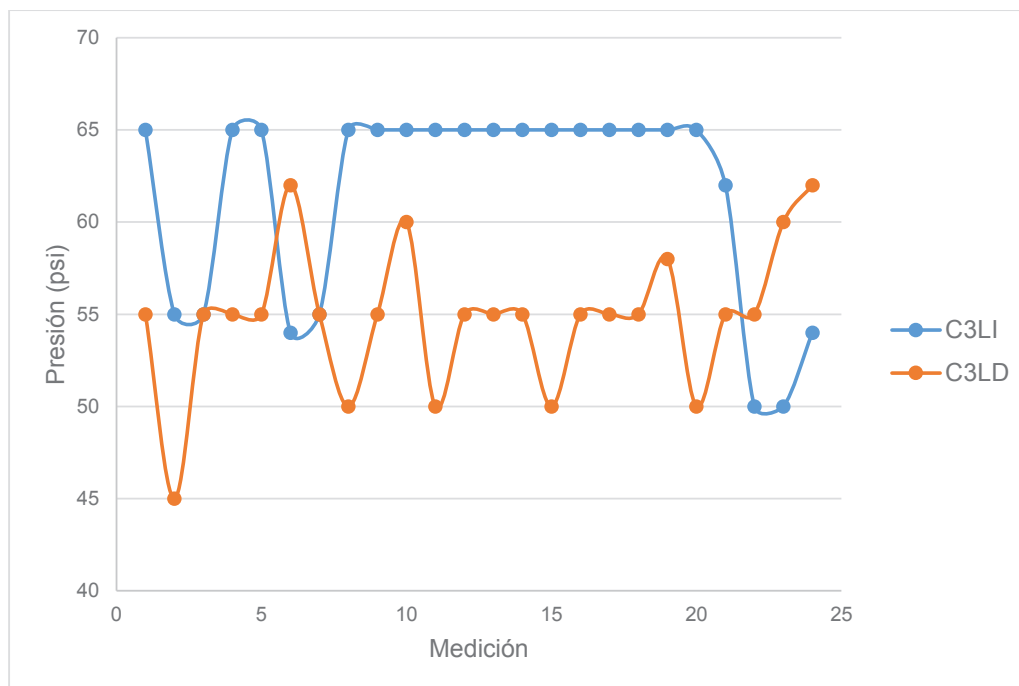
Existe una variación con picos que se desvían del promedio de la cabina en alrededor de 10 psi, especialmente en el lado derecho de la cabina.

Tabla 3.6 Estadística de datos de la cabina de terminación 2

ESTADÍSTICA	VALOR
Tamaño de la muestra	48
Rango	34
Media	51,04 psi
Varianza	44,17 psi^2
Desviación estándar	6,65 psi

De acuerdo a tabla 3.6, se puede observar que en este caso la desviación estándar es cercana al doble de la desviación que presenta la cabina 1, con un valor de 6,65 psi. La varianza es cercana al valor de la media, evidenciando que existe una variación importante en las presiones de la cabina.

Para analizar el comportamiento de las presiones en la cabina 3 se puede observar la figura 3.14.

**Figura 3.14** Presiones en la cabina 3 del área de terminación

El lado izquierdo de la cabina tiene una presión de aire promedio de 61,46 psi y el lado derecho de la cabina tiene una presión de aire promedio de 54,88 psi, es decir que existe una diferencia promedio de 6,58 psi entre el lado derecho e izquierdo de la cabina.

Tabla 3.7 Estadística de datos de la cabina de terminación 3

ESTADÍSTICA	VALOR
Tamaño de la muestra	48
Rango	34
Media	58,17 psi
Varianza	33,55 psi^2
Desviación estándar	5,79 psi

Como se puede observar en la tabla 3.7, la varianza y desviación estándar tienen valores igualmente altos, como en el caso de la cabina 2. La desviación estándar es cercana a los 6 psi.

Si bien en las cabinas de terminación la presión de aire sirve para soplar las piezas, la misma no es tan crítica como en el caso de las cabinas de esmaltación. Sin embargo si se desea tener un proceso estandarizado sería necesario garantizar un rango adecuado para las presiones de las cabinas. La diferencia de las presiones entre los lados de la misma cabina no debería diferir la una con la otra.

El promedio de presión de aire en las cabinas de terminación es de 53,88 psi. Hay que validar si dicha presión es adecuada para el proceso y si se encuentra dentro de un rango aceptable para el trabajo.

3.2.4. Análisis de las presiones en cabinas de esmaltación

Los datos obtenidos para el área de esmaltación se muestran en la tabla 3.8.

De acuerdo al instructivo del proceso de esmaltación la presión de aire comprimido para la utilización de las pistolas en las cabinas debe ser mayor a 70 psi.

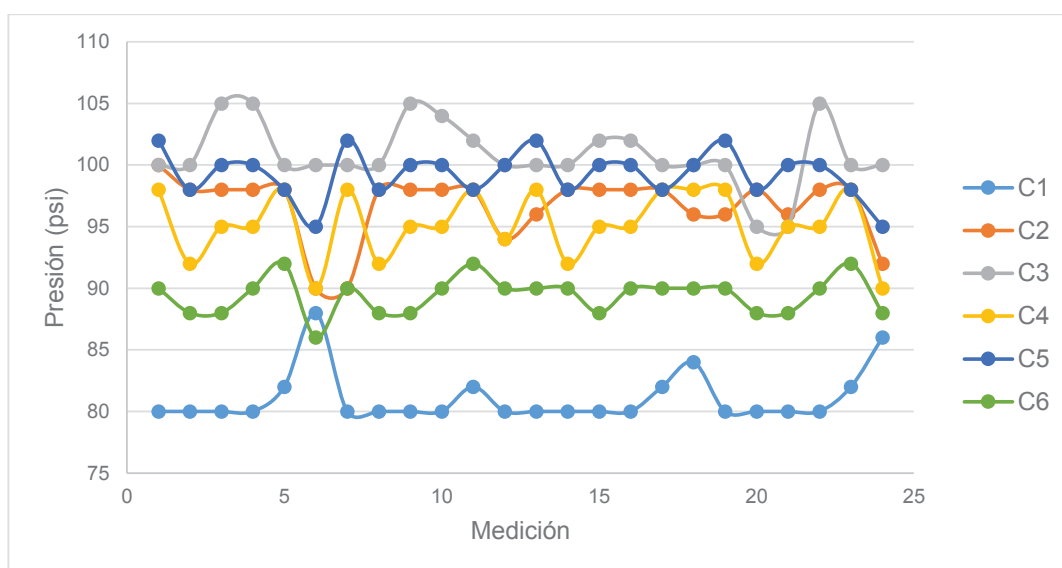
Tabla 3.8 Presiones en las cabinas del área de esmaltación

N°	ESMALTACIÓN					
	C1 (psi)	C2 (psi)	C3 (psi)	C4 (psi)	C5 (psi)	C6 (psi)
1	80	100	100	98	102	90
2	80	98	100	92	98	88
3	80	98	105	95	100	88
4	80	98	105	95	100	90
5	82	98	100	98	98	92
6	90	90	100	90	95	82
7	80	90	100	98	102	90

Tabla 3.8 Presiones en las cabinas del área de esmaltación (continuación...)

N°	C1 (psi)	C2 (psi)	C3 (psi)	C4 (psi)	C5 (psi)	C6 (psi)
8	80	98	100	92	98	88
9	80	98	105	95	100	88
10	80	98	105	95	100	90
11	82	98	100	98	98	92
12	80	90	100	90	100	82
13	80	96	100	98	102	90
14	80	98	100	92	98	90
15	80	98	105	95	100	88
16	80	98	105	95	100	90
17	82	98	100	98	98	92
18	84	90	100	90	100	90
19	80	96	100	98	102	90
20	80	98	95	92	98	88
21	80	96	95	95	100	88
22	80	98	105	95	100	90
23	82	98	100	98	98	92
24	90	90	100	90	95	82
PROMEDIO	81,33	96,17	101,04	94,67	99,25	88,75
PROMEDIO	93,54					

En la figura 3.15 se puede ver la representación de las presiones en las diferentes cabinas de esmaltación.

**Figura 3.15** Presiones en las cabinas del área de esmaltación

El promedio mínimo en las cabinas de esmaltación corresponde a la cabina 1 con 81,33 psi, mientras el promedio máximo en cabinas se encuentra en la cabina 3 con 101,04 psi, es decir que existe una diferencia de 19,71 psi entre dichos promedios. Esmaltar una pieza con una pistola trabajando a 80 psi es diferente que hacerlo a una presión de 100 psi, ya que el esmalte soplado es diferente en cada caso.

Tabla 3.9 Datos estadísticos de las presiones de cabinas de esmaltación.

CABINA / ESTADÍSTICA	TAMAÑO DE MUESTRA	RANGO	MEDIA	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Cabina 1	24	10	81,33	8,23	2,87
Cabina 2	24	10	96,17	11,10	3,33
Cabina 3	24	10	101,04	8,65	2,94
Cabina 4	24	8	94,67	8,93	2,99
Cabina 5	24	7	99,25	3,67	1,92
Cabina 6	24	10	88,75	8,63	2,94

La presión de aire en las cabinas es fundamental para el correcto esmaltado de las piezas, y tiene una incidencia directa sobre la calidad final de las piezas, por lo que llevar un control estrecho sobre esta variable ayuda a estandarizar la calidad del esmaltado y por ende de la calidad final de las piezas, ya que la presión en las cabinas está directamente relacionado con la cantidad de esmalte aplicada a las piezas. Los datos estadísticos de las presiones de las cabinas de esmaltación se muestran en la tabla 3.9.

Si bien se especifica que para las cabinas de esmaltación el requerimiento es que la presión sea superior a 70 psi para poder trabajar, existe una gran variación entre las presiones de todas las cabinas, de acuerdo a la varianza y desviación estándar de la tabla 3.7. Si tomamos como referencia el promedio general de las cabinas de esmaltación que tiene un valor de 93.54 psi, las presiones promedio de cada cabina se encuentran dentro del rango de $\pm 10\%$ respecto a dicho valor.

Sin embargo es necesario estandarizar la presión en las cabinas especificando un rango más estrecho para el trabajo, es decir un valor mínimo y también un valor máximo para el trabajo que no represente una diferencia de consideración entre las

diferentes cabinas, porcentaje que no debería ser mayor al 5 % en las medias de las presiones entre las diferentes cabinas.

Es necesario especificar dicho rango ya que si se mantiene el parámetro aceptable para el proceso sólo como una presión mayor a 70 psi, se podría considerar como aceptable que una cabina estuviera funcionando a 70 psi y otra a 100 psi, lo que significaría que en una cabina se sopla más esmalte que en otra, creando diferencias en calidad, uso de materiales, etc.

3.3. Selección de las herramientas de manufactura esbelta

De acuerdo a la problemática de cada área, se presenta la tabla 3.10 en la que se establece la herramienta de manufactura esbelta que se utilizó para atacar las causas de los problemas expuestos en la tabla 3.1, dependiendo de las características propias de cada caso particular.

Tabla 3.10 Herramienta seleccionada por problema y sección

SECCIÓN	PROBLEMA	HERRAMIENTA
Matricería / ysería	1.- Defectos en las piezas, es necesario un trabajo adicional para eliminar los defectos. Se demoran más de lo planificado en la construcción de las matrices.	Kaizen
Colado	2.- Defectos por el mal llenado de piezas.	Kaizen
	3.- Defectos de calidad en piezas por el proceso de secado para el desmoldeo.	Kaizen
Terminación	4.- Defectos en piezas por un mal proceso de terminación.	6 sigma, Kaizen
	5.- Defectos y tiempos más largos en el trabajo de piezas.	Kaizen
	6a.- Pérdida de tiempo en el transporte y ubicación de piezas para el proceso.	5s, Kaizen
Esmaltación	7.- Defectos en piezas por problemas en el proceso de esmaltación.	6 sigma, Kaizen
	8.- Proceso de limpieza de las cabinas no estandarizado.	Kaizen
	6b.- Pérdida de tiempo en el transporte, ubicación y selección de piezas esmaltadas.	5s, Kaizen
Preparación de esmaltes	9.- Inconformidad de los operarios con la forma en que se lleva el proceso.	Kaizen

En la mayoría de casos, Kaizen fue la herramienta de mejoramiento continuo que se seleccionó, principalmente por el tipo de problema y la realidad de la empresa, ya que no se disponía de recursos económicos para grandes cambios, y Kaizen busca un impacto mediante pequeños cambios sin grandes presupuestos.

En unos casos fue necesario aplicar la herramienta 6 sigma el mejoramiento y optimización de los procesos en los que se aplicó dicha herramienta, definiendo, midiendo, analizando, mejorando y controlando los parámetros del proceso, completando así el círculo de mejora continua.

3.4. Planes de mejoras propuestos

3.4.1. Plan de mejora N°1

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Matricería / Yesería
- **Detalle:** Defectos en piezas por matricería / yesería.

3.4.1.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

Tras la visita a la sección se evidenciaron algunos malestares por parte del personal que trabaja en la sección de matricería. El trabajo de matricería demanda la concentración por parte de los operarios que deben trazar, medir y calcular los diferentes parámetros para la construcción de las matrices. A pesar de los EPP que en algo alivian el ruido provocado por las máquinas utilizadas en la sección de Yesería, no se logra eliminarlo, lo que causa una situación de estrés en los operarios de matricería que no les permite realizar sus tareas de la mejor manera.

A pesar de que las dos secciones deben estar juntas por un diseño de la planta y el proceso de producción que involucran, si existen máquinas que producen ruido y además se necesita silencio para la concentración de los operarios para otra parte del proceso; se debería procurar de alguna forma separar las secciones reubicándolas, eliminar el ruido, o ver la forma de que el ruido de una sección no interfiera con el silencio requerido en otra.

3.4.1.2. Mejoras planteadas

Es claro que se debe buscar las condiciones más favorables para los operarios, y más aún cuando el proceso productivo tiene como los principales actores a los trabajadores. Si se les brinda a los trabajadores un entorno favorable, libre de estrés, y con las condiciones adecuadas para realizar las tareas, los trabajadores podrán mejorar su desempeño, reduciendo tiempos, y mejorando la calidad de los productos que entregan al proceso.

Una vez expuesto lo anterior se plantean las siguientes mejoras:

- En la planta actual: Llevar un control más estricto sobre el uso de los EPP de los operarios del área, en especial de las protecciones de los oídos, ya que la utilización de ellos asegura además de un entorno seguro, la posibilidad de eliminar el ruido excesivo, y que los operarios no pierdan la concentración y puedan trabajar de una buena manera.
- En la nueva planta: hay que tomar en consideración la opinión de los trabajadores actuales para el diseño de la nueva planta, ya que de ello dependerá el desempeño de los trabajadores que estén en dichas secciones. Un trabajador conforme es un trabajador que brindará los mejores resultados esperados. Ver la posibilidad de separar las dos secciones, matricería y yesería, por las características propias de cada una y los problemas que generan el tenerlas unidas. Hay que tener en cuenta que las secciones deben estar juntas por el proceso productivo pero hay que revisar la factibilidad de aislar de alguna manera el ruido de la una sección para que no interfiera con el silencio que demanda la otra sección.

3.4.1.3. Sustento metodológico

La mejora continua (Kaizen) se enfoca en la gente y en la estandarización de los procesos. Su objetivo es el incremento de la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos, estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación. La estrategia Kaizen empieza y termina por personas, y el Kaizen enfocado en el hombre sigue la premisa de que el hombre es el recurso más importante de la organización.

La calidad total no se pudo conseguir si no se acepta como premisa la necesidad de la participación de todos los empleados en la búsqueda de la mejora de las operaciones hacia el “cero defectos”.

3.4.2. Plan de mejora N°2-3

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Colado
- **Detalle:** Defectos por mal llenado de piezas / Defectos de calidad en piezas por el proceso de secado para el desmoldeo.

3.4.2.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

Una vez realizada la visita a la sección se evidencian dos problemas principales:

- La necesidad de incrementar la producción en años anteriores dio como resultado la reubicación de las líneas de colado y el incremento de las mismas. Si bien se realizaron los cambios necesarios para suplir dicha necesidad, dichos cambios no fueron planificados desde un inicio del diseño de la planta. Todo esto dio como resultado que las líneas de distribución de barbotina para las líneas de colado no sea la más adecuada ni eficientes, provocando una variación del flujo de barbotina que llega a cada línea de colado. Esto sin duda no permite estandarizar el proceso de colado, ya que para cada línea se debe considerar el flujo de barbotina que llega a cada punto.
- La experiencia en el proceso y la búsqueda de la mejora continua de los procesos dio como resultado la implementación de un sistema de ventilación para la parte de desmoldeo de la línea de colado y el posterior lavado de las piezas. Si bien fue una mejora que dio resultados en la calidad, no se ha terminado de implementar dicha mejora en todas las líneas. El tener implementado un sistema de ventilación sólo en algunas líneas no permite estandarizar ni garantizar la calidad final de todos los productos de la sección.

3.4.2.2. Mejoras planteadas

Para poder contrarrestar las falencias del sistema expuestas anteriormente se plantean las siguientes mejoras:

- Analizar algún método o manera de garantizar que el flujo de barbotina para cada línea de colado sea siempre uniforme, es decir que se estandarice. El estandarizar dicha parte del proceso permitirá eliminar esa variable de las posibles causas para los defectos posteriores en las piezas.
- En el diseño de la nueva planta se debería tomar en consideración el problema planteado, de tal manera que el sistema de distribución de barbotina para todas las líneas de colado sea el adecuado y el más eficiente, garantizando siempre el mismo flujo de material en todas las líneas.
- Implementar el sistema de ventilación en todas las líneas de desmoldeo y lavado de piezas, de tal forma que el proceso se estandarice, es decir que todas las piezas tengan el mismo tratamiento en el proceso para poder garantizar la calidad y uniformidad en todas las piezas que entrega la sección.
- Si la mejora de implementar el sistema de ventilación fue probada y mostró los resultados esperados en la planta actual, debe considerarse la implementación de dicho sistema en las líneas de la nueva planta, de tal forma que exista una transferencia de lo aprendido, probado y mejorado de la actual planta a la nueva.

3.4.2.3. Sustento metodológico

El Kaizen de la tecnología, o la mejora continua aplicada a la tecnología, busca el mejoramiento continuo de la capacidad tecnológica al servicio del proceso productivo mediante la investigación, que provee un mayor conocimiento con vistas en su aplicación sistematizada y estandarizada.

Para conseguir mejores resultados en cuanto a la calidad, es necesario estandarizar todos los procesos involucrados en la producción, de tal manera que se vayan eliminando factores o variables que puedan hacer que uno u otro producto sea diferente o no tenga el mismo tratamiento de todos los demás. De esta manera

se consigue y garantiza que todos los productos al final de la línea hayan tenido el mismo tratamiento y hayan pasado por los mismos procesos que todos los demás productos.

3.4.3. Plan de mejora N°4-5

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Terminación
- **Detalle:** Defectos por un mal proceso de terminación / Defectos y tiempo más largo en el trabajo de piezas.

3.4.3.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

La visita a la sección evidenció las siguientes problemáticas:

- La temperatura ambiente de la sección es elevada, mayor a 25 grados centígrados. Los operarios que trabajan en la sección deben soportar altas temperaturas, principalmente debido a que la sección se encuentra a un lado del horno, lo que hace que la temperatura ambiente de los alrededores sea elevada. Si bien se esperaría una alta temperatura ambiente para el trabajo normal de un operario en la sección, sería importante poder analizar alguna alternativa para poder mejorar su condición de trabajo.
- Parte fundamental del trabajo de la sección se lo realiza con aire a presión. Por el diseño de la fábrica, la ubicación de la sección y los equipos con los que cuenta actualmente la planta, dicha presión de aire no se ha podido estandarizar para el proceso. Los operarios deben hacer ajustes manuales en las válvulas o en los procedimientos de trabajo para poder realizar las diferentes tareas de la sección. El no tener una presión de aire fija, o dentro de un rango aceptable para el trabajo, es decir estandarizada, hace que la presión de aire se convierta en un factor o variable para los defectos o calidad final de los productos.

3.4.3.2. Mejoras planteadas

Tras las problemáticas expuestas anteriormente se plantea las siguientes mejoras:

- Si bien actualmente por la ubicación de la sección en la planta y la cercanía con la sección de hornos se hace imposible bajar la temperatura ambiente, se puede pensar en algún tipo de ventilación que aliviane la temperatura de los operarios en las cabinas de terminación. La temperatura de trabajo es fundamental para el buen desempeño de los trabajadores ya que provoca agotamiento y pérdida de concentración, pudiendo ser esta una causa para futuros defectos en los productos finales.
- Hay que tener este punto en cuenta para el diseño de la nueva planta, para generar un ambiente de trabajo adecuado para los operarios de la sección de terminación. La sección de hornos debe tratar de aislarse principalmente por la generación de calor y el calentamiento de la temperatura ambiente en sus alrededores. El calor producido por la sección de hornos debe ser canalizada de alguna forma para su aprovechamiento en secciones o procesos en los que se requiera dicha energía calórica.
- El estandarizar la presión de aire es fundamental para poder garantizar la uniformidad y calidad final de todos los productos que salen de la sección. Se debería implementar algún sistema de regulación de presión de aire para cada cabina o para la sección, ya que por los consumos de aire comprimido de toda la planta no se logra mantener la presión de aire en valores óptimos para trabajar dentro de la sección de terminación, sección donde una presión de aire adecuada es fundamental para poder realizar de una buena manera las diferentes operaciones.

3.4.3.3. Sustento metodológico

La estandarización de los procesos es indispensable para la organización del proceso productivo y tiene que ser analizado antes de cualquier cambio que se vaya a realizar en la planta. El tener los procesos estandarizados asegura que todos los productos van a poseer similares características al final del proceso productivo ya que todos fueron tratados de la misma forma, bajo las mismas variables y

condiciones. Dichas condiciones aseguran la calidad final de los productos. Si se aumenta variables al proceso también se está aumentando posibles focos de errores o defectos en los productos finales. Kaizen aplicado al proceso busca precisamente eso, la estandarización y mejoramiento de los procesos que intervienen en la producción de un bien, atacando la fuente de los posibles errores, eliminándolos de raíz.

3.4.4. Plan de mejora N° 6a

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Colado / Terminación
- **Detalle:** Pérdida de tiempo en el transporte y ubicación de piezas.

3.4.4.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

Una vez realizada una visita al área y luego de haber conversado con el encargado de la misma se evidenciaron los problemas existentes en la sección que es detallan a continuación:

Una vez que los coches con las piezas salen del secadero pasan a un parqueadero de espera para la sección de terminación y esmaltación. Los coches no tienen un lugar específico para ser ubicados, es decir el operario ubica el coche en donde encuentra espacio.

Cada coche cuenta con un indicativo de la fecha que salió de colado para poder identificar la antigüedad del mismo.

Cuando los operarios de la siguiente sección del proceso productivo requieren las piezas para terminarlas y esmaltarlas tienen que ir a buscar en el parqueadero las piezas que requieren según el programa de producción de PCP. Dicha actividad les consume tiempo valioso que podría ser empleado en otra actividad. Además las piezas deben ser retiradas de un coche y trasladadas a otro, y otras piezas deben ser reubicadas en los coches, corriendo riesgo de que las mismas de golpeen,

rompan o se terminen de estropear, convirtiéndose en pérdidas o desperdicios del proceso.

Algunas piezas permanecen en el parqueadero por mucho tiempo o incluso pueden llegar a olvidarse en algún lugar ya que por su no requerimiento oportuno o por no tener un lugar específico dentro del parqueadero para cada tipo de pieza no se sabe dónde se encuentra.

Además la acumulación de coches en el parqueadero muchas veces es demasiado grande e incluso no existe lugar para que los coches que pasan a la siguiente sección puedan recorrer con facilidad, existiendo el riesgo de chocar con otros coches y estropear las piezas que se encuentran en ellos.

3.4.4.2. Mejoras planteadas

En primer lugar hay que controlar el número de piezas de cada tipo o modelo que debería existir en el parqueadero, es decir definir un stock mínimo y un stock máximo de piezas por modelo que el parqueadero debe tener para poder satisfacer las necesidades de producción y de los requerimientos de la sección siguiente.

Para la organización del parqueadero se plantean dos opciones:

- La primera opción corresponde a definir lugares específicos para la ubicación de cada tipo de pieza dentro del parqueadero, de tal forma que el operario de la sección siguiente que debe armar el coche con un mix de piezas específico sepa en qué lugar se encuentra cada pieza y no pierda tiempo buscando o movilizándolo coches para poder tomar una u otra pieza de otro coche que no tiene un fácil acceso.
- La segunda opción a analizar corresponde a la idea de que una vez que las piezas salen del secadero se vayan armando los coches de acuerdo al mix que la siguiente sección va a requerir para trabajar, y que dichos coches sean colocados en una fila en un orden específico en el que deben ser terminados, esmaltados y posteriormente cocidos. De esta manera los operarios de la siguiente sección no deben buscar las piezas de dentro de todo el parqueadero para armar el mix, sino que tomarán el siguiente coche de la fila que

corresponde al siguiente grupo de piezas planificadas que deben ser trabajadas.

La determinación de los stocks va a depender de la opción de organización que se desee tomar, ya que si se decide la opción número uno, los stock serán mucho más grandes que si se decide por la opción número dos, en la que los coches ya contienen el mix una vez que salen del secadero, en cuyo caso los stocks de piezas serán menores, únicamente para poder completar los mix especiales, ya que los coches se enfilan directamente hacia la sección siguiente.

3.4.4.3. Sustento metodológico

Es claro que las soluciones o mejoras planteadas corresponden a ciertas herramientas de la manufactura esbelta. Por un lado tenemos la aplicación de las 5 S's, es decir la organización del parqueadero, el ordenamiento del mismo, la limpieza que se debe mantener, el estandarizar el proceso de almacenamiento dentro del parqueadero y la disciplina que se debe mantener una vez que se implementen los cambios.

Por otro lado la aplicación de una de las opciones de organización del parqueadero corresponde a una especie de Kanban, donde los coches corresponderían o responderían a un pedido o una orden de trabajo. El que la producción se ordene de dicha manera permitiría un mejor control del inventario de piezas del parqueadero y permitiría planificar la producción de una manera más eficiente de acuerdo a las necesidades reales de producción y no respondiendo a tendencias o estimaciones de demanda del mercado.

3.4.5. Plan de mejora N°6b

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Esmaltación / Hornos
- **Detalle:** Pérdida de tiempo en el transporte, ubicación de piezas.

3.4.5.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

La visita a la sección evidenció las siguientes problemáticas:

- Una vez que los coches salen de la sección de esmaltación son llevados al parqueadero de la sección de hornos. Los coches son colocados donde exista espacio y para su identificación se los marca con la fecha y turno en el que fueron trabajados por la sección de esmaltación. Para cargar las zorras los operarios deben buscar un mix para maximizar el número de piezas que puede alojar la zorra, para lo que deben buscar las piezas de diferentes coches, mover coches para encontrar las piezas requeridas, trasladarlas y colocarlos en la zorra.

3.4.5.2. Mejoras planteadas

Tras las problemáticas expuestas anteriormente se plantea las siguientes mejoras:

- Si se desea que el sistema fluya de mejor manera sería necesario que las piezas tengan un orden específico para su rápida localización, o a su vez si se utiliza un sistema FIFO para la sección de hornos las piezas deben mantener un orden específico de acuerdo a la fecha en la que fueron trabajados por la sección predecesora.

Hay que tomar en cuenta el sistema que emplea la sección de hornos y cuál es su requerimiento para ir ordenando los coches de una u otra forma, para que las piezas no tengan que ser movilizadas de un lado a otro, corriendo el peligro de ser golpeadas o trizadas en dichos movimientos, y además para conseguir que el sistema fluya de mejor manera, donde las piezas más antiguas sean las utilizadas y las nuevas se pongan al final de la fila esperando el turno de entrar al horno.

- La otra opción como se mencionó en el caso del parqueadero de colado / terminación corresponde a determinar espacios específicos para cada tipo de pieza manteniendo un stock mínimo y máximo de cada uno, convirtiéndose en una especie de almacén para la sección siguiente que consumirá cada pieza de acuerdo al mix requerido. El mantener ordenado el parqueadero de esta manera permitiría que el operario pase por los pasillos recogiendo cada pieza

que necesita para el mix sin tener que estar retirando coches o perdiendo tiempo buscando en qué parte del parqueadero se encuentra la pieza requerida.

3.4.5.3. Sustento metodológico

En un sistema de manufactura esbelta se busca eliminar los desperdicios, entre los que podemos nombrar los desperdicios de movimientos y transportación de materiales al tener que mover los coches de un lugar a otro una y otra vez, el desperdicio por espera ya que los coches con las piezas listas para entrar al horno tienen que esperar en el parqueadero en algunos casos hasta algunos días, además de que existen piezas que permanecen en el parqueadero por largos periodos de tiempo debido a que no son piezas comunes y las mantienen en el parqueadero hasta que sean requeridas, ocupando espacio necesario para otro tipo de piezas; el desperdicio por sobreproducción ya que si la programación de la producción estaría ajustada a la demanda no existirían tantas piezas en el parqueadero, piezas especiales en espera por largos periodos de tiempo o piezas que esperan salir del parqueadero hasta que en algún momento se las requiera por pedido especial.

La programación de la producción debe ser ajustada a la demanda o a los requerimientos de bodega central. No es en ningún caso favorable fabricar piezas que van a permanecer en los parqueaderos intermedios esperando por ser requeridas en algún momento ya que ocupan espacio y representan un costo de inventario porque son piezas que no se terminan de fabricar y no se puede recuperar la inversión en ellas. La planta y el sistema de producción debe ser capaz de producir las piezas especiales una vez que se haga un pedido en firme, con un tiempo de respuesta aceptable para el tipo de pieza, dificultad y tamaño del pedido.

3.4.6. Plan de mejora N°7

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Esmaltación
- **Detalle:** Defectos en piezas por problemas en el proceso de esmaltación.

3.4.6.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

La visita a la sección evidenció las siguientes problemáticas:

La temperatura ambiente de la sección es elevada. Los operarios que trabajan en la sección deben soportar altas temperaturas, principalmente debido a que la sección se encuentra a un lado del horno, lo que hace que la temperatura ambiente de los alrededores sea elevada. Si bien se esperaría una alta temperatura ambiente para el trabajo normal de un operario en la sección, sería importante poder analizar alguna alternativa para poder mejorar su condición de trabajo.

La esmaltación de las piezas se realiza mediante pistolas que utilizan aire comprimido, convirtiendo a la presión de aire de cada cabina en una variable importante a controlar, ya que dependiendo de la presión de aire la pistola dispara más o menos flujo de esmalte, incidiendo directamente sobre la calidad de la pieza que se está trabajando. Por el diseño de la fábrica, la ubicación de la sección y los equipos con los que cuenta actualmente la planta, dicha presión de aire no se ha podido estandarizar para el proceso. Los operarios deben hacer ajustes manuales en las válvulas o en los procedimientos de trabajo para poder realizar las diferentes tareas de la sección. El no tener una presión de aire fija, o dentro de un rango aceptable para el trabajo, es decir estandarizada, hace que la presión de aire se convierta en un factor o variable para los defectos o calidad final de los productos.

En el procedimiento de trabajo en las cabinas cada operario debería anotar el valor de la presión en cada cabina al inicio de su jornada y al final para poder llevar un control sobre la misma y poder tomar acciones correctivas si es el caso.

Los soportes del sistema de ayuda para los operarios para levantar las piezas se ha colocado en frente de algunos medidores de presión, lo que dificulta la visualización de los mismos y la verificación de las presiones de aire en las cabinas.

3.4.6.2. Mejoras planteadas

Tras las problemáticas expuestas anteriormente se plantea las siguientes mejoras:

- Si bien actualmente por la ubicación de la sección en la planta y la cercanía con la sección de hornos se hace imposible bajar la temperatura ambiente, se puede pensar en algún tipo de ventilación que aliviane la temperatura de los operarios en las cabinas de terminación. La temperatura de trabajo es fundamental para el buen desempeño de los trabajadores ya que provoca agotamiento y pérdida de concentración, pudiendo ser esta una causa para futuros defectos en los productos finales.
- Hay que tener este punto en cuenta para el diseño de la nueva planta, para generar un ambiente de trabajo adecuado para los operarios de la sección de esmaltación. La sección de hornos debe tratar de aislarse principalmente por la generación de calor y el calentamiento de la temperatura ambiente en sus alrededores. El calor producido por la sección de hornos debe ser canalizada de alguna forma para su aprovechamiento en secciones o procesos en los que se requiera dicha energía calórica.
- El estandarizar la presión de aire es fundamental para poder garantizar la uniformidad y calidad final de todos los productos que salen de la sección. Se debería implementar algún sistema de regulación de presión de aire para cada cabina o para la sección, ya que por los consumos de aire comprimido de toda la planta no se logra mantener la presión de aire en valores óptimos para trabajar dentro de la sección de esmaltación, sección donde una presión de aire adecuada es fundamental para poder realizar de una buena manera las diferentes operaciones y que las piezas cumplan con la calidad esperada al final del proceso.

Se recomienda reubicar los medidores para poder tener un fácil acceso a los mismos.

3.4.6.3. Sustento metodológico

La estandarización de los procesos es indispensable para la organización del proceso productivo y tiene que ser analizado antes de cualquier cambio que se vaya a realizar en la planta. Kaizen aplicado al proceso busca precisamente la estandarización y mejoramiento de los procesos que intervienen en la producción de un bien, atacando la fuente de los posibles errores, eliminándolos de raíz, en

este caso estandarizando la presión de aire que se debe utilizar para la esmaltación de las piezas y asegurando que las máquinas o variables estén funcionando bajo dicho estándar.

3.4.7. Plan de mejora N°8

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Esmaltación
- **Detalle:** Defectos por el proceso de limpieza de cabinas para recuperación de esmalte

3.4.7.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

La visita a la sección evidenció las siguientes problemáticas:

- Si bien la recuperación de esmalte de las cabinas de esmaltación es algo muy importante en la eliminación de desperdicios y recursos, cuando se realizó la visita a la sección y se preguntó cada qué tiempo se realiza la limpieza de las cabinas para recuperar el esmalte, se indicó que no existe un tiempo específico para dicha tarea sino que se lo realizaba cada “mes y medio o dos meses” o cuando ya se veía que estaba saturado el recipiente contenedor de la cabina. La saturación del contenedor puede ser causa de bajar la eficiencia de absorción de la cortina de agua y por ende de la capacidad de absorber las partículas de esmalte que no se pegan a la pieza sanitaria.

3.4.7.2. Mejoras planteadas

Tras las problemáticas expuestas anteriormente se plantea las siguientes mejoras:

- La recuperación de esmalte es una mejora que ha permitido recuperar gran cantidad de recurso (esmalte) para ser reutilizado, y por esa misma razón la forma en que se realiza dicha recuperación debe llevarse de la mejor forma. Se debería establecer un tiempo estándar para la limpieza de las cabinas y recolección del esmalte recuperado, ya que como se mencionó anteriormente, el sistema se va saturando poco a poco y va perdiendo eficiencia en la

absorción del esmalte libre, de esa manera la cabina trabajaría siempre en condiciones aceptables y eficientes a lo largo del tiempo.

3.4.7.3. Sustento metodológico

La manufactura esbelta tiene como uno de sus pilares la eliminación de los desperdicios del sistema. La recuperación de esmalte de las cabinas contribuye a la reutilización de los recursos y eliminación de gran parte de lo que antes era un desperdicio, pero el proceso de recuperación debe mantener un estándar de procedimiento y tiempo, tomando en consideración las características de la cabina, las propiedades que debe mantener la cortina de agua para absorber el exceso de esmalte, y demás elementos involucrados en el proceso. De esa manera se asegura primero la correcta recolección del esmalte, las propiedades de absorción de la cortina de agua y el funcionamiento de la cabina en general, buscando como resultado la mejor calidad de las piezas.

3.4.8. Plan de mejora N°9

- **Área:** Planta de Sanitarios
- **Sección:** Preparación de esmaltes / toda la planta
- **Detalle:** Inconformidad de los operarios con la forma en que se lleva el proceso.

3.4.8.1. Antecedentes y planteamiento del problema.

La visita a la sección evidenció las siguientes problemáticas:

- Los operarios de la sección de preparación de esmaltes se sienten desplazados ya que algunas veces salen del turno y cuando regresan encuentran piezas con esmaltes nuevos que a ellos no se les ha comunicado ni informado nada al respecto.
- La información es fundamental en cualquier ámbito, y también es importante para el buen desempeño de los operarios en cada una de las secciones. El hacer parte a todos de los nuevos productos que la empresa desea sacar al mercado serviría como incentivo para ellos y podría mejorar su desempeño.

Además es importante aprovechar el conocimiento y experiencia de las personas que trabajan en cada área para sacarles provecho y poder generar una mejora continua. Los operarios son los que están en contacto con el proceso el día a día y podrían brindar buenas ideas para mejorar los procesos.

3.4.8.2. Mejoras planteadas

Tras las problemáticas expuestas anteriormente se plantea las siguientes mejoras:

- Si bien existen carteleras en algunas secciones, sería importante contar con ellas en cada sección, para poder colocar en ellas fotografías o gráficos de los nuevos productos que cada sección está desarrollando para sacar al mercado, ya sea esto un nuevo color, una nueva pieza, un nuevo modelo, etc., de esta manera los operarios se van a sentir parte del desarrollo de esos nuevos productos y se van a sentir motivados para realizar un mejor trabajo.
- Adicional a esto se puede pensar en un buzón de sugerencias junto a cada cartelera para que los operarios se sientan en libertad de dar sus opiniones acerca de la sección en la que se desempeñan, ya que la opinión de los operarios es muy valiosa.
- Cada cierto tiempo se puede realizar una reunión con los integrantes de cada sección para revisar las sugerencias que se han depositado, para analizar la pertinencia o no de cada una.
- Si no se desea emplear un buzón de sugerencias se puede realizar directamente una reunión cada cierto tiempo con los miembros de la sección para que se presenten las sugerencias o nuevas ideas que tengan los operarios para mejorar el desempeño de los trabajadores y de la sección en general.

3.4.8.3. Sustento metodológico

La mejora continua y los sistemas de manufactura esbelta ven como pilar de ellos la importancia de los trabajadores. Los trabajadores son los que están involucrados en el proceso todos los días y conocen las falencias del sistema y pueden, con su experiencia, brindar ideas valiosas para mejorar los procesos. Hay que dar la suficiente apertura y confianza a los trabajadores para que puedan expresar y dar

a conocer sus ideas, ya que muchas de ellas seguramente podrían ser de beneficio para el proceso y la planta como tal.

El que los trabajadores se sientan parte de un solo equipo y se sientan involucrados en los cambios hace que se motiven en las actividades que realizan y mejoren su desempeño, mejorando indirectamente la calidad de los productos que fabrican.

La opinión de los trabajadores es muy valiosa. Antes de empezar con la construcción de la nueva planta se debería hacer una encuesta o se debería abrir un buzón de sugerencias para que los operarios sean los que den sus ideas acerca de los problemas o falencias que la actual planta posee y que podrían ser mejoradas en la nueva. Una nueva planta no solo debe ser funcional sino que debe crear un ambiente de trabajo adecuado para que los operarios realicen un buen trabajo, más aún cuando la empresa basa sus operaciones en la fuerza laboral con la mano de obra.

3.4.9. Diseño de parqueaderos intermedios

De manera complementaria al plan de mejora planteado para el problema 6a y 6b se planteó un diseño de parqueaderos para mejorar la circulación de los coches dentro de las áreas donde se observó los problemas de exceso de movimientos.

Sin embargo hay que hacer notar que este diseño se trabajó bajo los planos de la planta una vez hecha la ampliación planificada para la misma que empezará en años posteriores.

La finalidad de los parqueaderos intermedios es la de brindar un espacio físico a los productos en proceso que por requerimientos del mismo deben esperar un tiempo antes de seguir en la siguiente fase de producción.

Dentro de la fábrica de sanitarios existen dos parqueaderos intermedios, el primero corresponde al parqueadero a la salida de colado cuando las piezas pasan por la etapa de secado artificial y deben esperar para continuar en el proceso de terminación y esmaltación. El segundo parqueadero se encuentra a la salida de esmaltación, donde las piezas vuelven a esperar para poder entrar al horno de cocido.

El tiempo que las piezas esperan dentro de dichos parqueaderos influye en las características de humedad y dureza de las piezas, ya que mientras más tiempo pasan las piezas esperando en dichos parqueaderos más duras se vuelven y menos húmedas, favoreciendo la fase de cocción de las piezas. Por esta razón es importante que las piezas dentro de dichos parqueaderos respeten una lógica o programación FIFO (First In First Out), es decir que las piezas que van a ser utilizadas por el siguiente proceso sean las más antiguas o las que llevan el mayor tiempo de espera dentro del parqueadero.

Tomando en cuenta lo antes mencionado el diseño de los parqueaderos debe permitir dicha lógica de programación, dónde la pieza debe poder ser retirada con facilidad de su ubicación, y el puesto libre del parqueadero debe ser llenado con la misma facilidad. Un parqueadero sin diseño, es decir simplemente ubicado donde existe espacio físico, y llenado con la mayor cantidad de piezas posible, no permite de ninguna manera el fácil movimiento de las mismas y no es posible llevar control alguno sobre qué pieza es la más antigua o más nueva dentro del parqueadero.

En la figura 3.16 se muestra un ejemplo de un parqueadero que está diseñado para contener el mayor número de piezas:

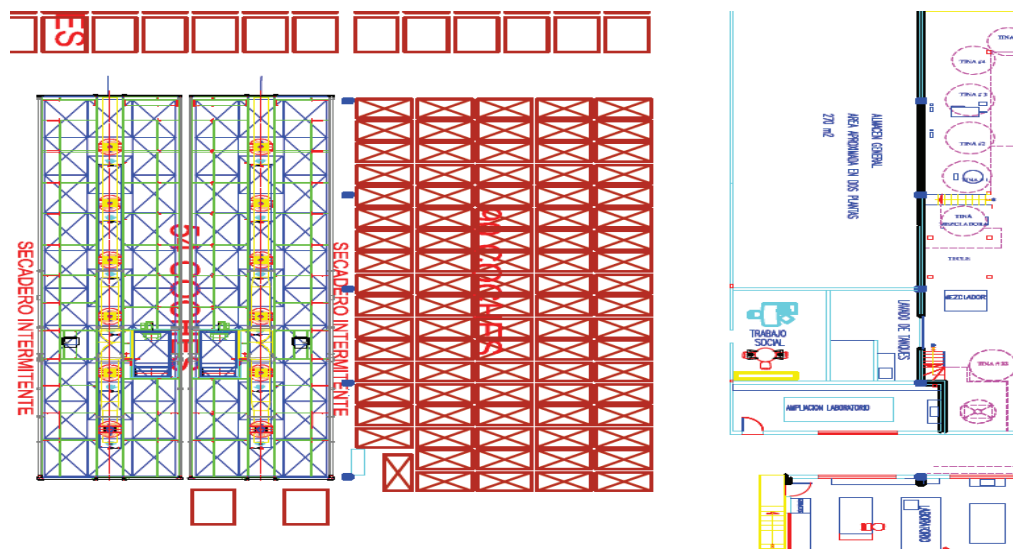


Figura 3.16 Ejemplo de parqueadero de coches tradicional

Si bien el parqueadero tiene una capacidad de almacenaje de 89 coches, muestra algunos inconvenientes:

- Los coches que pueden ser retirados con facilidad solo están en las periferias del parqueadero.
- Si se requieren coches (con piezas específicas) que se encuentren en la parte central del parqueadero es necesario mover todos los coches que se encuentren en la periferia para poderlos sacar.
- Este tipo de parqueadero resulta funcional solo si todas las piezas son las mismas o todas las piezas van a ser utilizadas a la vez en el siguiente proceso de la producción para poder vaciar y llenar de nuevo el parqueadero con facilidad.

Todos estos inconvenientes traen problemas a la producción. En primer lugar las piezas en el parqueadero son diferentes, es decir que va a existir diferentes tipos de piezas en diferentes ubicaciones del parqueadero. No todas las piezas son utilizadas o requeridas a la vez por el siguiente proceso de producción porque la programación de la producción realiza una mezcla para el siguiente proceso productivo, por lo que se necesitará diferentes cantidades de una u otra pieza. A los operarios les toma tiempo el tener que movilizar los coches con piezas dentro del parqueadero para poder liberar las requeridas, aumentando el riesgo de golpear las piezas y estropearlas y perdiendo valioso tiempo en la movilización de los coches.

Es necesario entonces poder establecer un diseño de parqueadero que permita eliminar los inconvenientes mencionados, para lo que se propone el diseño de la figura 3.17, que cuenta con 3 filas y el número de columnas que se ajuste al espacio físico.

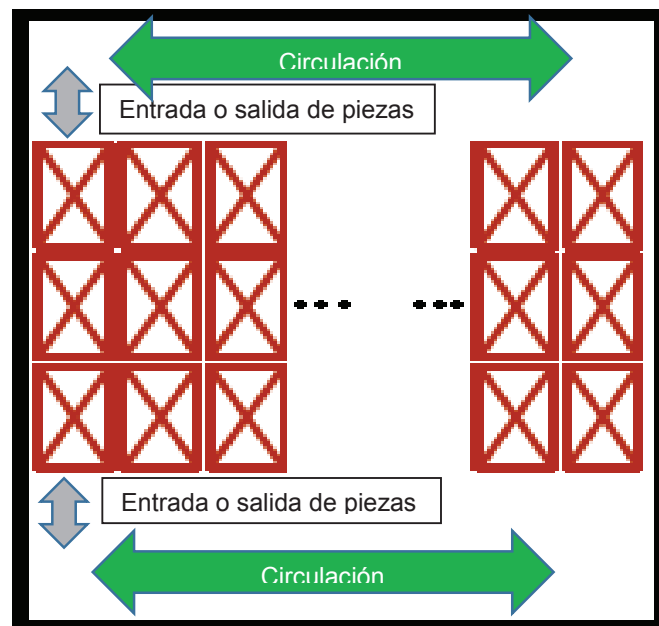


Figura 3.17 Propuesta de diseño para parqueadero de coches

Acerca de este diseño hay que anotar lo siguiente: cada bloque tiene únicamente tres filas y el número de columnas es variable. Cada bloque tiene que tener definido un frente, que es por donde los coches van a salir (primera fila), y una parte posterior (tercera fila) por donde los coches nuevos ingresan al bloque del parqueadero.

Las ventajas que muestra este tipo de disposición de parqueadero son las siguientes:

- Ya que los coches con piezas son más fáciles de maniobrar jalándolos o empujándolos de los extremos angostos del coche, el diseño permite que los coches sean maniobrados dentro de cada bloque de parqueadero sólo jalando o empujando los coches.
- El diseño permite controlar una programación FIFO: los coches pueden seguir siendo retirados de izquierda a derecha o viceversa dejando una marca en el siguiente coche de la fila que indica entonces cuál es el primer coche que debe ser retirado la siguiente vez que se requieran piezas de ese bloque de parqueadero. Los coches retirados dejan huecos pero el coche de atrás es jalado hacia la primera línea de salida. El hueco es transferido hacia la parte de

atrás y será llenado cuando coches con nuevas piezas requieran de parqueadero, ingresando al bloque de parqueadero por la parte de atrás y empujándolo hasta su posición final.

- Cada bloque puede contener varios tipos de piezas ya que la gran mayoría de coches se encuentra en la periferia del parqueadero, facilitando la salida de los coches sin tener que hacer movimientos adicionales más que los del coche requerido.
- Se puede especificar el contenido de cada bloque, de acuerdo al tipo de pieza que van a contener, con lo que se puede llevar un mejor control de las piezas y su ubicación dentro de los diferentes bloques de parqueaderos dentro de la planta. La programación de la producción debe incluir el bloque de parqueadero de dónde los operarios deben depositar o retirar las piezas requeridas, tomando en cuenta su antigüedad en el parqueadero.

Una vez revisados los inconvenientes y planteado un diseño de parqueadero eficiente se plantean los diseños de parqueaderos para la planta de sanitarios:

Parqueadero secaderos intermitentes

En este parqueadero existiría una reducción de 90 coches a 72 coches como se puede observar en la figura 3.18.

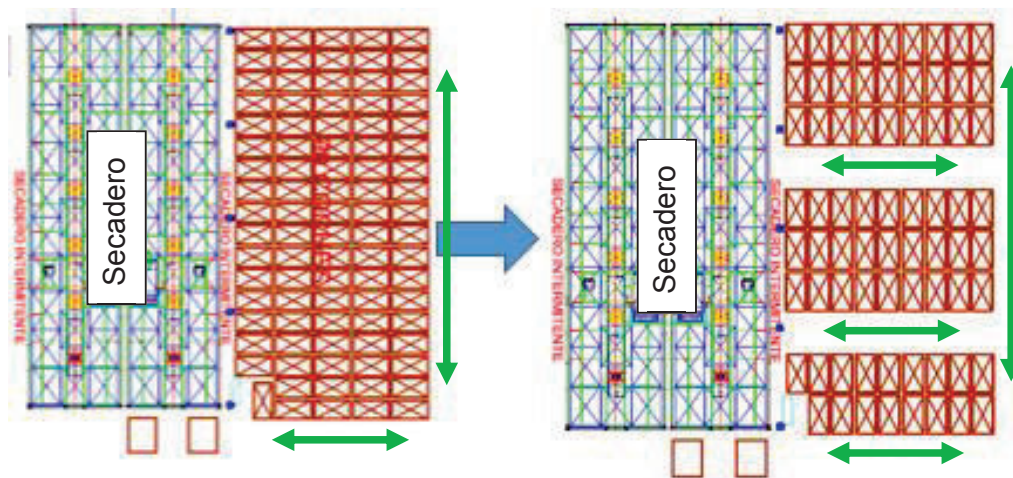


Figura 3.18 Propuesta de diseño de parqueadero para secaderos intermedios

Parqueadero secaderos normales

En la figura 3.19 se puede observar el diseño que se propone para el parqueadero de secaderos normales, donde se reduce de 103 coches a 78 coches.

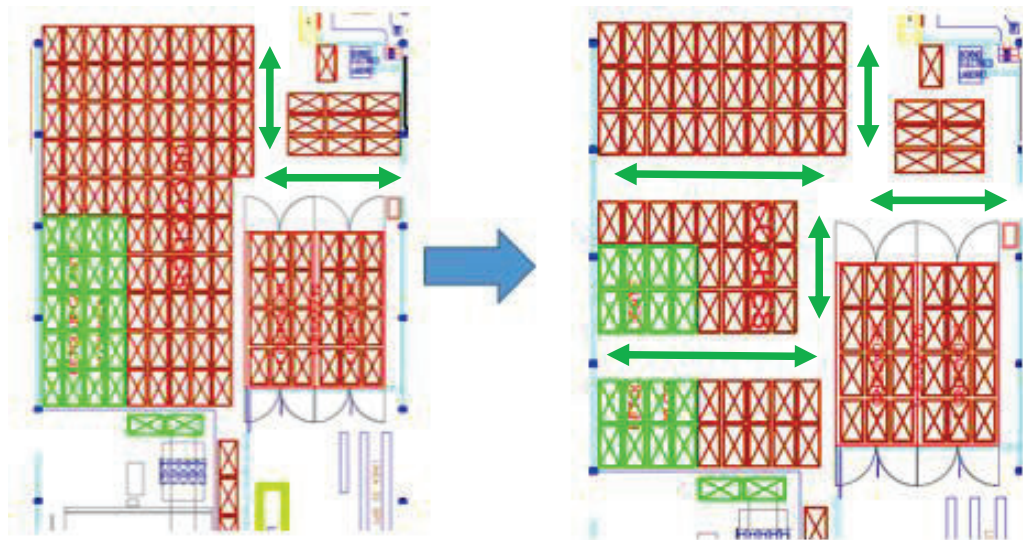


Figura 3.19 Propuesta de diseño de parqueadero para secaderos normales

Parqueadero horno derecho

En la figura 3.20 se puede observar la propuesta de diseño para el parqueadero de la zona del horno derecho, donde se reduce de 75 a 73 coches de capacidad.

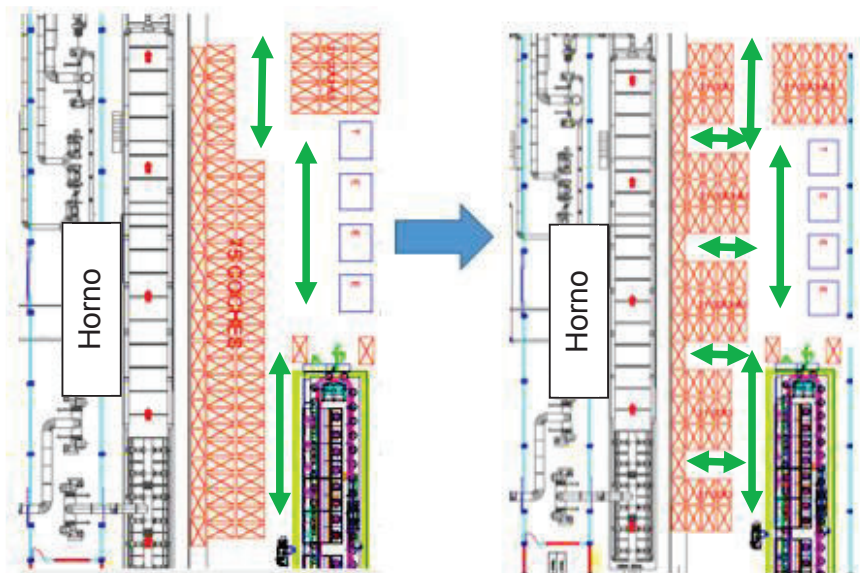


Figura 3.20 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno derecho

Parqueadero horno izquierdo

En la figura 3.21 se puede observar la propuesta de diseño de parqueadero para la zona del horno izquierdo, donde se reduce la capacidad de 57 a 39 coches.

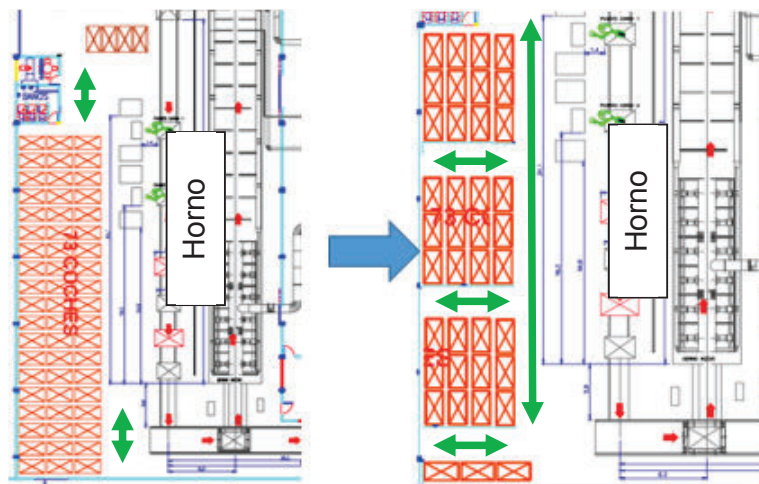


Figura 3.21 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno izquierdo

Parqueadero horno COEL

En la figura 3.22 se presenta la propuesta de diseño para el parqueadero de la zona del horno COEL. Este parqueadero se reduce de 44 a 38 coches de capacidad.

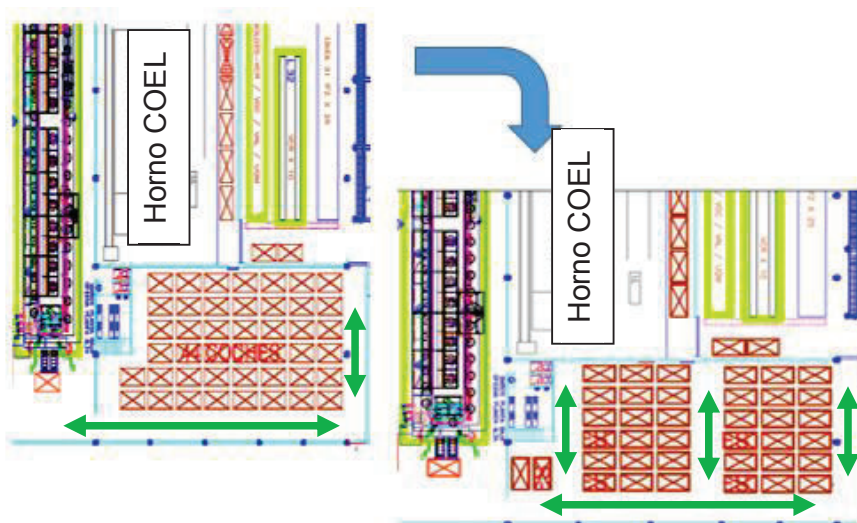


Figura 3.22 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de horno COEL

Parqueadero rotura

La propuesta de diseño para el parqueadero de la zona de rotura se presenta en la figura 3.23. En este parqueadero se reduce de 72 a 63 coches de capacidad.

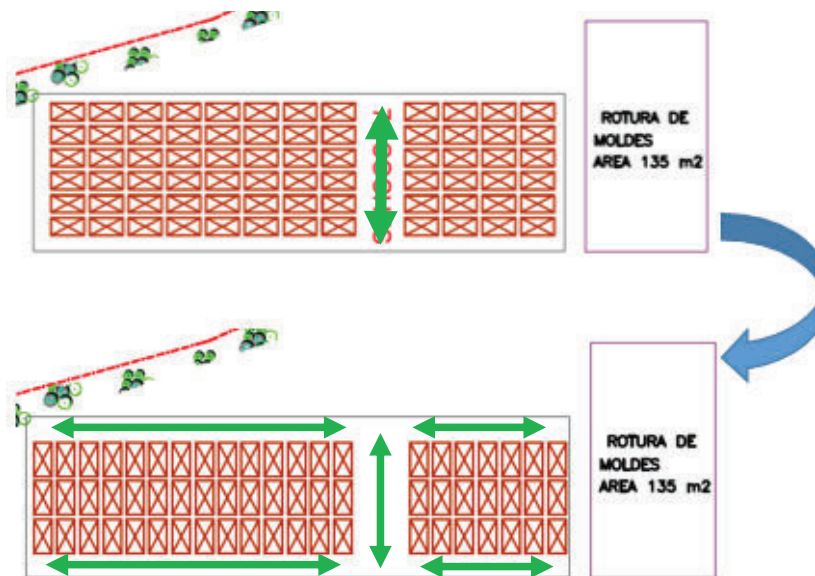


Figura 3.23 Propuesta de diseño de parqueadero para zona de rotura

Hay que mencionar que no todos los parqueaderos deben seguir el diseño sugerido, ya que dicho diseño es pensado para parqueaderos en los que las piezas llegan pero deben salir de acuerdo a una mezcla específica para el siguiente proceso de producción. En los demás parqueaderos, en los que una vez lleno la salida de piezas no tiene un orden específico, como por ejemplo en el parqueadero de rotura de piezas o en el parqueadero de coches libres no es necesario ninguna distribución específica, sino que se puede aplicar el criterio de llenar el parqueadero con la mayor cantidad de coches posible.

ANÁLISIS

Para el análisis se tomará en cuenta principalmente la reducción en la capacidad de los diferentes parqueaderos, con los datos de la tabla 3.11, y luego se explicará la ventaja del cambio propuesto.

Tabla 3.11 Comparación de capacidades de parqueaderos

Parqueadero	Capacidad anterior	Capacidad nueva	Reducción
Horno izquierdo	57	39	18 (31,6%)
Horno COEL	44	38	6 (13,6)
Secaderos intermitentes	90	72	18 (20,0%)
Secaderos normales	103	78	25 (24,3%)
Horno derecho	75	73	2 (2,6%)
Total:	369	300	69 (18,7%)

De acuerdo a la tabla anterior se reduce la capacidad total de los parqueaderos de las áreas especificadas en un 18,7%, implementando el diseño de parqueadero propuesto.

En la tabla 3.12 se especifica el número de movimientos necesarios para poder sacar un coche con piezas tanto de un parqueadero normal como del parqueadero con el diseño propuesto, tomando en cuenta la posición desde donde se quiere sacar el coche:

Tabla 3.12 Comparación de número de movimientos en parqueaderos

Posición para sacar coche	Movimientos Parqueadero normal	Movimientos Parqueadero con diseño propuesto
Primera fila (periferia)	1	3
Segunda fila	8	8
Tercera fila	18	1
Cuarta fila	32	No aplica.

Hay que hacer notar que en diseño propuesto para el parqueadero solo existen tres filas, y que cada bloque de parqueadero tiene un frente (primera fila) por donde salen los coches y una parte posterior (tercera fila) por donde entran los coches. Además hay que considerar que el número de movimientos mencionados para el caso del parqueadero con el diseño propuesto incluye los movimientos para dejar siempre la primera fila llena y lista para retirar un coche, y el hueco dejado es trasladado a la tercera fila.

Para el caso del parqueadero tradicional cuando sale un coche el hueco es llevado a la parte frontal del parqueadero y de ahí a medida que siguen saliendo los coches el hueco sigue creciendo de adelante hacia atrás. El inconveniente es que si no se vacía el parqueadero completo antes de que nuevos coches lleguen, se tendría que

movilizar todos los coches restantes hacia la parte frontal para colocar los nuevos coches en la parte posterior; caso contrario el parqueadero se vuelve a llenar pero las piezas antiguas quedarán en la parte posterior del mismo y las piezas que saldrán primero serán las nuevas y no las más antiguas.

Tomando en consideración los datos de la tabla 3.13 y analizando la mejora, se plantea el caso para movilizar un coche de la primera fila, uno de la segunda, uno de la tercera, y uno de la cuarta fila, tomando la consideración de que para cada caso el parqueadero este totalmente lleno:

Tabla 3.13 Mejora en número de movimientos dentro de parqueaderos

Posición para sacar coche	Movimientos Parqueadero normal	Movimientos Parqueadero con diseño propuesto
Primera fila (periferia)	1	3
Segunda fila	8	8
Tercera fila	18	1
Cuarta fila	32	8 (peor de los casos)
Promedio:	14,75	5

Como se puede observar existe una diferencia promedio de 9,75 movimientos entre los dos tipos de parqueaderos, que representa un 295% de mejora en cuanto al número de movimientos requeridos para la movilización de coches de un parqueadero con diseño con respecto a un parqueadero tradicional.

Revisando lo anterior podemos anotar algunas ventajas de un parqueadero con diseño sobre un parqueadero tradicional:

- Se puede llevar un control de la ubicación exacta de los diferentes tipos de piezas dentro de los parqueaderos e incluso se puede llevar el control sobre el tiempo de espera en el parqueadero de los diferentes coches. Si se lleva control sobre el tiempo de los coches en el parqueadero se puede aplicar la lógica FIFO para garantizar que las piezas que pasan al siguiente procesos productivo son las más antiguas (con mejores condiciones para su tratamiento posterior, es decir más duras, más secas y menos húmedas).
- Una vez que un coche sale el hueco es transferido hacia la parte posterior del bloque del parqueadero para facilitar el ingreso del nuevo coche con un solo movimiento de posición.

- El número máximo de movimientos de posición de coches requeridos para sacar uno, en el peor de los casos (con el parqueadero totalmente lleno) es de 8 movimientos, que si comparamos con el número de movimientos requeridos para sacar un coche en un parqueadero tradicional de una tercera fila (18 movimientos) o cuarta fila (32 movimientos) se reduce considerablemente en número y tiempo necesario para movilizar un coche específico desde las posiciones referidas. Menos movimientos además significa menos posibilidades para golpear los coches y estropear las piezas.
- Hay que tener en cuenta que debido al que el diseño presentado genera una reducción de la capacidad de los parqueaderos, sería necesario prever un espacio adicional para parqueadero para los 69 coches reducidos del diseño inicial.

3.5. Implementación de mejoras

Una vez revisados los planes de mejora se procedió a su análisis de pertinencia y posterior implementación con acciones específicas y fáciles de implementar, como es característico de la herramienta Kaizen. Hay que mencionar que algunas acciones quedaron en estado de espera para su implementación conjuntamente con la ampliación de la planta, ya que son acciones que por el estado actual de la planta no pueden llevarse a cabo, sin embargo la ampliación de la planta abre la oportunidad a que dichas mejoras puedan ser implementadas. El resumen de las acciones antes mencionadas se presenta en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Mejora en número de movimientos dentro de parqueaderos

PLAN	ACCIONES	ESTADO
Plan de mejora 1	1.- Control diario del uso de EPP (orejeras). 2.- Inclusión del control en el instructivo del proceso de construcción de matrices.	1.- Implementado 2.- Implementado
Plan de mejora 2-3	1.- Planificación de tuberías de alimentación de barbotina para el llenado de moldes. 2.- Implementación de sistema de ventilación para el desmoldeo de piezas en todas las líneas.	1.- Pendiente para ampliación de planta. 2.- Pendiente para ampliación de planta.

Tabla 3.14 Mejora en número de movimientos dentro de parqueaderos (continuación...)

PLAN	ACCIONES	ESTADO
	3.- Estandarización del proceso de secado de piezas para el desmoldeo.	3.- Pendiente para ampliación de planta.
Plan de mejora 4-5	1.- Mantenimiento de las válvulas de aire comprimido de las cabinas de terminación. 2.- Verificación y ajuste diario de la presión de las cabinas a 50 psi, previo el inicio de cada turno. 3.- Implementación del punto 1 y 2 en el instructivo del proceso de terminación para su estandarización. 4.- Reubicación del área de terminación o implementación de un sistema de ventilación para el área.	1.- Implementado 2.- Implementado 3.- Implementado 4.- Pendiente para ampliación de planta.
Plan de mejora 6a	1.- Implementar el diseño de parqueaderos intermedios propuesto.	1.- Pendiente para ampliación de planta.
Plan de mejora 6b	1.- Implementar el diseño de parqueaderos intermedios propuesto.	1.- Pendiente para ampliación de planta.
Plan de mejora 7	1.- Mantenimiento de las válvulas de aire comprimido de las cabinas de esmaltación. 2.- Verificación y ajuste diario de la presión de las cabinas a 90 psi, previo el inicio de cada turno. 3.- Implementación del punto 1 y 2 en el instructivo del proceso de esmaltación para su estandarización.	1.- Implementado 2.- Implementado 3.- Implementado
Plan de mejora 8	1.- Limpieza de las cabinas de esmaltación cada dos semanas. 2.- Implementación del punto 1 en el instructivo del proceso de esmaltación para su estandarización.	1.- Implementado 2.- Implementado
Plan de mejora 9	1.- Implementación de una cartelera que incluya la información relevante de área y de proyectos futuros para conocimiento de los integrantes del área.	1.- Implementado

De acuerdo a la herramienta DMAIC seis sigma, tras la mejora implementada, es necesario un control para validar que las soluciones funcionan, por lo que la tabla 3.15 y la tabla 3.16 muestran los valores observados de las presiones de aire comprimido en las cabinas del proceso de terminación y esmaltación, lugares donde se implementaron las mejoras respectivas.

Tabla 3.15 Nuevas presiones en cabinas del área de terminación

N°	TERMINACIÓN (psi)					
	C1LI	C1LD	C2LI	C2LD	C3LI	C3LD
1	50	50	50	50	50	50
2	50	50	50	50	52	50
3	50	52	50	52	52	48
4	50	50	50	52	52	45
5	50	50	50	52	55	50
6	50	48	55	52	52	52
7	50	48	48	50	50	50
8	50	48	48	52	50	50
9	50	48	50	52	50	52
10	50	48	50	48	52	50
11	50	52	52	50	52	50
12	50	50	50	50	52	52
13	50	50	50	50	55	55
14	50	48	48	50	50	55
15	50	50	48	50	52	50
16	50	48	50	50	55	55
17	50	48	50	52	52	55
18	50	48	50	52	52	55
19	50	48	50	50	55	55
20	50	48	50	50	55	52
21	50	48	50	50	52	55
22	50	48	50	48	52	52
23	50	50	52	50	50	52
24	50	48	50	52	52	55

Tabla 3.16 Nuevas presiones en las cabinas del área de esmaltación

N°	ESMALTACIÓN					
	C1 (psi)	C2 (psi)	C3 (psi)	C4 (psi)	C5 (psi)	C6 (psi)
1	90	90	90	90	90	90
2	90	90	90	92	92	88
3	85	90	92	90	92	90
4	85	90	92	92	92	90
5	88	88	92	90	88	92
6	90	92	92	90	88	90
7	80	92	90	90	88	90
8	85	85	90	92	88	88
9	90	85	88	88	90	88
10	92	88	88	88	90	90
11	90	90	90	90	90	92
12	90	90	92	90	92	92
13	85	88	92	92	92	92
14	90	88	94	92	90	92
15	90	88	90	92	90	90
16	90	90	88	90	90	90
17	86	90	90	90	90	90
18	88	90	92	90	92	90
19	88	90	90	92	92	88
20	90	88	90	92	92	90
21	90	92	90	90	90	88
22	85	90	88	90	90	90
23	88	90	90	92	90	90
24	88	88	90	92	88	92

Con la ayuda del análisis de la media, la varianza y la desviación estándar podemos observar y constatar la mejora de la implementación de las mejoras planteadas para los procesos de interés, como se puede observar en la tabla 3.17.

Tabla 3.17 Comparación de estadísticas de las presiones en cabinas de terminación

# Cabina	MEDIA		VARIANZA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Cabina 1	45,63	49,5	13,11	1,11	3,62	1,05
Cabina 2	51,04	50,31	44,17	1,88	6,65	1,37
Cabina 3	58,17	52,00	33,55	5,06	5,79	2,25

Con respecto a la media de las presiones en las cabinas de terminación se consiguió que las mismas guarden coherencia con el punto de operación deseado de 50 psi, como se muestra en la figura 3.24.

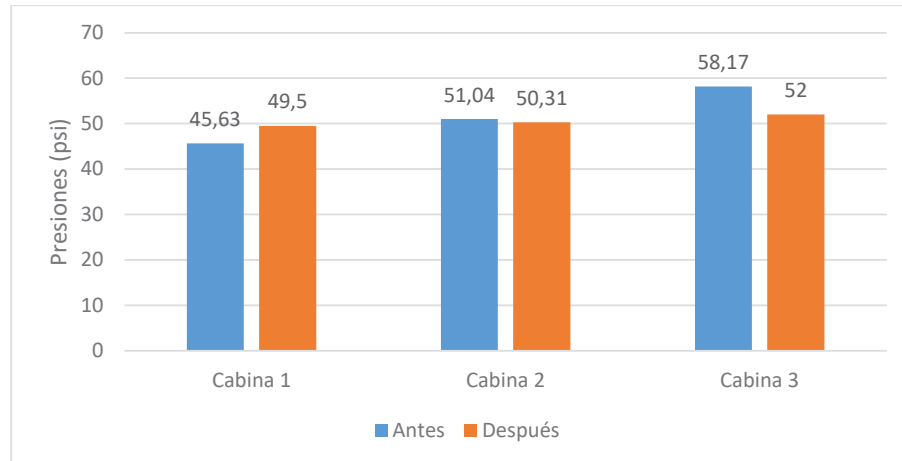


Figura 3.24 Comparación de la media de presiones en las cabinas de terminación

El mayor efecto de las mejoras implementadas en las cabinas de terminación se evidencia en la varianza de las presiones de las cabinas, como se observa en la figura 3.25. Dicha mejora en la varianza permite tener un proceso más estandarizado, donde todas las cabinas trabajan con presiones de aire dentro de un rango de operación óptimo.

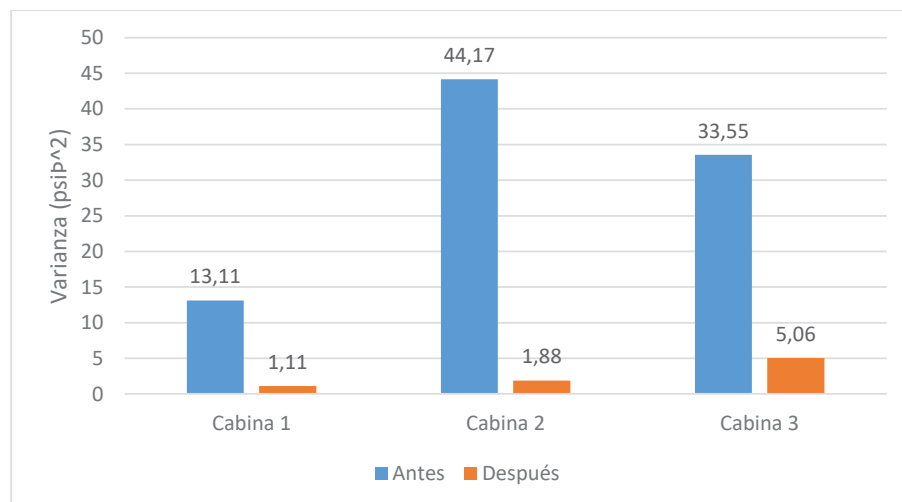


Figura 3.25 Comparación de la varianza de presiones en las cabinas de terminación

La reducción en la desviación estándar de las presiones en las cabinas de terminación también es evidente como se puede observar en la figura 3.26. Se consiguió reducir la desviación estándar en más del 60% de los valores iniciales. Con estas mejoras las cabinas trabajan con presiones más uniformes.

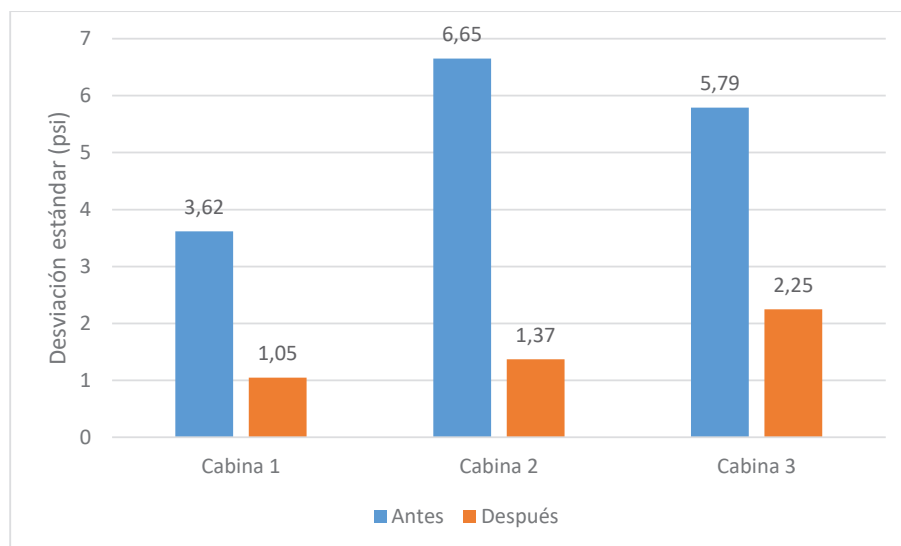


Figura 3.26 Comparación de la desviación estándar de las presiones en las cabinas de terminación

Para el control de los cambios y mejoras implementadas en el proceso de esmaltación, y de acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 3.8 y la tabla 3.16, se realizó la tabla 3.18, para verificar los resultados de dichas mejoras.

Tabla 3.18 Comparación de estadísticas de las presiones en cabinas de esmaltación

# Cabina	MEDIA		VARIANZA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Cabina 1	81,33	88,04	8,23	7,52	2,87	2,74
Cabina 2	96,17	89,25	11,10	3,33	3,33	1,82
Cabina 3	101,04	90,42	8,65	2,43	2,94	1,56
Cabina 4	94,67	90,67	8,93	1,62	2,99	1,27
Cabina 5	99,25	90,25	3,67	2,20	1,92	1,48
Cabina 6	88,75	90,08	8,63	1,91	2,94	1,38

Para las cabinas de operación se implementaron las mejoras de tal forma de mantener una presión de aire comprimido de 90 psi. Como se puede observar en la figura 3.27 las medias de las presiones en las cabinas evidencian dicho objetivo.

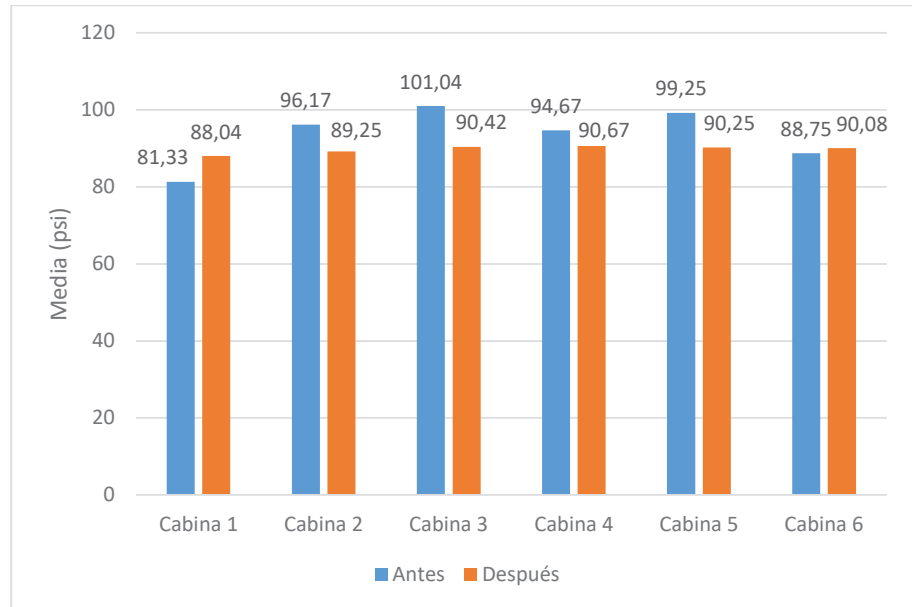


Figura 3.27 Comparación de la media de las presiones en las cabinas de esmaltación

Las mejoras muestran un cambio significativo en la varianza de las presiones de las cabinas de esmaltación, de acuerdo a la figura 3.28. Las presiones de las cabinas se mantienen uniformes durante los turnos de producción.

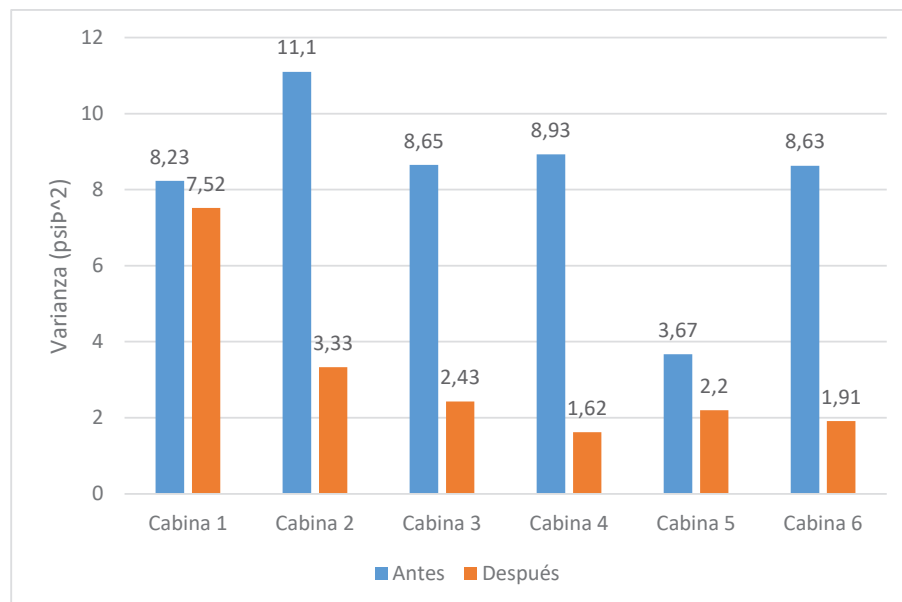


Figura 3.28 Comparación de la varianza de las presiones en las cabinas de esmaltación

Como se puede observar en la figura 3.29 la desviación estándar también evidencia dicha mejora en las presiones de las cabinas de esmaltación. La mejora en este parámetro permite garantizar que todas las piezas están siendo procesadas en las mismas condiciones, garantizando un proceso estandarizado.

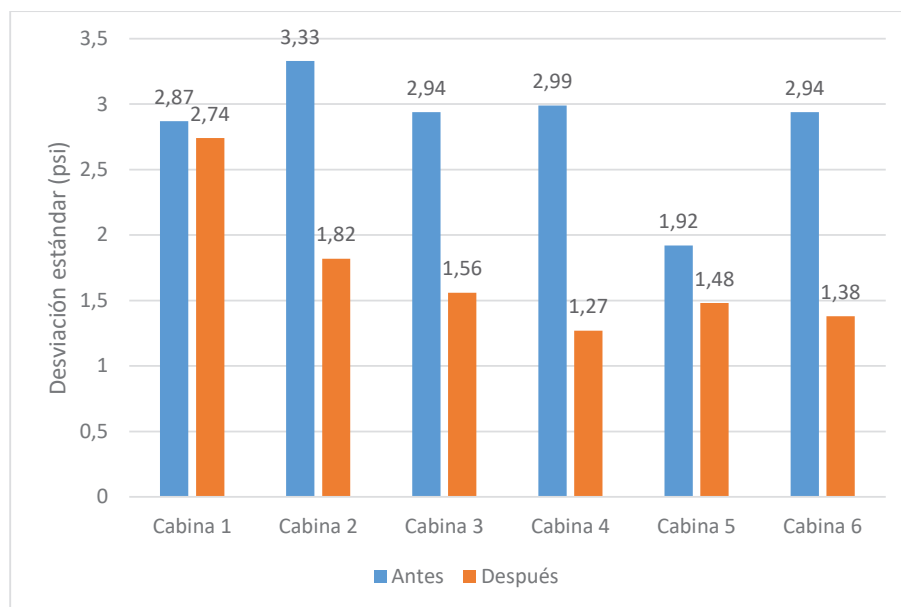


Figura 3.29 Comparación de la desviación estándar de las presiones en las cabinas de esmaltación

Luego del control realizado se incluyó las mejoras implementadas dentro del instructivo del proceso correspondiente para asegurar la permanencia de la mejora a través del tiempo.

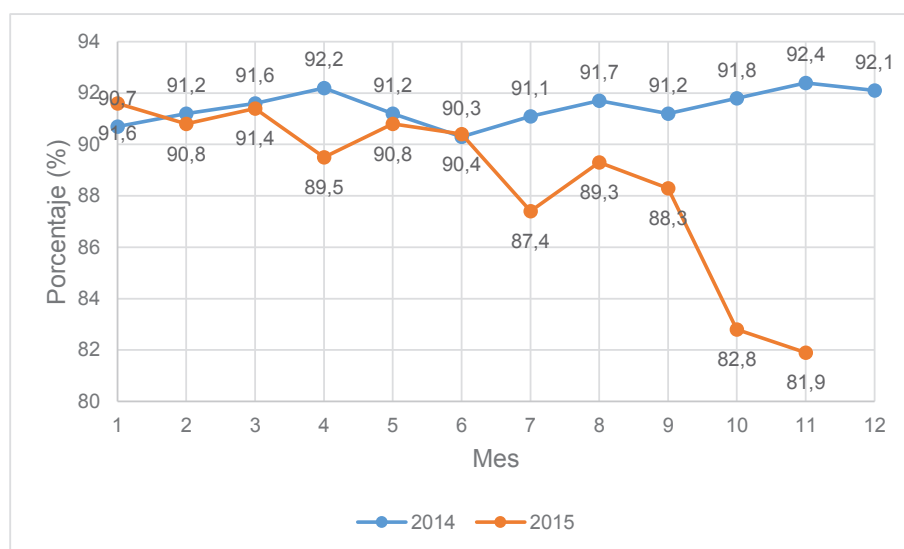
3.6. Evaluación y análisis de los indicadores

3.6.1. Rendimiento de fábrica

Los datos que se muestran en la tabla 3.19 corresponden al indicador rendimiento de fábrica del año 2014 y 2015. En una primera instancia se comparó el comportamiento de este indicador a lo largo del año 2014 respecto al comportamiento que tuvo en el año 2015 como se puede observar en la figura 3.30.

Tabla 3.19 Datos del indicador Rendimiento de fábrica año 2014 y 2015

RENDIMIENTO FABRICA (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	90,7	91,6
Febrero	91,2	90,8
Marzo	91,6	91,4
Abril	92,2	89,5
Mayo	91,2	90,8
Junio	90,3	90,4
Julio	91,1	87,4
Agosto	91,7	89,3
Septiembre	91,2	88,3
Octubre	91,8	82,8
Noviembre	92,4	81,9
Diciembre	92,1	

**Figura 3.30** Comportamiento del indicador Rendimiento de fábrica en el año 2014 y 2015

En el año 2014 el indicador de rendimiento de fábrica muestra una tendencia ascendente, sin embargo en el 2015 la tendencia cambia a descendente, principalmente a partir del sexto mes, esto debido principalmente a los compromisos de la empresa por fabricar productos nuevos para otras fábricas fuera del país, así como problemas internos del país que elevaron los costos de producción y almacenamiento. Además como la fábrica se encuentra dentro de un proceso de ampliación, algunas áreas son reubicadas y otras sufren modificaciones

constantes, por lo que se bajó los volúmenes de producción mientras se realizaban dichos cambios.

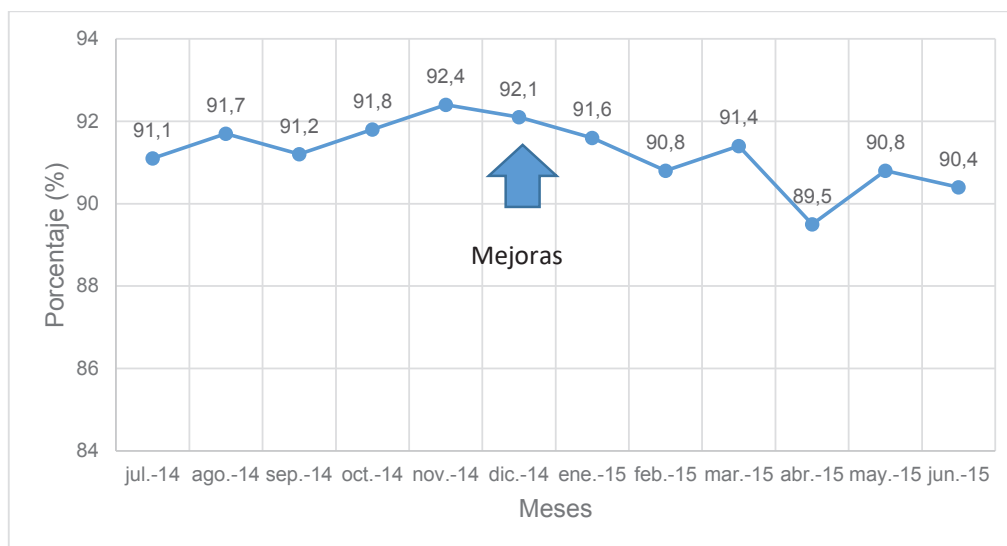


Figura 3.31 Comportamiento del indicador Rendimiento de fábrica en el periodo de 1 año

Analizando el indicador en un período continuo de seis meses antes de los cambios y mejoras realizadas así como seis meses después de dichos mejoras, podemos observar en la figura 3.31 que el rendimiento de fábrica no muestra una tendencia marcada, con valores que varían menos de 2%, entre 90,4% y 92,1%.

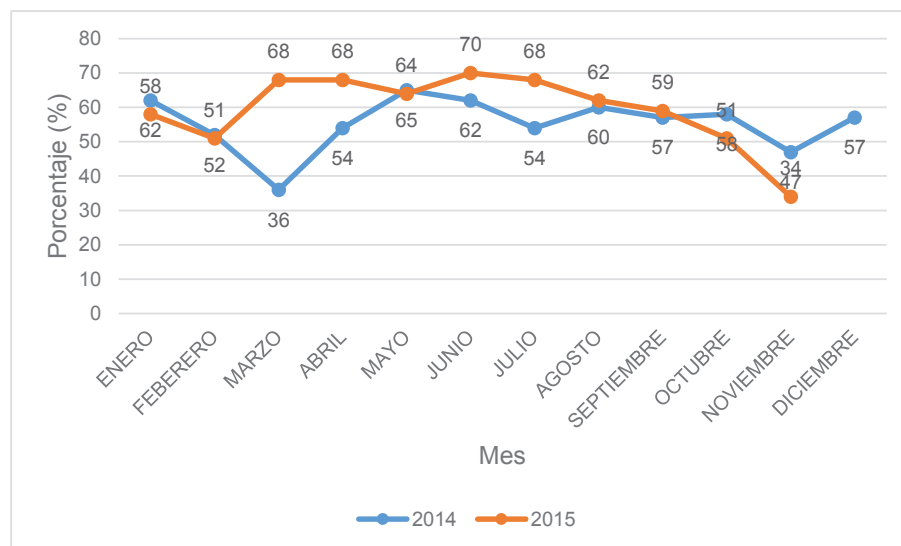
Las mejoras no generaron un impacto significativo en este indicador. Este indicador toma en cuenta parámetros de toda la fábrica, y las mejoras fueron implementadas en procesos específicos. Este indicador también toma en cuenta las mermas en productos finales importados, y la calidad y mermas de dichos productos es independiente de las mejoras implementadas en los procesos de manufactura en la planta de Ecuador.

3.6.2. Calidad OPM

El indicador de calidad OPM se analizó con los datos mostrados en la tabla 3.20 y en la figura 3.32 donde se tiene información del año 2014 y 2015.

Tabla 3.20 Datos del indicador Calidad OPM en los años 2014 y 2015

CALIDAD OPM (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	62	58
Febrero	52	51
Marzo	36	68
Abril	54	68
Mayo	65	64
Junio	62	70
Julio	54	68
Agosto	60	62
Septiembre	57	59
Octubre	58	51
Noviembre	47	34
Diciembre	57	

**Figura 3.32** Comportamiento del indicador Calidad OPM en los años 2014 y 2015

En el período de análisis continuo de la figura 3.33 este indicador muestra una tendencia ascendente, con un incremento significativo de 17 puntos en el mes de marzo del 2015. Esta tendencia se consiguió con las mejoras implementadas y con los planes de mejora que la empresa ya venía trabajando.

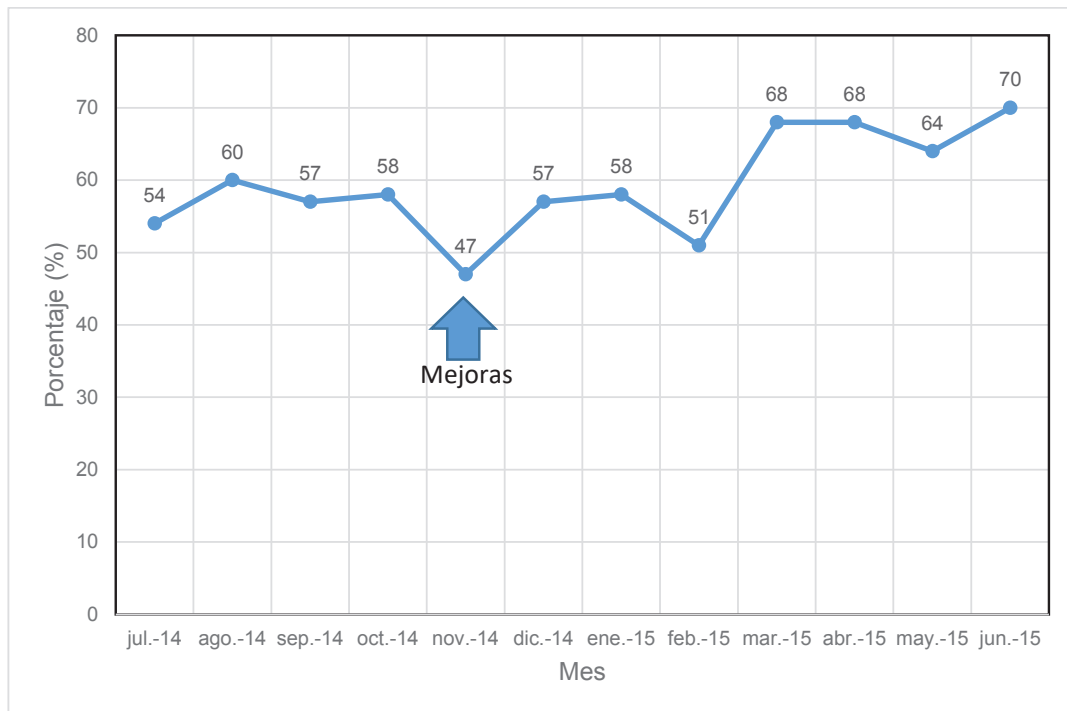


Figura 3.33 Comportamiento del indicador Calidad OPM en el periodo de 1 año

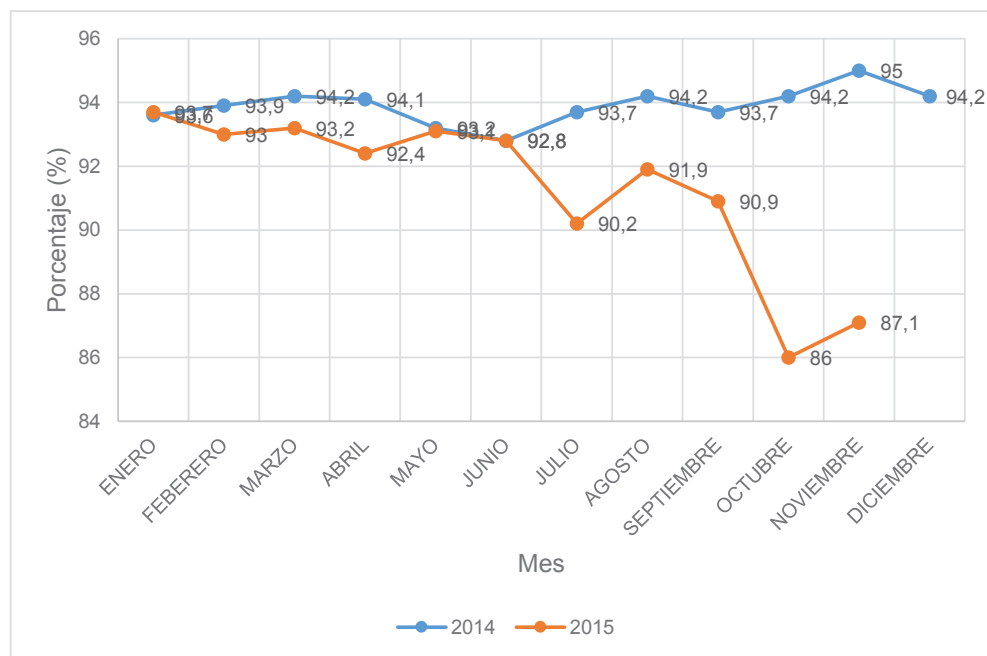
En general como se puede ver en la figura 3.33, la calidad OPM tiene una tendencia ascendente, debido a las mejoras implementadas tanto del plan de mejora 2 y 3, así como de otros planes de mejora en los que ya venía trabajando la fábrica, lo que hizo posible una mejora de alrededor de 20% en la calidad OPM. Este indicador si muestra un impacto positivo de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta debido a que es un indicador directamente relacionado con el proceso específico de OPM.

3.6.3. Calidad acumulada

El indicador de calidad acumulada se analizó con los datos mostrados en la tabla 3.21, y en la figura 3.34 se tiene información del año 2014 y 2015 respecto a este indicador.

Tabla 3.21 Datos del indicador Calidad acumulada en los años 2014 y 2015

CALIDAD ACUMULADA (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	93,6	93,7
Febrero	93,9	93
Marzo	94,2	93,2
Abril	94,1	92,4
Mayo	93,2	93,1
Junio	92,8	92,8
Julio	93,7	90,2
Agosto	94,2	91,9
Septiembre	93,7	90,9
Octubre	94,2	86
Noviembre	95	87,1
Diciembre	94,2	

**Figura 3.34** Comportamiento del indicador Calidad acumulada en los años 2014 y 2015

En la figura 3.34 se puede observar que durante el año 2014, hasta junio del 2015, no existió una variación significativa del indicador, sin embargo a partir del mes de junio del 2015 se observa una caída de alrededor de 8%. Este se debió principalmente a que desde dicha fecha comenzaron a aparecer problemas con respecto a la calidad de productos nuevos (piezas rotas o que no cumplieran con las

especificaciones de calidad del país) que se comenzó a fabricar para Argentina y la importación de productos desde China. En cuanto a los productos para Argentina, al ser productos nuevos, tenían que atravesar por una curva de aprendizaje normal cuando se comienza a fabricar un producto nuevo. Por otro lado la importación de productos chinos también generó un impacto en la calidad ya que por el transporte y por los métodos de fabricación que tiene dicho país, las piezas tenían algunos problemas de calidad y los estándares que maneja FV Ecuador.

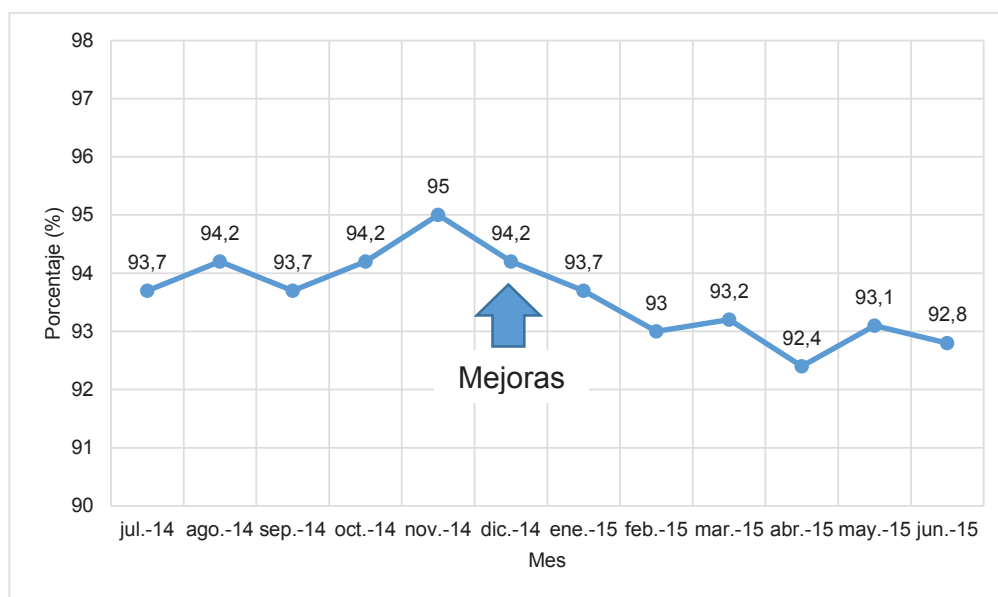


Figura 3.35 Comportamiento del indicador Calidad acumulada en el periodo de 1 año

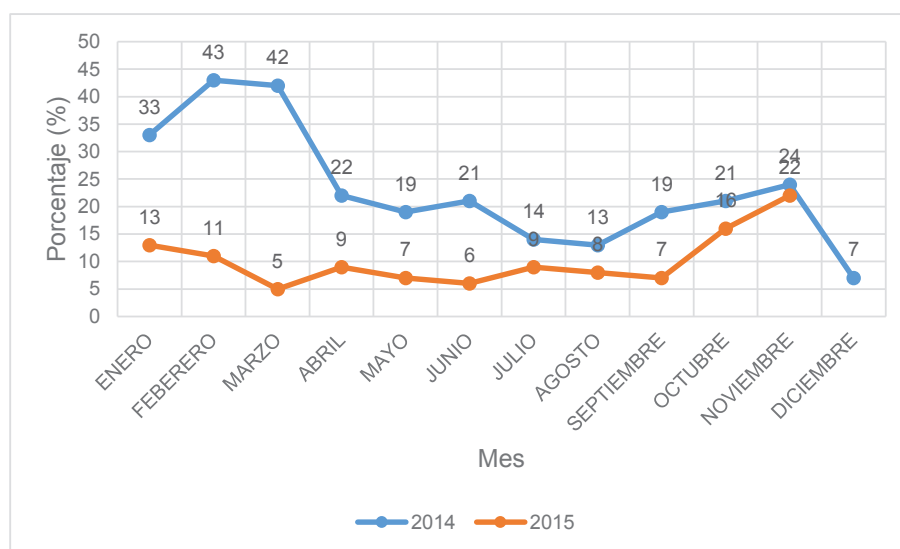
Analizando el comportamiento del indicador en la figura 3.35 se puede notar que a pesar que tiene una tendencia descendente, que quiere decir que la calidad a desmejorado, la variación es de alrededor de 1%, lo que no se puede considerar como algo significativo, tomando en cuenta que el indicador toma en consideración la calidad acumulada de todos los productos.

3.6.4. Rotura OPM

Los valores de este indicador se muestran en la tabla 3.22, y su representación gráfica se puede observar en la figura 3.36.

Tabla 3.22 Datos del indicador Rotura OPM en los años 2014 y 2015

ROTURA OPM (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	33	13
Febrero	43	11
Marzo	42	5
Abril	22	9
Mayo	19	7
Junio	21	6
Julio	14	9
Agosto	13	8
Septiembre	19	7
Octubre	21	16
Noviembre	24	22
Diciembre	7	

**Figura 3.36** Comportamiento del indicador Rotura OPM en los años 2014 y 2015

Este indicador muestra un decremento claro a lo largo del año 2014, principalmente debido a las mejoras implementadas como parte de plan de mejoras continuas de la planta. Por otro lado si bien en el año 2015 en el primer semestre se puede observar que esa tendencia se mantiene, ésta ya no es tan acentuada. En el segundo semestre del año 2015 la tendencia cambia y se vuelve ascendente, es decir el porcentaje de roturas en OPM se incrementó, debido principalmente a la introducción de nuevos productos para la fabricación.

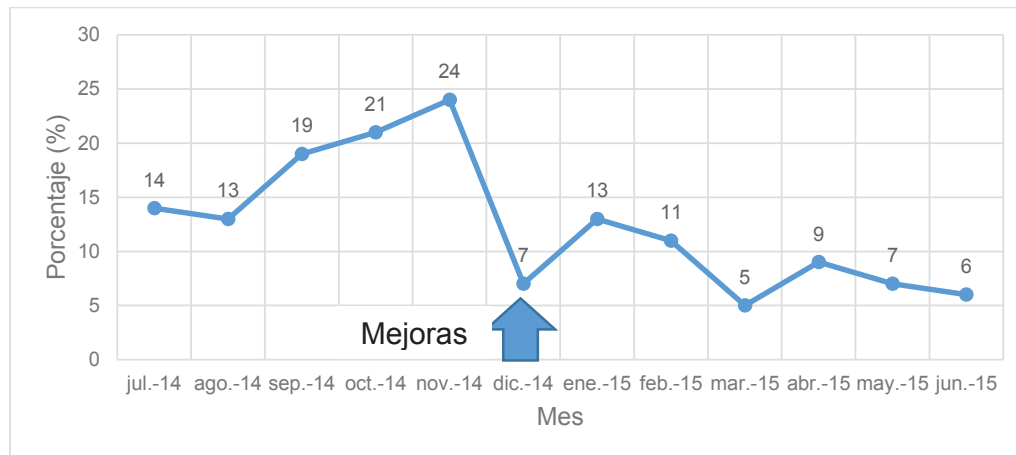


Figura 3.37 Comportamiento del indicador Rotura OPM en el periodo de 1 año

Tomando el período de análisis mostrado en la figura 3.37, se puede observar que a partir de la implementación de las mejoras en diciembre y enero del 2015 la tendencia a disminuir las roturas OPM continuo. Empezando en 14% en julio del 2014 y terminando en 6% en junio del 2015, se consiguió una mejora aproximada de un 50% de reducción de roturas.

3.6.5. Rotura acumulada

A continuación en la tabla 3.23 se muestra los datos obtenidos para el indicador rotura acumulada en el año 2014 y 2015 respectivamente.

Tabla 3.23 Datos del indicador Rotura acumulada en los años 2014 y 2015

ROTURA ACUMULADA (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	2,8	2,2
Febrero	2,9	2,3
Marzo	2,8	2
Abril	2	3
Mayo	2,2	2,5
Junio	2,7	2,6
Julio	2,8	2,6
Agosto	2,7	2,8
Septiembre	2,7	2,9
Octubre	2,5	
Noviembre	2,7	
Diciembre	2,2	

En la figura 3.38 se puede observar el comportamiento del indicador en los años señalados anteriormente.

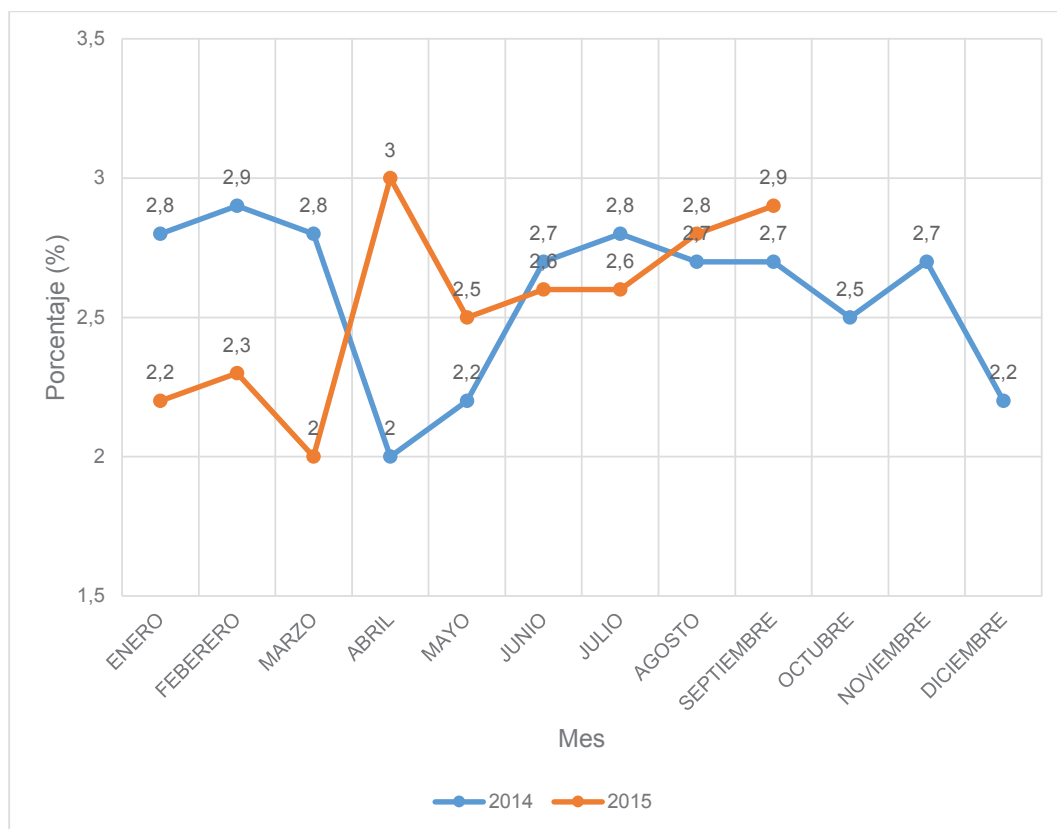


Figura 3.38 Comportamiento del indicador Rotura acumulada en los años 2014 y 2015

Si bien en las tendencias que se puede observar en la figura 3.39 existen variaciones, el rango de en el que se encuentran todos los valores son entre el 2% y el 3%. En el año 2015 se muestra una tendencia creciente que inicia en 2,2% en el mes de enero y termina con un valor de 2,9% en el mes de septiembre del 2015. Dicho incremento se debe principalmente a los productos importados de China y a los nuevos productos de la línea de producción que aportaron para que este indicador tenga dicha tendencia en el 2015.

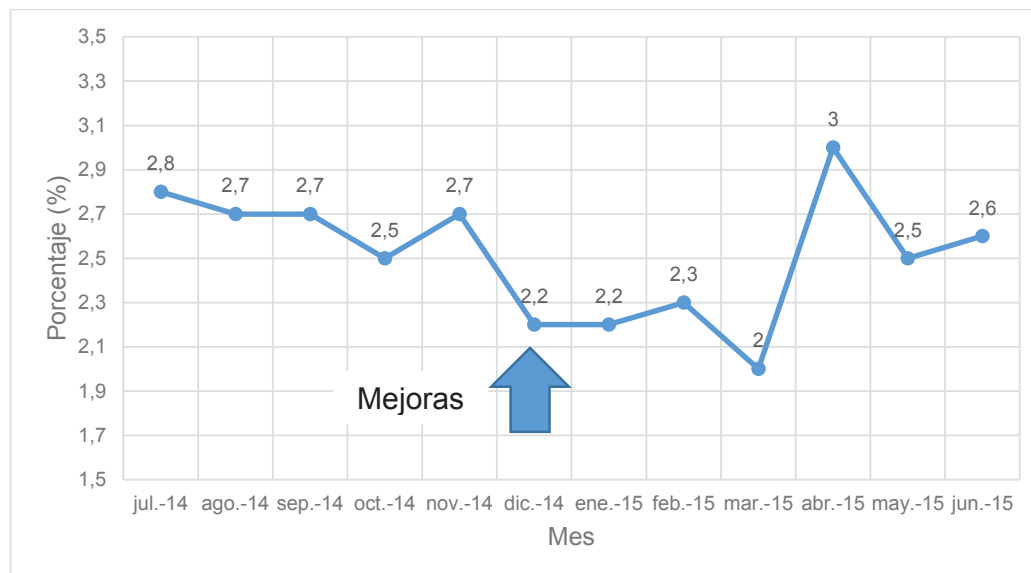


Figura 3.39 Comportamiento del indicador Rotura acumulada en el periodo de 1 año

Para el período de análisis de la figura 3.39 se muestra la inflexión de la tendencia a partir de abril del 2015, fecha en la cual se empezaron a observar problemas de calidad, específicamente con roturas en los productos chinos importados y con los productos nuevos de la línea de fabricación.

En el primer trimestre del 2015, con la implementación de las mejoras se mantuvo la tendencia a decrecer el porcentaje de roturas acumuladas. De ahí en adelante los problemas antes mencionados ocasionaron el cambio en dicha tendencia.

3.6.6. Eficiencia OPM

El indicador de eficiencia OPM muestra los datos de la tabla 3.24 que se muestran a continuación:

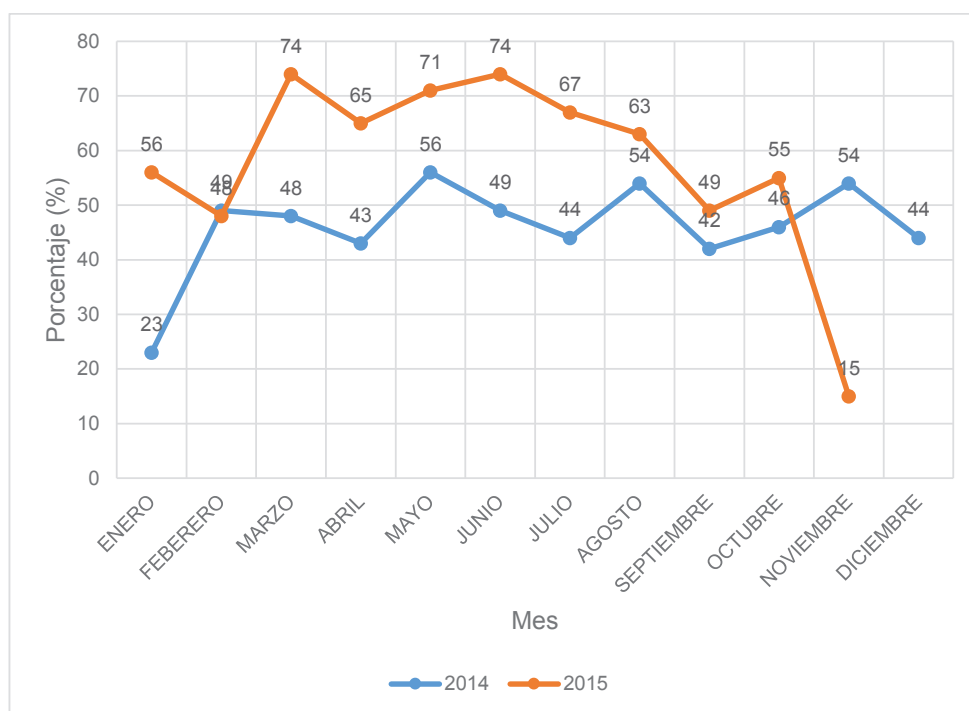
Tabla 3.24 Datos del indicador Eficiencia OPM en los años 2014 y 2015

EFICIENCIA OPM (%)		
MES/AÑO	2014	2015
Enero	23	56
Febrero	49	48
Marzo	48	74
Abril	43	65

Tabla 3.24 Datos del indicador Eficiencia OPM en los años 2014 y 2015 (continuación...)

MES/AÑO	2014	2015
Mayo	56	71
Junio	49	74
Julio	44	67
Agosto	54	63
Septiembre	42	49
Octubre	46	55
Noviembre	54	15
Diciembre	44	

En la figura 3.40 se puede observar que en general el indicador en el 2015 muestra mejores valores que el año 2014, con una diferencia de alrededor de un 15 % entre los valores de un año a comparación del otro.

**Figura 3.40** Comportamiento del indicador Eficiencia OPM en los años 2014 y 2015

En el mes de noviembre de 2015 se muestra una caída significativa en este indicador de alrededor de 40%. Esta caída se debió al movimiento y reubicación de algunas líneas de colado, lo que produjo una baja significativa en la producción de

piezas, debido a que durante dichas movilizaciones de las líneas no es posible producir.

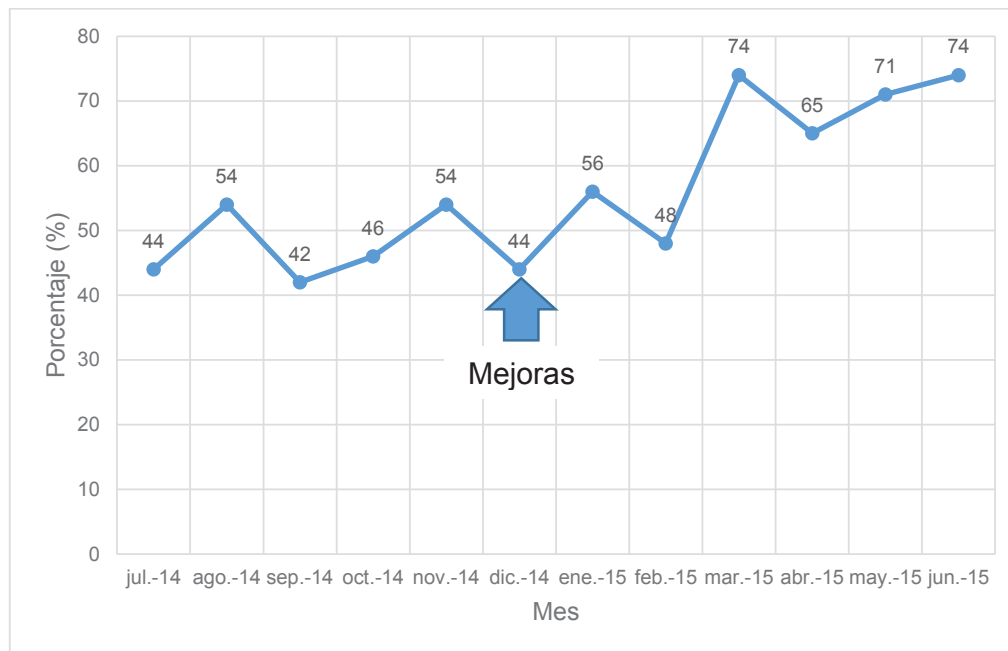


Figura 3.41 Comportamiento del indicador Eficiencia OPM en el periodo de 1 año

Para el periodo de análisis de la figura 3.41 podemos observar que se mantuvo la tendencia a incrementar la eficiencia OPM, y se puede observar que tuvo un despunte en el mes de marzo de 2015 llegando al valor de 74%, manteniendo la tendencia en el trimestre siguiente. Las mejoras en el área de colado, en el proceso de secado estandarizado y otras mejoras en cuanto a materia prima hicieron que este indicador pudiera mantener dicha tendencia en el periodo mostrado.

3.7. Evaluación de las mejoras y su impacto

Se llevó a cabo la metodología presentada en el presente trabajo, desde la identificación de los procesos, la cadena de valor, la identificación de los problemas, su análisis mediante diagramas causa efecto, el planteamiento de planes de mejora y su implementación, mediante la utilización de herramientas de manufactura esbelta como Kaizen, 5s, y DMAIC seis sigma.

Consolidando todos los resultados no se pudo establecer una mejoría notable sostenida en el tiempo, debido principalmente a que no se han mantenido condiciones permanentes de producción debido a problemas del sector industrial global del país, problemas de importaciones y negociaciones de la empresa con fábricas de otros países como China, que invertirán en la ampliación de la planta, pero la planta debe comprar cierta cantidad de productos de la fábrica China, como condición de la negociación. De ahí que las piezas que llegan tienen problemas de calidad, por lo que son inspeccionadas una a una, y son retiradas todas las piezas que no cumplen con especificaciones propias de la fábrica de Ecuador, e incluso piezas que debido al viaje, almacenamiento y transporte sufren daños o en el peor de los casos llegan rotas, convirtiéndose en pérdidas para la empresa.

De manera similar sucedió con otras fábricas de la corporación, por ejemplo la fábrica de Argentina, para la cual se debe producir ciertos productos, y debido a la curva de aprendizaje propia de cualquier producto nuevo en una línea de producción, genera una baja en los indicadores de calidad, afectando los resultados generales de la planta.

Hay que mencionar pues, que la empresa se encuentra en una etapa de transición y ampliación, por lo que no se encuentra con condiciones estables de funcionamiento haciendo difícil evidenciar los efectos de los cambios y mejoras implementadas de manera clara. Continuamente se realizan pruebas de nuevos equipos o nuevos modelos dentro de las líneas de producción. Además se realizan cambios de ubicación de las líneas o equipos asociados, y se debe incluir los productos importados que de igual manera afectan los indicadores de la planta. Sin embargo si se analizan los períodos cortos, en los que se implementaron los cambios y mejoras, podemos evidenciar el efecto de los mismos sobre los indicadores de interés.

A pesar de las complicaciones descritas anteriormente, mediante la metodología implementada se obtuvieron buenos resultados para el periodo de análisis de los indicadores, tomando seis meses antes y seis meses después de las mejoras implementadas, con resultados positivos en la calidad, roturas y eficiencia OPM. Luego aparecieron los problemas mencionados y los indicadores se vieron afectados.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se estableció la cadena de valor para el proceso de manufactura de piezas sanitarias, identificando los procesos primarios y secundarios, así como la arquitectura de cada uno de los procesos.
- Los procesos en los que se detectaron problemas son en los procesos primarios de colado, terminación, esmaltación y horno, así como en los parqueaderos intermedios, para los cuales se identificó la causa raíz y se planteó el respectivo plan de mejora.
- Las herramientas de manufactura esbelta que se utilizaron fueron Kaizen, DMAIC seis sigma y las 5S. DMAIC seis sigma se utilizó para mejorar el problema con las presiones de aire comprimido en las cabinas de esmaltación y terminación.
- Para el análisis del impacto se tomó en consideración un tiempo de 12 meses, seis meses antes y seis meses después de la implementación de las mejoras planteadas.
- El indicador de productividad, rendimiento de fábrica, no mostró mayores cambios. Fluctuó en un rango de 2% respecto al valor promedio. Este indicador se mantuvo sobre el 90%, lo que representa un desempeño bueno de la fábrica, considerando que en el país una fábrica con un rendimiento sobre el 80% se considera aceptable.
- El mayor impacto de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta fue en el indicador de calidad, calidad OPM, que mostró una clara mejoría con un incremento de alrededor de 15 puntos porcentuales de mejora respecto al inicio y final del período de análisis, lo que representó una disminución de los defectos en este tipo de piezas.
- La aplicación de herramientas de manufactura esbelta ayudó a disminuir los desperdicios y mejorar la calidad, principalmente de las piezas OPM, gracias al mejor desempeño del proceso de terminación y esmaltación conseguido con la aplicación de DMAIC seis sigma. La aplicación de las herramientas permitió la identificación, análisis y mejora de los problemas encontrados en planta.

- El indicador de rotura OPM mostró el mayor impacto de las mejoras implementadas, reduciéndose del 14% al 6%.
- El indicador de eficiencia OPM, que está relacionado con los indicadores de calidad OPM y rotura OPM, también mostró una mejora, cambiando de 44% al 75%.
- Una vez terminado el período de análisis, los valores de los indicadores se vieron afectados por otros factores que distorsionaron las tendencias de los mismos, debido principalmente a la inclusión de nuevos productos en las líneas de producción y a la gran cantidad de productos importados que llegaron a la fábrica para su comercialización bajo la marca de FV Ecuador, lo que provocó el incremento de roturas y mayores defectos en las piezas OPM y en otras piezas de producción.

4.2.Recomendaciones

- Implementar el diseño de parqueaderos intermedios propuesto en el trabajo ya que representa una mejora sustancial en el número de movimientos para movilizar los coches con piezas dentro del parqueadero, y además permite un mejor control sobre las piezas que se encuentran dentro de los mismos.
- Implementar el instructivo de acuerdo a lo establecido en el trabajo, o revisar el tiempo pertinente para su implementación, para que los problemas y planes de mejoras sean oportunos y ayuden a mejorar el desempeño de los procesos.
- Capacitar a los operadores para conseguir un verdadero compromiso de ellos con las mejoras continuas y que no se queden en compromisos momentáneos o condicionados sólo por el cumplimiento de algún indicador.
- Fortalecer la aplicación de las 5S para conseguir una mejora continua realmente sostenida en el tiempo, para lo cual se la debe aplicar a todo nivel, desde la parte gerencial, línea de supervisión y operadores.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Alukal, G. y Manos, A. (2006). *Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
2. Blanco, L. (2007). *La nueva guía lean de bolsillo (Producción Lean)*. (1ra. ed.). New York: MCS Media, Inc.
3. Bravo, J. (2010). *Gestión de Procesos*. (1ra. ed.). Santiago de Chile: Evolución S.A.
4. Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that Works*. (1ra. ed.). New York: Amacom.
5. Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. (1ra. ed.). Barcelona: Profit.
6. Dailey, K. (2003). *The lean manufacturing pocket handbook*. Florida: DW Publishing Co.
7. Díaz del Castillo, F. (2009). *La manufactura esbelta*. Recuperado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf. (Enero 2015)
8. Fatás, G., Borrás, G. (1993). *Diccionario de Términos de Arte*. Madrid: Alianza Editorial.

9. Fogarty, D., (1994), *Administración de la producción e inventarios*. (2da ed.). México D.F.: Continental.
10. Gutiérrez, G. (2000). *Justo a Tiempo y Calidad total: Principios y aplicaciones*. (5ta. ed.). México D.F.: Ediciones Castillo.
11. Gutiérrez, G. (2010). *Calidad total y productividad*. (3ra. ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana de Editores S.A.
12. Hindle, T. (2008). *Management: las 100 ideas que hicieron historia*. (1ra. ed.). Lima: The economist.
13. Hernández, L. (2012). *Proceso de fabricación de sanitarios por colada*.
Recuperado de: <https://prezi.com/nkpglhc8dp6w/proceso-de-fabricacion-de-sanitarios-por-colada/>. (Enero 2015)
14. Hodson, W. (1996). *Manual del ingeniero industrial tomo II*. México D.F.: McGraw Hill.
15. Imai, M. (1998). *Cómo implementar el kaizen en el Sitio de Trabajo*. Bogotá: McGraw Hill.
16. Imai, M. (2001). *Kaizen, la clave de la ventaja competitiva japonesa*. (13va ed.). México D.F.: CECSA.

17. Krajewsky, L., Ritzman, L., y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*. (8va. ed.) México D.F.: Pearson.
18. Liker, J. y Meier, D. (2005). *The Toyota Way Fieldbook*. (1ra ed.). New York: McGraw Hill.
19. McHose, A. (1994). *Manufactura: calidad y productividad*. (1ra. ed.) Madrid: Addison – Wesley Iberoamericana.
20. Membrado, J. (2013). *Metodologías avanzadas para la planificación y mejoras*. (1ra ed.). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
21. Meyers, F. y Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. (3ra ed.). México D.F.: Prentice Hall.
22. Niebel, B., y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. (12va. ed.). México D.F.: McGraw Hill.
23. Rajadell, M., y Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. (1ra. ed.). Madrid: Díaz de Santos.
24. Rodríguez, M. (2012). *Procesos de trabajo teoría y casos prácticos*. (1ra. ed.). México D.F.: Pearson Prentice Hall.
25. Ruiz, J., López, C. (2004). *La gestión por calidad total en la empresa moderna*. (1ra. Ed.). México D.F.: Alfaomega Ra-Ma.

26. Sayer, N. y Williams, B. (2012). *Lean for dummies*. (2da ed.). Indianapolis: John Wiley & Sons.
27. Sumanth, D. (2001). *Administración para la productividad total*. (8va ed.). New York: McGrawHill.
28. Tamayo, M. (2004). *El Proceso de Investigación Científica*. (4ta Ed.). México D.F.: Editorial Limusa.
29. Torres, J. (2009). *Lean production: como llegar a ser lean sin mucho esfuerzo*. Toluca: ITESM.
30. Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean thinking*. (1ra ed.). New York: Free Press.
31. Zandin, K. (2010). *Manual del Ingeniero Industrial*. (6ta ed.). México D.F.: McGraw Hill.

ANEXOS

ANEXO I

INSTRUCTIVO – IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS POR PARTE DE LOS OPERARIOS

Antecedentes

La identificación de problemas es el primer paso para una mejora continua, ya que de ahí se parte para poder identificar sus causas y poder presentar soluciones a los mismos. Dentro de la planta la identificación de problemas se centra al trabajo de los supervisores, verificación de indicadores o la observación directa de los problemas. Sin embargo la participación de los operarios para este tipo de actividades se puede volver una herramienta muy valiosa, ya que son ellos los que están en contacto directo con los procesos de la fábrica y son ellos quienes pueden brindar información importante de los problemas o mejoras que podría hacerse a los diferentes procesos.

Objetivo

Identificar los problemas con la ayuda de los operarios, analizar la causa raíz y establecer un plan de mejora para los problemas.

Periodicidad

Se establece que el procedimiento que se presenta en este instructivo sea llevado a cabo cada 6 meses.

Duración

La implementación de este instructivo tiene un lapso de 6 meses. Este tiempo contempla desde la verificación de cumplimiento de los planes anteriores, la identificación de nuevos problemas, identificación de la causa raíz de los problemas, la generación del plan de mejora, y su implementación.

Procedimiento

- **Verificación de cumplimiento de planes anteriores.-** se consultará al representante de los operarios de cada área si el problema planteado con anterioridad se ha resuelto o el porcentaje de avance en la solución del mismo.

- **Encuesta a operarios.-** se le consultará al representante de cada área si ha identificado algún problema dentro del área de acuerdo a las siguientes consideraciones:

Seguridad

Maquinaria

Proceso / Procedimiento

Salud / Personal

Por otro lado se consultará si los operarios del área han pensado en alguna solución para resolver los problemas expuestos, de tal forma de hacer parte a los operarios no solamente de la identificación de los problemas sino también de las posibles soluciones.

A continuación se presenta el formato propuesto para la realización de la encuesta:

FV - ECUADOR	
<u>ENCUESTA - IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS</u>	
PLANTA:	<input type="text"/>
SECCIÓN:	<input type="text"/>
FECHA:	<input type="text"/>
OPERARIO:	<input type="text"/>
¿Existe algún problema que involucre la seguridad en su sección de trabajo? (Incluya una posible solución)	
¿Existe algún problema que involucre la maquinaria en su sección de trabajo? (Incluya una posible solución)	
¿Existe algún problema en cuanto al proceso o procedimientos en su sección de trabajo? (Incluya una posible solución)	
¿Existe algún problema que involucre su salud y bienestar personal su sección de trabajo? (Incluya una posible solución)	
Realizado por:	Operario

Figura AI.1 Formato de encuesta para operarios

- **Tabulación de problemas.**- una vez recogida la información del punto anterior tabular la información de todas las áreas de la planta de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla AI.2 Formato para la tabulación de problemas

SECCIÓN	OBSERVACIÓN	PROBLEMA	DESPERDICIO ASOCIADO	POSIBLE SOLUCIÓN

- **Identificación de causa raíz.**- aplicar cualquier herramienta para la identificación de la causa raíz de los problemas tabulados. Se sugiere la utilización de los diagramas causa efecto, ya que se trata de una herramienta participativa, sin embargo se puede realizar esta actividad mediante cualquier herramienta que permita realizarlo.
- **Generación de plan de mejora.**- a partir de la información generada en los pasos anteriores se generará un plan de mejora para cada problema identificado donde se presentará información acerca del problema y la solución planteada para el mismo.

Socialización

La socialización de la información recogida, así como de las soluciones planteadas para los problemas identificados se la realizará en la cartelera de cada área de la planta, de tal forma que los operarios se vean comprometidos a contribuir en la identificación de problemas y su solución.

ANEXO II

**ESQUEMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA PLANTA DE
SANITARIOS DE FV ECUADOR**

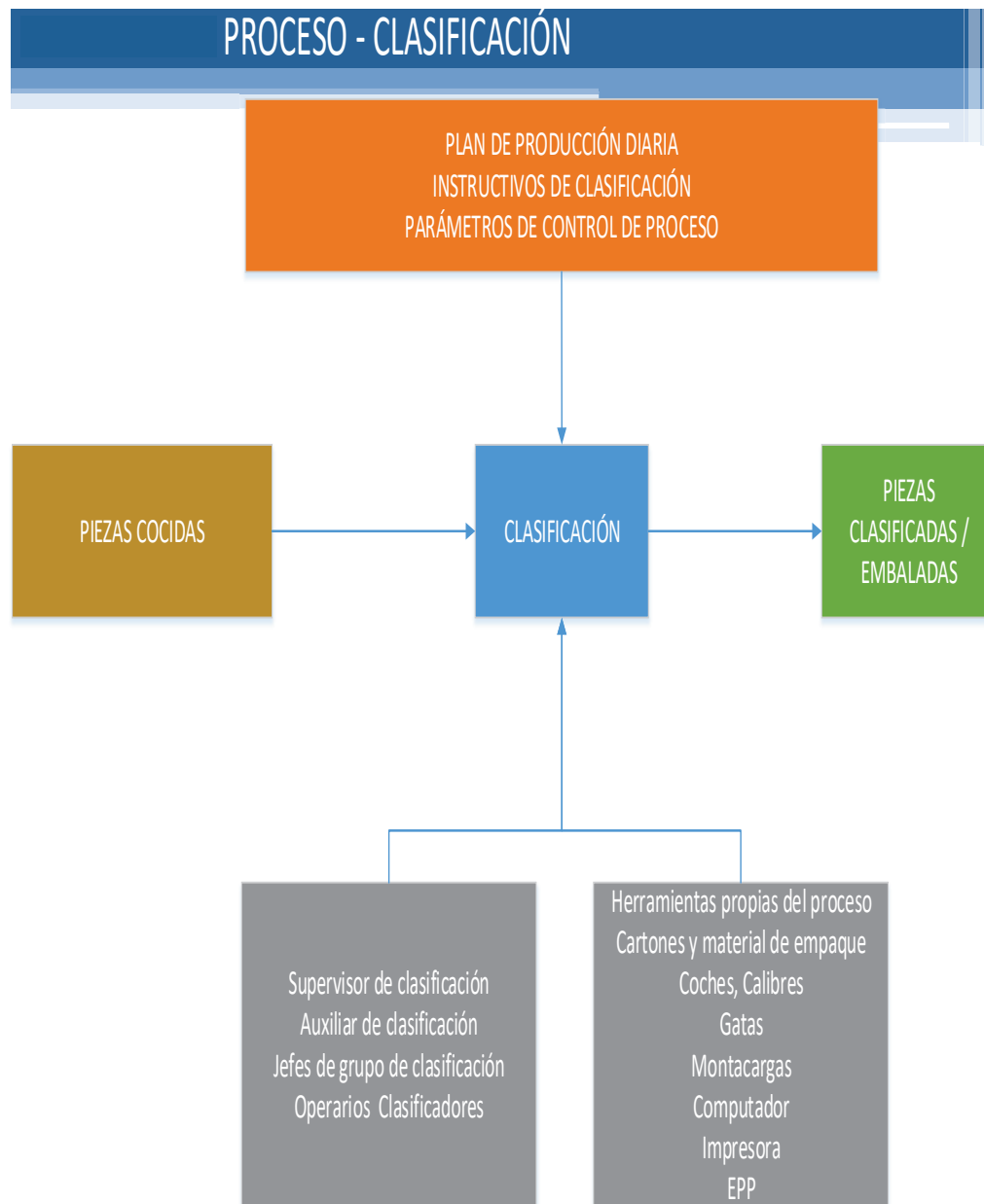


Figura AII.1 Arquitectura del proceso de clasificación

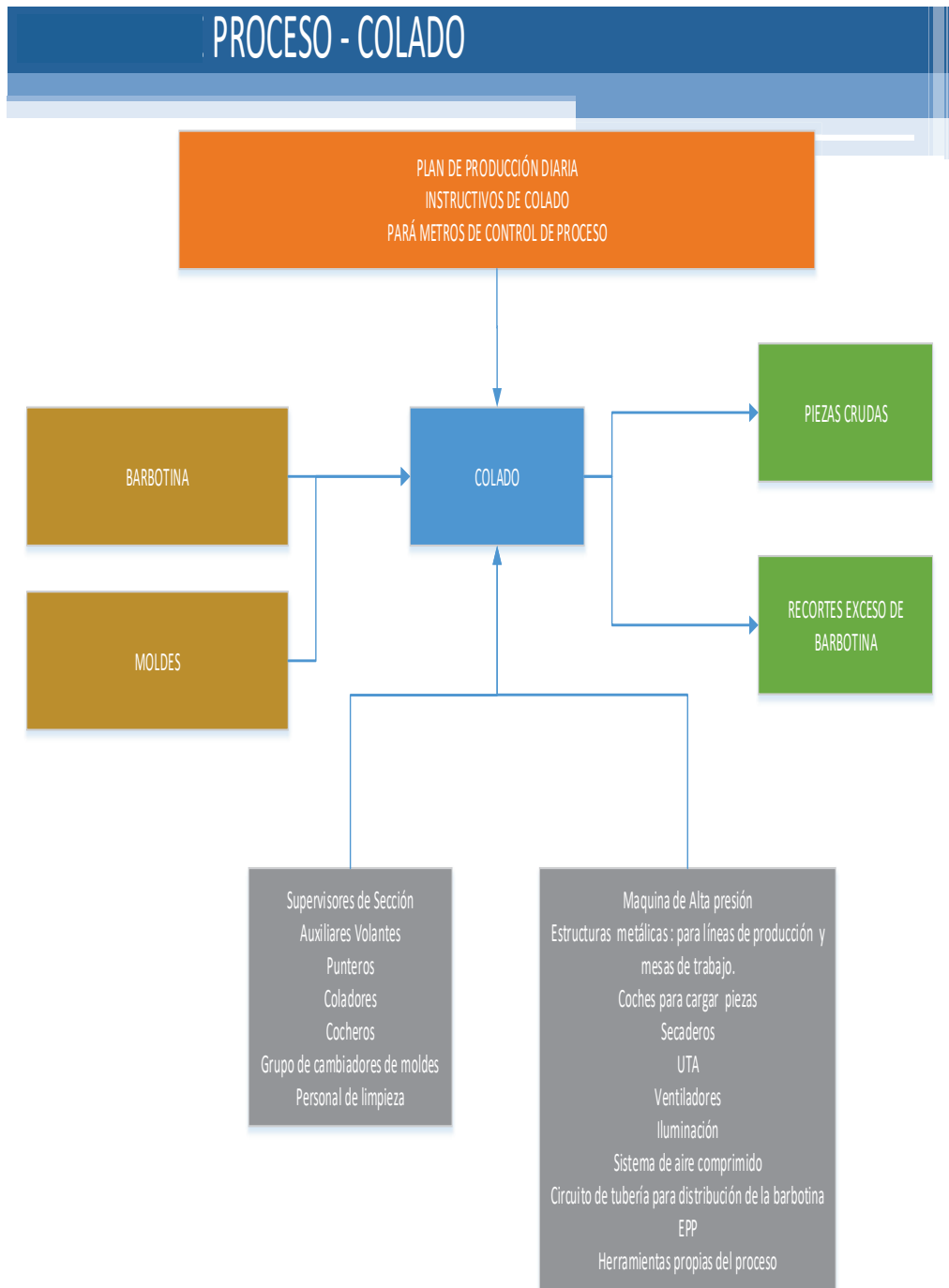


Figura AII.2 Arquitectura del proceso de colado

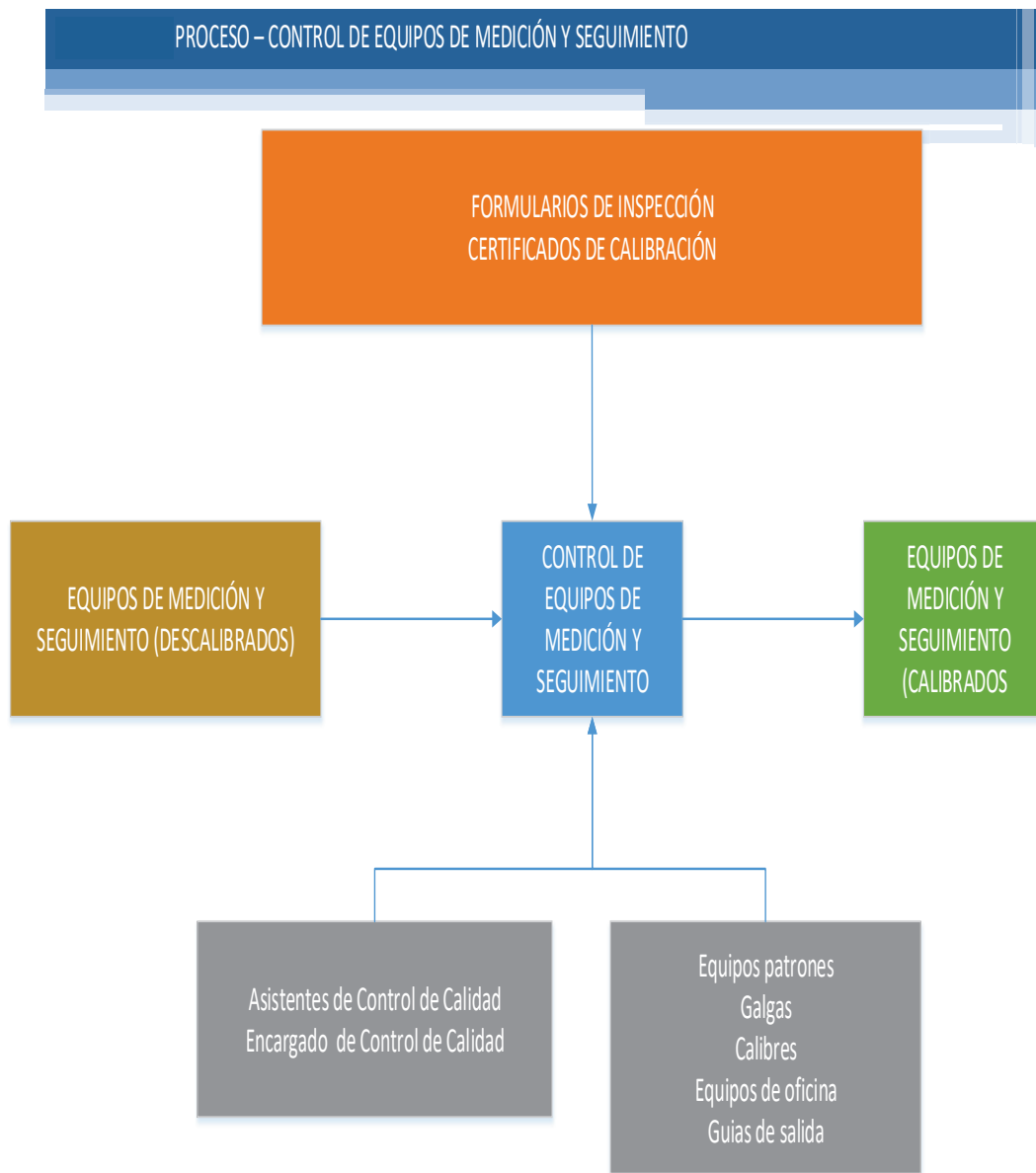


Figura AII.3 Arquitectura del proceso de control de equipos de medición y seguimiento

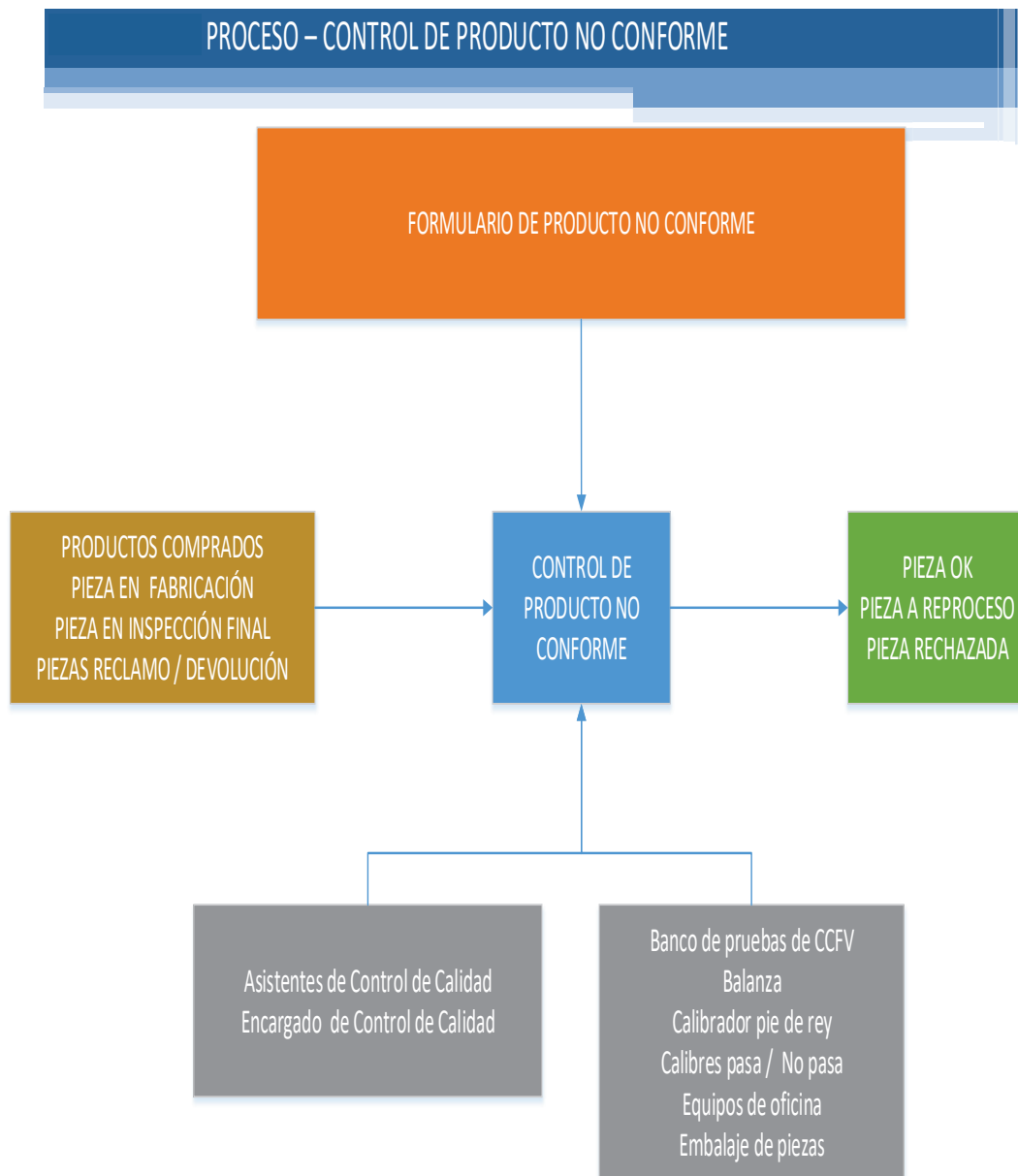


Figura AII.4 Arquitectura del proceso de control de producto no conforme

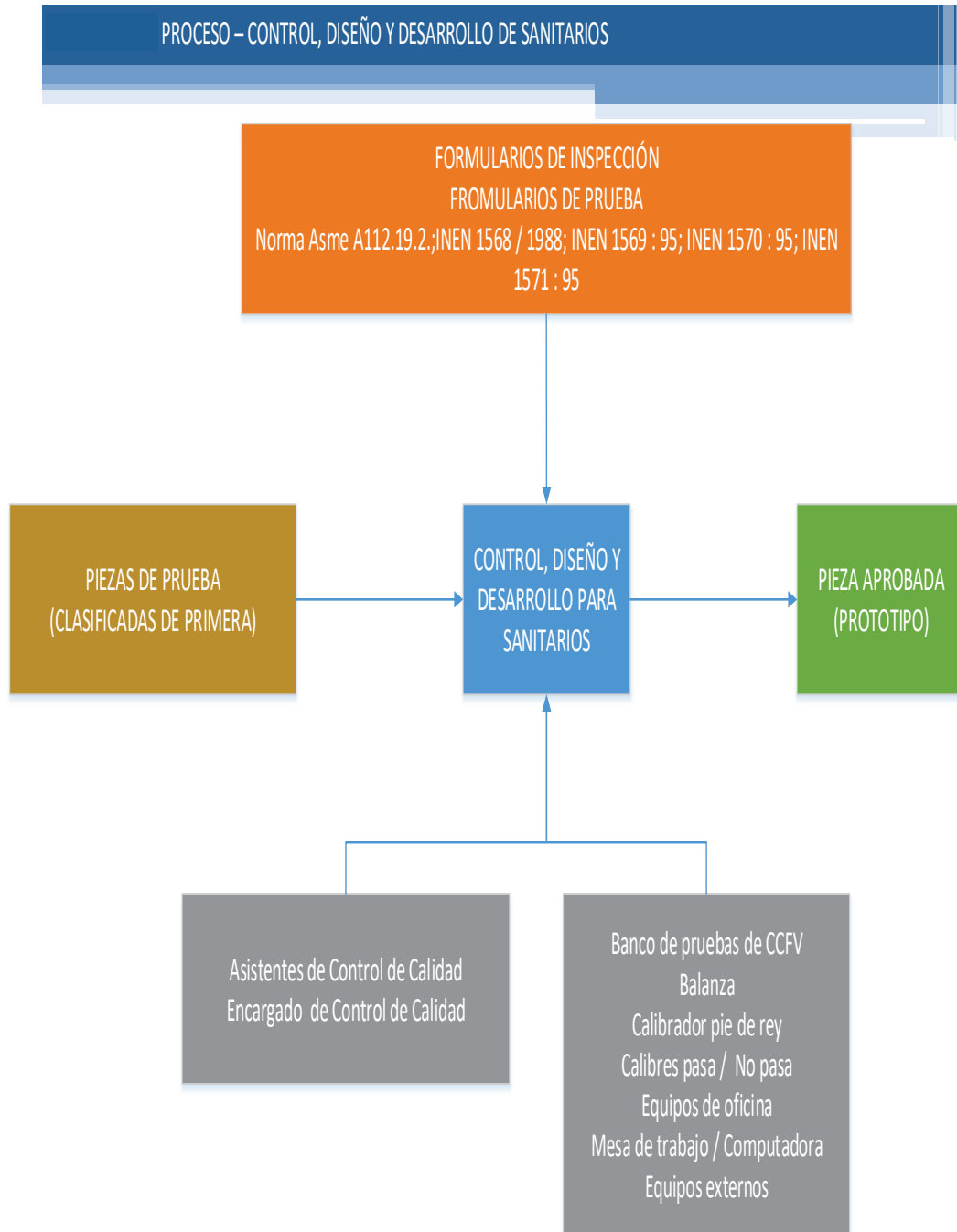


Figura AII.5 Arquitectura del proceso de control, diseño y desarrollo de sanitarios

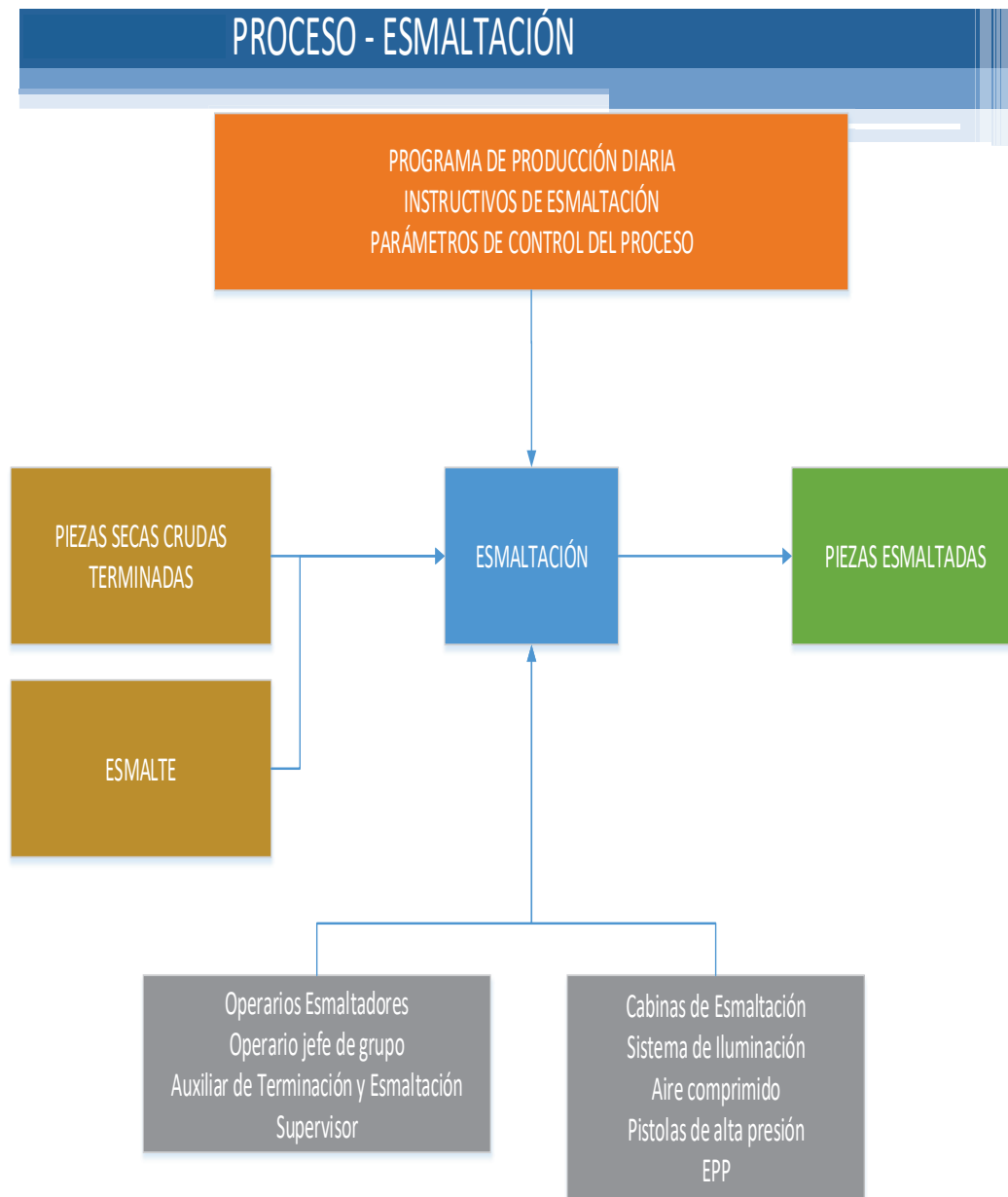


Figura AII.6 Arquitectura del proceso de esmaltación

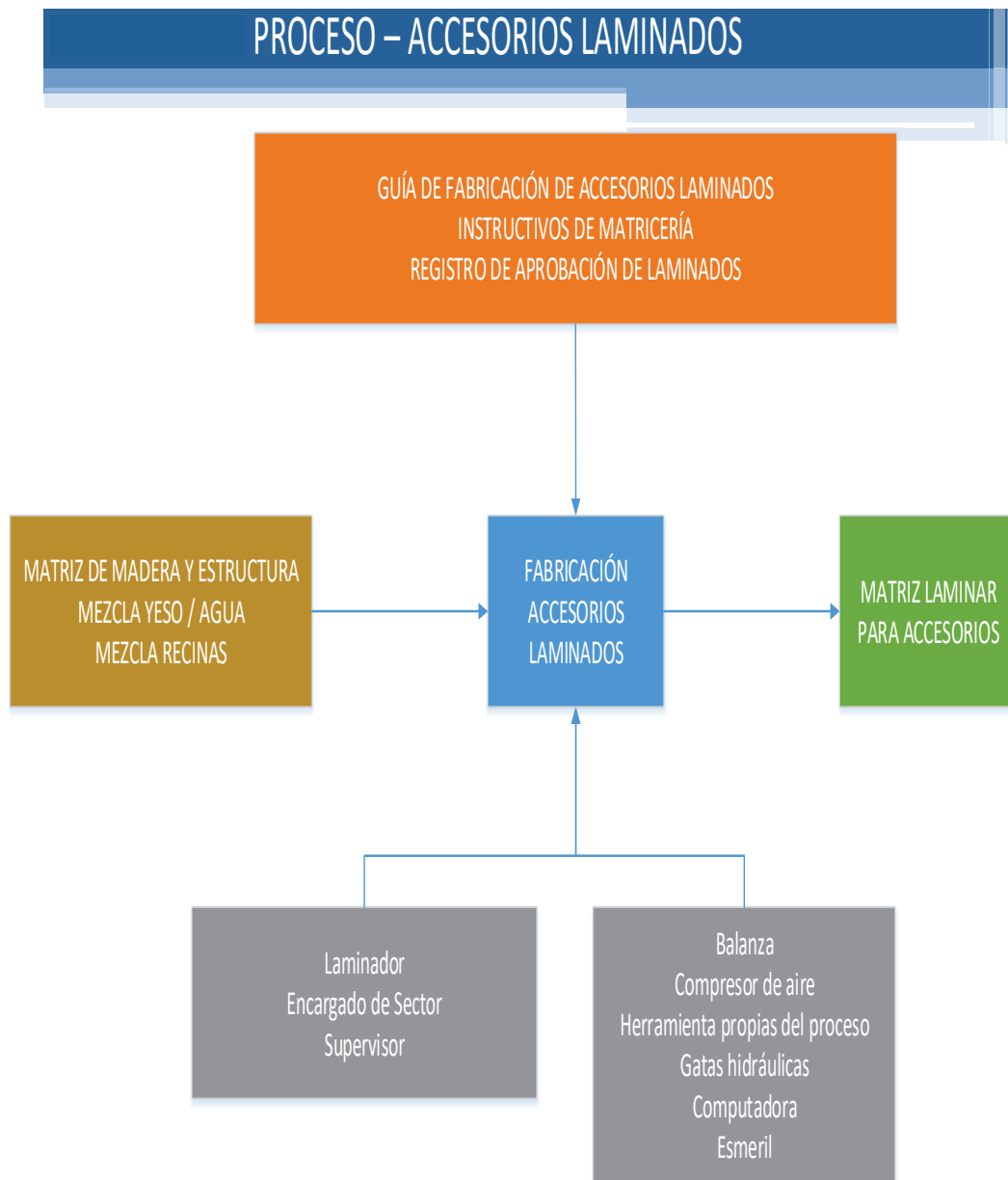


Figura AII.7 Arquitectura del proceso de fabricación de moldes laminados

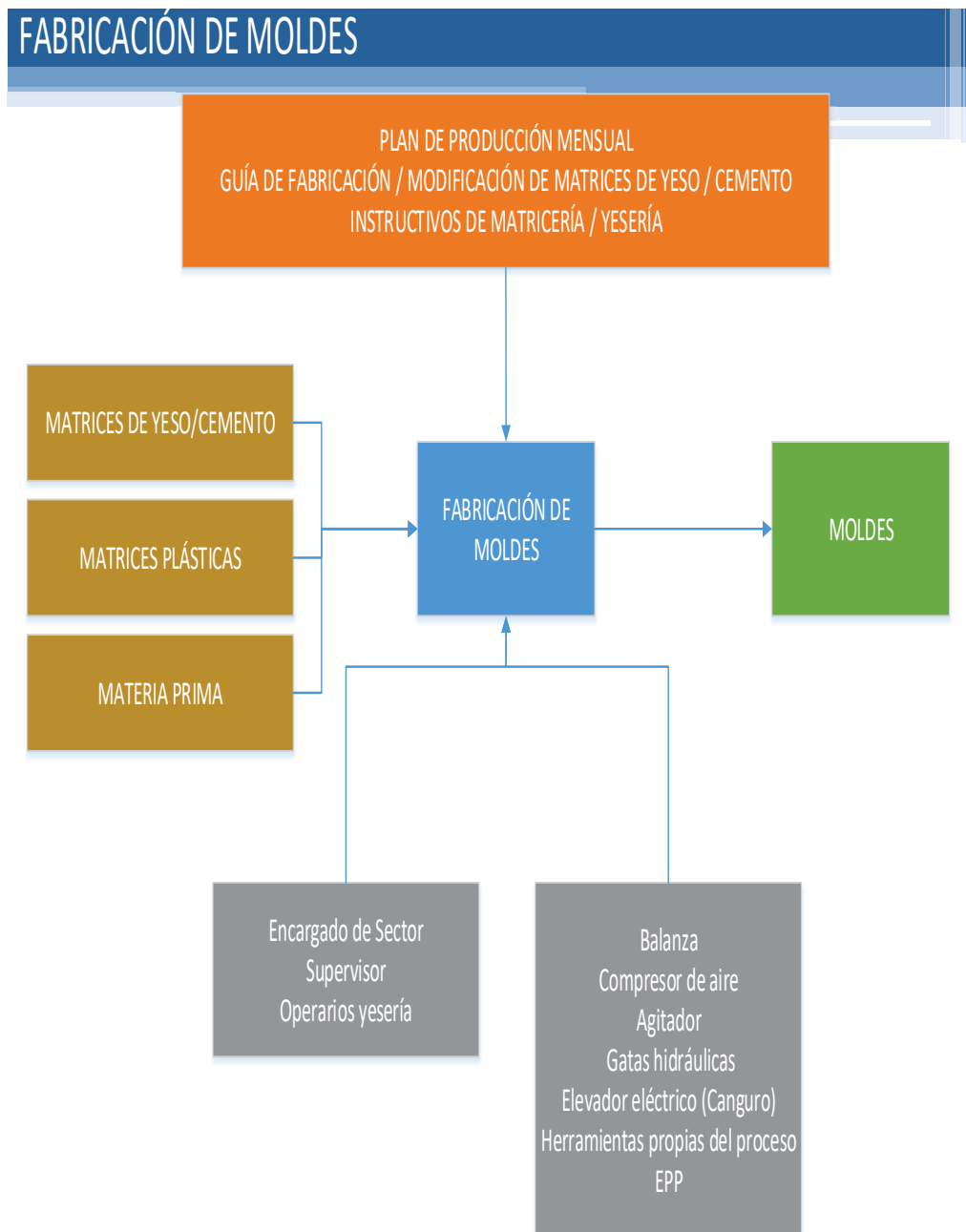


Figura AII.8 Arquitectura del proceso de fabricación de moldes

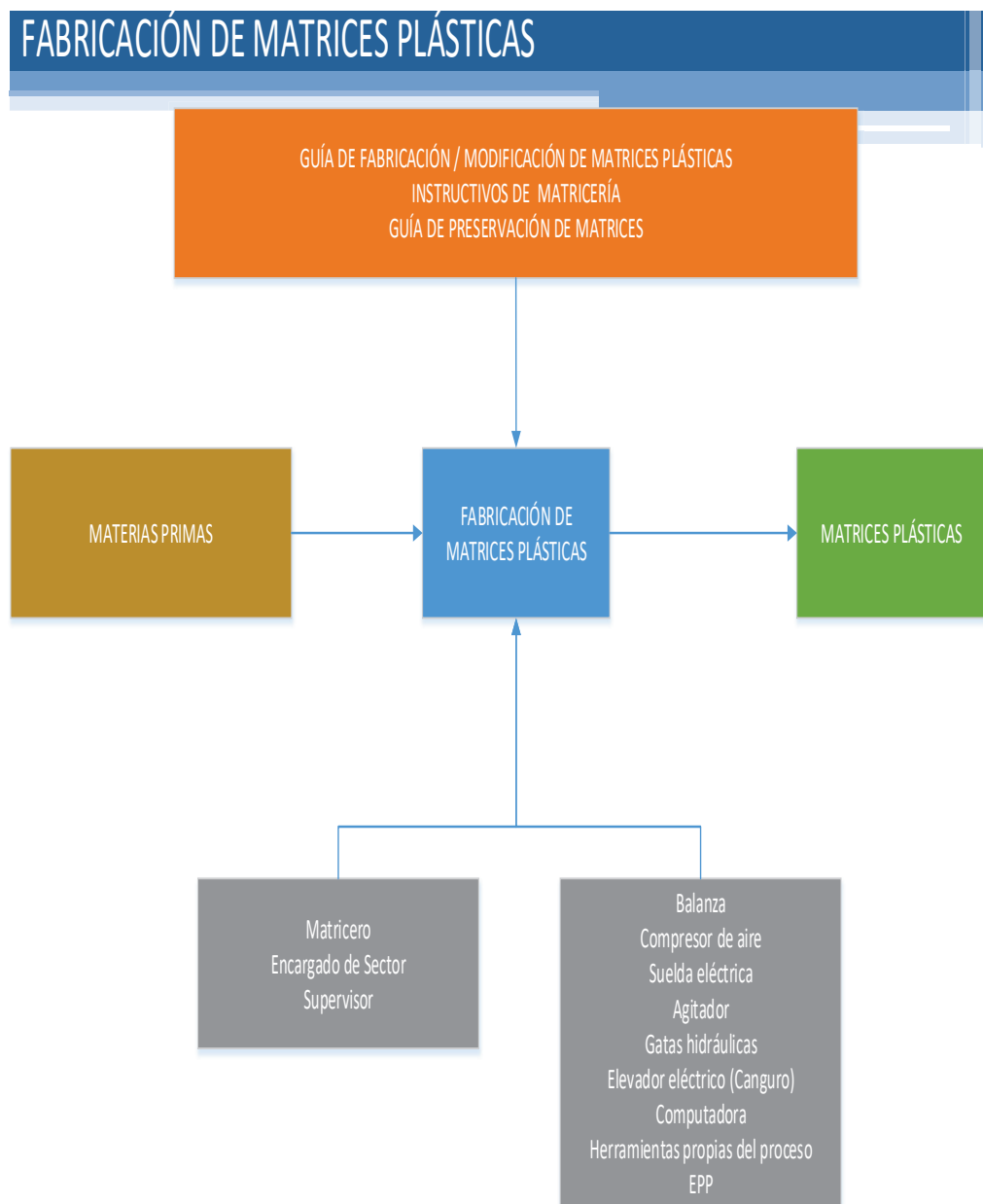


Figura AII.9 Arquitectura del proceso de fabricación de matrices plásticas

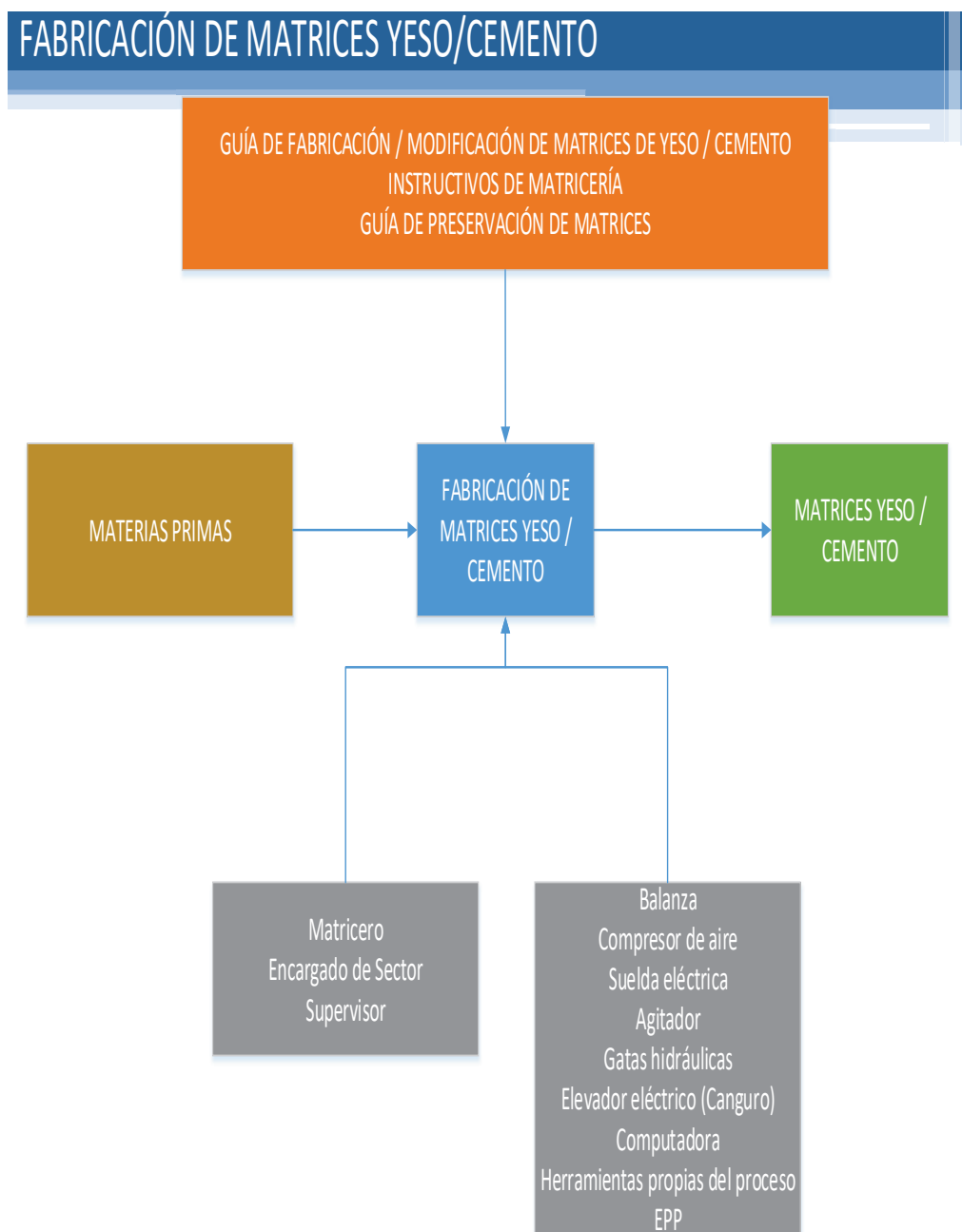


Figura AII.10 Arquitectura del proceso de fabricación de matrices yeso/cemento

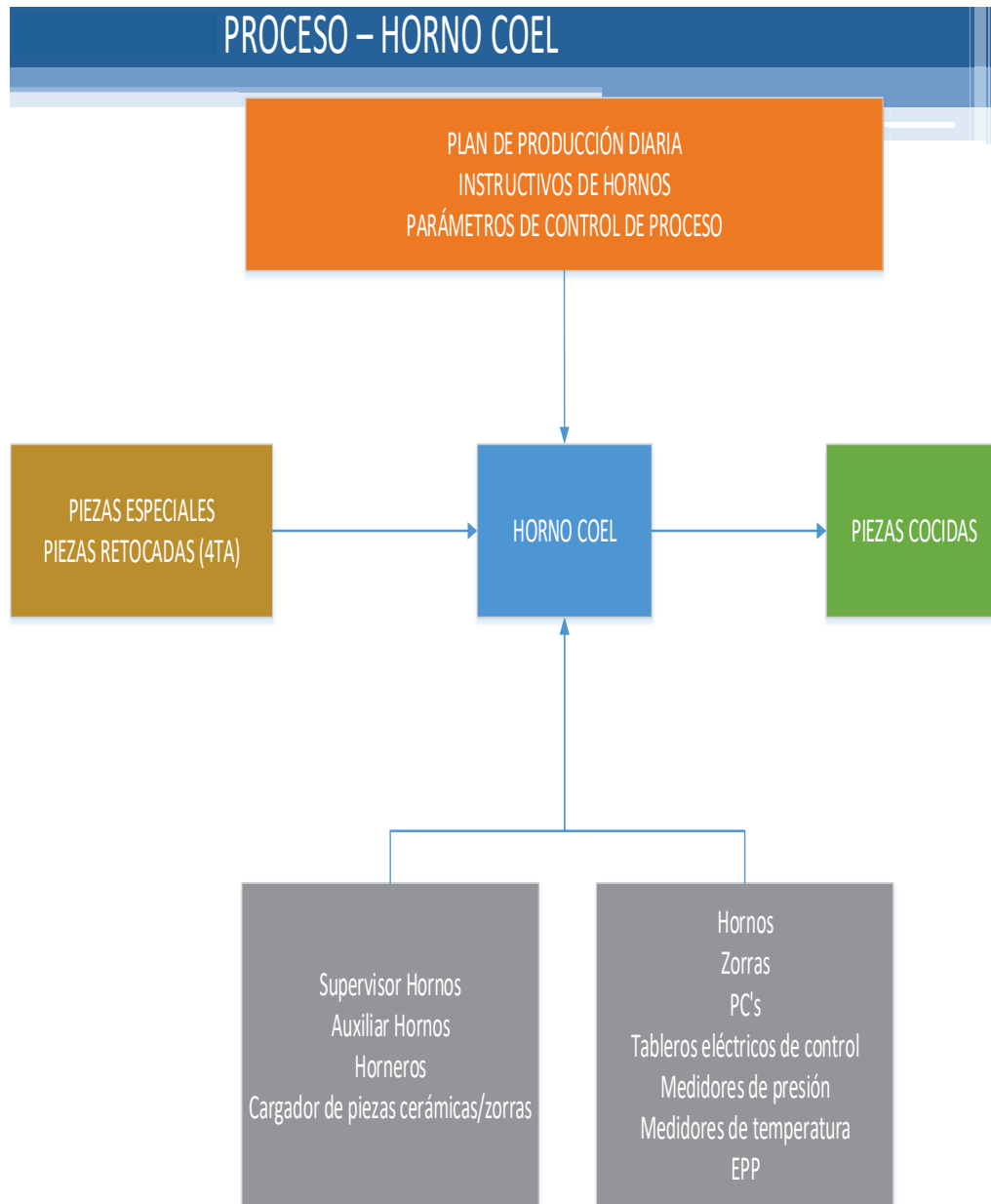


Figura AII.11 Arquitectura del proceso de horno COEL

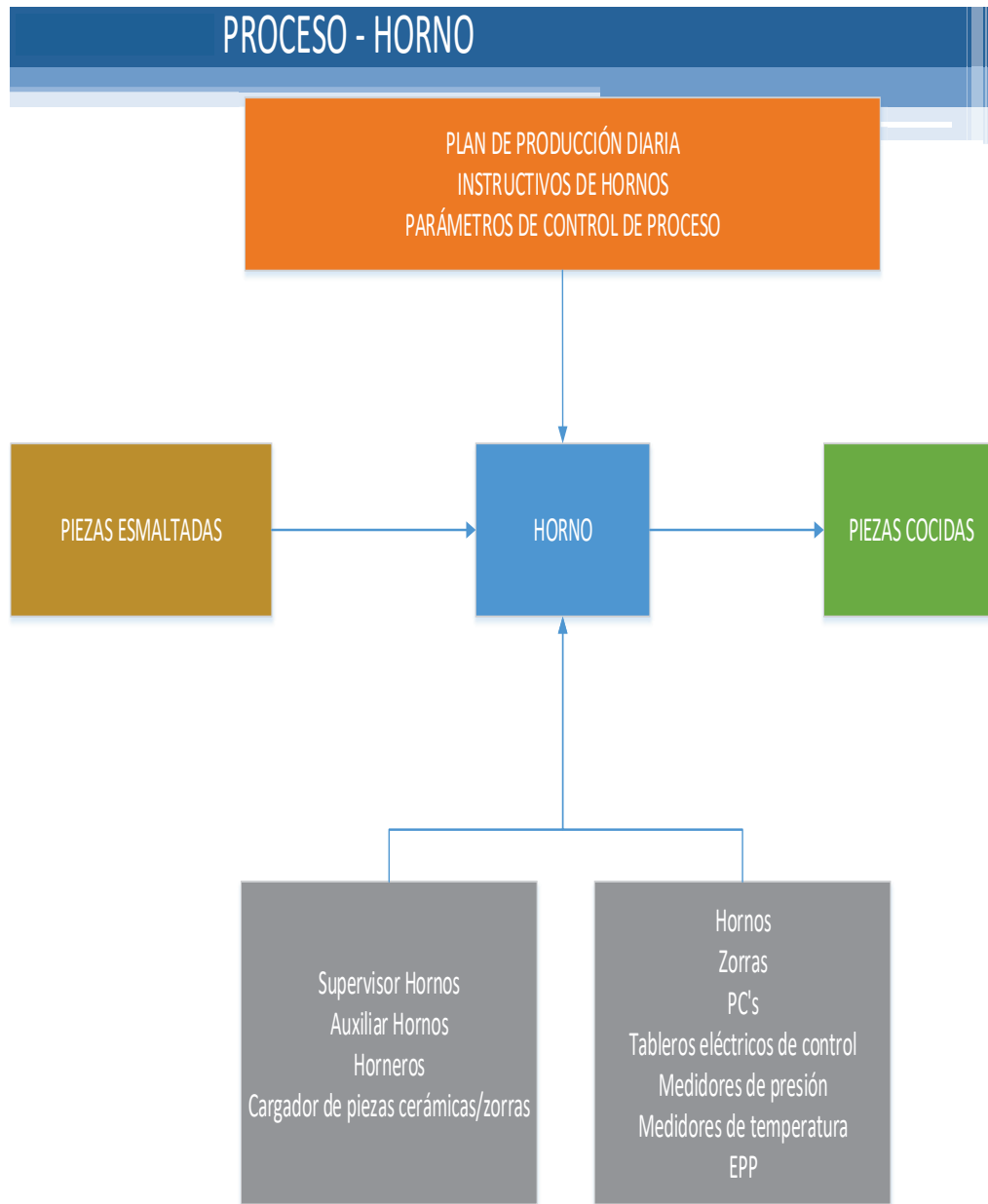


Figura AII.12 Arquitectura del proceso de horno

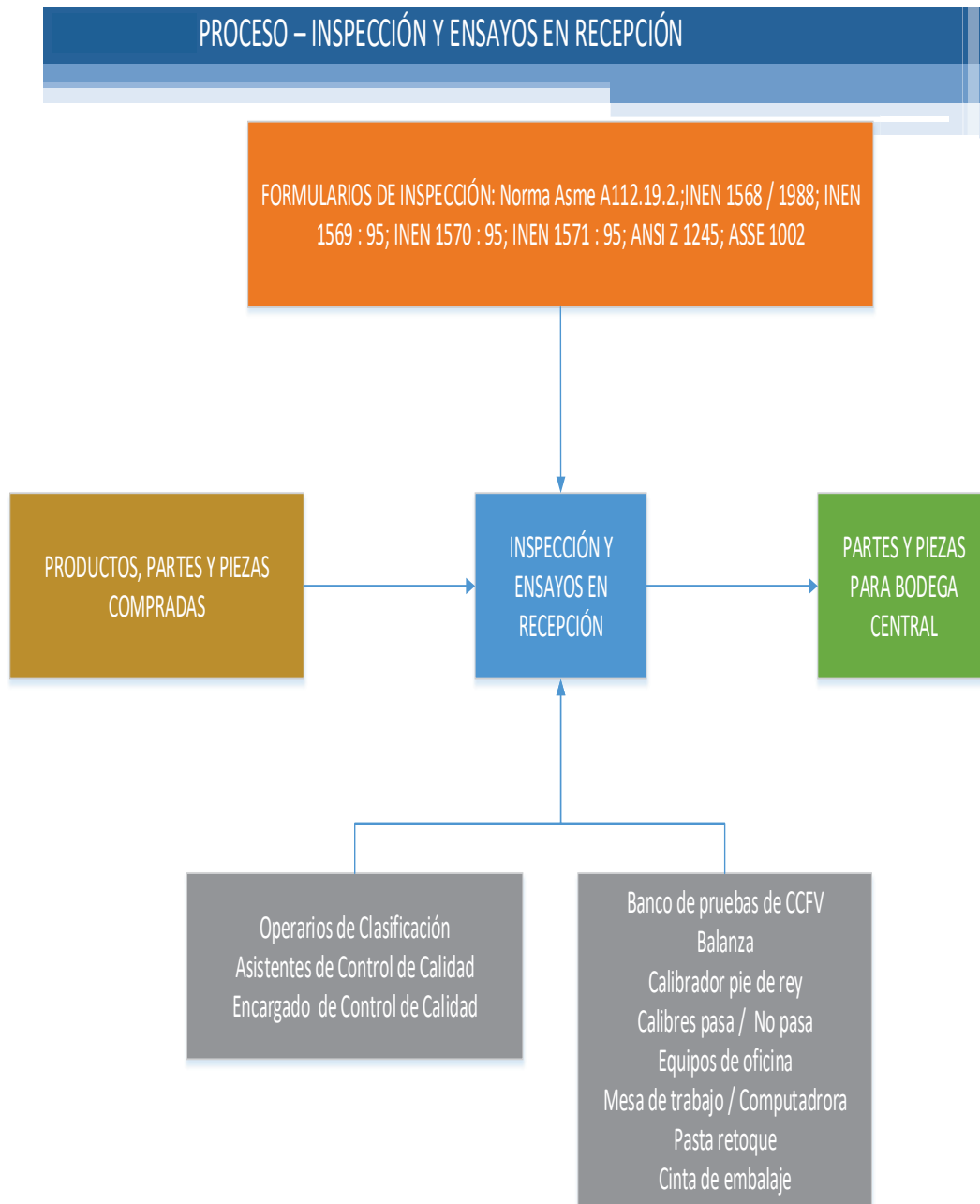


Figura AII.13 Arquitectura del proceso de inspección y ensayo en recepción

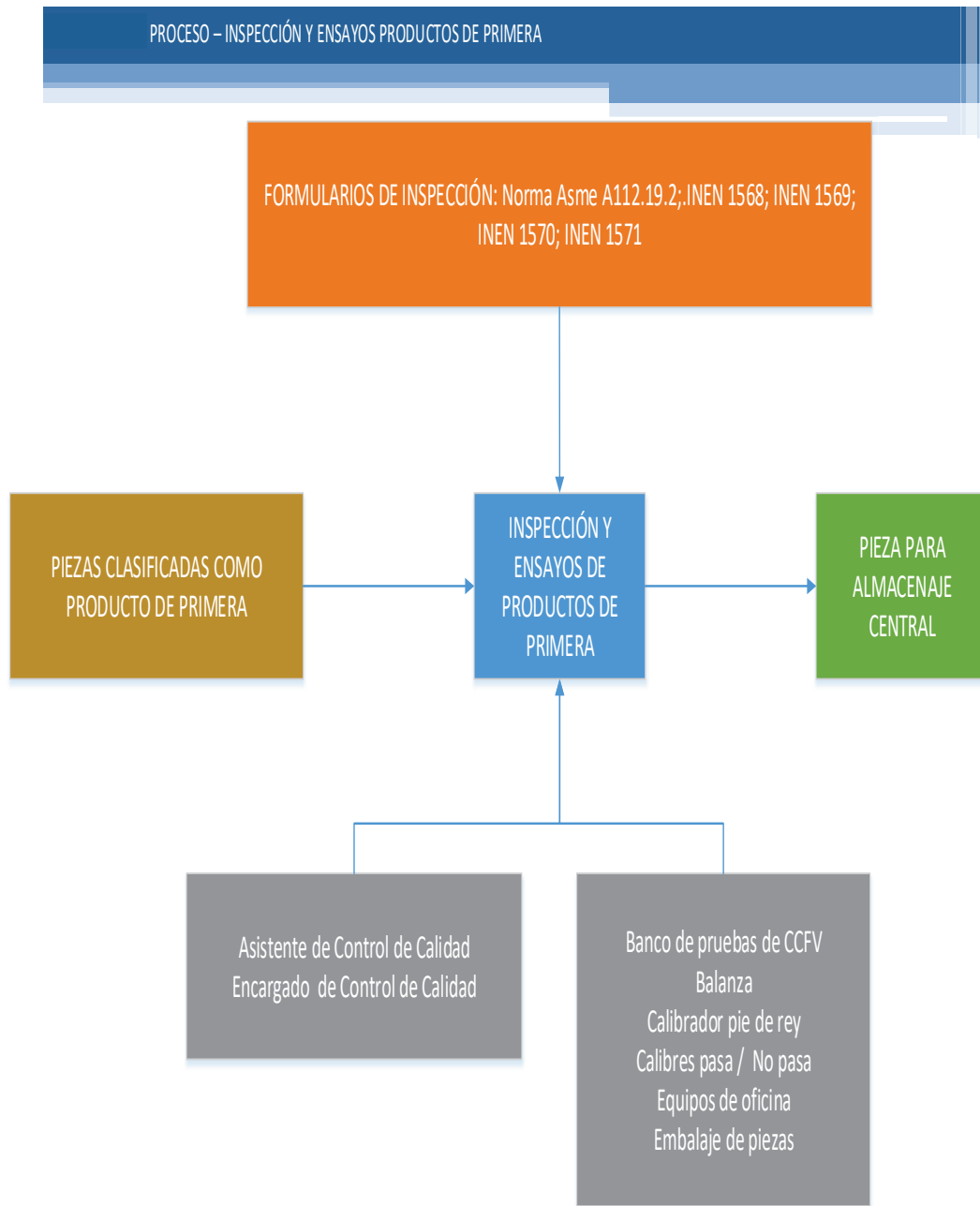


Figura AII.14 Arquitectura del proceso de inspección y ensayos de productos de primera

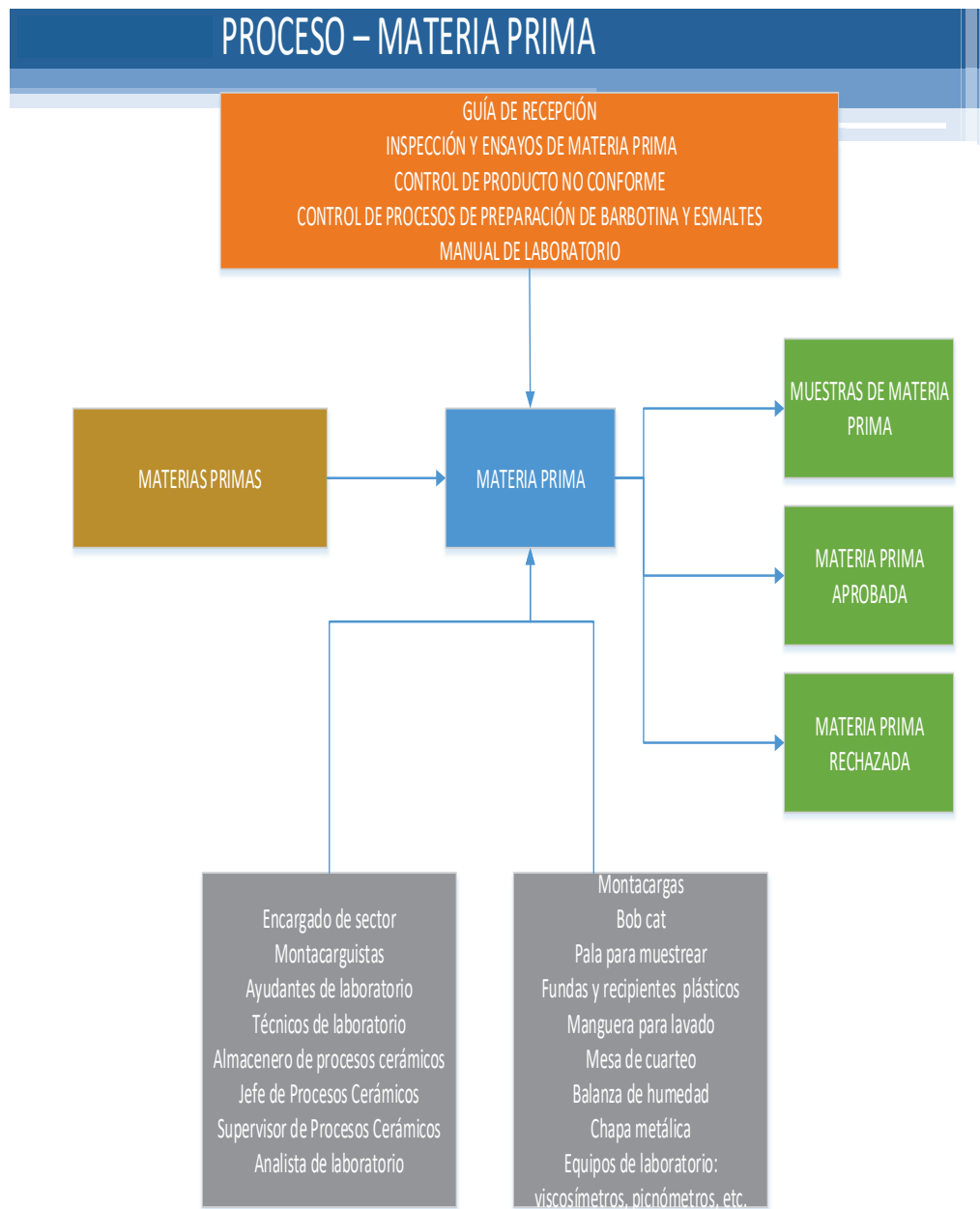


Figura AII.15 Arquitectura del proceso de materia prima

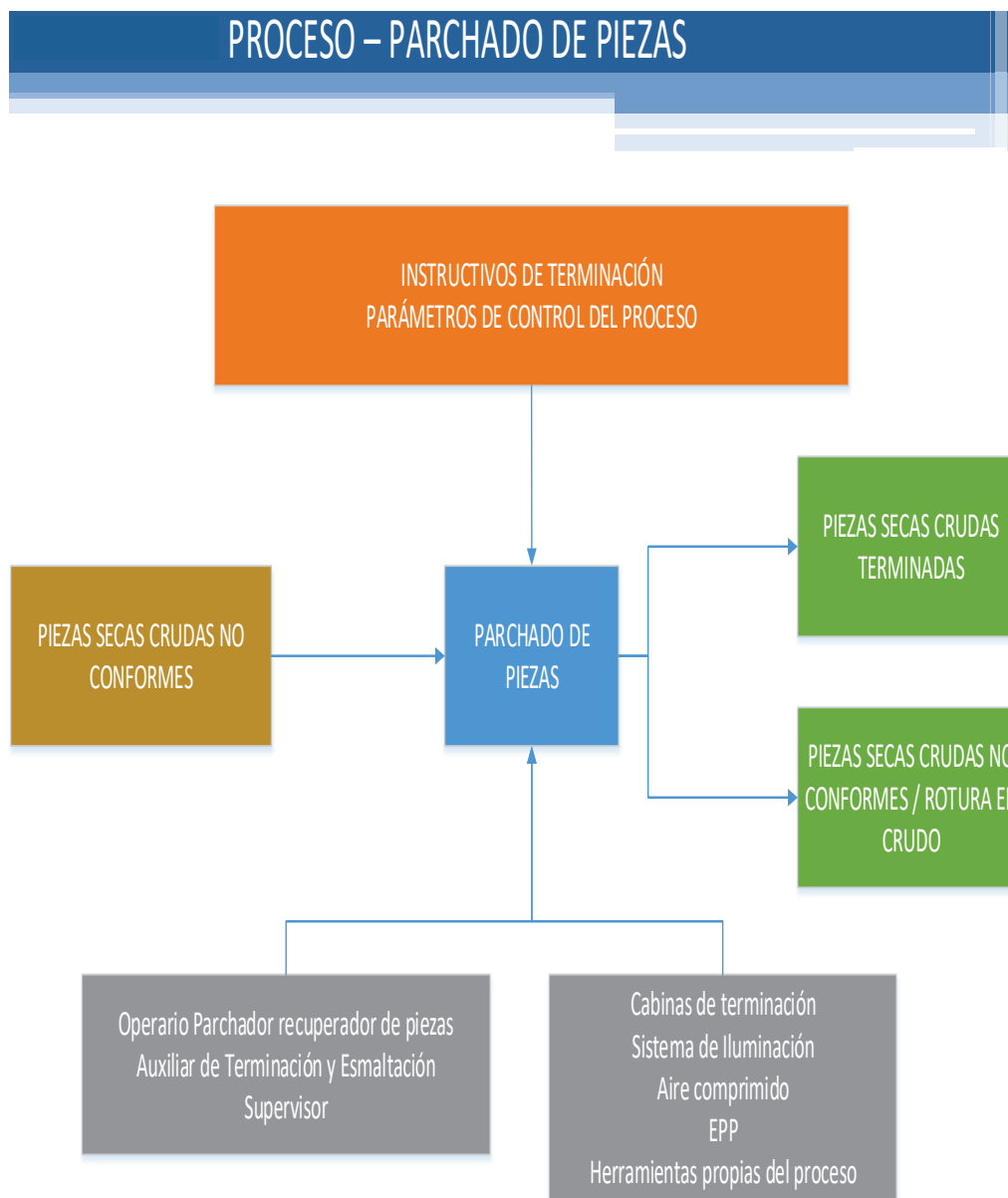


Figura AII.16 Arquitectura del proceso de parchado de piezas

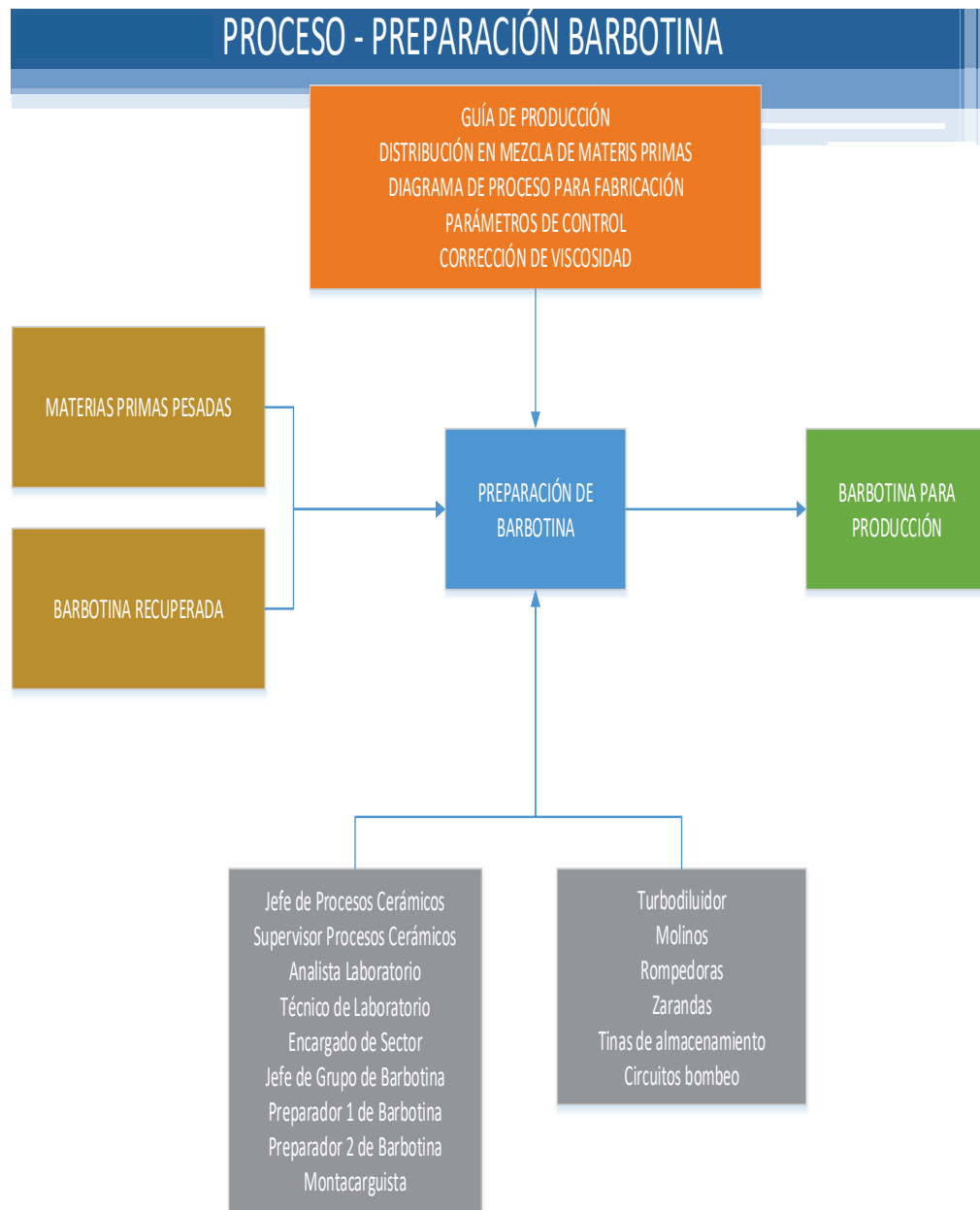


Figura AII.17 Arquitectura del proceso de preparación de barbotina

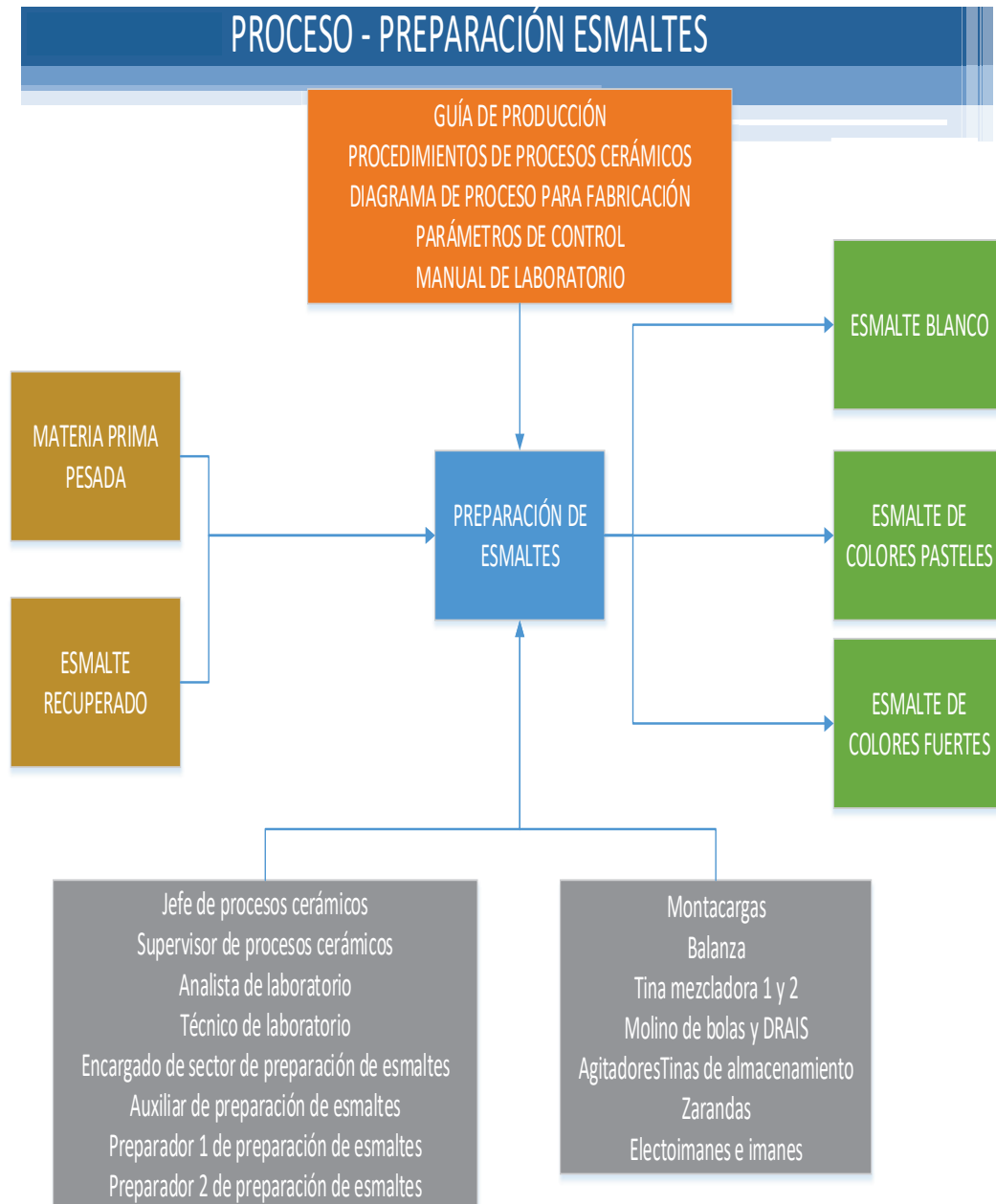


Figura AII.18 Arquitectura del proceso de preparación de esmaltes

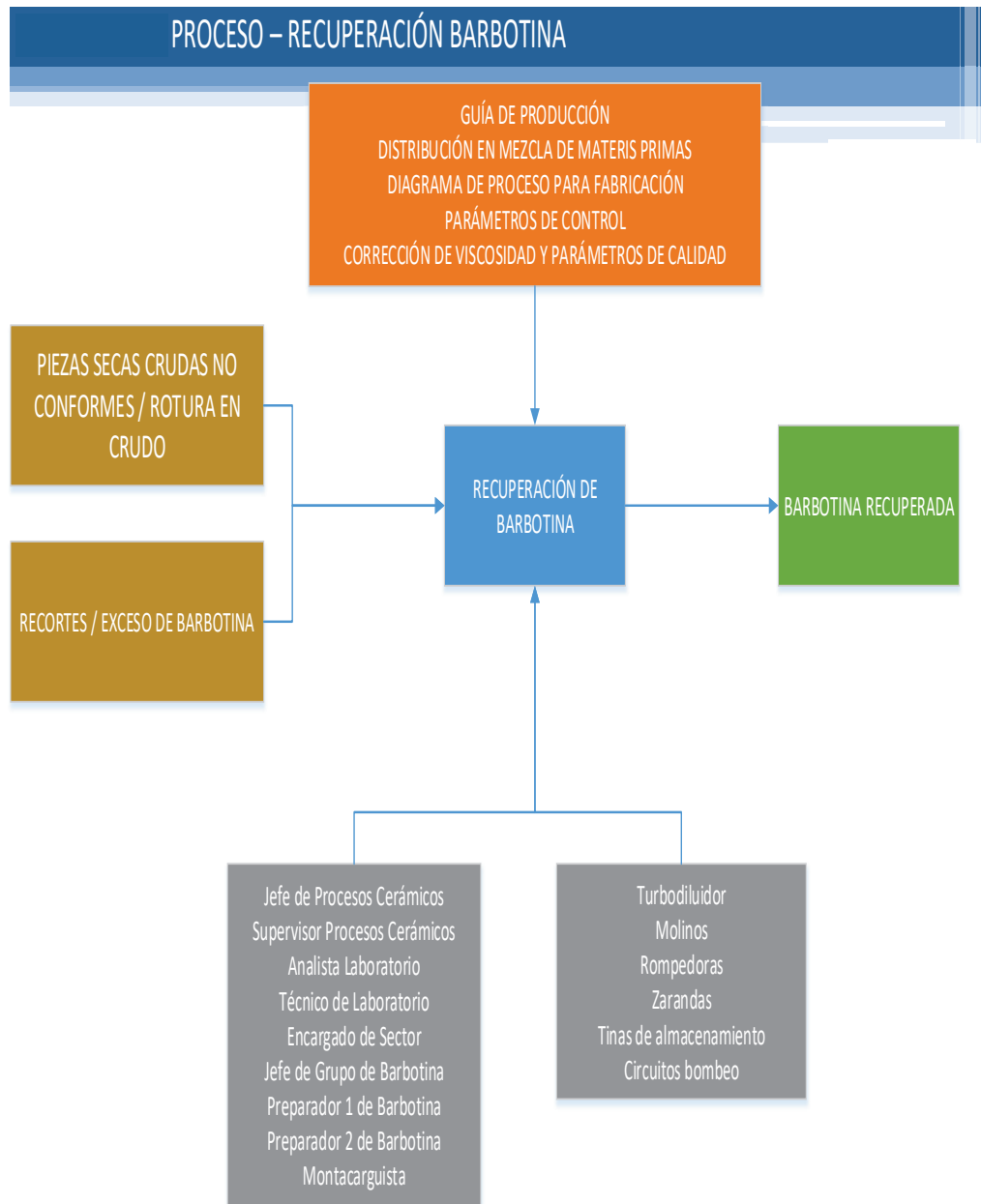


Figura AII.19 Arquitectura del proceso de recuperación de barbotina

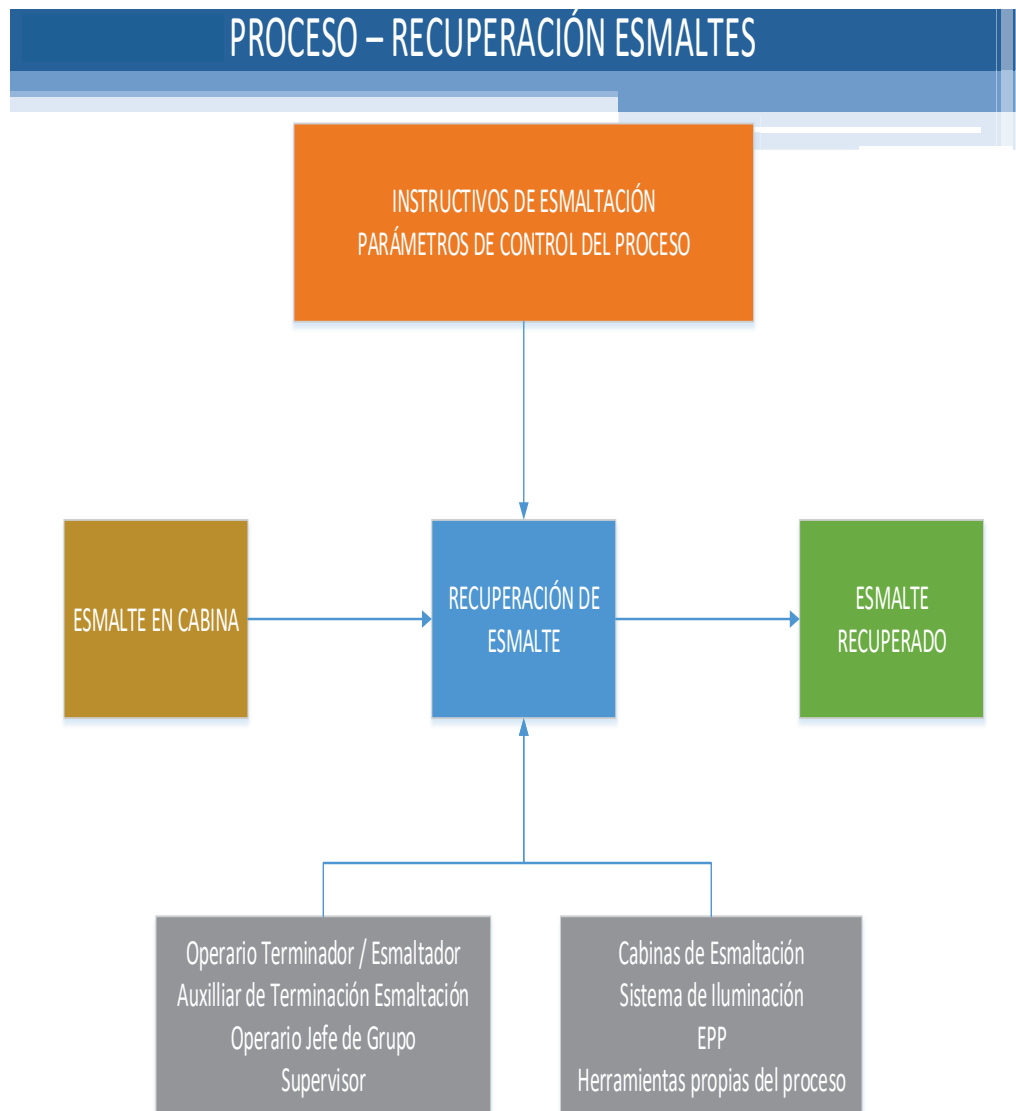


Figura AII.20 Arquitectura del proceso de recuperación de esmalte

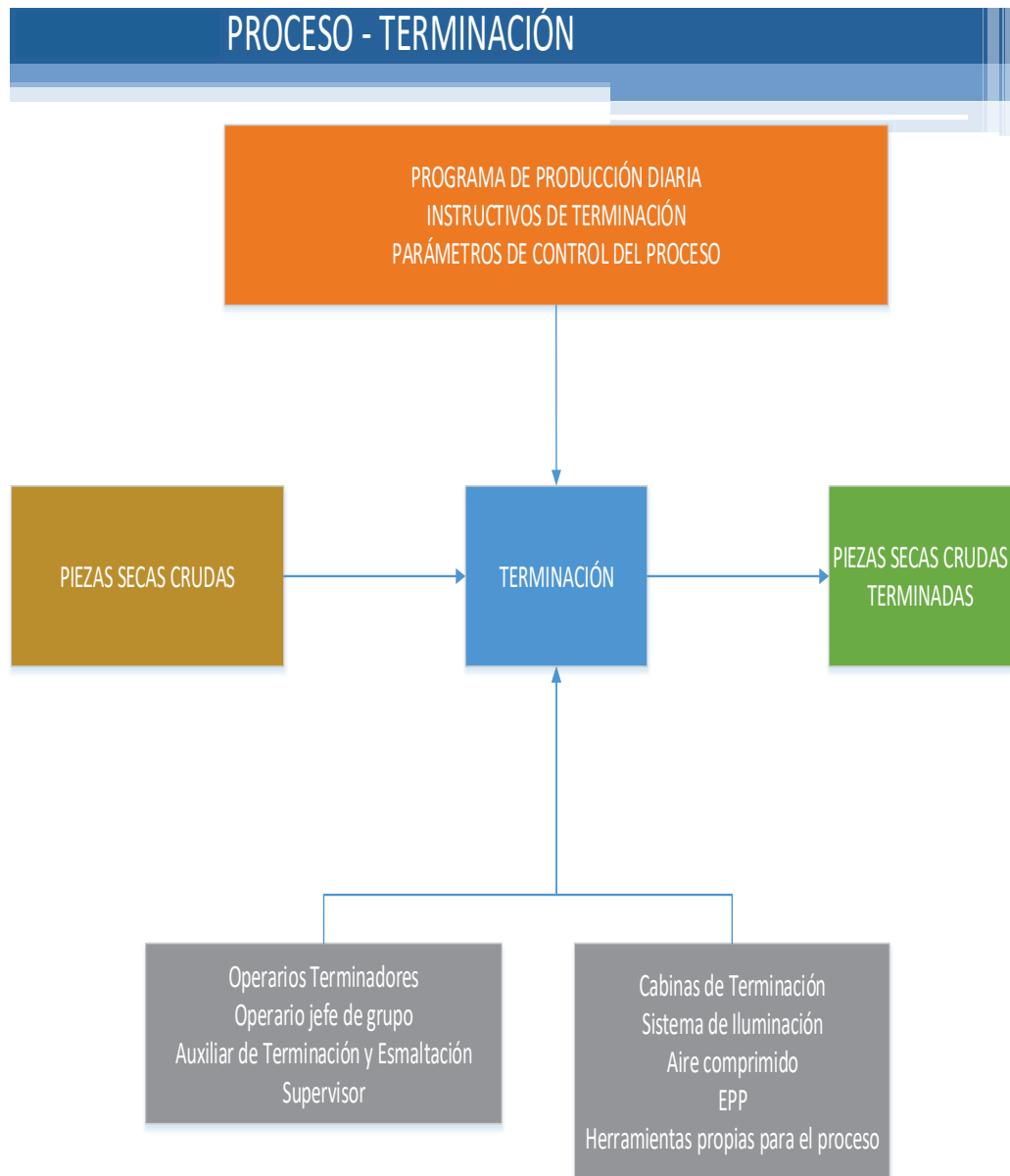


Figura AII.21 Arquitectura del proceso de terminación

ANEXO III

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS DE LA PLANTA DE SANITARIOS FV ECUADOR

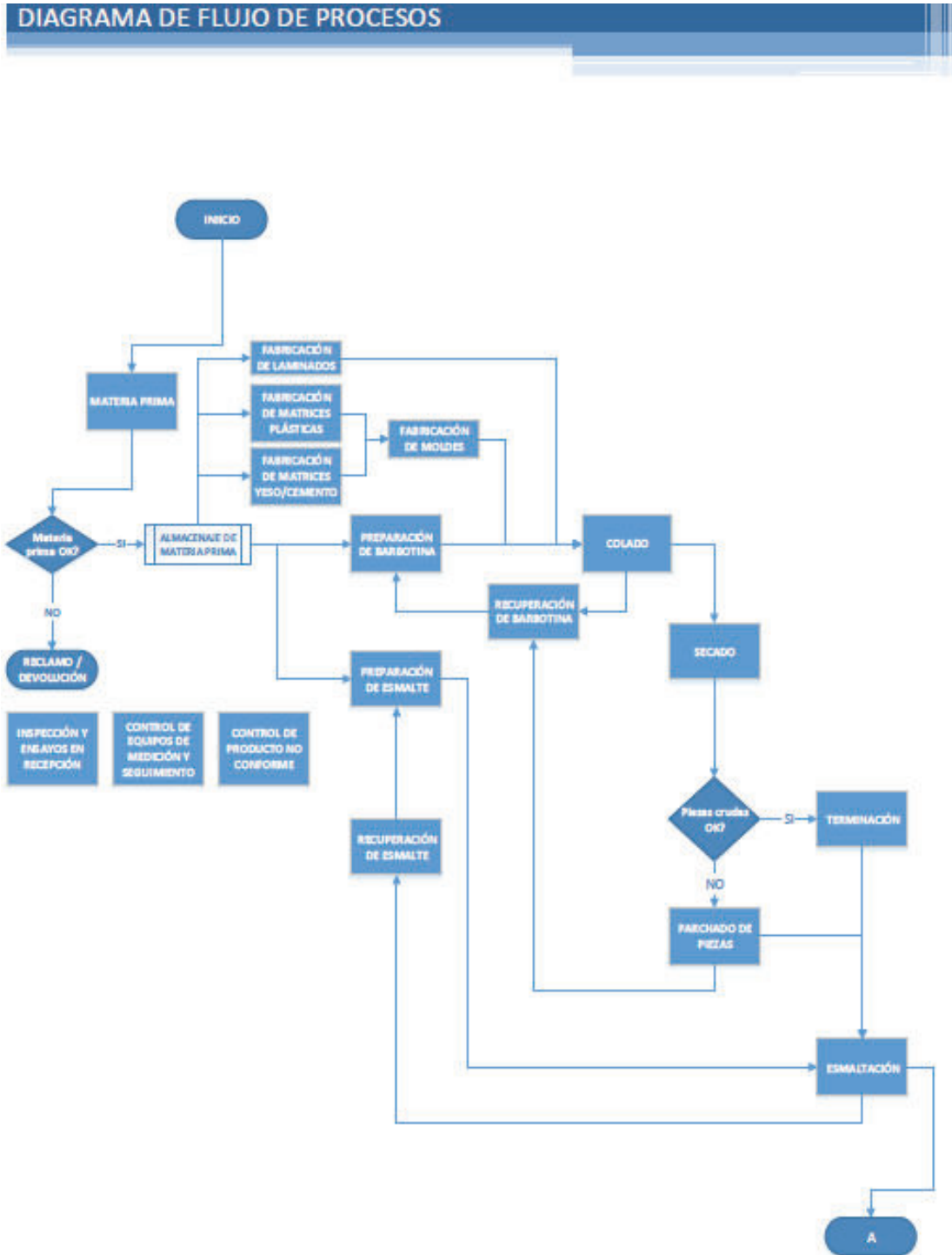


Figura AIII.1 Diagrama de flujo de procesos para la fabricación de piezas sanitarias

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

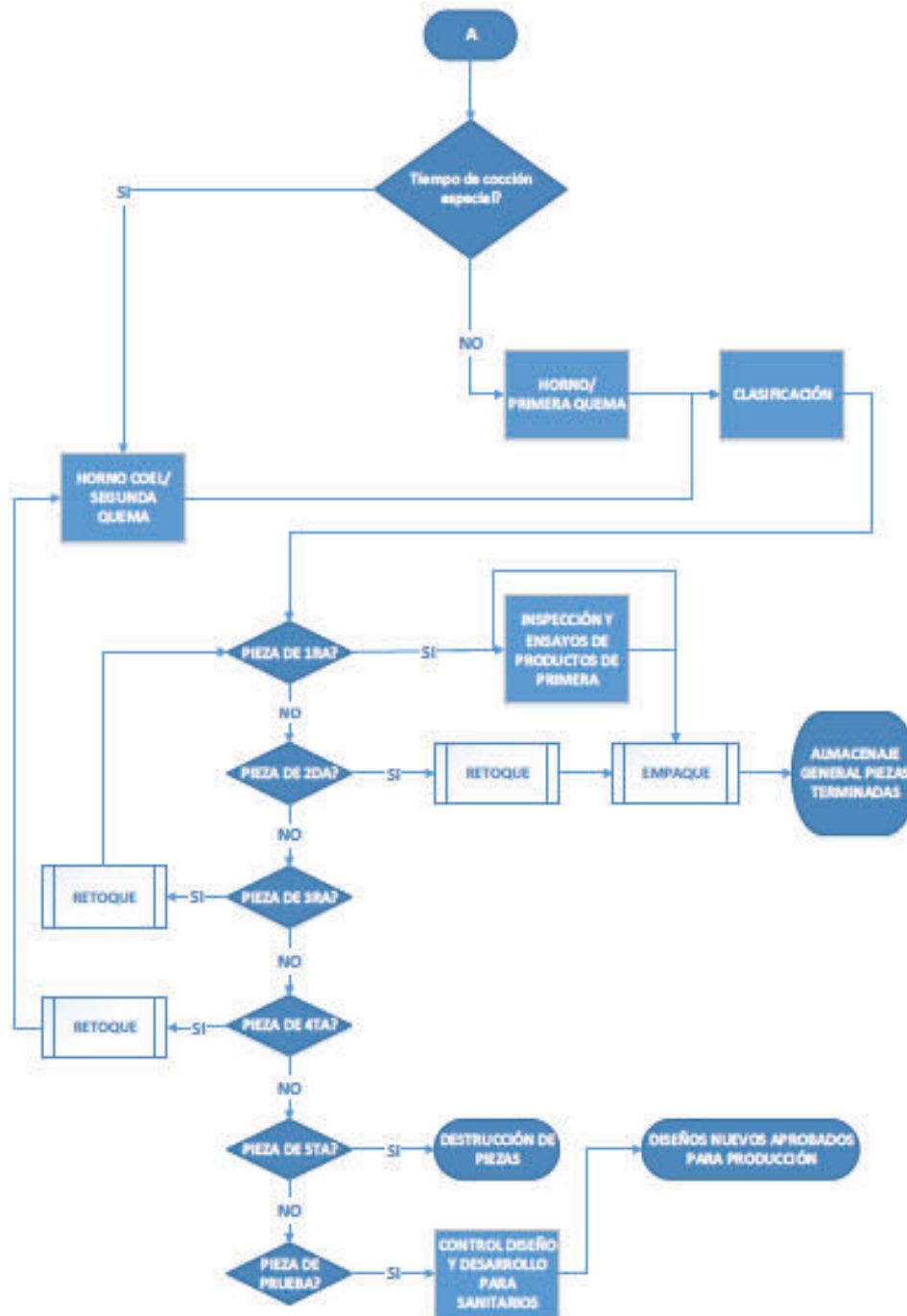


Figura AIII.2 Diagrama de flujo de procesos para la fabricación de piezas sanitarias (continuación)

ANEXO IV

AUDITORÍA INICIAL 5S PROCESO DE TERMINACIÓN

Tabla AIV.1 Evaluación inicial 5s proceso terminación

AUDITORÍA 5'S								
Fecha:	18/11/2014	AREA: Proceso de Terminación			Puntuación Previa			
Pautas área de trabajo		Evaluated por: Supervisor			-----			
5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	Puntuación				
				0	1	2	3	4
DISTINGUIR ENTRE LO QUE ES NECESARIO E INNECESARIO								
ORGANIZAR PRIMERA S	1	Materiales o piezas	Existen solo los materiales o piezas necesarios				X	
	2	Máquinas o Equipos	Existen sólo máquinas o equipos necesarios				X	
	3	Herramientas	Existen solo herramientas necesarias				X	
	4	Elementos innecesarios	Se han marcados los elementos innecesarios		X			
	5	Estándares, gráficos	Existen estándares, cuadros inútiles			X		
SUMA					1	2	9	
TOTAL					12			
UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR								
ORDENAR SEGUNDA S	6	Indicadores de localización	Hay estándares, áreas marcadas con indicadores de localización			X		
	7	Indicadores de artículos	Existen indicadores o placas que señalan cada artículo				X	
	8	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permisibles, máximas o mínimas		X			
	9	Áreas de paso, de almacén	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas			X		
	10	Planillas de control, herramientas	Se han arreglado planillas y herramientas para facilitar selección y ubicación.			X		
SUMA					1	6	3	
TOTAL					10			
LIMPIAR, OBSERVANDO LA MANERA DE HACERLO, MANTENER ASEO								

Tabla AIV.1 Evaluación inicial 5s proceso terminación (continuación...)

5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	0	1	2	3	4
LIMPIEZA TERCERA S	11	Desechos, agua, aceite, regueros en el suelo	Se mantienen suelos limpios y brillantes					X
	12	Maquinaria sucia con virutas y sobrantes	Se limpian y se lavan máquinas a menudo				X	
	13	Se combina limpieza con inspección	Los operarios chequean la máquina mientras la limpian				X	
	14	Asignación de tareas	Existe la asignación de tareas y hay alguien responsable de verificarlas				X	
	15	Hábito de limpieza	Ha llegado a ser un hábito la limpieza, se barren, lavan pisos y máquinas con frecuencia				X	
SUMA							1 2	4
TOTAL				16				
CONSERVAR Y VIGILAR LAS TRES CATEGORIAS ANTERIORES								
LIMPIEZA ESTANDARIZADA CUARTA S	16	Mejoras a su lugar de trabajo	Se han hecho mejoras al lugar de trabajo para evitar que las cosas se ensucien			X		
	17	Lista de Chequeo	Existen listas de chequeo para la limpieza y el mantenimiento				X	
	18	Información necesaria	Esta visible la información necesaria				X	
	19	Uniformes de Trabajo	Están limpios los uniformes				X	
	20	Indicadores de cantidad y localización	Son reconocibles todos los límites y cantidades				X	
SUMA						2	1 2	
TOTAL				14				
APEGARSE A LAS REGLAS								
DISCIPLINA QUINTA S	21	Cumplimiento	Se hacen reuniones cumplidamente(aseo, trabajo, etc)					X
	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para los trabajos				X	

Tabla AIV.1 Evaluación inicial 5s proceso terminación (continuación...)

5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	0	1	2	3	4
DISCIPLINA QUINTA S	23	Autoevaluación	Se efectúa autoevaluación 5'S, periódicamente y se hace mejoras	X				
	24	Retroalimentación	Se establecen acciones correctivas, se evalúa el resultado y se realimenta el área.				X	
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo				X	
SUMA				0			9	4
TOTAL				13				
TOTAL HOJA EVALUACIÓN 5S. SUMA TOTAL 5 PILARES (máximo 100)				65				
<i>Puntuación: 0 (Muy malo) 1 (Malo) 2 (Bueno) 3 (Muy Bueno) 4 (Excelente)</i>								

ANEXO V

AUDITORÍA INICIAL 5S PROCEOS DE ESMALTACIÓN

Tabla AV.1 Evaluación inicial 5s proceso de esmaltación

AUDITORÍA 5'S									
Fecha:	18/11/2014	AREA: Proceso de Esmaltación			Puntuación Previa				
Pautas área de trabajo		Evaluado por: Supervisor			-----				
5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	Puntuación					
				0	1	2	3	4	
DISTINGUIR ENTRE LO QUE ES NECESARIO E INNECESARIO									
ORGANIZAR PRIMERA S	1	Materiales o piezas	Existen solo los materiales o piezas necesarios				X		
	2	Máquinas o Equipos	Existen sólo máquinas o equipos necesarios						X
	3	Herramientas	Existen solo herramientas necesarias				X		
	4	Elementos innecesarios	Se han marcados los elementos innecesarios		X				
	5	Estándares, gráficos	Existen estándares, cuadros inútiles			X			
SUMA					1	2	6	4	
TOTAL				13					
UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR									
ORDENAR SEGUNDA S	6	Indicadores de localización	Hay estándares, áreas marcadas con indicadores de localización				X		
	7	Indicadores de artículos	Existen indicadores o placas que señalan cada artículo				X		
	8	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permisibles, máximas o mínimas		X				
	9	Áreas de paso, de almacén	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas			X			
	10	Planillas de control, herramientas	Se han arreglado planillas y herramientas para facilitar selección y ubicación.			X			
SUMA					1	4	6		
TOTAL				11					
LIMPIAR, OBSERVANDO LA MANERA DE HACERLO, MANTENER ASEO									

Tabla AV.1 Evaluación inicial 5s proceso esmaltación (continuación...)

5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	0	1	2	3	4
LIMPIEZA TERCERA S	11	Desechos, agua, aceite, regueros en el suelo	Se mantienen suelos limpios y brillantes					X
	12	Maquinaria sucia con virutas y sobrantes	Se limpian y se lavan máquinas a menudo				X	
	13	Se combina limpieza con inspección	Los operarios chequean la máquina mientras la limpian				X	
	14	Asignación de tareas	Existe la asignación de tareas y hay alguien responsable de verificarlas				X	
	15	Hábito de limpieza	Ha llegado a ser un hábito la limpieza, se barren, lavan pisos y máquinas con frecuencia				X	
SUMA							12	4
TOTAL				16				
CONSERVAR Y VIGILAR LAS TRES CATEGORIAS ANTERIORES								
LIMPIEZA ESTANDARIZADA CUARTA S	16	Mejoras a su lugar de trabajo	Se han hecho mejoras al lugar de trabajo para evitar que las cosas se ensucien			X		
	17	Lista de Chequeo	Existen listas de chequeo para la limpieza y el mantenimiento				X	
	18	Información necesaria	Esta visible la información necesaria				X	
	19	Uniformes de Trabajo	Están limpios los uniformes				X	
	20	Indicadores de cantidad y localización	Son reconocibles todos los límites y cantidades				X	
SUMA						2	12	
TOTAL				14				
APEGARSE A LAS REGLAS								
DISCIPLINA QUINTA S	21	Cumplimiento	Se hacen reuniones cumplidamente(aseo, trabajo, etc)					X
	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para los trabajos				X	
	23	Autoevaluación	Se efectúa autoevaluación 5'S, periódicamente y se hace mejoras	X				

Tabla AV.1 Evaluación inicial 5s proceso esmaltación (continuación...)

5 S	Tarea	Elemento a chequear	Descripción del chequeo	0	1	2	3	4
	24	Retroalimentación	Se establecen acciones correctivas, se evalúa el resultado y se realimenta el área.				X	
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo				X	
SUMA				0			9	4
TOTAL				13				
TOTAL HOJA EVALUACIÓN 5S. SUMA TOTAL 5 PILARES (máximo 100)				67				
<i>Puntuación: 0 (Muy malo) 1 (Malo) 2 (Bueno) 3 (Muy Bueno) 4 (Excelente)</i>								