

**PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA
REDUCIR NO CONFORMIDADES EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
DE TARJETAS PLÁSTICAS**

AUTOR

JORGE ROMMEL LASCANO COCA

TRABAJO FINAL MDO

16/05/2021

TABLA DE CONTENIDOS

ABSTRACT.....	5
RESUMEN EJECUTIVO.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 ANTECEDENTES GENERALES	8
2. PROBLEMÁTICA	10
2.1 MAPA DE PROCESOS Y CADENA DE VALOR DE FABRICANTE.....	10
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	10
2.2.1 CAPACIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	10
2.2.2 MÁQUINARIA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	11
2.2.3 PROCESO DE FABRICACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	11
2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.	13
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	13
2.3.3 ALCANCE.	14
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 PRODUCTIVIDAD	15
3.1.1 LOS 7 DESPERDICIOS	16
3.2 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE LA CALIDAD.....	16
3.2.2 DIAGRAMA CAUSA EFECTO.....	16
3.2.3 DIAGRAMA DE PARETO.	17
3.3 SIX SIGMA.....	18
3.3.1 METODOLOGÍA DMAIC.	18
3.4 LEAN MANUFACTURING	19
3.4.1 HERRAMIENTAS LEAN.	20
4. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS.....	21
4.1 ESTADO INICIAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	21
4.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
4.3 PROPUESTA	23
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC	24
4.4.1 DEFINIR	24
4.4.2 MEDIR	24

4.4.3 ANALIZAR.....	31
4.4.4 MEJORAR.....	33
4.4.5 CONTROLAR.....	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1 CONCLUSIONES	41
5.2 RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS	44

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de Procesos del Fabricante. Tomado de (Fabricante, Mapa de procesos de fabricante, 2020)	10
<i>Figura 2.</i> Proceso de Producción.....	12
<i>Figura 3.</i> Diagrama de Ishikawa. Tomado de (Heizer & Render, 2009)	17
<i>Figura 4.</i> Diagrama de Pareto de quejas en un hotel. Adaptado de (Heizer & Render, 2009) 18	
<i>Figura 5.</i> Diagrama Pareto de No Conformidades	22
<i>Figura 6.</i> Tipos de Defectos ocasionados en el proceso de Junta.	27
<i>Figura 7.</i> Diagrama de Pareto de los defectos encontrados en el subproceso de junta. Elaboración propia.	28
<i>Figura 8.</i> Estudio R&R para validar el sistema de medición.	28
<i>Figura 9.</i> Reporte generado por minitab al análisis del sistema de medición, mostrando la estabilidad del proceso.....	29
<i>Figura 10.</i> Estudio de capacidad del proceso	29
<i>Figura 11.</i> Diagrama de Ishikawa – Defectos Tipo A.....	31
<i>Figura 12.</i> Fotografías de las pelusas encontradas en ventiladores y superficies del área del subproceso de junta.....	34
<i>Figura 13.</i> Representación gráfica de los resultados de las no conformidades obtenidas diariamente después de la limpieza.....	35
<i>Figura 14.</i> Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza.	36
<i>Figura 15.</i> Empaque de láminas impresas por bloques, que permiten el uso del sistema kanban en el proceso de junta	36
<i>Figura 16.</i> Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza	38
<i>Figura 17.</i> Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza	38

ABSTRACT

The aim of this project is to reduce product rejections in produced batches on a plastic card production line with contactless technology. In general, it seeks to reduce non-conformities caused by defects in the production process. Therefore, Lean Six Sigma is used, applying the DMAIC methodology in combination with various Lean tools. It begins by describing the initial state of the production line, the productive sub-processes and identifying the critical sub-process, in this case the “Board” sub-process with 35.2% of the rejections. Once this process has been determined, the steps of the DMAIC methodology are applied, starting with the definition of the proposal to reduce defects, measure, and identification of major defects, in this case the type A defect or defect due to fluff that presented a recurrence of 96.8 %, the analysis of the main causes, some proposals for actions to be implemented and a couple of mechanisms to control. As a result, a 0.53% reduction of rejections was obtained, equivalent to a reduction of 11,553 non-conforming products or \$11,533 in savings, which represents an increase in productivity to 0,97 u/\$, generating several lessons learned and satisfaction in the team that implemented the project.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como fin disminuir los rechazos de productos terminados en los lotes de una línea de producción de tarjetas plásticas con tecnología contactless. En general busca reducir las no conformidades originadas por defectos en el proceso productivo. Por lo tanto, se emplea Lean Six Sigma, aplicando la metodología DMAIC en combinación con varias herramientas Lean. Se inicia describiendo el estado inicial de la línea de producción, los subprocesos productivos e identificando el subproceso crítico, en este caso el subproceso de “Junta” con un 35,2% de los rechazos. Determinado este proceso se procede a aplicar las etapas de la metodología DMAIC, iniciando con la definición de la propuesta para disminuir los defectos, la medición e identificación defectos mayoritarios, en este caso el defecto tipo A o defecto por pelusas que presento un 96,8% de reincidencia, el análisis de las principales causas, la implementación de acciones y ciertas acciones de control. Como resultado se obtiene una disminución del 0,53% de rechazos en los productos fabricados, equivalente a una reducción de 11553 productos no conformes o \$11533 dólares de ahorro, lo que represento un aumento de la productividad de 0,96 u/\$ a 0,97 u/\$, generando un varias lecciones aprendidas y satisfacción en el equipo que implemento el proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El avance tecnológico ha hecho que los medios de pago evolucionen con el tiempo, partiendo desde el uso de una moneda de intercambio hasta lo que actualmente conocemos como medios de pago electrónicos o medios de pago de diversas tecnologías.

Estas tecnologías pueden estar segregadas en distintos tipos: tecnologías de contacto (con elementos electrónicos que requieren un contacto para emitir o recibir una señal), tecnologías contactless (tecnologías sin contacto con elementos electrónicos que a través de ondas electromagnéticas pueden emitir o recibir una señal), tecnologías móviles, entre otras, las cuales evidencian la evolución de las transacciones de pago seguras (EMVCo, 2020).

Considerando estos avances, los fabricantes de los medios de pago tienen que realizar mejoras y esfuerzos constantes con el fin de adaptarse a los cambios no discontinuarse del sector. Sin embargo, estos esfuerzos obligan a que los fabricantes tengan como objetivo optimizar sus recursos para que su negocio sea rentable.

A lo largo del documento, la empresa en análisis la denominaremos como: “**fabricante**” para facilitar su descripción y mantener su confidencialidad. El fabricante tiene como una de sus líneas de producción la fabricación de medios de pago con tarjetas plásticas, para este caso en específico consideramos las tarjetas de tecnologías contactless.

El fabricante está constantemente impulsando a la mejora, adquiriendo nuevos equipos o realizando modificaciones para adaptarse a los cambios tecnológicos que van estableciendo las marcas de pago (Visa, Mastercard, Amex, etc.). Sin embargo, el fabricante ha detectado una debilidad en las no conformidades de sus productos y quiere mejorar sus resultados, para esto pretende obtener tarjetas plásticas con características generales tipo ID-1 (Switzerland Patent No. ISO/IEC 7810:2003, 2003) de mejor calidad, con menos rechazos y optimizando al

máximo sus recursos, lo que le permitirá mejorar su rentabilidad y la confianza con sus principales clientes.

Lean Manufacturing es un acercamiento a la manufactura eficiente, que busca disminuir la complejidad y eliminar el trabajo innecesario (Ali Husen & Komarudin, 2020). Por otra parte, Six sigma se enfoca en reducir la variabilidad (Alnadi & McLaughlin, 2020), lo que implica una mejora en las características de los productos, incrementando la productividad.

La integración de estas dos metodologías conocido como Lean Six Sigma se convierte en una herramienta poderosa a la hora de ser implementada en las plantas productivas como en las empresas de provisión de servicios, ya que busca incrementar la satisfacción del cliente, mejorar capacidad productiva, reducir tiempos, mejorar los ingresos, etc. (Alnadi & McLaughlin, 2020)

Si consideramos el proceso de producción del fabricante como proceso crítico, ya que es donde se elabora los productos y se originan las no conformidades, por tal motivo, se pretende implementar Lean Six Sigma, haciendo uso de la metodología DMAIC apoyada con herramientas Lean para buscar la disminución de los rechazos por no conformidades en la línea de producción, lo que permitirá mejorar la productividad y obtener mayores beneficios económicos para el fabricante.

2. PROBLEMÁTICA

2.1 MAPA DE PROCESOS Y CADENA DE VALOR DE FABRICANTE

El mapa de procesos (ver *Figura 1*) del fabricante está dividido en tres macroprocesos: Estratégicos, Operativos y de Apoyo. Para identificar la cadena de valor hay que fijarse en los procesos operativos, ya que es donde está el corazón de la empresa, para este caso en particular, la cadena de valor del fabricante inicia con el proceso de proyectos, pasando por ventas, financiero, producción y terminando con el proceso de despachos. Sin embargo, para la implementación de este proyecto se tomará en consideración el proceso de producción, ya que en este proceso es donde se encuentra la línea de fabricación de productos a analizar.

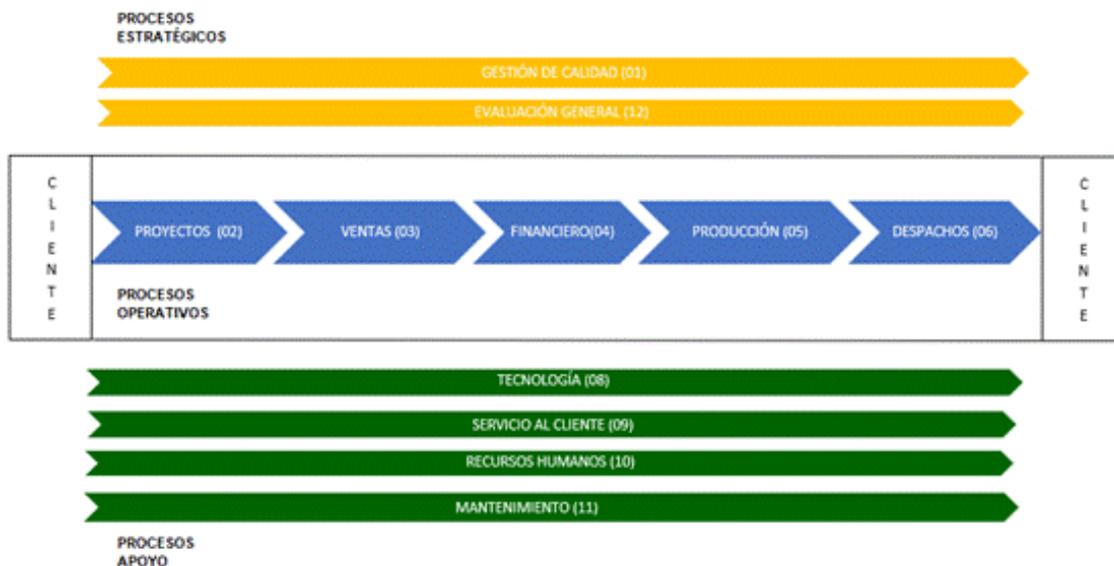


Figura 1. Mapa de Procesos del Fabricante. Tomado de (Fabricante, Mapa de procesos de fabricante, 2020)

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

2.2.1 CAPACIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

La capacidad de la línea de producción es de 652.800 tarjetas plásticas por mes (Fabricante, Indicadores de producción, 2020) y está determinada por el subproceso limitante o cuello de

botella, en este caso es el proceso de control de calidad automático, que consta de un equipo de lectura electromagnético para determinar la funcionalidad del producto terminado.

2.2.2 MÁQUINARIA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

La línea de producción está constituida por varias máquinas descritas a continuación:

Máquina 1: Máquina de impresión de láminas

Máquina 2, 3 y 4: Máquinas de junta de láminas

Máquina 5: Máquina de fusión de láminas

Máquina 6: Máquina de corte

Máquina 7: Máquina de adhesión de elementos

Máquina 8 y 9: Máquinas de inserción de elementos

Máquina 10: Máquina de control de calidad (QC)

2.2.3 PROCESO DE FABRICACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

La fabricación de las tarjetas plásticas (ver *Figura 2*) comienza con el proceso impresión de las láminas plásticas, se imprime una lámina para la cara frontal y una lámina para la impresión de la cara posterior.

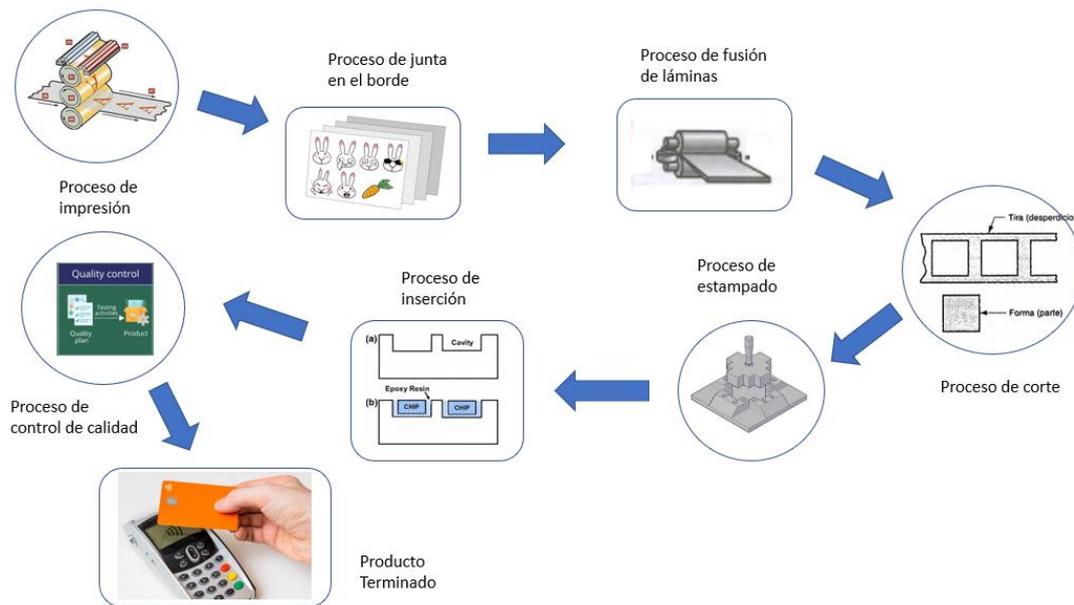


Figura 2. Proceso de Producción

Una vez impresas las láminas pasan al proceso de junta, en el cual se unen cuatro láminas plásticas y una antena en el medio, las láminas impresas son cubiertas láminas transparentes de protección formando las cinco capas, la unión se la ejecuta en un borde de las cuatro láminas para que queden alineadas.

Para que las cinco capas formen un solo elemento, las láminas deben entrar al proceso fusión del plástico en la máquina fusionadora, está máquina emplea presión y temperatura para conseguir formar el elemento final.

Una vez formado un solo elemento este pasa al proceso de corte, donde se corta el plástico en la forma que se requiera.

Generalmente se aplican elementos adicionales en la superficie del producto a través de la máquina de adhesión de elementos adjuntos, como por ejemplo hologramas.

Posterior con la ayuda de una fresa en la máquina, se remueve material dejando una pequeña perforación en la tarjeta donde se colocará el circuito integrado o chip module.

Finalmente, con la ayuda de la máquina de control de calidad se válida que el integrado genere una señal electromagnética para validar su funcionalidad.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En su mayoría, las no conformidades ocasionadas durante el proceso productivo generan rechazos del producto, lo que provoca grandes pérdidas para el fabricante. En otros casos y en una proporción mínima el producto puede ser reprocesado, y a través de una re-verificación puede convertirse en aceptable, esto implica costos adicionales en uso de más recursos encareciendo el producto final.

Entre los meses de enero y agosto del 2020 se obtuvieron 91722 productos rechazados en la línea de producción de 2'177.866 unidades producidas, equivalente al 4,21% de rechazo. (Fabricante, 2020)

Debido a confidencialidad de los datos no se puede empelar un valor real de los costos directos e indirectos de fabricación, sin embargo, para este proyecto vamos a considerar un valor referencial total de \$1 por unidad fabricada, este valor nos permitirá realizar cálculos comparativos, en general los rechazos generados representarían económicamente \$91722 dólares en pérdidas.

2.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un plan de implementación de Lean Six sigma en la línea de producción del fabricante de tarjetas plásticas.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a) Describir la situación inicial de la línea de producción.
- b) Identificar los procesos críticos y el proceso critico en la línea de producción,
- c) Identificar los desperdicios, los tipos de defectos, entre otras variables que afectan a la cantidad de rechazos.
- d) Analizar el impacto de estas variables sobre el producto.
- e) Proponer las estrategias de mejora que se van a implementar
- f) Implementar Lean Six sigma para reducir o eliminar los defectos mayoritarios.
- g) Reducir el índice de rechazos entre el 0,5% al 1% en los próximos 8 meses

h) Analizar el beneficio económico.

2.3.3 ALCANCE.

Este estudio aplica para las tarjetas plásticas ID-1 con características contactless elaboradas en la línea de producción del fabricante.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 PRODUCTIVIDAD

A la hora de validar si una planta de producción está haciendo uso eficiente de sus recursos, es muy común que se use el término productividad. La productividad es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. (García, 2005)

La productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital). Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia (Heizer & Render, 2009).

La productividad parcial es la que relaciona todo lo producido por un sistema (salida) con uno de los recursos utilizados (insumo o entrada).

$$\text{Productividad Parcial} = \frac{\text{Salida Total}}{\text{Una Entrada}}$$

La productividad total involucra a todos los recursos (entradas) utilizados por el sistema; es decir, el cociente entre la salida y el agregado del conjunto de entradas (Carro Paz & González Gómez, 2014).

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{Salida Total}}{\text{Entrada Total}}$$

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Bienes y Servicios Producidos}}{\text{Mano de obra} + \text{Capital} + \text{Materias Primas} + \text{Otras}}$$

En general, la productividad es un indicador de eficiencia de las organizaciones y especialmente utilizadas en las líneas de producción. Este indicador que relaciona las entradas con las salidas permite evidenciar si los productos o servicios proporcionados están siendo rentables para la empresa. Para este proyecto se empleará el concepto de productividad total para facilitar la muestra de resultados.

Con el fin de incrementar este indicador, lo recomendable es trabajar sobre las fuentes que impiden su mejora. Para aumentar productividad se debe considerar eliminar desperdicios,

eliminar todo lo que no agrega valor, remover obstáculos, desarrollar de planes de acción y realizar una dirección eficaz de estas acciones.

3.1.1 LOS 7 DESPERDICIOS

En todos los procesos se encuentran presentes desperdicios, es por eso la importancia de aprender a identificarlos y plantear soluciones para eliminarlos o al menos reducirlos en un alto grado.

Los desperdicios son considerados una de las fuentes fundamentales en la disminución de la productividad en las plantas industriales, por eso la importancia de conocerlos y atacarlos. Toyota clasifica en siete grandes grupos los desperdicios o mudas (Socconini, 2019, pág. 34):

1. Muda de sobreproducción.
2. Muda de sobreinventario.
3. Muda de productos defectuosos.
4. Muda de transporte de materiales y herramientas.
5. Muda de procesos innecesarios.
6. Muda de espera.
7. Muda de movimientos innecesarios del trabajador.

3.2 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE LA CALIDAD

Es importante conocer ciertas herramientas del control de la calidad para buscar la mejora, estas herramientas o técnicas de control estadístico ayudan a la recopilación y gestión de los datos, mejoran la interpretación de resultados obtenidos y aportan al planteamiento de acciones que servirán para mejorar la calidad de los productos y servicios. Algunas de estas herramientas se describen a continuación.

3.2.2 DIAGRAMA CAUSA EFECTO.

El diagrama Causa – Efecto (ver *Figura 3*) es una herramienta gráfica popularizada por el ingeniero japonés Karou Ishikawa, es por eso por lo que ha adoptado el nombre de Diagrama de Ishikawa (Socconini, 2015), también conocida por Diagrama de espina de pescado por su forma parecida al esqueleto de un pescado. Esta herramienta permite, a través de un gráfico, ir

colocando todas las posibles causas de un determinado problema de calidad, estas causas se enfocan en los cinco principales recursos dentro de la operación (Materia Prima o Materiales, Métodos, Mano de Obra, Medio Ambiente, Maquinaria o Equipos). Una vez identificadas las posibles causas, se elabora análisis a profundidad de estas causas elaborando un plan de acción que permita buscar la mejora.

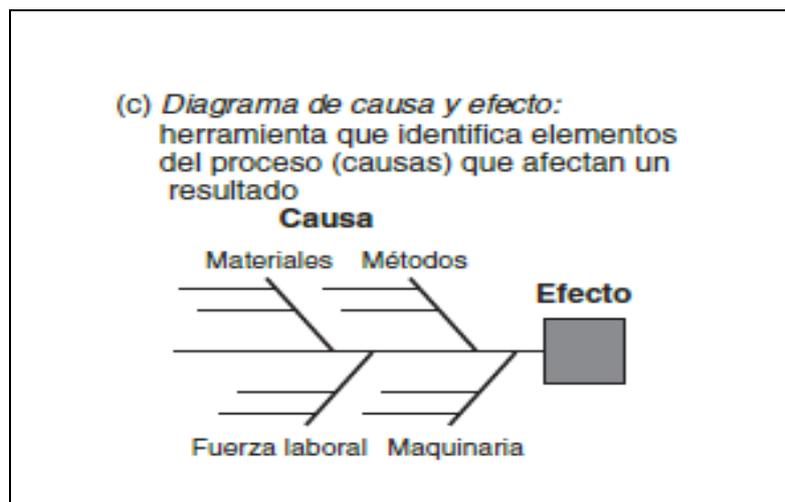


Figura 3. Diagrama de Ishikawa. Tomado de (Heizer & Render, 2009)

3.2.3 DIAGRAMA DE PARETO.

El economista italiano Pareto identificó que el 20% de las personas del mundo controlaban el 80% de la riqueza, a raíz de esta información planteó el principio de Pareto. Uno de los gurús de la calidad, Joseph Juran, empleó este principio enfocándolo a la calidad (Heizer & Render, 2009), así esta herramienta que emplea una representación gráfica (ver *Figura 4*) de los defectos, errores, entre otros, ordenados de mayor a menor efecto, indica que el 80% de los defectos son originados por el 20% de las causas.

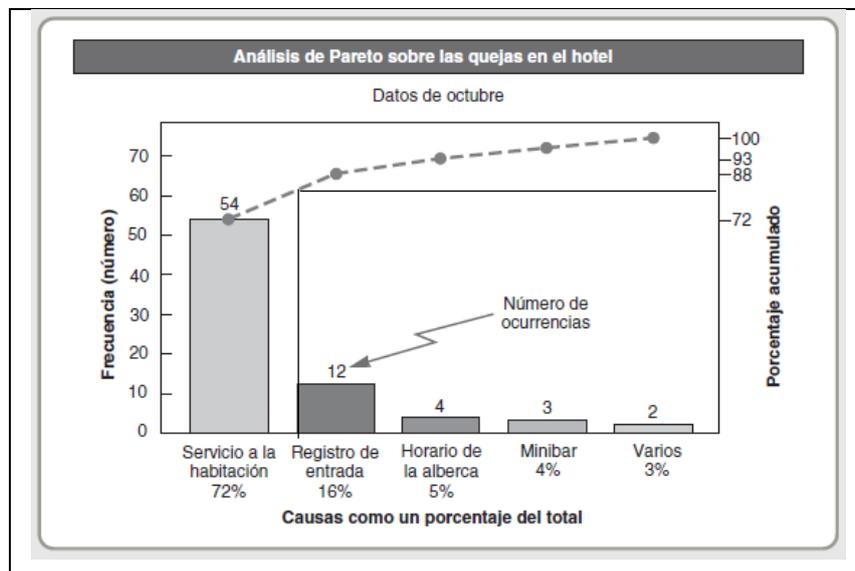


Figura 4. Diagrama de Pareto de quejas en un hotel. Adaptado de (Heizer & Render, 2009)

3.3 SIX SIGMA

Six sigma ó seis sigma es una herramienta que permite medir el desempeño de los procesos respecto de los productos fuera de especificación. La metodología Six Sigma busca mejorar los procesos empleando herramientas estadísticas con el objeto de no generar productos defectuosos. (Socconini, Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, 2015).

Para implementar six sigma generalmente se pueden emplear dos metodologías:

- La primera y más estructurada se conoce como DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) por sus siglas en inglés.
- La segunda conocida como excelencia operacional (Ojeda, 2012, pág. 12), que se enfoca en emplear las herramientas de six sigma según consideré lo más aplicable sin sujetarse a un esquema definido.

3.3.1 METODOLOGÍA DMAIC.

La metodología DMAIC consta de cinco (5) pasos:

- a) Define ó Definir, en esta etapa se busca:

- Establecer los puntos críticos para la calidad o CTQ (Socconini, Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, 2015, pág. 25)
- Definir el alcance del proyecto a implementar
- Definir el equipo de trabajo
- Definir un cronograma de trabajo con los tiempos estimados de la implementación de las etapas.

Para esto se suele elaborar una carta de proyecto que resume esta información, se presenta a los altos cargos de la empresa buscando la asignación de recursos para implementar el proyecto.

- a) Measure ó Medir, en esta etapa se busca establecer métricas para obtener datos, y a su vez evaluar los sistemas de medición (Socconini, Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, 2015, pág. 45).
- b) Analyze ó Analizar, en esta etapa suele considerarse una de las etapas más importantes, ya que aquí se identifican las causas del problema. (Socconini, Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, 2015, pág. 136)
- c) Improve ó Mejorar, en esta etapa se implementan o ejecutan todas las propuestas, para ir validando las mejoras.
- d) Control ó Controlar, en esta etapa se establecen los mecanismos para controlar que los inconvenientes detectados no se repitan, o en el caso que se repitan poder actuar rápidamente con acciones definidas.

Durante toda la implementación de estos pasos se emplean herramientas estadísticas que servirán para mejorar el proceso.

3.4 LEAN MANUFACTURING

Lean manufacturing, también conocida como manufactura esbelta o fabricación con cero desperdicios, es el nombre que recibe el sistema “just in time” en occidente (Socconini, 2019, p. 20), constantemente ha sufrido modificaciones en su nombre debido a las traducciones, sin embargo, en el desarrollo de este proyecto se empleará el término “lean”, para facilitar su entendimiento.

Lean manufacturing es un conjunto de herramientas, que tiene por objeto: mejorar el flujo y buscar la eliminación de los desperdicios o excesos, cabe mencionar que los excesos son

considerados como actividades que no agrega valor al proceso, pero sí representan un costo y el uso de recursos (Socconini, 2019).

3.4.1 HERRAMIENTAS LEAN.

Las herramientas lean son un conjunto de técnicas de mejora continua y resolución de problemas, que aplicadas buscan eliminar los desperdicios y adaptarse a los cambios, algunas de estas técnicas constituyen lean manufacturing (Hernández & Vizán, 2013) y pueden ser:

- a) Las 5S. Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- b) SMED. Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.
- c) Estandarización. Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
- d) TPM. Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas.
- e) Control visual. Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora
- f) Jidoka. Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
- g) Técnicas de calidad. Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- h) Sistemas de participación del personal (SPP). Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean.
- i) Heijunka. Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.
- j) Kanban. Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

4. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS

4.1 ESTADO INICIAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

La línea de producción opera de la siguiente manera: para tarjetas plásticas con tecnología sin contacto emplea un solo turno de 8 horas al día y tiene una capacidad de producción de 4080 unidades por hora, lo que equivale a 652800 unidades por mes, estos valores se encuentran descritos en la herramienta VSM o mapeo de valor (ver Anexo 1).

Durante los 8 primeros meses del 2020 se produjeron 2'177.866 de unidades. Sin embargo, se generaron 91722 no conformidades que generaron rechazos del producto terminado. Si realizamos un cálculo de productividad total con estos valores, obtenemos que se producen 0,96 unidades por dólar gastado.

$$Productividad\ total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total} = \frac{2'086.144\ u}{\$2'177.866} = 0.96\ u/\$$$

Por otra parte, la información recopilada de los rechazos generados en cada subproceso productivo, durante el periodo de tiempo mencionado, se encuentra representado en la siguiente tabla (ver Tabla 1):

Tabla 1.

Resumen de No conformidades de los subprocesos de producción.

Cantidad No Conformidades	Frecuencia /8 meses	%	% ACUMULADO
Junta	32242	35%	35%
Fusión	21012	23%	58%
Impresión	14795	16%	74%
Adhesión	12324	13%	88%
Inserción	8743	10%	97%
Corte	2606	3%	100%
QC	0	0%	100%
TOTAL:	91722		

Adicional a los datos de los rechazos y a través de un diagrama de Pareto (ver *Figura 5*), se evidencia que casi el 80% de los rechazos se dan en los siguientes procesos productivos:

- Proceso de Junta. (35,2%)
- Proceso de Fusión. (22,9%)
- Proceso de Impresión. (16,1%)

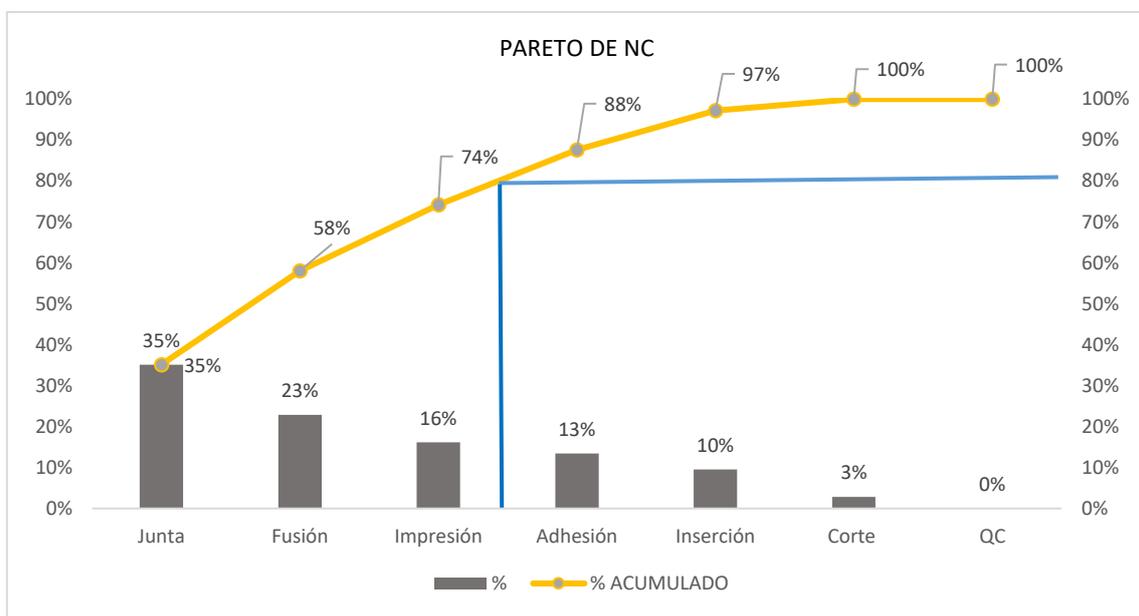


Figura 5. Diagrama Pareto de No Conformidades.

4.2 JUSTIFICACIÓN

En base a la información obtenida y considerando la regla de Pareto, los tres subprocesos críticos de producción son: Junta, Fusión e Impresión. Estos generaron la mayor cantidad de rechazos (74,2%), por ende, son los que se deberían analizar con el fin de eliminar o disminuir en gran cantidad los rechazos.

Sin embargo, por el alcance de este proyecto nos centraremos en el subproceso más crítico, si tomamos en consideración la información anterior, el subproceso de la línea de producción que generó la mayor cantidad de rechazos fue el “**proceso de junta**” con una cantidad de 32242

unidades de 91722 rechazadas, lo que representa un 35,2% de las no conformidades, siendo el proceso crítico para análisis.

Ahora viendo los datos desde otra perspectiva, las 91722 unidades rechazadas representan el 4,21% del total de unidades producidas y las 32242 representan el 1,48%. La meta anual definida para el indicador global de rechazos no debe superar el 4% (ver Tabla 2) y la meta definida para el proceso de junta no debe superar el 1,3 % de rechazos (ver Tabla 2), en los dos casos el indicador no está cumpliendo con su meta, esto representa un encarecimiento en los costos de producción e implica pérdidas considerables de dinero.

Tabla 2.

Metas de rechazos por subprocesso productivo y por el proceso total de producción.

Proceso	Meta
Fusión	≤ 1%
Adhesión	≤ 0.3%
Impresión	≤ 1%
Corte	≤ 0.2%
Junta	≤ 1.3%
Inserción	≤ 0.2%
Meta Total	≤ 4%

4.3 PROPUESTA

Por tanto, con el objetivo de reducir el índice de los rechazos entre un 0,5% al 1% en los próximos 8 meses, la propuesta general es aplicar la metodología DMAIC de six sigma en el “**proceso de junta**”. Durante el desarrollo de las etapas del DMAIC, estas se complementarán con el uso de herramientas “*Lean*” para obtener mejores resultados.

El 1% de disminución de los rechazos puede significar un beneficio de \$21779. Si los resultados son positivos, se espera que los beneficios económicos generados se reinviertan en generar nuevos proyectos y en premiaciones o incentivos para el personal que participe en el desarrollo de esos proyectos.

4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

4.4.1 DEFINIR

En la etapa definir, lo principal es establecer un documento (carta de proyecto – ver Anexo 2) para formalizar los siguientes puntos:

- a) El proceso critico
- b) Las características críticas
- c) El objetivo que se espera
- d) El alcance
- e) El equipo con el que se trabajará
- f) Los recursos que se estima emplear
- g) El tiempo estimado para el desarrollo del proyecto (cronograma)

Los literales a), b), c) y d) se encuentran descritos en los apartados anteriores de justificación y propuesta. Por otra parte, el equipo sugerido para implementar el proyecto se conformará por:

- Un operador de impresión al ser el proveedor directo del proceso de junta
- Un operador de fusión al ser el cliente directo del proceso de junta
- Un operador de calidad al conocer sobre los defectos de los procesos
- Un operador del proceso de junta ya que está directamente relacionado con el proceso
- El jefe de producción al conocer el proceso de producción
- El jefe de calidad al conocer sobre las características del producto

La alta dirección, que puede estar representada por una gerencia, debe proporcionar el auspicio o la aceptación de brindar todos los recursos necesarios para la implementación del proyecto.

4.4.2 MEDIR

El proceso de junta tiene como objetivo unir a través de un borde cuatro láminas y una antena. Dos láminas plásticas son provenientes del proceso de impresión, dos láminas transparentes son prefabricadas que sirven como protectoras para las láminas impresas, la antena es un componente electrónico también prefabricado, que se coloca en la mitad de todos estos

elementos. Para realizar este proceso se emplean dos tipos de métodos, que dependen de la cantidad del personal empleado.

El primer método, emplea tres personas y consiste en tres pasos secuenciales:

- Paso 1: Unir una lámina impresa, una lámina protectora y la antena, formando un grupo que llamaremos parte frontal.
- Paso 2: Unir la segunda lámina impresa con la protectora restante, lo que llamaremos parte posterior.
- Paso 3: Una vez se tienen las dos partes se procede a unir a través de un borde la parte frontal con la parte posterior.

El segundo método, emplea dos personas y consiste en dos pasos secuenciales:

- Paso 1: Unir una lámina impresa, una lámina protectora y la antena, formando un grupo que llamaremos parte frontal.
- Paso 2: Unir la parte frontal con la segunda lámina impresa y la protectora restante.

Una vez que se realiza la unión de las láminas en paquetes, estas son entregadas al siguiente proceso para continuar con la elaboración del producto final.

Para recopilar la información de los defectos se procede a elaborar un plan de obtención de datos, en este plan se considera realizar las siguientes mediciones:

- Rendimiento en cadena de la línea (Yield).
- Cantidad de defectos por tipo de atributo.
- Tiempo del proceso de junta entre el método 1 y el método 2.

Con la ayuda de los datos obtenidos por las no conformidades de los subprocesos productivos, se puede realizar el rendimiento del proceso, para este caso se aplica el cálculo del rendimiento en cadena, sin considerar los retrabajos, el valor obtenido es el siguiente:

$$Yield = 98,23 \times 98,84 \times 99,19 \times 99,32 \times 99,52 \times 99,86$$

$$Yield = 95,05\%$$

En el proceso de junta se pueden generar varios tipos de defectos, con el objetivo de medir la cantidad de defectos por tipo de atributo, es necesario definir los tipos de defectos o segregarlos en grupos. Por este motivo, el equipo conformado para este proyecto determino cuales son los tipos de defectos que se presentan en el producto, recopiló una muestra de cada uno de ellos y obtuvo imágenes como referencia.

Los tipos de defectos se definieron de la siguiente manera:

- a) Defecto Tipo A – Pelusas (ver Figura 6)
- b) Defecto Tipo B – Pelos (ver Figura 6)
- c) Defecto Tipo C – Posición (ver Figura 6)
- d) Defecto Tipo D – Otros (ver Figura 6)

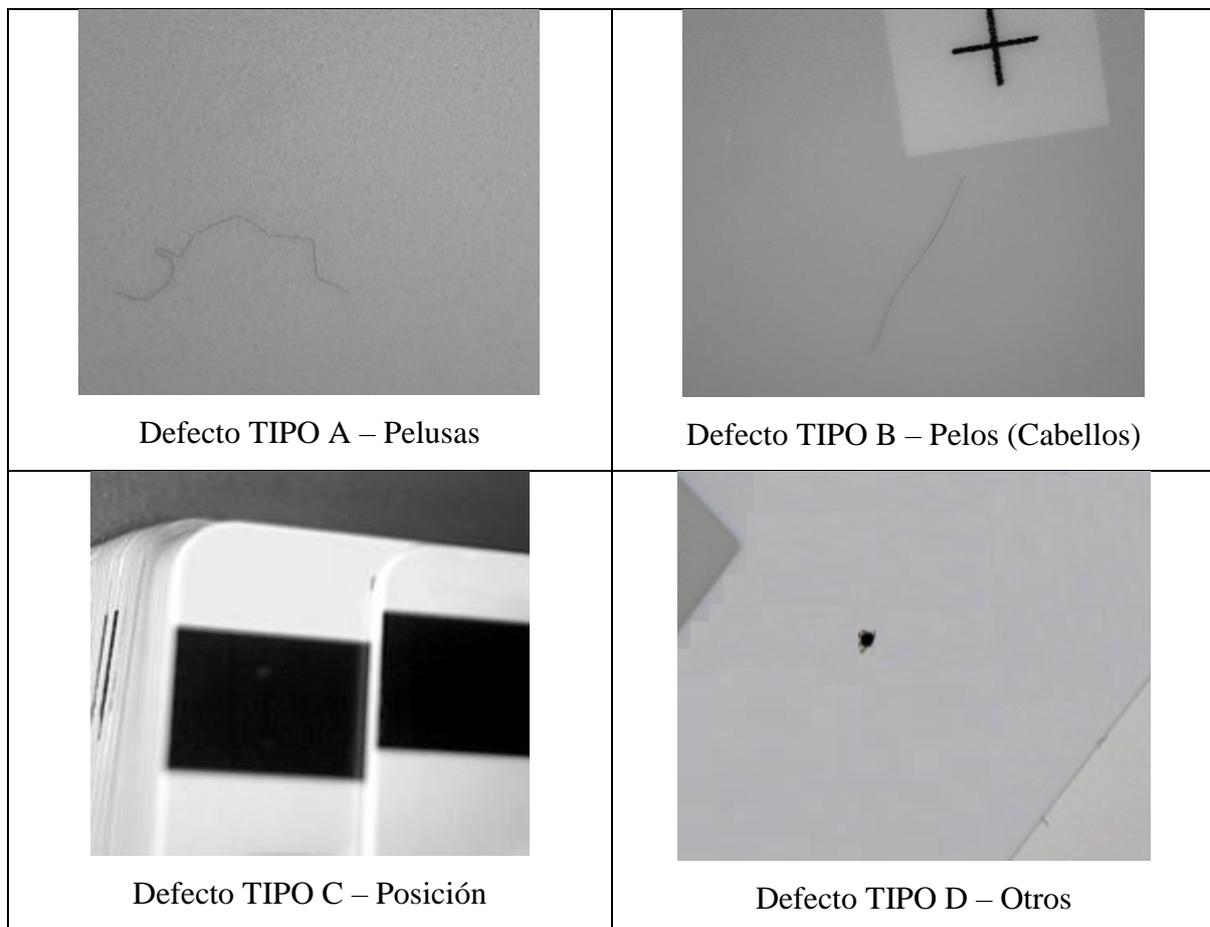


Figura 6. Tipos de Defectos ocasionados en el proceso de Junta.

Una vez establecidos los defectos generados, se procede a la toma de datos, para esto se emplea una tabla de recolección de datos por atributos (ver Anexo 3), el tiempo en que se obtuvo los datos fue de cuatro días de producción, por esta razón, se coordinó con el equipo para realizar este estudio sobre una orden de producción en curso obteniendo la siguiente información:

Tabla 3.

Cantidad de Defectos del subproceso de Junta segregados por tipo.

Cantidad DEFECTOS	Dos Semanas	%	% ACUMULADO
Pelusas	2066	96.8%	96.8%
Posición	40	1.9%	98.7%
Pelos (Cabellos)	25	1.2%	99.9%
Otros	3	0.1%	100.0%
TOTAL:	2134		

Sin necesidad de aplicar un diagrama de Pareto, se observa que el 95.1% de defectos son generados por el defecto Tipo A – Pelusas. Sin embargo, para evidenciar de una forma más gráfica el diagrama se visualiza a continuación (ver *Figura 7*):

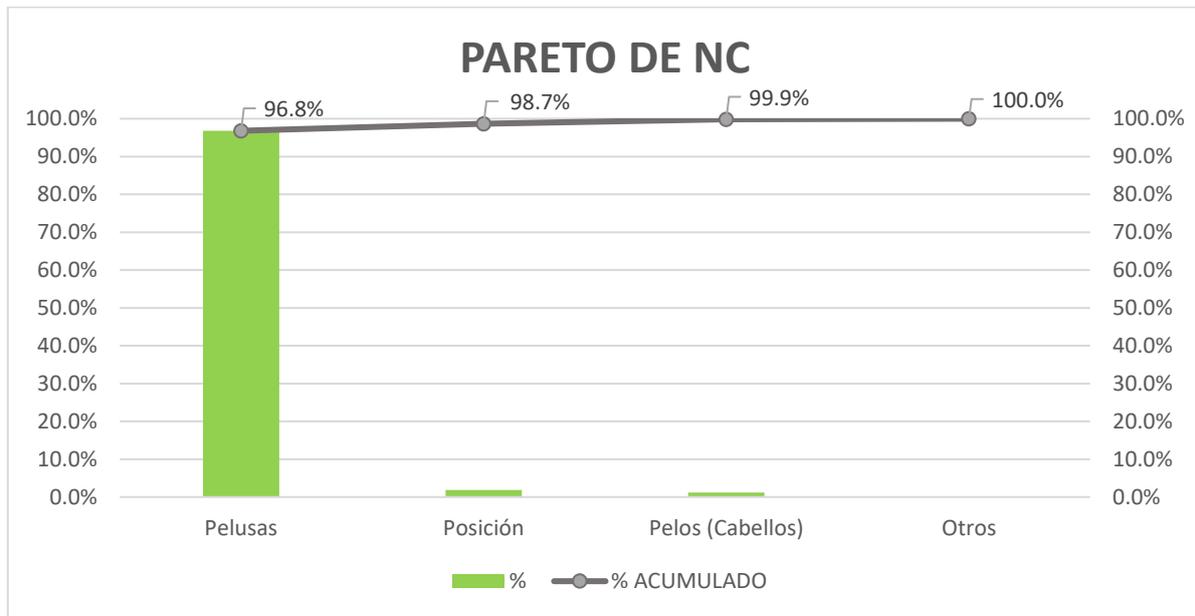


Figura 7. Diagrama de Pareto de los defectos encontrados en el subproceso de junta. Elaboración propia.

Para validar que el sistema de medición, se emplean la tabla recolección de datos por atributos (ver Anexo 3), estos datos son sometidos a un estudio repetitividad y reproductibilidad (R&R) por atributos (ver *Figura 8*) para evaluar si el sistema de medición es correcto.

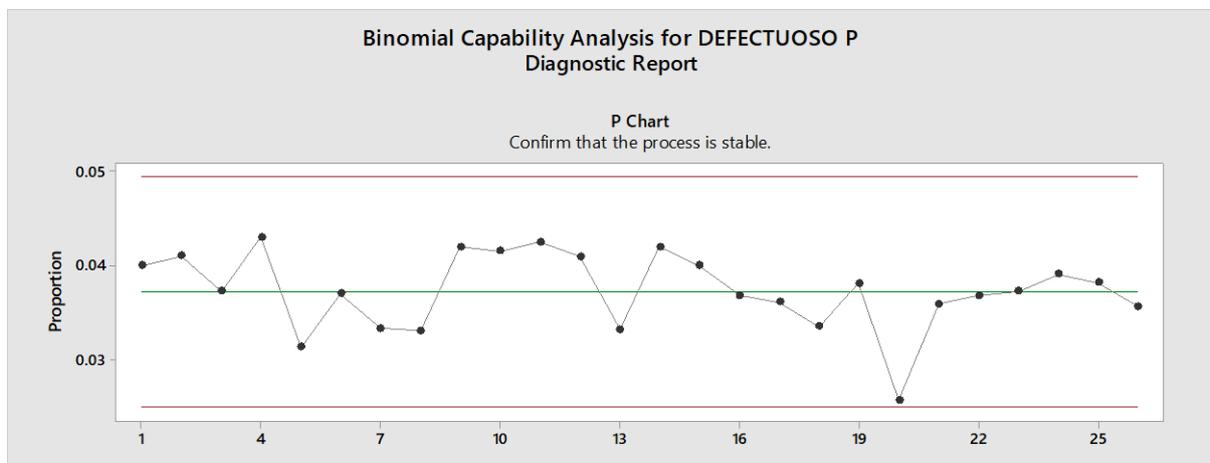


Figura 8. Estudio R&R para validar el sistema de medición.

A través de la herramienta minitab (software para análisis de datos) se ingresan los datos recopilados y se procede a generar una gráfica de control tipo P (ver *Figura 8*), en la gráfica de control se puede observar que los valores se encuentran bajo límites de control, es de suma importancia que los datos se encuentren dentro de los límites de control, ya que de esto depende que sea un proceso estable, en este caso específico de toma de datos se pudo obtener que el proceso es estable, corroborando que el sistema de medición es adecuado.

P Chart of DEFECTUOSO POR PELUSAS Report Card		
Check	Status	Description
Stability	✓	The proportion of defective items is stable. No subgroups are out of control.
Number of Subgroups	✓	You do not need to be concerned about the precision of your control limits because more than 9 subgroups are included in the calculations.
Subgroup Size	✓	You do not need to be concerned about the accuracy of your control limits because all subgroups have at least 14 items.
Expected Variation	✓	The variation in your data is close to the expected variation. Your data do not exhibit overdispersion or underdispersion. If these conditions exist, you may see an increased number of false alarms or have a chart that rarely signals.
Alternative Charts	i	This chart is intended to monitor process control. If your primary objective is to explore your data or compare your process before and after a change, use the Graphical Analysis Control Charts or the Before/After Control Charts.

Figura 9. Reporte generado por minitab al análisis del sistema de medición, mostrando la estabilidad del proceso.

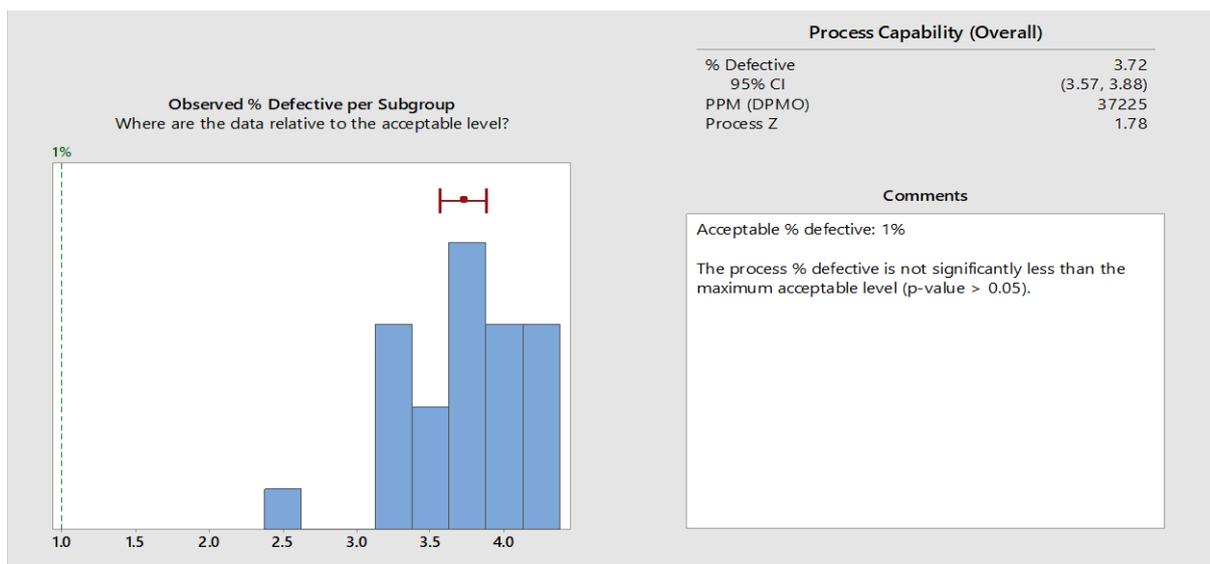


Figura 10. Estudio de capacidad del proceso

Adicionalmente, la facilidad que brinda el uso del software permite que la interpretación sea automática, si nos fijamos en la *figura 9* se menciona que la variación está dentro de los parámetros, por tanto, valida el sistema de medición, evitando la resolución manual o a través de una hoja de cálculo. Por otra parte, se facilita la obtención de datos como el cálculo de los DPMO defectos por millón de oportunidades (ver *Figura 10*), y en este estudio, todos los defectos generan rechazo, por ende, también representan las PPM o partes por millón de oportunidades obtenidas, para este caso las PPM son de 37225 lo cual es una cantidad alta de defectos. Estos defectos sobrepasan la meta establecida de 1,3%, lo cual es inaceptable, confirmando aún mas que se deben tomar acciones para corregir los defectos que se están generando en el proceso de junta.

Para validar cuál de los métodos de junta es más eficiente, es necesario obtener la cantidad de unidades procesadas por minuto. Los dos métodos de junta tienen un comportamiento similar, pero con resultados diferentes.

Tabla 4.

Comparativa de capacidad de métodos de junta con dos y tres personas.

Método con (2 per)			Método con (3 per)			
#	Paso 1	Paso 2	#	Paso 1	Paso 2	Paso 3
	F + ANT+ OV	FA + R + BM		F+ANT+ OV	R+B	FA + RA
1	5	5	1	5	6	5
2	5	4.5	2	5	6	5
3	5	4	3	5	6	5
4	5	4	4	5	6	5
5	5	4	5	5	6	5
6	5	4	6	5	6	5
7	5	4.5	7	5	6	5
8	5	4	8	5	6	5
9	5	4	9	5	6	5
10	5	4	10	5	6	5
	5 u/min	4.2 u/min		5 u/min	6 u/min	5 u/min
Método con 2 personas			Método con 3 personas			

Elaboración propia.

En el método con dos personas solo puedo operar a razón de 4.2 unidades por min, lo que representa 252 unidades por hora, en el caso del método con 3 personas la razón es 5 unidades por minuto, lo que representa 300 unidades por hora.

4.4.3 ANALIZAR

Para la etapa de analizar se tomará en cuenta los datos obtenidos y se aplicaran herramientas para plantear acciones.

De la información obtenida anteriormente se puede determinar que el defecto mayoritario del proceso de junta es el Tipo A – Pelusas, por tanto, se procederá a realizar el análisis de las causas que están generando este defecto altamente repetitivo.

Para realizar un análisis amplio y que abarque varios factores del proceso productivo, es recomendable el uso de la herramienta estadística conocida como Diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa – Efecto.

Este tipo de análisis es recomendable que lo realicen un grupo de personas, ya que, si solo una persona realiza el análisis, esta información puede verse sesgada a la perspectiva de la persona que estructuro dicha información. Por ende, para este caso de estudio, el equipo formado para implementar el proyecto participo y apporto con ideas generando una discusión que llevo a definir las causas representadas en el siguiente diagrama (ver *Figura 11*).

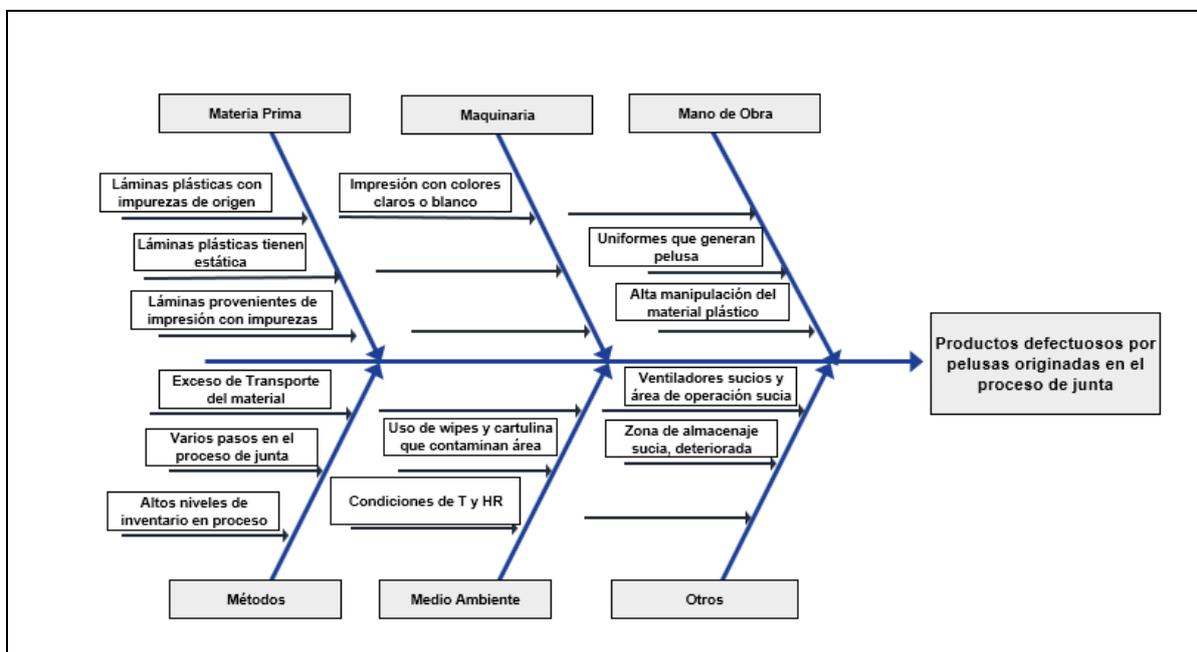


Figura 11. Diagrama de Ishikawa – Defectos Tipo A. Elaboración propia.

De este diagrama obtenemos la siguiente lista de posibles causas generadoras del defecto

Tipo A – Pelusas:

- Las láminas de plástico pueden venir contaminadas con impurezas desde el origen (proveedor).
- El plástico es generador de estática, sino se mantiene a ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa provoca la atracción de impurezas.
- Las láminas de plástico pueden contaminarse durante el proceso de impresión, ya sea por el paso de los rodillos, por la banda transportadora o por la manipulación del proceso como tal.
- Las láminas impresas con colores claros o que poseen un gran porcentaje de color blanco tienden a que la visibilidad de los defectos sea mayor, por tanto, es más representativo el hallazgo de este tipo de defectos. Por otra parte, los colores oscuros como el negro y el azul ocultan el defecto haciéndolo casi imperceptible a la vista.
- Los uniformes o ropa de trabajo, al estar elaborado con tela de algodón es un material generador de pelusa y que puede contaminar el material en proceso, lo que finalmente se verá reflejado en el producto terminado.
- El proceso de junta requiere de una alta manipulación del producto, esto ya se vio evidenciado en las dos metodologías de junta, por ende, el material es expuesto con facilidad a la contaminación. Mientras mayor sea la manipulación, mayor será la probabilidad de contaminación del material.
- Existen altos niveles de inventario, al no ser un flujo tan continuo, el material pasa largos periodos en proceso generando inventarios, lo que expone el material a la contaminación.
- El uso de elementos de limpieza como wiperes o trapos generan pelusas que pueden contaminar el ambiente y el material en proceso.
- La limpieza de las instalaciones es importante, sino se realiza limpiezas regulares, especialmente de ventiladores, filtros y del área de operación en general, esto será una fuente de contaminación potencial para el material en proceso.

- El área de almacenamiento WIP (work in progress) o de trabajo en proceso debe estar en excelentes condiciones, sino está en condiciones adecuadas puede contaminar el material que se encuentra en inventario en proceso.

Una vez definidas estas causas, se procede a elaborar una matriz de causa efecto (ver Tabla 5), esta matriz emplea ciertos criterios de ponderación respecto de los efectos. Los valores obtenidos nos permiten establecer cuales pueden ser las causas con mayor criticidad, así el enfoque es priorizar cuales son las causas principales con las que trabajar. Una vez realizada la priorización se deben plantear acciones que permitan eliminar o al menos disminuir los defectos en el proceso de junta.

Tabla 5.

Matriz de Causa Efecto con priorización de las causas, siendo las más criticas las que tienen mayor puntuación

Cause & Effect Matrix Problem Description							
Valoración de importancia para el cliente →	10	4	6	8			
↓ Inputs Proceso (Causas Raíz a solucionar)	→ Outputs Proceso (Qué queremos mejorar?)	Reducir el defecto de pelusas	Reducir el niveles de inventario	Mejorar el flujo de la operación	Incrementar la productividad	Total	Impacto / Implementación Puntaje
1	Alta manipulación del material	9	9	9	9	252	3
2	Varios pasos para el proceso de junta	9	3	9	9	228	1
3	Láminas proveniente de impresión con impurezas	9	3	3	9	192	3
4	Largos periodos de inventario en WIP	3	9	9	9	192	3
5	Ventiladores sucios y área de operación sucia	9	3	1	9	180	1
6	T y HR que afectan en la estática del material	9	0	1	9	168	3
7	Exceso de transporte del material	3	1	9	9	160	3
8	Zona de almacenaje (WIP) sucia y deteriorada	9	3	0	3	126	1
9	Uniformes que generan pelusas	9	0	0	3	114	3
10	Alto uso de cartulina y wipes que contaminan el área	9	0	0	3	114	1
11	Láminas generan estática atrayendo impurezas	3	3	1	3	72	3
12	Láminas con impurezas de origen	3	0	1	3	60	4
13							
14						0	

Elaboración propia.

4.4.4 MEJORAR

Debido a ciertas limitantes presentadas, como son los recursos destinados para a implementación, la dificultad de poder implementar las acciones o el impacto que pueden generar las acciones, no todas las acciones propuestas ante las causas detectadas en el proceso de análisis pueden ser tomadas en consideración para la implementación.

En la etapa de mejorar se plantearon acciones ante las causas, y se realizaron pruebas piloto de estas acciones, esto con el fin de obtener resultados y validar cuales de las acciones ejecutadas tuvieron mayor o menor impacto sobre la disminución de los defectos y en general sobre los rechazos en el producto terminado.

A continuación, se irán describiendo las acciones ejecutadas y evidenciando los resultados obtenidos:

- Como primera acción fue ejecutar las limpiezas, se inició con la limpieza de los ventiladores laterales, ventiladores del techo, aire acondicionado y limpieza general del área y puesto de trabajo (ver Figura 12). Esta tarea represento alrededor de 25 min y fue ejecutada por el personal del área, que fueron dos personas.

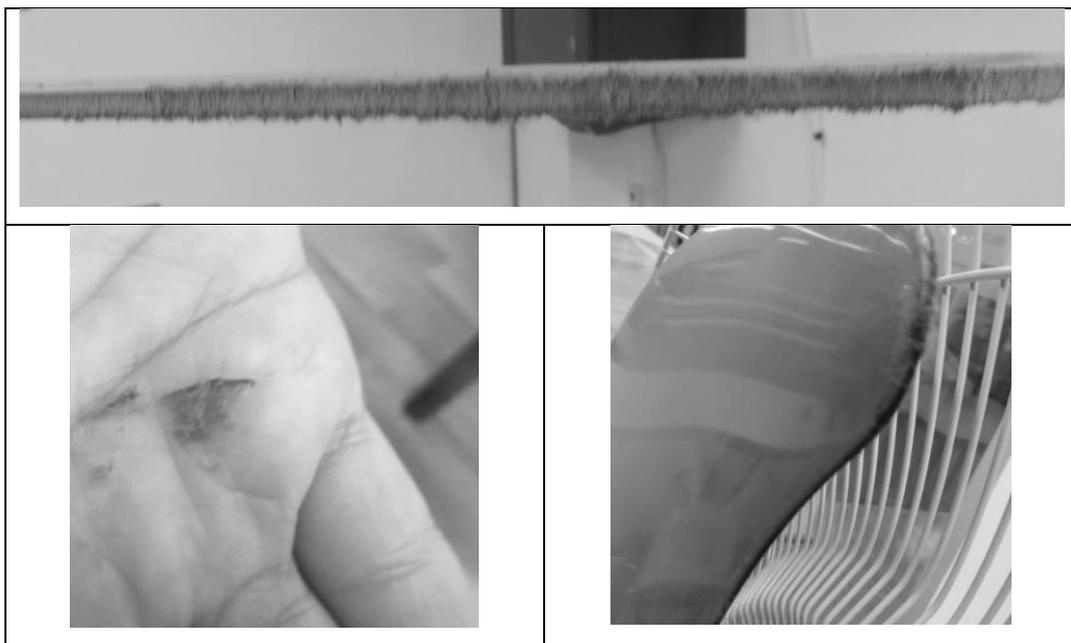


Figura 12. Fotografías de las pelusas encontradas en ventiladores y superficies del área del subproceso de junta.

Los resultados generados (ver Tabla 4) fueron registrandose a partir del segundo día, ya que por la naturaleza del proceso productivo, el producto procesado en junta la jornada de la limpieza terminaria su ciclo como producto terminado al dia siguiente.

Tabla 6.

Tabla de resultados generados después de la limpieza

	Pelusas	Pelos	Posición	Total	Bueno	%	% ACU
9/21/2020	378	6	41	425	8500	4.76%	4.76%
9/22/2020	1013	13	0	1026	21500	4.55%	4.84%
9/23/2020	548	11	20	579	26000	2.18%	3.63%
9/24/2020	758	20	41	819	31000	2.57%	3.27%
9/25/2020	864	16	0	880	30000	2.85%	3.19%
9/26/2020	499	2	0	501	31500	1.57%	2.85%
9/28/2020	305	7	1	313	12000	2.54%	2.83%
9/29/2020	735	12	24	771	35500	2.13%	2.71%
9/30/2020	334	7	0	341	20850	1.61%	2.61%
10/1/2020	59	0	0	59	6500	0.90%	2.56%
10/2/2020	526	16	31	573	32500	1.73%	2.46%
10/3/2020	658	29	44	731	31204	2.29%	2.44%

A partir de la limpieza, se observa que empezaron a reducirse los defectos por pelusas en casi la mitad (ver Figuras 12 y Figura 13), sin embargo, no se consigue reducir en su totalidad los defectos, pero si se aprecia una mejora a medida que se va avanzando los días de producción de la orden en curso.

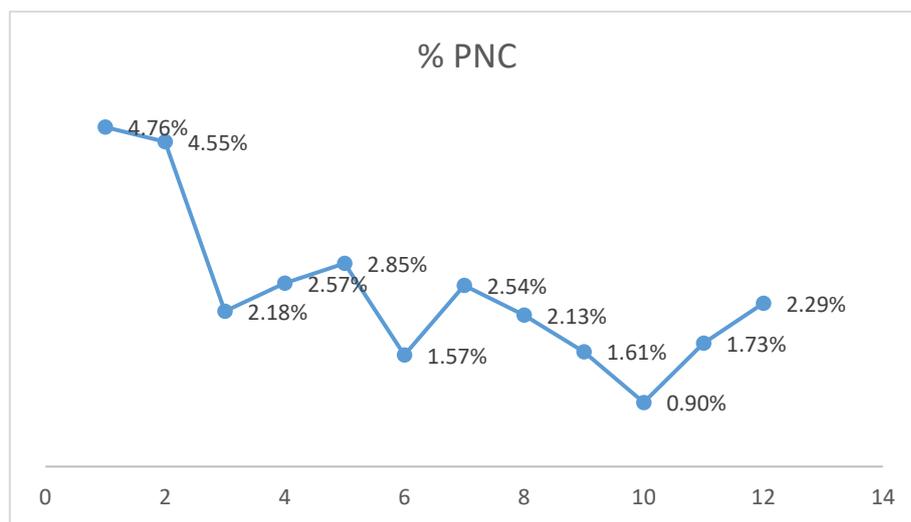


Figura 13. Representación gráfica de los resultados de las no conformidades obtenidas diariamente después de la limpieza.

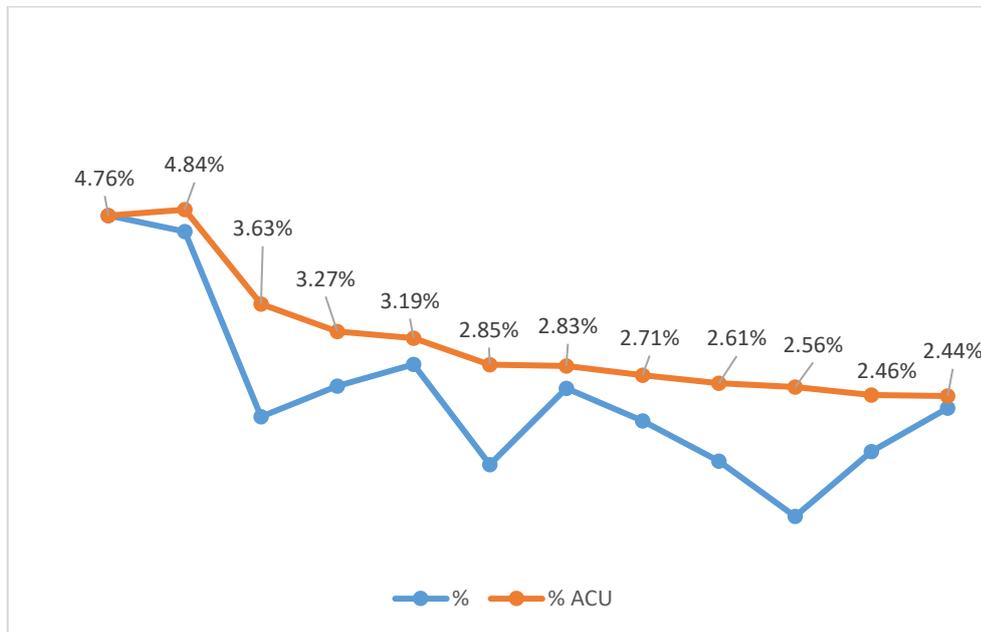


Figura 14. Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza.

- Como segunda acción el almacenar el material empacando en lotes pequeños después de impresión (equivalente a uso diario – usar herramienta Kanban de lean)
- Disminuir (reducir) los lotes de impresión a cantidad aconsejable (flexibilizar impresión)

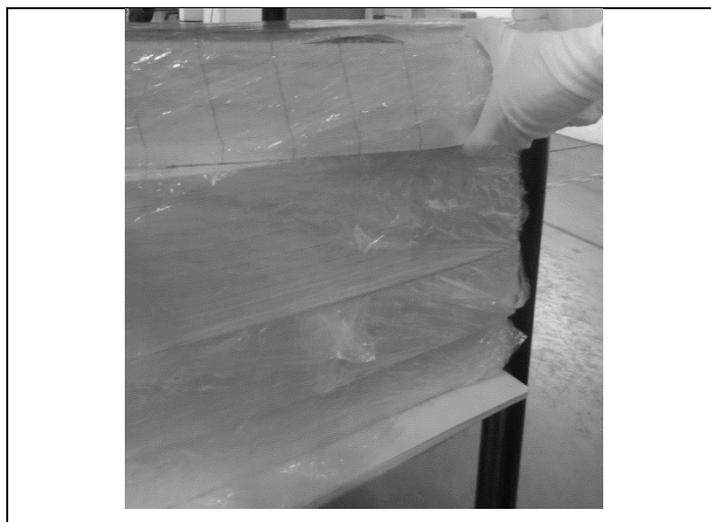


Figura 15. Empaque de láminas impresas por bloques, que permiten el uso del sistema kanban en el proceso de junta

Al empaquetar el producto impreso en bloques (ver *Figura 15*) se consiguen dos ventajas importantes: la primera es evitar que el material se contamine, al estar protegido con una cubierta plástica (stretch film) evita que las pelusas del ambiente se adhieran sobre el material en proceso, y la segunda es permitir que el proceso de junta pueda utilizar un sistema Kanban, es decir, solo empleando el material que va utilizando paulatinamente.

Cuando el material en proceso no fluye se generan grandes cantidades de inventario, este inventario se queda por tiempos prolongados en el área productiva, por lo cual va a ser frecuente que este material sufra manipulación y movimientos de una zona a otra, provocando que se contamine con facilidad, al empaquetar en bloques, va a disminuir el impacto de la contaminación ante la exposición que a la se encuentra sometido Si nos fijamos en los resultados obtenidos en la Tabla 7, se puede observar que los primeros resultados del empaque son bajos índices de contaminación en el producto terminado (ver *Figura 16*).

Tabla 7.

Tabla de resultados después de realizar paquetes aislados con “stretch film” después de a impresión, esto permite aplicar Kanban en el proceso de junta.

	Pelusas	Pelos	BM	Total	Bueno	%	% ACU
11/17/2020	109	4	47	160	18500	0.86%	0.86%
11/18/2020	200	6	70	276	24000	1.14%	1.03%
11/19/2020	232	10	41	283	21000	1.33%	1.13%
11/23/2020	259	8	0	267	18000	1.46%	1.21%
11/24/2020	294	6	48	348	19188	1.78%	1.32%

Sin embargo, a medida que el material pase más tiempo en inventario tiende a contaminarse, cabe recalcar que es una contaminación a menor medida que si estuviera a la intemperie, pero contaminación finalmente.

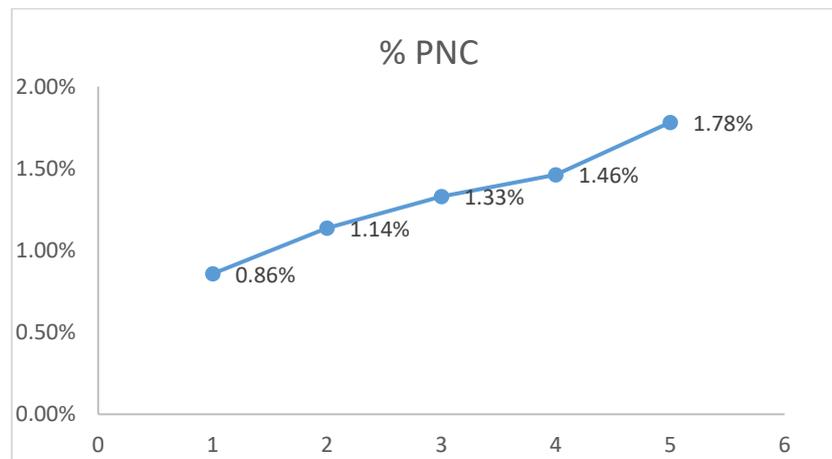


Figura 16. Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza

Analizando la Tabla 7 y la Figura 17, podemos observar que en un proceso de impresión pequeño podríamos reducir el nivel de contaminación en gran medida, por ejemplo, si se realizan impresiones de lotes de aproximadamente 30000 unidades, que es el punto de inflexión donde se alcanza un 1% de defectos por pelusas, esto puede aportar considerablemente la reducción de los rechazos por pelusas.

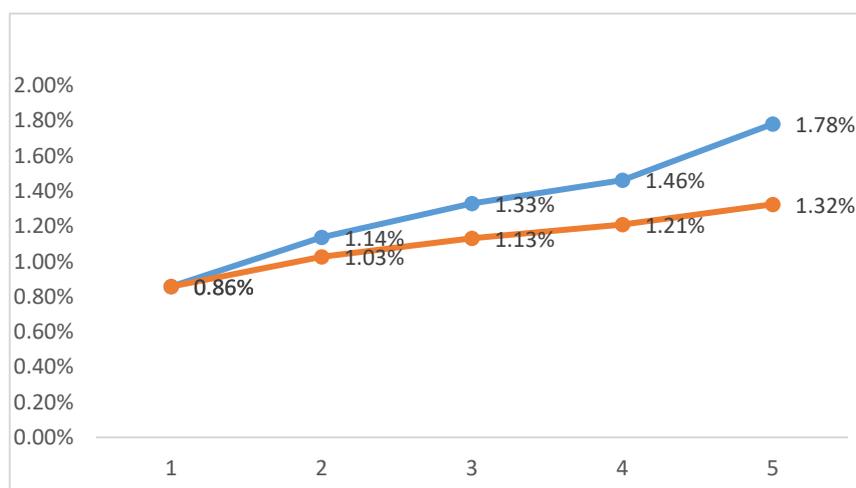


Figura 17. Representación gráfica de los resultados obtenidos de las no conformidades de manera diaria vs. los resultados de manera acumulada después de la limpieza

Si tomáramos en consideración la aplicación de las limpiezas, los empaques en bloque y el tamaño de lote de impresión en 30000 unidades podríamos trabajar con alcanzar un valor del

0.95% de no conformes, equivalente a 280 defectos. Este valor proyectado a los 2'177.866 de unidades consideradas al inicio, obtendríamos 20689 de no conformes respecto a las 32242 iniciales, lo que representaría una reducción de 11553 productos no conformes o \$11533 dólares de ahorro. Si consideramos en valor porcentual, se redujo del 1,48% al 0,95%, esto equivale al 0,53% consiguiendo uno de los objetivos de este proyecto.

En este caso la productividad ascendería a 0,97 u/\$.

Como se mencionó al inicio del apartado de mejorar, solo se realizó la implementación de ciertas acciones, sin embargo, es importante considerar acciones que requieren de inversión, pero pueden generar un gran beneficio a largo plazo si son implementadas, estas acciones son las siguientes:

- Humedecer el ambiente (para disminuir estática), esta acción requiere de la compra e instalación de sensores de humedad, instalación de un sistema de humidificación con agua pulverizada que permita mantener el área de operación trabajando en condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa.
- Realizar el mantenimiento de las instalaciones del área de almacenaje WIP o de producto en proceso. Este mantenimiento consta de la reparación y pintura de piso y paredes, compra de estanterías para colocar el material de manera adecuada y no sobre el suelo.
- Disminuir transporte de material, implicaría un cambio del layout de la línea de producción, lo que representaría, movimiento de las máquinas, parada de producción, cambio de instalaciones eléctricas, de aire, etc. Todo esto implicaría una inversión sumamente elevada, por lo cual se vuelve realmente difícil implementarla a corto plazo.
- Emplear uniformes que no sean de algodón, uniformes con un material que no genere pelusa, o en su defecto entregar uniformes con sincronía de color, por ejemplo, emplear uniformes blancos para operación de tarjetas blancas.
- Tapizar todas las mesas de madera con el material de lona de caucho para evitar contaminación, o en su defecto reemplazar con superficies metálicas.

- De igual forma deben existir pallets plásticos en lugar de los de madera o empezar a utilizar estanterías metálicas, esto implica una inversión por lo cual no es considerable a corto plazo.

4.4.5 CONTROLAR

Una de las etapas más importantes o críticas, es la etapa de control, ya que en esta etapa se van analizando los resultados que se generan diariamente para aplicar las acciones que se implementaron en mejora.

Por ejemplo, a medida que el indicador de las no conformidades en junta vaya saliendo de las cantidades esperadas, se deben realizar las limpiezas, verificar que se están empacando las láminas impresas y que se están procesando las cantidades adecuadas de producto para que fluyan normalmente.

En general, la etapa de control es una etapa de seguimiento ante las acciones implementadas y que nos permitirá hacer un rastreo del cumplimiento de las acciones, para mantener los resultados obtenidos en la implementación de la metodología DMAIC:

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se identificó los procesos críticos en la línea de producción, entre estos se encontraba junta, fusión e impresión, alcanzando casi un 80% de las no conformidades, sin embargo, el proceso de junta es el de mayor criticidad, con casi un 36%, por ende, es el proceso que debía analizarse para conseguir buenos resultados en la calidad del producto final.

Se puede concluir que existen 4 tipos de defectos, sin embargo, con casi un 96% el defecto mayoritario es el de las pelusas o defecto tipo A, por ende, las acciones tomadas fueron realizadas con el objetivo de disminuir la contaminación por pelusas en el material en proceso.

La metodología DMAIC, generó un aporte importante para obtener los resultados esperados, se consiguió disminuir de 1,48% a 0,95% las no conformidades en el proceso de junta, esto es equivalente a casi \$12000 dólares que pueden ser reinvertidos en realizar más proyectos de mejora y concretar con acciones planteadas que no pudieron realizarse por falta de recursos.

El empleo de herramientas estadísticas permitió manejar acorde los datos, el diagrama de Pareto fue uno de los más empleados para ir profundizando en las criticidades, tanto de los procesos, como de los defectos.

A través de la priorización se pudo emplear el tiempo y los recursos adecuados para obtener resultados de la manera más rápida, como fue la exigida por gerencia.

El incentivar el uso de herramientas Lean manufacturing a lo largo de la metodología DMAIC ayudo a facilitar la implementación del proyecto y se pudo observar mejores resultados trabajando con estos dos ejes.

Toda la información compartida entre los colaboradores que participaron en el proyecto fue enriquecedora, los resultados mostraron que pueden conseguirse los objetivos. El trabajar en equipo facilito que las ideas vayan surgiendo en el análisis y que el compromiso de implementar las acciones haya sido sencillo. Es gratificante ver como el personal obtuvo gran aprendizaje de las herramientas estadísticas, adquiriendo nuevos conocimientos y poniéndolos en práctica.

La cultura de la mejora se gana con trabajo y con resultados, y en este caso, el observar que la disminución de las no conformidades fue una realidad, fue de gran estímulo para todos los que participaron en la implementación del proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

Una de las principales recomendaciones es asignar una mayor cantidad de tiempo y de recursos para la implementación de proyectos de mejora. En el caso en particular de este proyecto, existen acciones propuestas que se han analizado, pero carecen de los recursos, por ende, es importante tenerlas en consideración para futuras implementaciones, ya que se cuenta con información precedente.

Es necesario permitir la participación de más colaboradores en la implementación de proyectos, ya que no hay mejor manera de aprender que implementando, de estas acciones realizadas se aprende el uso de muchas herramientas y técnicas.

Se recomienda integrar a más personal en la implantación de las acciones, ya que mejora la interacción entre el personal, permite identificar líderes y es un buen canal para mejorar la comunicación interna entre el personal.

Es aconsejable realizar un análisis adicional del tipo de pelusas, mandar a un laboratorio especializado para verificar cual es el tipo de fibra de las pelusas, esto puede ayudar a plantear nuevas acciones, que permitirán obtener nuevos y mejores resultados.

Se puede implementar ciertos mecanismos de control, un gran ejemplo es el uso de un AMEF (análisis de modos de fallas y efectos), en este se pueden describir las acciones a tomar ante los distintos problemas que se generan, incrementando el seguimiento y el control para prevenir potenciales problemas.

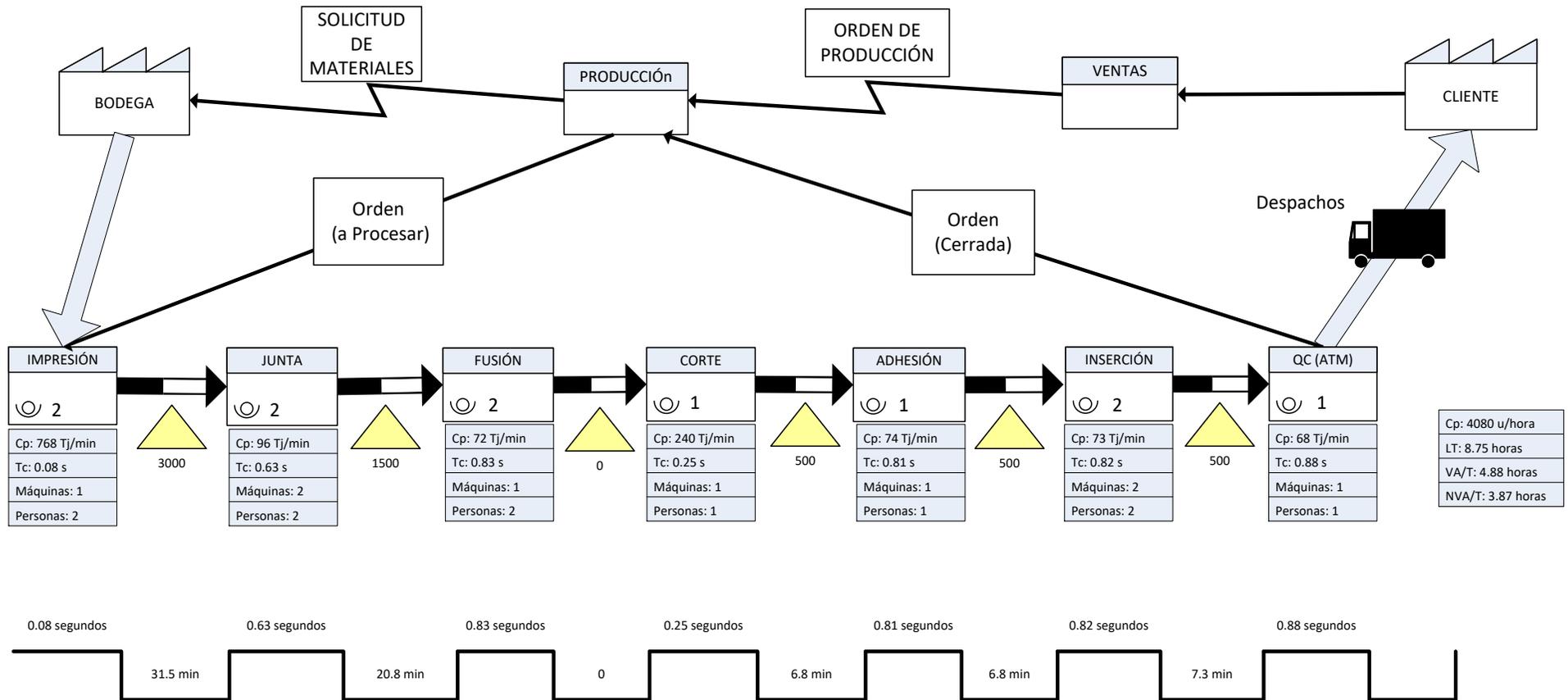
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali Husen, Y., & Komarudin. (2020). Integration of Lean Manufacturing and Industry 4.0: A Conceptual Framework. *APCORISE*, 272-277, doi:10.1145/3400934.3400984.
- Alnadi, M., & McLaughlin, P. (2020). Leadership that Facilitates the Successful Implementation. *IMMS*, 59-66, doi:10.1145/3416028.3416045.
- Carro Paz, R., & Gonzalez Gomez, D. (2014). *Productividad y Competitividad* (Primera ed.). Buenos Aires: Nueva Libreria.
- EMVCo. (2020). *EMVCo*. Obtenido de EMVCo: <https://www.emvco.com/>
- Fabricante. (2020). Indicadores de producción. Quito, Ecuador.
- Fabricante. (2020). Mapa de procesos de fabricante. Quito, Ecuador.
- Garcia, R. (2005). *Estudio del Trabajo* (Segunda ed.). Mexico: McGraw Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administracion de Operaciones*. Mexico: Prentice Hall.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas y implatación*. Madrid: Fundación EOI.
- ISO. (2003). *Switzerland Patente n° ISO/IEC 7810:2003*.
- Ojeda, J. L. (2012). *Proyectos Seis Sigma: El camino a la excelencia operacional* . México: Reverté.
- Socconini, L. (2015). *Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. Barcelona: Lean Six Sigma Institute, S.C.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelono: Marge Books.

ANEXOS

Anexo 1.

VSM (Value stream mapping) del proceso de producción



Anexo 2.

Carta de Proyecto

Carta del proyecto

Planteamiento del Problema	Justificación y beneficios																												
<p>El alto número de rechazos por defectos de junta (32.242 tarjetas) en las ordenes de producción de tarjetas contactless entre enero y agosto del 2020 (2'177.866 tarjetas producidas) son un problema recurrente que afecta a la productividad de la línea. Este producto no conforme representa una pérdida económica considerable de recursos para la empresa (tiempo, materia prima, energía, etc.), adicionalmente estos errores pueden llegar al cliente externo afectando la imagen de la empresa Y disminuyendo la confianza del cliente.</p>	<p>La disminución de los productos no conformes del 1,4% al 0,5% en el proceso de junta, optimizará el uso de recursos de la empresa, aumentará la productividad, mejorará los tiempos de revisión, disminuirá los reprocesos, etc. En general esto representa un beneficio económico, al producir mayor cantidad de productos dentro de especificación se generarán más ingresos por la venta y una mejor imagen para el cliente.</p>																												
OBJETIVOS	CRONOGRAMA																												
<p>Reducir las no conformidades relacionadas con el proceso de armado (32.242 tarjetas no conformes de 2'177.866 producidas) en 8 meses a 16000 tarjetas en los próximos 6 meses (2'200000 tarjetas a producir).</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Fase</u></th> <th><u>Plan de finalización</u></th> <th><u>Actual</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir:</td> <td>18 de Septiembre de 2020</td> <td>21/09/2020</td> </tr> <tr> <td>Medir:</td> <td>5 de Octubre de 2020</td> <td>24/09/2020</td> </tr> <tr> <td>Analizar:</td> <td>1 de Diciembre de 2020</td> <td>25/09/2020</td> </tr> <tr> <td>Mejorar:</td> <td>4 de Enero de 2021</td> <td>28/09/2020</td> </tr> <tr> <td>Controlar:</td> <td>22 de Febrero de 2021</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<u>Fase</u>	<u>Plan de finalización</u>	<u>Actual</u>	Definir:	18 de Septiembre de 2020	21/09/2020	Medir:	5 de Octubre de 2020	24/09/2020	Analizar:	1 de Diciembre de 2020	25/09/2020	Mejorar:	4 de Enero de 2021	28/09/2020	Controlar:	22 de Febrero de 2021											
<u>Fase</u>	<u>Plan de finalización</u>	<u>Actual</u>																											
Definir:	18 de Septiembre de 2020	21/09/2020																											
Medir:	5 de Octubre de 2020	24/09/2020																											
Analizar:	1 de Diciembre de 2020	25/09/2020																											
Mejorar:	4 de Enero de 2021	28/09/2020																											
Controlar:	22 de Febrero de 2021																												
Alcance: primero / último y entrada / salida	Miembros del equipo																												
<p><u>1er paso Proceso</u> Recepción del material de impresión</p> <p><u>Último paso del proceso</u> Entrega de sets armados a laminado</p> <p>-</p> <p><u>Alcance:</u> Recepción de material de impresión, recepción de materia prima de bodega, proceso de armado de frentes, proceso de armado de retiros con banda, proceso de armado de frentes y retiros, almacenaje de sets, entrega de sets a laminado, inspección de defectos de armado.</p> <p>-</p> <p><u>Fuera del alcance:</u> Recepción e inspección de materia prima en bodega.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Rol</u></th> <th><u>Nombre</u></th> <th><u>Cargo</u></th> <th><u>% de tiempo</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líder</td> <td>Jorge Lascano</td> <td>Green Belt - Lean Six Sigma</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Auspiciante</td> <td>Ismael Torres</td> <td>Gerente de Producción</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Miembro de equipo</td> <td>Pedro Navaja</td> <td>Operador de Armado</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Miembro de equipo</td> <td>Juan Zapata</td> <td>Operador de Control de Calidad</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Miembro de equipo</td> <td>Eduardo Mote</td> <td>Operador de Impresión</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Miembro de equipo</td> <td>Christian Cuzco</td> <td>Operador de Laminado</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Rol</u>	<u>Nombre</u>	<u>Cargo</u>	<u>% de tiempo</u>	Líder	Jorge Lascano	Green Belt - Lean Six Sigma	30%	Auspiciante	Ismael Torres	Gerente de Producción	10%	Miembro de equipo	Pedro Navaja	Operador de Armado	15%	Miembro de equipo	Juan Zapata	Operador de Control de Calidad	15%	Miembro de equipo	Eduardo Mote	Operador de Impresión	15%	Miembro de equipo	Christian Cuzco	Operador de Laminado	15%
<u>Rol</u>	<u>Nombre</u>	<u>Cargo</u>	<u>% de tiempo</u>																										
Líder	Jorge Lascano	Green Belt - Lean Six Sigma	30%																										
Auspiciante	Ismael Torres	Gerente de Producción	10%																										
Miembro de equipo	Pedro Navaja	Operador de Armado	15%																										
Miembro de equipo	Juan Zapata	Operador de Control de Calidad	15%																										
Miembro de equipo	Eduardo Mote	Operador de Impresión	15%																										
Miembro de equipo	Christian Cuzco	Operador de Laminado	15%																										

Anexo 3.

Tabla de recolección de datos por atributos

Gráfica de Control Estadístico NP (Partes no conformes)

FECHA DE INICIO DE LA CARTA: Lunes, 21 de Septiembre de 2020
LÍDER DE INSPECTORES: Elena Torres
FECHA DE CORTE DE LA CARTA: Jueves, 24 de Septiembre de 2020

CRITERIOS DE INSPECCIÓN: Inspección Visual
SEGUNDO INSPECTOR: Isabel Parra

	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Martes	Martes	Martes	Martes	Martes	Martes	Martes	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Miercoles	Jueves	Jueves	Jueves	Jueves	Jueves	
Hora de Inspección:	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	13:00 - 14:00		
TARJETAS INSPECCIONADAS	2000	2000	2200	2000	2300	2000	2100	2300	2000	2000	2000	2100	2200	2000	2000	2200	2300	2300	2100	2100	2200	2200	2200	2200	2200	2300		
DEFECTUOSO POR PELUSAS	80	82	82	86	72	74	70	76	84	83	85	86	73	84	80	81	83	77	80	54	79	81	82	86	84	82		
DEFECTUOSO POR CABELLOS	3	0	0	2	2	0	0	4	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	1	2		
DEFECTUOSO POR OVERLAY (BANDAS)	2	2	2	1	1	1	3	3	3	1	0	0	2	2	2	0	0	0	3	2	2	0	2	2	2	2		
OTROS	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
Total partes no conformes	86	84	84	89	75	75	74	83	87	84	85	87	78	86	82	81	83	77	83	60	84	81	85	88	87	86		
NP media:	81.15																											
LSC:	107.62																											
LIC:	54.68																											