



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN
DE LAS VARIACIONES DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE PAÑALES DESECHABLES PARA BEBÉ. CASO MÁQUINA 8

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de
Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía
Ing. Xavier Paz

Autor
Carlos Alberto Arrata Mena

Año
2013

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

.....
Xavier Marcelo Paz Villalba
Ingeniero MSc.
171054983-1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

.....
Carlos Alberto Arrata Mena
1714881818

AGRADECIMIENTO

Deseo extender un agradecimiento especial a los ejecutivos y empleados de la compañía "Pañales Nacionales S.A.", por los aportes brindados durante la ejecución de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi DIOS por sus eternas bendiciones diarias que las he recibido a través de mis padres Carlos y Rita quienes me han sabido guiar por el camino del amor y la verdad.

RESUMEN

El presente proyecto busca resolver la problemática de presencia de defectos de calidad en una línea de fabricación de pañales para bebé. Se trata de un problema crónico, ya que se han detectado variaciones de un mes a otro, potenciando una mayor probabilidad de entregar producto con defecto al cliente final.

La metodología utilizada para resolver el problema es mediante la estrategia Seis Sigma y sus cinco pasos para la mejora de procesos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAMC o DMAIC por sus siglas en inglés).

La primera fase del proyecto (Definir) busca entender la problemática, el objetivo, alcance y marco de trabajo del proyecto.

En la segunda y tercera fase (Medir y Analizar), se caracteriza el proceso en términos de su situación actual y determinar la causa raíz que genera los defectos en la línea de producción.

Finalmente, para la presentación de la mejora del proceso y su beneficio económico se desarrolla las fases de Mejorar y Controlar.

El proyecto fue desarrollado en una fábrica de producción de pañales ubicada en Quito, Ecuador. Por términos de confidencialidad se ha obviado el nombre original de la empresa, por lo que durante este trabajo se la denominará "Pañales Nacionales S.A.".

ABSTRACT

This project aims to solve the problem of presence of quality defects in a manufacturing line of baby diapers. Variations have been detected from one month to another, promoting a greater chance of delivering defective product to the customer. The methodology used to solve the problem is through the Six Sigma strategy and its five steps for process improvement (DMAIC for its acronym in English). The first phase of the project (Define) seeks to understand the problem, the purpose, scope and framework of the project. In the second and third phase (Measure and Analyze), the process is characterized in terms of their current situation and determine the root cause of defects generated in the production line.

Finally, for the presentation of process improvement and economic benefit are developed in Improve and Control phases.

The project was developed in a diaper production factory located in Quito, Ecuador. For confidentiality purposes, the original name of the company is obviated, so during this investigation the company is renamed as "Pañales Nacionales S.A".

ÍNDICE

Introducción	1
Planteamiento del Problema	2
Justificación	3
Objetivos del Proyecto.....	4
Hipótesis.....	4
1. Capítulo I: Fundamento Teórico	5
1.1 METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	5
1.1.1 <i>Métrica de Seis Sigma</i>	6
1.1.2 <i>Origen de Seis Sigma</i>	7
1.1.3 <i>Por qué Seis Sigma</i>	7
1.1.4 <i>Objetivos de la metodología Seis Sigma</i>	8
1.1.5 <i>La implementación de metodología Seis Sigma</i>	8
1.1.6 <i>Equipo de trabajo Seis Sigma</i>	9
1.1.7 <i>Marco metodológico Seis Sigma DMAIC</i>	9
2. Capítulo III: Marco de Referencia.....	11
2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA	11
2.2 COMPOSICIÓN DEL PAÑAL.....	12
2.3 PROCESO FABRICACIÓN DEL PAÑAL	14
3. Capítulo IV: Desarrollo de la Metodología Seis Sigma	19
3.1 MARCO DE TRABAJO.....	19
3.1.1 <i>Alcance</i>	19
3.1.2 <i>Metodología de Aplicación</i>	19
3.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA	20
3.2.1 <i>Predefinición</i>	20
3.2.2 <i>Necesidad del Cliente (VOC-CTS)</i>	22
3.2.3 <i>Estimación de los Costos por Baja Calidad (COPQ)</i>	22
3.2.4 <i>Primera aproximación al proceso Mapa SIPOC</i>	23
3.3 DEFINIR	25
3.3.1 <i>Formación del equipo de trabajo</i>	25
3.3.2 <i>Árbol de Características Críticas (CT-Tree)</i>	25
3.3.3 <i>Definición de los parámetros de desempeño</i>	27
3.3.4 <i>Carta de Proyecto</i>	27
3.4 MEDIR.....	28
3.4.1 <i>Aproximación a las causas de los defectos</i>	28
3.4.2 <i>Matriz de Causa Efecto</i>	29

3.4.3	<i>Diagrama de Pareto</i>	29
3.4.4	<i>Análisis de Modo de Potencial de Falla y Efecto (AMEF)</i>	30
3.4.5	<i>Entendimiento de la Situación Actual</i>	33
3.4.6	<i>Determinación de la capacidad del proceso y nivel sigma</i>	34
3.5	ANALIZAR	37
3.5.1	<i>Análisis de Frecuencia de Defectos</i>	38
3.5.2	<i>Identificación de las Variables Críticas de Entrada al Proceso</i> ...	41
3.6	MEJORAR	48
3.6.1	<i>Optimización del Proceso</i>	48
3.7	CONTROLAR	50
3.7.1	<i>Plan de Control</i>	50
3.7.2	<i>AMEF de Implementación</i>	51
3.7.3	<i>Mecanismo de Implementación</i>	51
3.7.4	<i>Revisión de Resultados del Proceso Optimizado</i>	52
3.8	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS	55
4.	Conclusiones y Recomendaciones	57
4.1	CONCLUSIONES	57
4.2	RECOMENDACIONES	58
5.	Referencias	59
6.	Anexos	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de aplicación de la metodología y herramientas utilizadas .	19
Tabla 2: Matriz de alineación del Proyecto con la Estrategia	21
Tabla 3: Costos por baja calidad M8	23
Tabla 4: Mapa de Proceso SIPOC macro para la fabricación de pañales de bebé.	24
Tabla 5: Mapa de Proceso SIPOC detallado para la fabricación de pañales	24
Tabla 6: Designación equipo de proyecto Seis Sigma	25
Tabla 7: Valoración del IIC y GNC	27
Tabla 8: Matriz CTS priorizada	27
Tabla 9: Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMEF)	32
Tabla 10: Detalle de Defectos Pañal Roto y Goteo de Adhesivo	40
Tabla 11: Defectos críticos y Variables de entrada.....	41
Tabla 12: Resultados del Diseño Experimental Goteo de Adhesivo.....	43
Tabla 13: Resultados Diseño Experimental Pañal Roto en Zona del Tape	45
Tabla 14: Diseño Experimental para Presencia de Retales	47
Tabla 15: Definición de valores ideales de experimentación	48
Tabla 16: Resultados para experimento de optimización Goteo de Adhesivo Tela	49
Tabla 17: Resultados para experimento de optimización Pañal Roto Zona del Tape	49
Tabla 18: Resultados para experimento de optimización Presencia de Retales	50
Tabla 19: Plan de Implementación de Mejoras.....	51
Tabla 20: Comparación de resultados del proyecto.....	54
Tabla 21: COPQ Optimizados	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Histórico de Porcentaje de Defectos M8. Elaboración propia.	3
Figura2: Resumen Metodología DMAIC. Tomado de: Programa de Certificación Lean Six Sigma Black Belt, Definir	10
Figura 3: Componentes básicos o principales del pañal. Elaboración propia	13
Figura 4: Componentes opcionales o secundarios del pañal. Elaboración propia	14
Figura 5: Mapa de procesos de Pañales Nacionales.	15
Figura 6: Flujograma de proceso de producción de pañales bebé. Elaboración propia.	18
Figura 7: Características críticas de calidad. Elaboración propia	26
Figura 8: Diagrama Causa Efecto M8. Elaboración Propia	28
Figura 9: Diagrama de Pareto de causas M8. Elaboración propia	30
Figura 10: Calculadora Seis Sigma, situación actual proceso M8. Tomado de: Programa de Certificación Lean Six Sigma Black Belt,	35
Figura 11: Resumen del Análisis del Sistema de Medición	37
Figura 12: Diagrama Pareto para defectos hallados en M8 Período enero 2011-julio 2012.	39
Figura 13: Frecuencia de defectos por mes M8 Período Enero 2011-Julio 2012. Elaboración propia	40
Figura 14: Gráfica de Efectos Principales Goteo Adhesivo Tela	44
Figura 15: Análisis ANOVA pañal roto zona del tape	46
Figura 16: Análisis ANOVA para Presencia de Retales	47
Figura 17: Resultados del Proceso Optimizado. Elaboración propia	52
Figura 18: Calculadora Sigma de proceso optimizado	54
Figura 19: Situación optimizada Porcentaje de Defectos	55

Introducción

Cumplir las expectativas de los clientes y consumidores finales es esencial para cualquier compañía. La competitividad de una empresa está determinada por la calidad del producto, precio y principalmente por la satisfacción de sus clientes.

Este trabajo se enfoca en mejorar la calidad de productos de la línea de producción número 8 (M8) de la empresa Pañales Nacionales S.A. siguiendo la metodología Seis Sigma, con el objeto de reducir la variación de defectos de calidad presentados en los últimos meses, basados en hallazgos detectados por el departamento de calidad de la compañía.

La investigación se desarrolla bajo los cinco pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En el capítulo 1, se presenta una breve introducción a los fundamentos metodológicos del trabajo compuesto por el planteamiento del problema y los objetivos.

En el capítulo 2, se menciona el fundamento teórico de la metodología Seis Sigma a manera de familiarización con la terminología a utilizarse a lo largo del trabajo. Durante el capítulo 3, se detalla el marco de referencia donde se realizó el trabajo, así como una explicación del proceso y componentes del pañal.

En el capítulo 4, se desarrolla cada una de las fases de la metodología Seis Sigma aplicadas en la investigación, con explicación detallada de las herramientas utilizadas.

Finalmente en el capítulo 5 se presentan los beneficios económicos del proyecto y el impacto resultante al finalizarlo.

Planteamiento del Problema

Pañales Nacionales S.A., cuenta con un departamento de calidad que audita el cumplimiento de atributos del pañal; por un lado están los atributos de desempeño, donde se mide la absorción, retención de líquidos, y por otro lado los atributos de elementos constructivos que apoyan un buen desempeño y ajuste del pañal; por ejemplo, ubicación de cintas de cierre y cinta frontal, pañales sin presencia de elementos extraños como suciedades etc.

La problemática de este proyecto se presenta en los atributos de los elementos constructivos. Para validar su cumplimiento, inspectoras de calidad entrenadas toman diariamente muestras aleatorias de producto terminado, y realizan revisiones visuales de los pañales, observando si existe algún incumplimiento de los atributos. Cada vez que un pañal no cumple algún atributo, se lo considera pañal con defecto.

La calificación del muestreo se realiza contabilizando los pañales con defecto y los pañales muestreados, de manera que al relacionarlos se obtenga un porcentaje de defecto; por ejemplo: Si la muestra fue de 48 pañales y se detectaron 8 defectos, entonces el porcentaje de defecto es de 16%.

Para el caso de línea de producción 8 (M8), enfocada en la producción de pañales de bebé talla grande, el resultado del porcentaje de defectos ha sido variable de un mes a otro. En la figura 1 se presenta el histórico mensual del porcentaje de defectos de calidad:

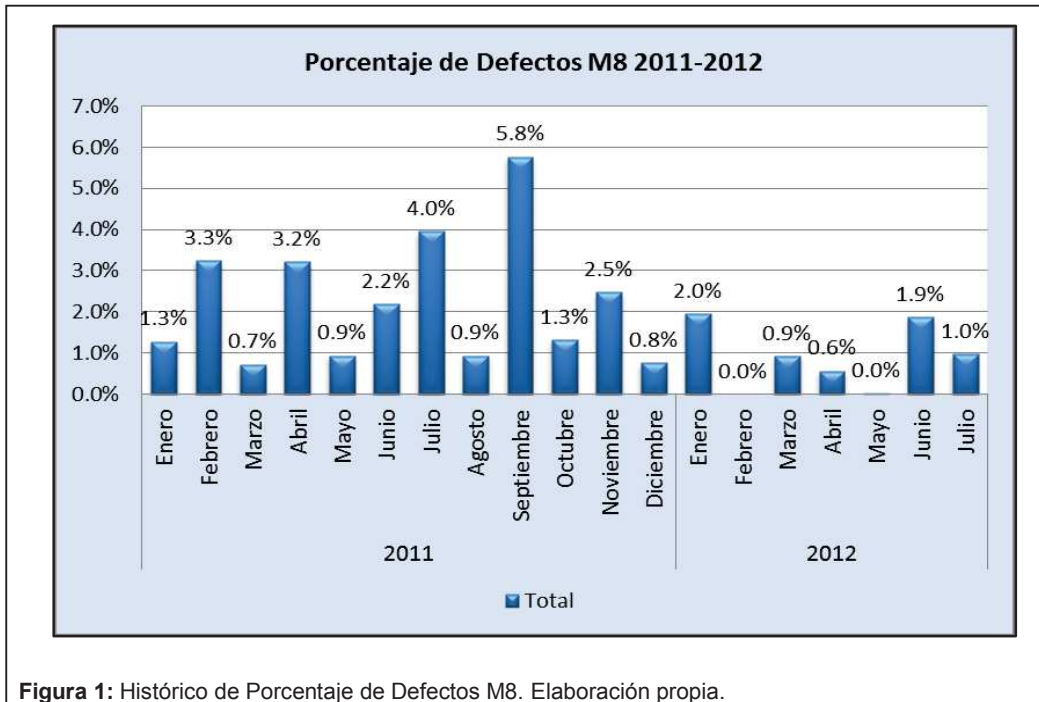


Figura 1: Histórico de Porcentaje de Defectos M8. Elaboración propia.

El departamento de calidad mantiene una preocupación porque esta variabilidad continúe en el tiempo, aumentando las posibilidades de que pañales con defecto lleguen al consumidor final, afectando la percepción de calidad del producto y una potencial caída en las ventas.

Justificación

Este trabajo de tesis servirá para determinar qué está causando los defectos de calidad y su variación en el proceso de fabricación de pañales en la máquina 8. El resultado de este trabajo de tesis no solo beneficiará a la compañía Pañales Nacionales S.A., sino también pretende tener un gran impacto al utilizar nuevas técnicas de mejora, que hasta el momento son novedosas en el personal de la compañía.

Adicionalmente, si los resultados de esta tesis son exitosos, existe una gran probabilidad de que puedan ser extrapolados a las demás líneas de manufactura, lo cual podrá ayudar en gran medida a resolver los problemas de variabilidad en los procesos de producción de pañales de bebé en otras tallas, así como también en la línea de adultos.

Suplementariamente, la información y datos generados durante este trabajo de tesis, podrán ayudar a otros equipos Seis Sigma a desarrollar la metodología de una manera más rápida y sencilla, pues ya contarán con un camino de experiencia en esta investigación, así como el entendimiento del uso de ciertas herramientas.

Objetivos del Proyecto

General

Reducir la variación por defectos de calidad del proceso de fabricación de pañales de máquina 8 mediante técnicas y herramientas de la metodología Seis Sigma, alcanzando al menos la meta del porcentaje mensual de defectos ubicada en 0.75%.

Específicos

- Analizar el proceso de fabricación de pañales de bebé en la máquina 8.
- Identificar las características críticas de calidad de la M8.
- Identificar los procesos y variables de proceso críticos de M8 que se debe prestar atención para evitar generar defectos.
- Calcular el beneficio económico que provocaría la reducción en defectos de calidad del proceso de fabricación en M8.
- Controlar y mantener el proceso de fabricación, de manera que la tendencia de defectos sea decreciente en el tiempo.

Hipótesis

La aplicación de la metodología Seis Sigma ayudará a la compañía Pañales Nacionales S.A. a reducir los defectos de calidad y variación a través de la identificación y control de variables críticas de proceso.

1. Capítulo I: Fundamento Teórico

A lo largo de este capítulo se pretende introducir ciertos conceptos básicos de la metodología Seis Sigma; su significado, cuál es su origen, por qué las empresas la incorporan a su estrategia. La idea es que se pueda familiarizar con ciertos conceptos que durante el desarrollo de la propuesta de mejora se utilizaran.

1.1 *Metodología Seis Sigma*

Mercados cada vez más competitivos, clientes más exigentes, optimización de recursos, son elementos que las empresas buscan constantemente para mantener los negocios sostenibles en el tiempo. Cada vez cobra más sentido desarrollar estrategias innovadoras que cubran esta realidad, o a su vez, adoptar experiencias exitosas que otros ya han desarrollado.

La mejora continua es un camino que se da a lo largo del tiempo, no se trata de realizar grandes cambios inmediatos, por el contrario son pequeños cambios de alto impacto todo el tiempo. La metodología de Seis Sigma es una iniciativa y filosofía de negocio que permite alcanzar la calidad y la mejora continua al más alto nivel de satisfacción del cliente (GOAL/QPC y Six Sigma Academy, 2002,p1). Se establecen métricas para alinear los objetivos estratégicos y valores de la organización con las necesidades y expectativas de sus clientes.

La filosofía Seis Sigma utiliza datos y herramientas estadísticas para mejorar sistemáticamente los procesos y mantener mejoras en los mismos, con un claro enfoque al ahorro financiero operacional. Esta ventaja, hace que la metodología no solo se desarrolle para procesos manufactureros sino de cualquier tipo, ya sean transaccionales, de servicios en los diferentes campos aplicación de las ciencias.

Seis Sigma es una metodología probada que sigue ciertos lineamientos similares al método de investigación científica, pero sustentado con herramientas estadísticas que dirigen en el entendimiento de la problemática paso a paso. Fomenta la participación de equipos de trabajo multidisciplinarios

que enriquecen el espacio para desarrollar cuestionamientos y proponer mejoras.

Existen algunos autores que incluso mencionan a Seis Sigma como una estrategia de negocio, ya que se presenta como una clara alternativa diferenciadora tanto para el cliente desde el punto de vista de calidad del producto, así como para la compañía como ventaja frente a sus competidores.

1.1.1 Métrica de Seis Sigma

Sigma (σ) representa una unidad de medida que designa la desviación alrededor de la media (promedio) de un proceso. En los negocios, un valor sigma es una métrica que representa lo bien que un proceso se está realizando y con qué frecuencia un defecto es probable que se produzca. Cuanto mayor sea el valor de sigma, menos defectos de variación y el proceso más estable (GOAL/QPC y Six Sigma Academy, 2002, p.1).

En estadística el valor de 6 Sigma corresponde a 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). Para hablar de "DPMO" es necesario entender algunos conceptos:

- **Unidad (U):** son las partes o elementos que son producidas por un proceso y que son usadas por el cliente (GOAL/QPC y Six Sigma Academy, 2002, p.55)
- **Oportunidad (O):** cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que requiere ser conforme a los estándares del cliente.
- **Defecto (d):** cualquier elemento que no es conforme a los estándares del cliente.
- **DPU (defectos por unidad):** medida para cuantificar defectos particulares por unidad inspeccionada, se obtiene de la siguiente forma:

$$DPU = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- **DPO (defectos por oportunidad):** usado para medir la complejidad de defectos de la parte inspeccionada.

$$DPO = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades} \times \text{número de oportunidades}} \quad \text{Ecuación 2}$$

- **DPMO (defectos por millón de oportunidades):** es la métrica del DPO pero en un factor de un millón.

$$DPMO = DPO \times 1000000 \quad \text{Ecuación 3}$$

- **Nivel de Sigma:** es la métrica la cual refleja la capacidad de un proceso y calidad de su producto

$$Z_{\text{level}} = \frac{USL - LSL}{\sigma} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde USL es límite de especificación superior y LSL es el límite de especificación inferior.

1.1.2 Origen de Seis Sigma

El concepto de Seis Sigma en Motorola se originó en los EE.UU. alrededor de 1985. El aumento de la competitividad de los productos japoneses amenazó al resto de la industria electrónica y provocó la necesidad de mejoras en los niveles de calidad. Tras el éxito de Motorola, muchas empresas pusieron esta metodología en la práctica, tratando de mejorar sus resultados. Algunos ejemplos son General Electric, Honeywell, IBM, American Express y Citibank (Gutiérrez, L., Llorens-Montes, F. y Bustinza, O., 2008, pp 151-153)

1.1.3 Por qué Seis Sigma

Contrario a lo que se cree, Seis Sigma no se trata solo de alcanzar niveles de calidad de Seis Sigma, Seis Sigma se trata de mejorar la rentabilidad de las organizaciones (Harry, M. y Schroeder, R., 2000, p1). Seis Sigma dejó de ser un conjunto de herramientas estadísticas que siguen una metodología similar a

la investigativa. Se ha convertido en una filosofía que lleva inmersa un sinnúmero de características y parámetros que conllevan a un resultado puntual, ahorro en dinero, y por lo tanto más ganancias.

Motorola y General Electric son los ejemplos más conocidos en cuanto a resultados respecto a la aplicación de Seis Sigma, aquí algunas cifras: la primera obtuvo \$940 millones en tres años y la segunda aumentó su margen operativo entre 14.4 a 18.4% durante los primeros 5 años de implementación del proyecto (Hann et al., 1999, pp. 208-15). Obviamente, estas mejoras no son inmediatas, observemos que llevó cierto tiempo en alcanzarlas, sin embargo son contundentes y no son las únicas compañías que las han aplicado, solo por mencionarlo hay otros casos como: Samsung Electronics, American Express, Du Pont, Learjet, Boehringer Ingelheim, entre otras.

En resumen, la filosofía Seis Sigma no solo busca la calidad perfecta; es alcanzarla generando réditos financieros para la compañía.

1.1.4 Objetivos de la metodología Seis Sigma

- Reducción de la variación.
- Optimización de procesos.
- Mejora orientada a la satisfacción del cliente.
- Crecimiento de productividad y valor agregado.
- Reducción de defectos totales.
- Aumento de la confianza del producto.
- Mejora del retorno de la inversión.

1.1.5 La implementación de metodología Seis Sigma

Uno de los factores clave para la implementación de un proyecto Seis Sigma, es el compromiso de la dirección (Rueda, 2012, p11). La mayoría de casos de proyectos Seis Sigma que fracasan, son aquellos donde la dirección no se involucró, haciendo que los recursos se pierdan, y se disminuya el entusiasmo por proyectos de mejora futuros. Es por esta razón que el proceso de implementación de Seis Sigma parte de la incorporación desde la alta dirección

hasta el experto operativo; entender el enfoque, la dinámica, las fases de la metodología en todos los niveles de los involucrados, respalda que el proyecto tenga éxito y sea un precedente para proyectos en el futuro.

Así como es importante contar con respaldo de la dirección, la selección de un equipo de colaboradores es crítico (Rueda, 2012, p7). Se requiere de personas capacitadas y con alto grado de responsabilidad en el desarrollo y dirección de proyectos.

1.1.6 **Equipo de trabajo Seis Sigma**

En Seis Sigma, el factor humano y el trabajo en equipo es clave. Bajo esta metodología existen algunas denominaciones para identificar a los miembros del equipo apoyados en su nivel de expertiz. Tiene una estructura organizacional similar al los grados del karate, se detalla a continuación:

- **Champion:** es miembro estratégico del equipo, pertenece a la alta dirección, son los que brindan guía y enfoque en el proyecto.
- **Master Black Belt:** Pueden ser ciertos niveles de gerencia o jefes con dominio de herramientas estadísticas, han desarrollado experiencia en algunos proyectos de Seis Sigma, creando material de entrenamiento. Orientan y entrenan a los Green y Black Belt.
- **Black Belt:** Son expertos calificados en el uso de herramientas de mejora. 100% dedicados a proyectos Seis Sigma. Se presentan como líderes de proyecto y son personas dirigen un equipo.
- **Green Belt:** Suelen ser empleados que han recibido cierta formación Seis Sigma en algunas herramientas de mejora. En general, es el personal que guía a los miembros del equipo, también se los conoce como gestores del cambio.

1.1.7 **Marco metodológico Seis Sigma DMAIC**

La metodología Seis Sigma es un enfoque muy similar a los lineamientos investigativos de un proyecto; consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y se las conoce como DMAIC por sus siglas en inglés (*Define, Measure, Analyze, Improve Control*).

Los proyectos son seleccionados y definidos de las necesidades empresariales, operativas, y de los clientes, con base en su vinculación con las estrategias ejecutivas (Rueda, 2012, p11). En la fase Medir, se aplican herramientas para validar la medición del sistema y para caracterizar el proceso. En las fases Analizar y Mejorar, las fuentes de variación son identificadas, una relación estadística entre las variables de entrada y salida del proceso son establecidas, además, se optimiza el rendimiento del proceso. En la fase de Control se aplican herramientas estadísticas para sostener la mejora del proceso.

En la figura 2 se resumen los pasos de la metodología, su objetivo y las herramientas que utilizan:



A lo largo del desarrollo del presente trabajo, se irá detallando la estructura de cada fase y el uso de las herramientas que van a utilizarse para resolver el problema planteado en esta investigación.

2. Capítulo III: Marco de Referencia

2.1 *Breve descripción de la Compañía*

Pañales Nacionales S.A. se fundó en 1995 con el objetivo de fabricar pañales desechables constituyéndose en la planta más grande y moderna del Ecuador y una de las más importantes del área andina.

La filosofía de la compañía es producir productos higiénicos de la más alta calidad, a los precios más competitivos del mercado, logrando la mejor relación precio/calidad de la región. Este elemento ha sido vital en el desarrollo y expansión que ha experimentado en tan poco tiempo.

La planta industrial y centro de distribución se ubica en la parroquia de Amaguaña al sur oriente de Quito. Cuenta con una extensión aproximada de 80.000 m², en una superficie construida de 30.000 m², entre oficinas y galpones industriales. Dispone de 11 líneas de producción en la cuales se fabrican pañales desechables para bebés y productos para incontinencia urinaria, desde protectores de cama, apósitos, hasta pañales de adulto. Adicionalmente, cuenta con líneas de negocio, tanto en cosmética infantil, toallas húmedas como en productos absorbentes para la higiene personal.

Desde el año 2005 mantiene la certificación de su Sistema de Calidad bajo la Norma ISO 9001-2008, así como Sello de Calidad INEN en algunos de sus productos.

En cuanto al mercado del exterior, Pañales Nacionales S.A., atiende a clientes de Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Panamá, Costa Rica, República Dominicana, Curazao, Argentina, Chile, y Estados Unidos, ya sea con la venta de productos de marcas propias o el caso de marcas privadas especializadas.

2.2 Composición del Pañal

1. Componentes básicos o principales

Son aquellos que le confieren las propiedades principales a los pañales y son los siguientes (Ver figura 3).

a) Núcleo o cuerpo absorbente: Material absorbente que retiene los fluidos corporales. Está compuesto por pulpa de papel desfibrado y súper absorbente (SAP, super absorbent polymer por sus siglas en inglés), un poli acrilato que tiene propiedades de absorción y retención de líquidos. Representa el mayor componente del pañal, alrededor del 72% en peso, este porcentaje varía de acuerdo a la dosificación de cada fabricante.

b) Cubierta impermeable, Poly o TBS: Es la parte externa del pañal destinada a impedir el paso de los fluidos corporales hacia el exterior del producto. Normalmente es polietileno o una laminación del mismo con polipropileno, esto con el fin de brindar una sensación “tipo tela” al pañal. Representa un 10% en peso del pañal.

c) Cubierta permeable o Tela: Cubierta que se encuentra en contacto con la piel y que permite la transferencia de líquidos hacia el interior del pañal; tradicionalmente constituida de polipropileno tratado con ciertos elementos que evitan la irritación como el aloe vera o la manzanilla. Representa un 8% en peso del pañal.

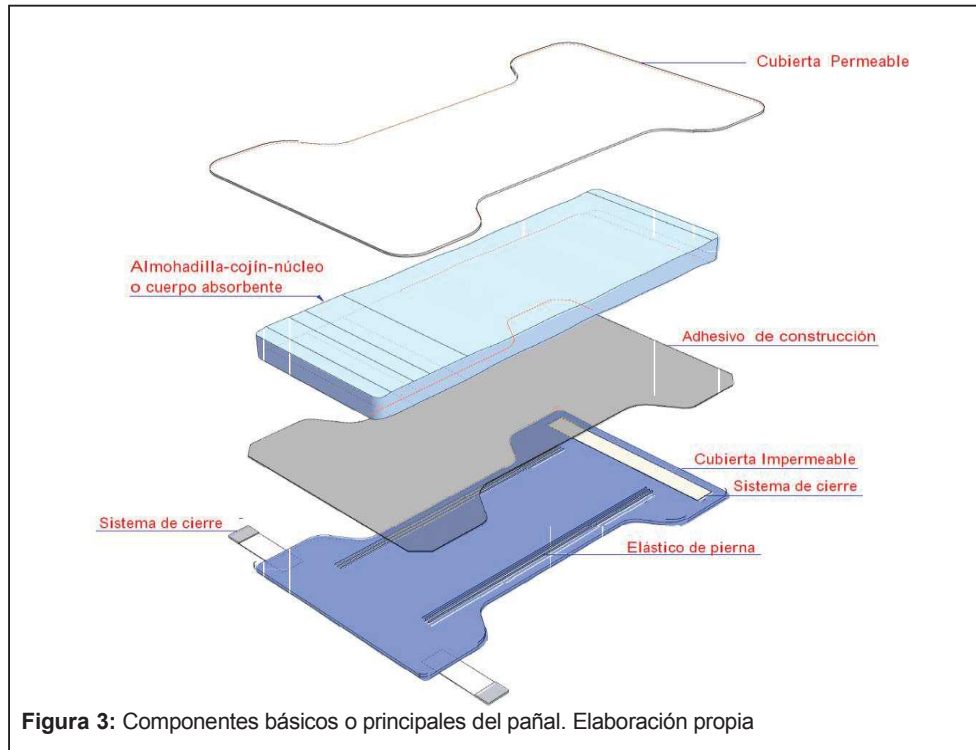
d) Adhesivos: Materiales destinados a unir los diferentes componentes del producto, también llamados “hot melts” principalmente constituidos por polímeros termo fusibles. Representa un 3% en peso del pañal.

e) Sistema de cierre y/o sujeción: Materiales que permiten la sujeción del producto tales como cintas adhesivas, cintas mecánicas entre otros. Estos materiales en el mercado actual pueden tener sistemas “tipo velcro” o el tradicional “cierre adhesivo”. Representa un 2% en peso del pañal.

f) Elásticos de piernas: Materiales elásticos basados en poliuretanos que permiten el ajuste del pañal al cuerpo del usuario en el área de la

entrepierna. Representa un 1% en peso del pañal.

Otros materiales secundarios suman alrededor del 4% en peso, esto depende de cada fabricante.

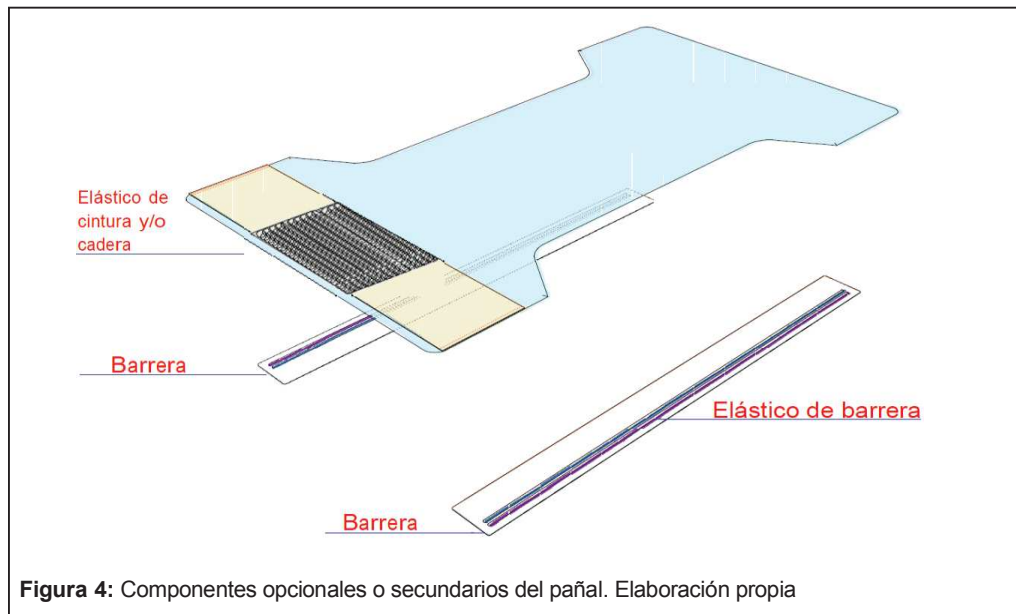


2. Componentes secundarios u opcionales

Son elementos constituyentes de los pañales, que de ser sustituidos o eliminados no cambian las características del producto ni afectan su desempeño (Ver figura 4).

- a) Barrera anti derrame: Material impermeable que permite la contención en el área de la entrepierna. Son basados en polipropilenos tratados tal como la cubierta permeable.
- b) Elásticos de barrera: Materiales que permiten un mejor ajuste de la barrera al cuerpo del usuario.
- c) Elásticos de cintura y/o cadera: Materiales que permiten un mejor ajuste al cuerpo del usuario.
- d) Capa de distribución o adquisición: material que facilita la distribución

del flujo a lo largo del producto.



2.3 Proceso Fabricación del Pañal

El proceso de fabricación de pañales es el proceso de negocio clave de Pañales Nacionales, ya que es donde se centraliza la razón de ser de la compañía. Existen diez líneas de producción de pañales, entre ellas, pañales de bebé y adulto en sus diferentes tallas, así como en la producción de toallas sanitarias y protectores femeninos.

La máquina 8 es responsable de la fabricación de pañales de bebé talla grande para las marcas de gama económica. La producción de la M8 es continua en el turno matutino, a diferencia de otras máquinas que trabajan a doble turno.

La adquisición de M8 se enfocó en apoyar las producciones de M2, debido a un importante incremento de las ventas en esta talla. Tiene una participación del 30% en la producción de pañales de bebé y del 18% a nivel general de la planta.

Para entender la ubicación del proceso de fabricación dentro los procesos empresariales de la compañía, refiérase a la figura 5:

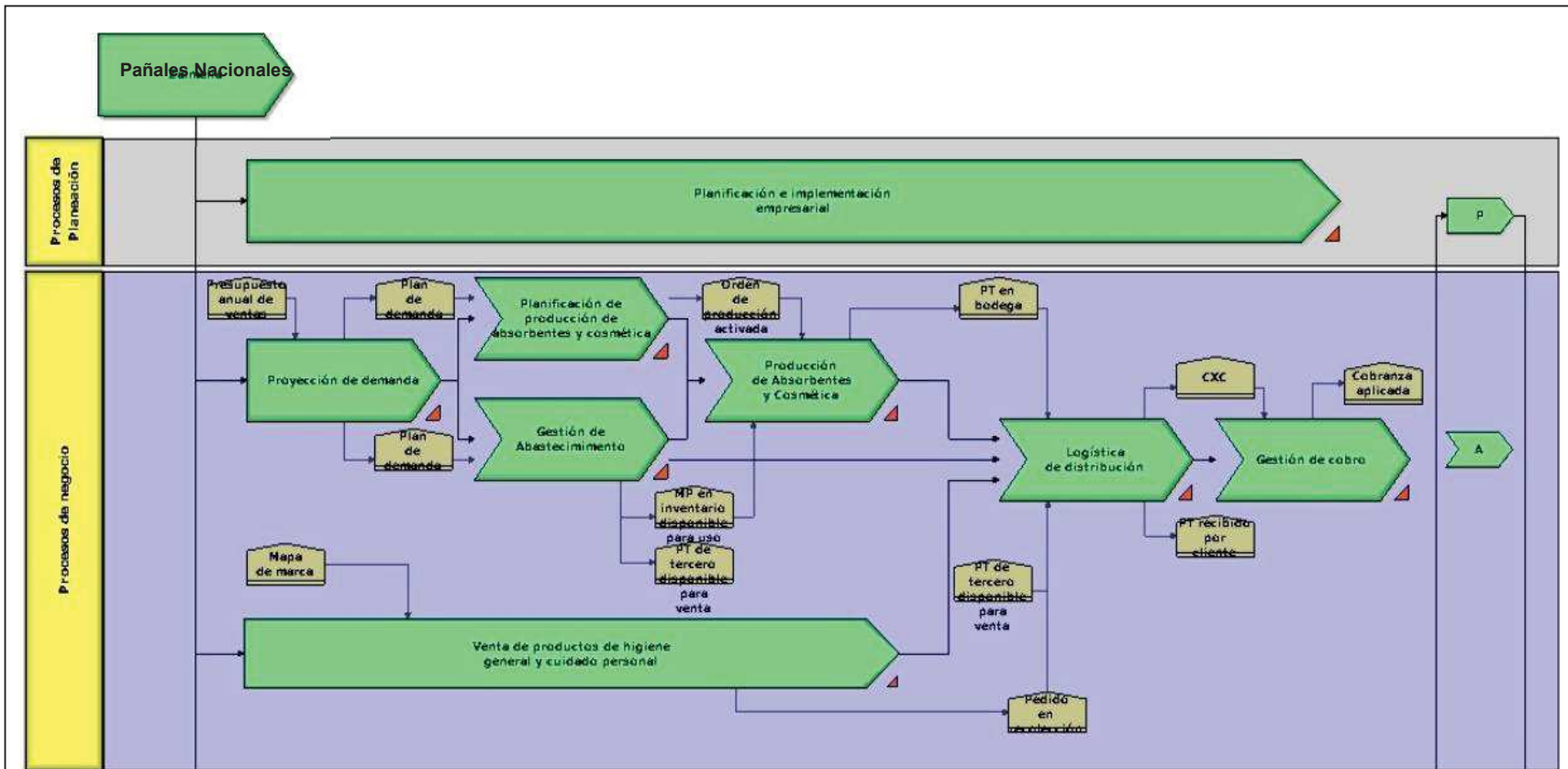


Figura 5: Mapa de procesos de Pañales Nacionales.

Nota: mapa elaborado en Arpo process modeler, no se incluyó procesos de apoyo debido a su amplitud.

Los pañales desechables son fabricados en un proceso automático y continuo. Podría decirse que se trata de una máquina tejedora de materiales, ya que se alimenta en su mayoría de materias primas bobinadas que se van combinando en las diferentes unidades de la máquina.

Una máquina para hacer pañales desechables varía en tamaño, todo depende del tipo de producto que se va a fabricar, por ejemplo, si se compara una máquina para fabricar pañales de bebé vs una de pañales de adulto podría oscilar en un 30% más grande que la otra. Su tamaño oscila normalmente entre 10 a 20 m de largo por 5m de ancho. La velocidad de producción depende de la tecnología de la maquinaria, normalmente son máquinas que producen entre 200 a 400 pañales por minuto.

En términos generales el proceso de fabricación de pañales consta de tres fases:

- Formación y definición del núcleo
- Combinación de Materiales
- Preparación para empaque

La fase 1 arranca en la unidad de desfibrado compuesta por un molino de martillos que rota a alta velocidad, una hoja de pulpa de celulosa es introducida al molino para ser convertida en fibras muy finas. Las fibras son succionadas hacia la unidad de formación mediante un generador de vacío; al mismo tiempo se mezclan con el súper absorbente (SAP) dentro de una cámara de vacío ubicado dentro del tambor de formación, cada tambor contiene de 8 a 20 moldes o “pockets” que tienen la forma del núcleo del pañal, la cantidad de moldes depende del tipo de pañal que se esté fabricando. Hay algunos pañales que poseen doble núcleo absorbente, es decir, las máquinas donde se fabrican poseen dos tambores formadores.

El núcleo, al que también se lo denomina “pad” es transportado mediante bandas móviles a la unidad de papel, donde se coloca una hoja continua de papel (similar al papel higiénico), la cual puede estar en la parte inferior,

superior, o alrededor del pad. El pad es comprimido usando un rodillo en la unidad de compresión inicial y después es cortado en pads individuales.

La fase 2 inicia a continuación en la unidad de combinación, donde una lámina de polietileno (cubierta externa), se alimenta en la parte inferior del pad, mientras que en la parte superior se coloca la tela no tejida (cubierta interna). Tanto la cubierta externa como en la interna, previamente fueron colocados la cinta frontal, licras de ajuste y las barreras anti derrame respectivamente.

Para que todos los materiales puedan unirse, se usa un adhesivo termofusible, llamado Hot Melt. El adhesivo es colocado mediante pistolas de aplicación en cada una de las unidades de la máquina.

El siguiente paso, es la adición de las cintas de ajuste o “tapes”, éstas pueden ser cintas con adhesivo, o cintas del tipo velcro. La tira de pañales continúa hacia un cortador, que se encarga de darle la forma al área de las piernas, a esta zona se le conoce como corte anatómico.

Finalmente en **la fase 3**, el pañal continúa a la unidad de doblado y corte final, en dónde se obtienen los pañales terminados, después pasan a un contador automático y se embolsan en su empaque final. En la figura 6 se presenta el flujo del proceso:

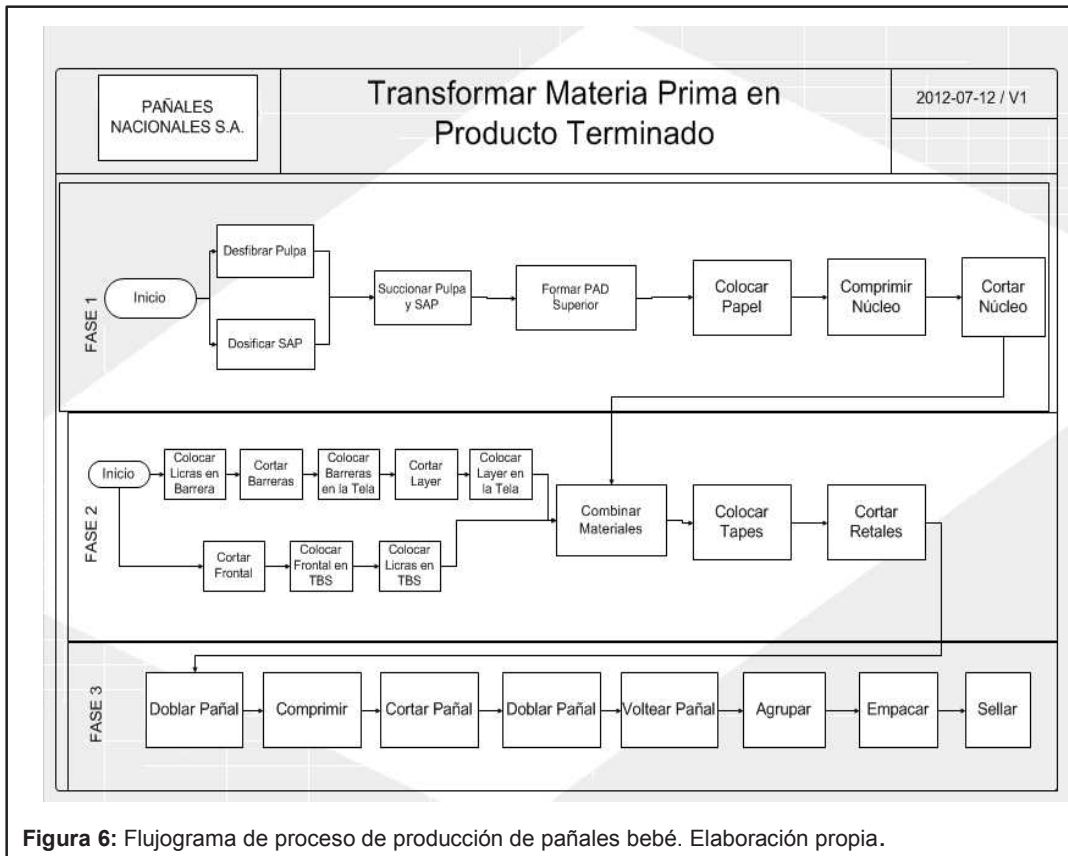


Figura 6: Flujograma de proceso de producción de pañales bebé. Elaboración propia.

3. Capítulo IV: Desarrollo de la Metodología Seis Sigma

El presente capítulo describe las tres primeras fases de la metodología aplicadas en la problemática planteada. Aquí se explicará desde cómo fue concebido el proyecto (Fase Definir) hasta cómo está caracterizado y sus potenciales causas raíces (Fase Medir y Analizar).

3.1 Marco de Trabajo

3.1.1 Alcance

Esta investigación se realizó dentro de las instalaciones de Pañales Nacionales S.A. en la línea de producción de pañales de bebé número 8 (M8).

3.1.2 Metodología de Aplicación

El resumen de la aplicación de la metodología se detalla en la tabla 1:

Tabla 1: Resumen de aplicación de la metodología y herramientas utilizadas

Etapa	Pasos	Herramienta Utilizada (Modo de Recolección de Datos)
Pre-Definición	Selección del Proyecto	Técnica SMART
	Definir Necesidades del cliente y procesos asociados	Matriz Alineación estratégica ZML Mapeo del Proceso SIPOC
Definir	Definición Integrantes del Equipo	Designación por la Alta Dirección
	Definición de alcance del proyecto e Identificación de las Variables Críticas de Entrada y Salida del proceso	Arbol de Características Críticas Calidad CTQ-tree
	Marco de trabajo del proyecto (Project Charter)	Carta de Proyecto (Project Charter)
Medir	Confirmación de las variables críticas de entrada y salida del proceso	Digrama de Flujo del Proceso
		Digrama Causa Efecto
		Matriz causa efecto
		Pareto de efectos
	Validación de los Métodos de Medición	Análisis de Riesgo (AMEF)
Recolección de Datos (Desempeño Inicial del Proceso)	Análisis Kappa	
	Gráfico de Barras Pareto de Defectos	
Analizar	Identificación de las Variables Críticas de Entrada al Proceso	Diseño de Experimentos
	Desarrollo Estadístico	Paretos
		Gráfico de efectos principales
Mejorar	Optimizar proceso, implementar mejoras	DOE de optimización
Controlar	Diseño de los Controles necesarios	Plan de Control

3.2 Desarrollo de la Metodología Seis Sigma

3.2.1 Predefinición

3.2.1.1 Selección del Proyecto

El proyecto surge por la identificación de variaciones históricas entre un mes y otro en la cantidad de defectos en producto terminado en la máquina 8. Una de las ventajas competitivas de la compañía ha sido siempre entregar la mejor calidad a sus clientes, por lo que la situación actual exige la creación de un proyecto que resuelva esta problemática.

Para calificar al proyecto se utilizó el criterio que permita validar si el objetivo propuesto sigue lineamientos tipo “SMART” (Rueda, 2012, p42):

- **Specific (específico):** ¿está enfocado a un problema real del negocio?
 - Sí, el problema identificado pone en riesgo la percepción de calidad de una línea de productos de gama económica en un mercado competitivo.
- **Measurable (medible):** ¿es posible medir el problema, establecer una línea base y fijar metas para mejora?
 - Sí, se pueden obtener mediciones mediante la tasa de defectos hallados en lotes de producto terminado, ya sea diaria o mensual. Los defectos se miden mediante variables discretas del tipo pasa - no pasa por lo que es posible establecer la situación actual y fijar metas para la mejora.
- **Attainable (alcanzable):** ¿es la meta realizable?
 - Esto depende del alcance del problema a solucionarse, el apoyo del dueño del proceso y la alta dirección en cuanto a recursos está disponible.
- **Relevant (relacionado):** ¿se relaciona con la estrategia del negocio?
 - Si, a continuación se presenta la matriz de alineación del proyecto frente a la estrategia. Esta matriz es propia de la metodología de desarrollo de proyectos de la empresa y fue desarrollada junto con el dueño del proceso:

Tabla 2: Matriz de alineación del Proyecto con la Estrategia

PAÑALES NACIONALES S.A.		<i>Nota: Esta hoja nos ayuda a relacionar y analizar como nuestro proyecto se alinea con la estrategia de la empresa. El Objetivo del proyecto debe ser analizado y comentado sobre su alineación o no con cada elemento. No es necesario que cumpla todos los criterios estratégicos para que el proyecto esté alineado</i>			
Elementos Estratégicos	Pesos	Descripcion	Cumple (X)	Valor	Puntaje
Política de Calidad	18	Desarrollar, fabricar y comercializar pañales desechables, cosméticos y productos para la higiene y cuidado personal, que garanticen la satisfacción de nuestros clientes por medio de la mejora continua de nuestros procesos y del desarrollo de nuestra gente	X	2	12
Cultura	5	La Mejora permanente	X	3	5
Visión	26	Duplicar las ventas cada 5 años	X	3	26
Propósito	10	Popularizar la higiene y cuidado personal de calidad en Latinoamerica	X	3	10
Lineamientos Estratégicos	18	Capacidad de crecimiento organizado, sano y rentable	X	3	4
		Excelencia operativa. Mejorar el rendimiento de equipos y maquinaria	X	3	4
		Capacidad de atraer desarrollar y mantener buen talento	X	3	2
		Estandarizacion de Procesos y Equipos	X	3	4
		Eficiencia y Confiabilidad en la ejecución de sus proyectos. Puedo sub contratar este proyecto a alguien que lo haga mejor que yo?			
Propuesta de valor	23	Ofrecer por el mismo precio mayores beneficios , o por los mismos beneficios mejor precio	X	3	23
COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	100				92

Nota: La calificación está valorada en función al grado de cumplimiento del proyecto con respecto a los elementos estratégicos de la compañía. La calificación tiene una escala de 1 a 3, siendo 3 el grado de cumplimiento más alto, el resultado puntaje se obtiene multiplicando el valor de peso relativo con el valor asignado dividido para tres, el valor asignable más alto. Es exigencia de la compañía que al menos la calificación de la alineación del proyecto con la estrategia sea mayor a 70 puntos para que se acepte el proyecto; como se observa, la calificación para este proyecto es de 92 puntos.

El plan de proyecto fue presentado en reunión de comité a la alta dirección, de manera que dio el aval para el inicio del mismo.

- **Time bound (límite de tiempo):** ¿se tiene una fecha de finalización del proyecto?

- Un proyecto Seis Sigma debe desarrollarse en un período entre los 3 a 6 meses, de acuerdo al alcance (Rueda, 2012, pp). Para el caso de esta investigación se plantea un período de 6 meses.

3.2.2 Necesidad del Cliente (VOC-CTS)

Tal como se describió en el capítulo 1, la problemática se circunscribe en la variación de defectos de calidad que se están generando en la máquina 8 (M8). Existe información preliminar por parte del departamento de calidad, donde se mencionan ciertos defectos frecuentes. Sin embargo, es necesario contar con sustento estadístico para entender cuáles defectos aparecen más en cantidad y en frecuencia.

Se ha definido al departamento de calidad como cliente en esta investigación, ya que es el principal interesado en que se asegure la calidad de producto en la fabricación; podría decirse que es la voz del cliente en la fábrica. Es importante señalar que no ha existido mayor reclamación de calidad de producto por parte del consumidor final. Sin embargo existe preocupación por la presencia de defectos y su variación de un mes a otro, y a manera preventiva busca solucionar esta situación del proceso.

3.2.3 Estimación de los Costos por Baja Calidad (COPQ)

Los costos por baja calidad (Cost of Poor Quality), son todos los costos que las organizaciones incurren por no hacer las cosas bien a la primera (Rueda, 2012, pp), es decir, son los costos por no tener buena calidad de los productos. Existen algunos tipos de costos, para el caso particular de este proyecto, se han considerado costos asociados por fallas internas y costos por inspección; los costos por fallas internas son todos aquellos que se dan antes de la entrega del producto al cliente, mientras los costos de inspección son aquellos que se relacionan con inspecciones a producto terminado, producto en proceso, reclasificaciones, etc.

Para hacer un cálculo aproximado, se ha considerado el resultado promedio mensual de defectos en M8, esto es alrededor del 1% de lo muestreado. Obsérvese en la tabla 3, los rubros considerados para estimar los costos de baja calidad.

Si se considera esta estimación muestral a nivel poblacional, es decir, a la producción mensual de la compañía y la asociamos al costo de un pañal fabricado en M8, podemos obtener un valor aproximado de \$1700 USD por pañales defectuosos en producciones de la máquina.

Si a esto se adiciona el costo de dos inspectoras que realizan la inspección de pañales a un costo de \$350 USD por cada una, y un promedio de dos personas de operación extras, que se encargan de re inspeccionar producto con evidencia de defectos obtenemos un COPQ anual de \$37,200 USD. Es importante recordar que este costo es solo una estimación y sirve únicamente para tener una idea de la magnitud del problema.

Tabla 3: Costos por baja calidad M8

Datos Financieros Iniciales (Máquina 8)	
Costo x Pañal (MP, CF, MO)	\$ 0.080577
Pañales Estándar por Mes	2109888

Parámetro	Tipo Costo COPQ	Resultado Actual	COPQ Actual (mes)
Por Defectos	Falla Interna	1.0%	\$ 1,700.08
Inspectoras (2)	Inspección		\$ 700.00
Retrabajos (2)	Inspección		\$ 700.00
TOTAL COPQ POR MES			\$ 3,100.08
TOTAL COPQ POR AÑO			\$ 37,200.99

3.2.4 Primera aproximación al proceso Mapa SIPOC

Antes de entrar a detalle en cada uno de los pasos de la metodología, es importante recordar cómo fluye el proceso de producción, y adicionalmente cómo está estructurado respecto a proveedores y clientes, entradas y salidas. Para ello se utilizó la herramienta SIPOC (por sus siglas en inglés para Proveedor, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente); este mapa de alto nivel, permite observar en perspectiva cómo fluye el proceso (Rueda, 2012, p38).

Recordando que el proceso de producción de pañales es automático y contínuo, es importante que sea entendido integralmente. Sin embargo, puede ser sujeto a estudio en cada una de las unidades que componen, y en donde

se localizan las variables de proceso que podrían estar generando defectos de calidad.

A continuación en la tabla 4 se presenta un diseño del SIPOC para el proceso de fabricación de pañales; este mapa permite entender el proceso y su relación con sus proveedores, entradas, salidas y clientes desde el punto de vista macro.

Tabla 4: Mapa de Proceso SIPOC macro para la fabricación de pañales de bebé.

Supplier (Proveedor)	Input (Entrada)	Process (Proceso)	Output (Salida)	Customer (Cliente)
- Gestión de abastecimiento	MP disponible para uso	Producción absorbentes	PT en bodega	Logística de distribución
- Planificación de producción	Orden de producción activada	Reporte de producción		
		Confirmación y ubicación producto en bodega		
		Coordinación de la logística de producción		

Posteriormente se realizó un nuevo SIPOC para el proceso de producción de absorbentes de M8:

Tabla 5: Mapa de Proceso SIPOC detallado para la fabricación de pañales

Supplier (Proveedor)	Input (Entrada)	Process (Proceso)	Output (Salida)	Customer (Cliente)
- Habilitación de máquinas de absorbentes	SAP	Formar núcleo	Producto fabricado	Aseguramiento de calidad del producto absorbente en proceso
	Pulpa	Colocar papel		
	Poly (TBS)	Comprimir núcleo		
	Tela	Cortar núcleo		
	Papel	Combinar materiales		
	Licras	Colocar Tapes		
	Layer	Cortar retales		
	Barrera	Doblar pañal		
	Tapes	Comprimir pañal		
	Adhesivos	Cortar pañal		
		Doblar pañal		
		Voltear pañal		
		Agrupar		
		Empacar		
	Sellar			

En una primera aproximación, el departamento de calidad menciona que la mayoría de defectos podrían ubicarse en el proceso de "Combinar Materiales", más esta conclusión será comprobada en análisis posteriores.

3.3 Definir

El objetivo de esta fase es definir el equipo de trabajo, alcance y entender las características críticas de calidad en un pañal fabricado en M8.

Esta es la fase más importante dentro de la metodología, ya que de ella depende el éxito o fracaso del proyecto.

3.3.1 Formación del equipo de trabajo

La dirección solicitó la formación de un equipo de trabajo para el proyecto. Para ello se conformó un equipo multidisciplinario con el suficiente conocimiento de M8 y con el que se pueda analizar cada uno de las fases del proyecto:

Tabla 6: Designación equipo de proyecto Seis Sigma

Cargo	Rol en el Proyecto
Gerente de Planta	Team Coach
Jefe de Calidad	Cliente- Miembro equipo
Jefe de Producción	Dueño de Proceso- Miembro equipo
Jefe de Mantenimiento	Experto maquinaria-Miembro equipo
Líder de Operación M8	Experto operación- Miembro equipo
Autor	Líder del Equipo-BlackBelt

3.3.2 Árbol de Características Críticas (CT-Tree)

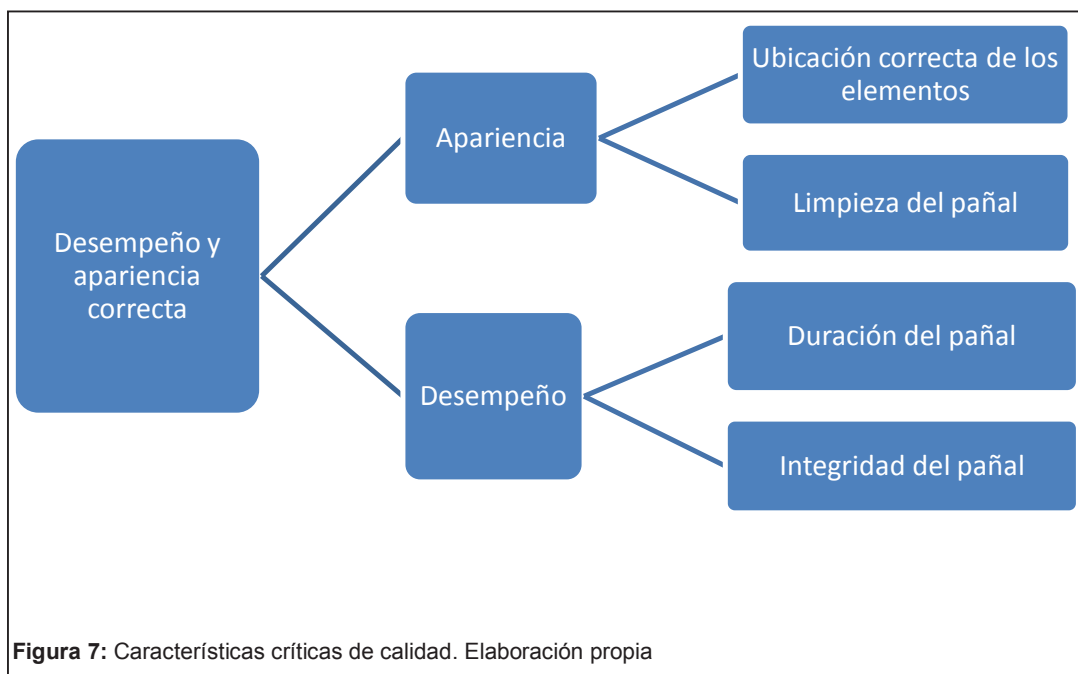
Uno de los pasos fundamentales en la etapa Definir, es el entendimiento de lo que es crítico para la calidad de producto y, de ser posible si están identificadas, las variables de entrada o variables del proceso con las cuales se relaciona.

Esta herramienta ayuda a identificar los elementos críticos para la calidad. Se denomina “árbol” ya que desglosa los parámetros claves en elementos medibles o particulares que se conocen como características críticas de calidad

(Rueda, 2012, p31). Es importante mencionar que no se trata de parámetros de operación, sino los elementos que son importantes para la calidad del pañal y las variables que lo controlan, si se cuenta con la información.

Citando lo explicado en el capítulo 1 de la problemática de la investigación, un pañal posee dos tipos de atributos. El primero respecto al desempeño del núcleo absorbente, el cual es medido en términos de absorción y retención de líquidos; y el segundo ubicación y limpieza de los elementos constructivos que apoyan al desempeño integral del pañal y su percepción visual de cuidado y calidad.

En la figura 7 se muestra las características críticas para la satisfacción (CTS) identificadas:



Estas características se priorizaron en dos criterios, Índice de importancia del cliente (IIC), que se define como el consumidor percibe la manera en que la empresa satisface las necesidades y expectativas; y el Grado de no conformidad (GNC, el nivel en que el producto incumple un requisito. Los puntajes de cada criterio se muestran en la tabla

Tabla 7: Valoración del IIC y GNC

IIC	GNC
Mucho poco importante = 1	Muy bajo = 1
Poco importante = 3	Bajo = 3
Medianamente importante = 5	Medio = 5
Importante = 7	Alto = 7
Muy importante = 9	Muy Alto = 9

Como resultado se obtuvo la siguiente matriz de CTS priorizada (ver Tabla 8)

Tabla 8: Matriz CTS priorizada

	Atributos	IIC	GNC	Puntaje CTS	Orden
1	Ubicación correcta elementos	7	7	49	2
2	Limpieza del pañal	9	7	63	1
3	Duración del pañal	9	3	27	4
4	Integridad del pañal	7	5	35	3

Los factores determinantes del CTS con alto puntaje fueron:

- Ubicación correcta de elementos
- Limpieza del pañal

3.3.3 Definición de los parámetros de desempeño

Los parámetros con los que se mide el desempeño de los CTS se encuentran detallados en el Anexo 2.

3.3.4 Carta de Proyecto

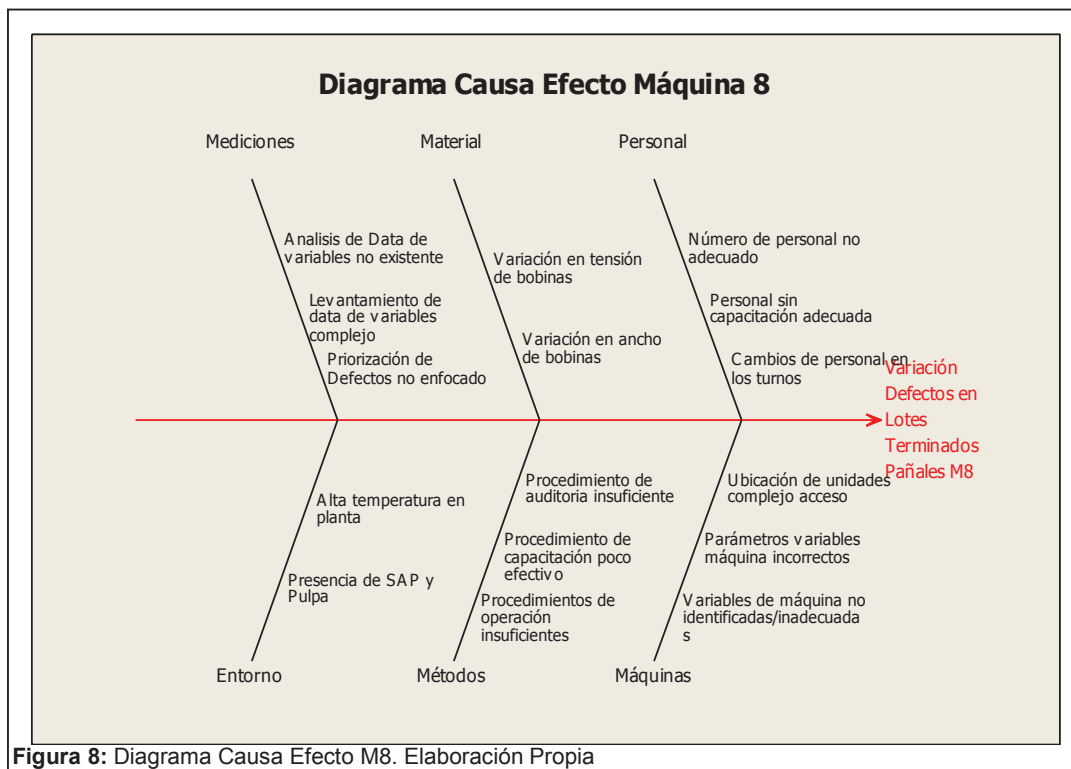
Este documento es de suma importancia ya que sirvió como marco del proyecto así como la carta compromiso entre los líderes del negocio con respecto al equipo (Rueda, 2012, p40). Para ello se resumen todos los puntos tratados en los subcapítulos anteriores. Ver en el Anexo 1: Project Charter

3.4 Medir

Para la segunda fase del proceso DMAIC, se determinó la situación actual del proceso, caracterizarlo y establecer información importante que permita identificar potenciales causas raíces de la problemática.

3.4.1 Aproximación a las causas de los defectos

El diagrama causa efecto es la primera herramienta utilizada para entender las causas potenciales que podrían estar generando defectos en el máquina 8. Esta herramienta es una representación gráfica para organizar lógicamente las causas mediante sesiones de lluvias de ideas (Rueda, 2012, p6). Es así como el equipo tuvo la primera aproximación para entender ciertas causas para la variación de defectos de la M8. Las causas fueron segmentadas por tipología, es decir, por clases de causas, ya sean por mediciones, materiales, personal, entorno, métodos y máquinas. A continuación en la figura 8 se presenta la gráfica:



3.4.2 Matriz de Causa Efecto

Para mejorar un proceso, es necesario saber cuáles son las variables de entrada (X's) y en qué medida éstas afectan a las variables de salida (Y).

La matriz de Causa Efecto permite determinar qué causas potenciales tienen un mayor impacto en el efecto medido (Rueda, 2012, p12). Para ello se traslada la información de las espigas del Diagrama Causa Efecto a una matriz para que dichas causas anteriormente analizadas se les pueda colocar en una importancia cuantitativa. El criterio utilizado fue en función de la experiencia del equipo y utilizando el método de lluvia de ideas. A continuación se presenta en la Tabla 7 la matriz causa efecto.

Tabla 8: Matriz Causa Efecto M8

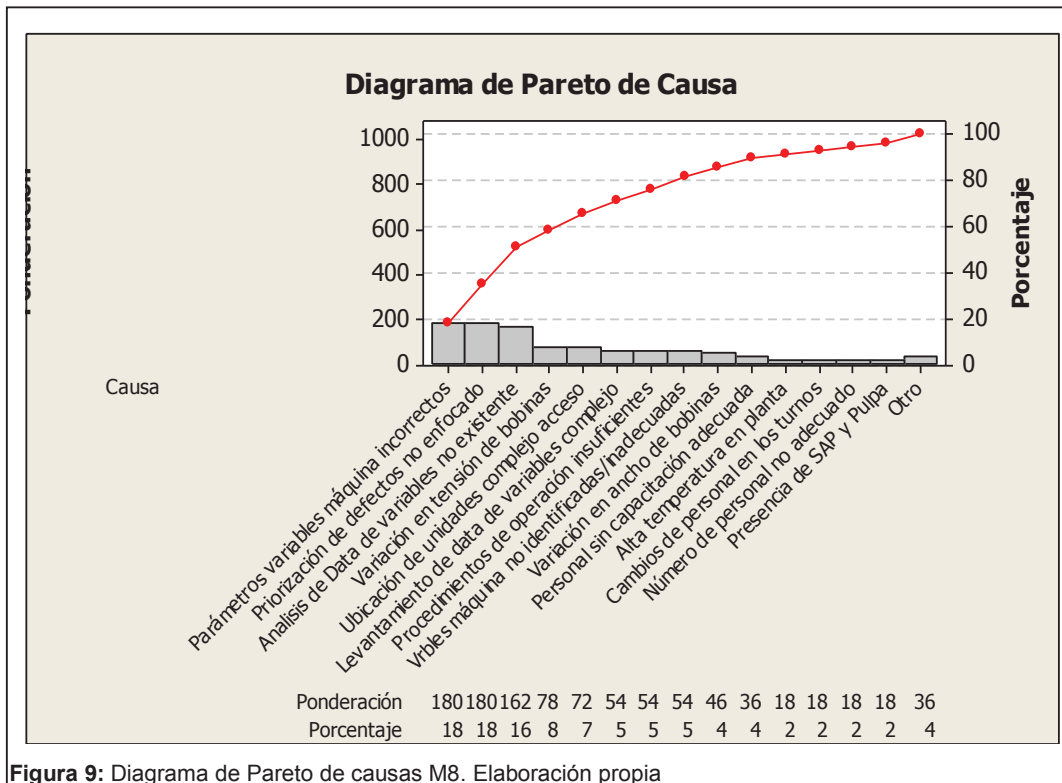
Matriz Causa y Efecto		Rating de importancia para el Cliente		Total	
		10	8		
		1	2		
		Ubicación correcta de elementos constructivos	Limpieza e integridad		
Codigo	Factor	Process Input		Ponderación	
A	Materiales	Variación en tensión de bobinas	7	1	78
B		Variación en ancho de bobinas	3	2	46
C	Mano de Obra	Número de personal no adecuado	1	1	18
D		Personal sin capacitación adecuada	2	2	36
E		Cambios de personal en los turnos	1	1	18
F	Maquinaria	Variables de máquina no identificadas/inadecuadas	3	3	54
G		Parámetros variables máquina incorrectos	10	10	180
H		Ubicación de unidades complejo acceso	4	4	72
I	Métodos	Procedimientos de operación insuficientes	3	3	54
J		Procedimiento de capacitación poco efectivo	1	1	18
K		Procedimiento de auditoria insuficiente	1	1	18
L	Mediciones	Análisis de Data de variables no existente	9	9	162
M		Levantamiento de data de variables complejo	3	3	54
N		Priorización de defectos no enfocado	10	10	180
O	Medio Ambiente	Presencia de SAP y Pulpa	1	1	18
P		Alta temperatura en planta	1	1	18
Total					0

Con la información obtenida al final del uso de esta herramienta se desarrolló un Pareto de efectos que ayudará a determinar la prioridad de lo que debe probarse con datos reales.

3.4.3 Diagrama de Pareto

El objetivo de esta herramienta es determinar las causas potenciales que tienen un mayor impacto en el efecto medido. Este gráfico de barras se basa

en el principio del 80-20, es decir, “la mayoría de situaciones, el 80% del problema, se debe al 20% de las causas probables” (Rueda, 2012, p17).



El Diagrama de Pareto de la figura 9 mostró la existencia de varias causas que requieren ser atacadas. De acuerdo a la gráfica y a la experiencia del equipo, se decidió iniciar con priorización de defectos, luego los parámetros de variables de máquina incorrectos. Posteriormente se trabajó en el análisis de data de variables no existente.

3.4.4 Análisis de Modo de Potencial de Falla y Efecto (AMEF)

El objetivo de esta herramienta es analizar las etapas del proceso donde se ubican los defectos a analizar, para identificar, estimar y priorizar los modos potenciales de falla o riesgos que podrían llegar a presentarse, evaluar los efectos y prevenir fallas antes de que sucedan en la etapa de proceso donde se ubican (Rueda, 2012, p20).

Recordando que la problemática se presenta en las CTQs de atributos de elementos constructivos del pañal, los procesos evaluados serán los que afectan a dichos atributos. La lista de las etapas de proceso, se extrajo a partir del mapa de proceso de la figura 5.

Para la evaluación del AMEF se utilizaron tres criterios: Severidad, Ocurrencia, Detección. En base a la experiencia del equipo se evalúa los criterios de 1 hasta 10. Cada uno de estos criterios se detalla en el Anexo 3.

El Valor del RPN (Risk Priority Number) o el número de prioridad de riesgo resulta multiplicando los valores obtenidos de la severidad, la ocurrencia y la detección.

Esta herramienta enfoca al equipo en el defecto que requiere atención inmediata de mejora, a continuación en la tabla 9 se detalla:

Tabla 9: Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMEF)

PASO DEL PROCESO	MODOS POTENCIALES DE FALLA	EFECTOS POTENCIALES DE LAS FALLAS (Defectos en el pañal)	CONDICIONES EXISTENTES				PRIORIDAD DE RIESGO NO. (RPN)	ACCIÓN RECOMENDADA	CONDICIONES RESULTANTES							
			SEVERIDAD	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCCURRENCIA	CONTROLER ACTUALES			EFFECTIVIDAD	ACCIONES TOMADAS	DETECTABLE	OCURRIBLE	NO-CORRECTO	PRIORIDAD DE RIESGO NO. (RPN)		
Colocar licras en barrera	Mala parametrización de variables	Licras de Barreras Sueltas	3	Falta adhesivo en licras	3	Verificación visual RFMs Licras Barrera	1	✓	9							
				Modulos adhesivo tapados	4	Limpieza diaria de modulos	3	✓	36							
Cortar barreras	Mala parametrización de variables	Altura de Barrera	6	Sliter desgastado	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	6							
Colocar barreras en tela	Mala parametrización de variables	Barrera Suelta	8	Falta adhesivo sello continuo	3	Verificación visual de RFMs Sello Continuo	1	✓	24							
				Modulo sello continuo tapado	3	Limpieza diaria de modulos	3	✓	72							
Cortar Layer	Mala parametrización de variables	Tamaño del Layer	1	Seteo de corte inadecuado	1	Leva electrónica	2	✓	2							
Cortar frontal	Mala parametrización de variables	Tamaño del frontal	1	Sensor de corte sucio	3	Limpieza diaria de sensor	3	✓	9							
				Frontal Inclinado	4	Gap Boom anvil inadecuado	5	Gap Boom Anvil	4	✓	80					
Colocar frontal TBS	Mala parametrización de variables	Goteo Adhesivo frontal	3	Exceso Rpms adhesivo frontal	4	Verificación visual de RFMs frontal	1	✓	12							
				Licras de Corte Sueltas	5	Falta adhesivo licras	6	Verificación visual de RFMs licras CA	1	✓	30					
Colocar licras en TBS	Mala parametrización de variables	Goteo Adhesivo licras	3	Exceso Rpms adhesivo licras CA	3	Verificación visual de RFMs licras CA	2	✓	18							
				Goteo de Adhesivo Tela	10	Exceso Rpms tela	8	Verificación visual de RFMs tela	9	✗	720	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, Identificación de parámetros de operación	10	2	1
Combinar materiales	Mala parametrización de variables	Goteo de Adhesivo Tela		Modulos Adhesivo tapados	2	Limpieza diaria de modulos	3	✓	60							
				Tape Inclinado	4	Gap ubicador anvil inadecuado, Sky torcido	2	Mantenimiento Preventivo	2	✓	16					
Colocar Tapes	Mala parametrización de variables	Pañal Roto zona del Tape	10	Exceso presión afirmación Tape	8	Verificación Visual Presión Afirmación Tapes	9	✗	720	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, Identificación de parámetros de operación	10	1	1	✓	10
				Presencia de Retales	10	Presión CA inadecuadas	8	Verificación visual Presión Corte Anatómico	8	✗	640	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, Identificación de parámetros de operación	10	1	1
Cortar Retales	Mala parametrización de variables	Pañal Roto zona Corte Anatómico	4	Exceso presión CA	3	Verificación visual Presión Corte Anatómico	1	✓	12							
				Doblar pañal	1	Folea mal ubicada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	1					
Comprimir pañal	Mala parametrización de variables	Densidad del pañal	3	Presión compresión inadecuada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	3							
Cortar pañal	Mala parametrización de variables	Diferencia corte final-corte inicial	2	Cuchilla corte desgastada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	2							
Doblar pañal	Mala parametrización de variables	Diferencia del Bidoblado	2	Dobladores mal ubicados	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	2							
Agrupar pañal	Mala parametrización de variables	Pañal Sucio, Material Extraño	10	Dientes separadores con suciedad	4	Ninguna	1	✓	40							
Empacar	Mala parametrización de variables	Empaque Sucio, Material Extraño	5	Flacas empaque sucias	2	Limpieza diaria	1	✓	10							
Sellar	Mala parametrización de variables	Altura del sellado, Sellado Uniforme	2	Temperatura de sellado	2	verificación visual temp sellado	1	✓	4							

Al desarrollarse el AMEF, el equipo se enfocó básicamente en las actividades que eran potencialmente más riesgosas en base a la calificación de la tabla anterior. Esta herramienta confirmó que el exceso de RPMs de tela, podría estar afectando al goteo de adhesivo en la cubierta interna, así como el exceso de reafirmación en el tape podría estar afectando al defecto pañal roto en esa zona.

La presión de corte anatómico de igual manera podría afectar a la presencia de retales en el pañal (pedazo que se corta del pañal para dar forma anatómica en la zona de la pierna del bebé).

La validación de estos supuestos será revisada más adelante.

3.4.5 Entendimiento de la Situación Actual

Es vital en un proyecto Seis Sigma determinar la situación actual del proceso. Por ello, el equipo, definió en algunos aspectos para entender su situación actual. A continuación se detalla.

3.4.5.1 Plan de recolección de datos

Se utilizaron los siguientes lineamientos para recolectar la información:

- ¿Qué se medirá? La variación de defectos en pañales de lotes de producto terminado. Se determinó que únicamente serán recolectados datos referentes entre el año 2011 y 2012 para asegurar que sean identificados problemas actuales o recientes.
- ¿De dónde se obtendrá la información? De los reportes de las inspecciones realizadas por el departamento de calidad de enero a diciembre de 2011 y de enero a julio 2012. Estas bases de datos están detalladas con la fecha de inspección, el tipo de producto fabricado, lote, turno, el número de defectos encontrados y una breve descripción sobre el defecto detectado.
- ¿Cómo se obtendrá? Mediante archivos históricos y actuales del departamento de calidad ubicados en las bases de datos de calidad..
- ¿Cómo se medirá? Mediante la inspección final realizada a los lotes de producto terminado por el departamento de calidad.

3.4.5.2 Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica

- Unidad; se considerará como unidad de medición al pañal.
- Oportunidad; las oportunidades por unidad serán las CTQ determinadas anteriormente en el subcapítulo 4.3.2
- Defecto; pañales que no cumplan cualquiera de las especificaciones definidas en los CTQs.
- Métrica; se medirá la cantidad de defectos presentados en una muestra de lotes de producto terminado.

3.4.6 Determinación de la capacidad del proceso y nivel sigma

La capacidad de proceso es una medida para cuantificar la capacidad de cumplir con especificaciones determinado proceso (Rueda, 2012, p45). Para medir la capacidad existen algunas métricas que utiliza Seis Sigma, esto depende de qué tipo de variable se esté midiendo. Por ejemplo, para el caso de variables continuas, se utiliza la métrica capacidad de proceso (Cp y Cpk), mientras que para variables de tipo discretos (Pasa-No Pasa), se utiliza las métricas nivel de sigma (Zbench).

A continuación se medirá en términos de métrica de Seis Sigma para variable discreta cómo está el proceso. Para ello, se hará uso de las ecuaciones descritas en el subcapítulo 2.1.11

Para el cálculo del DPU, se consideró todos los defectos identificados en los muestreos del departamento de calidad durante el período de análisis (1037 defectos), así como la cantidad de pañales muestreados (53144 pañales);

Los cálculos se muestran a continuación:

$$DPU = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades}} = \frac{1037}{53144} = 0.0195 \text{ defectos por unidad} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$DPO = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades} * \text{número de oportunidades}} = \frac{1037}{53144 * 56} = 0.00034845 \text{ defectos por oportunidad} \quad \text{Ecuación 6}$$

DPMO = DPO * 1000000 =
348.45 defectos millón de oportunidades

Ecuación 7

De la ecuación 7 podemos observar que se producen aproximadamente 348.45 DPMO, lo cual está muy lejos del objetivo Seis Sigma de 3.4 DPMO. Para calcular el nivel sigma, o capacidad del proceso (Zbench), se utilizó la calculadora Seis Sigma. Esta es una herramienta que permite ingresar información sobre los defectos hallados, oportunidades y pañales muestreados para que emita un resultado del nivel sigma del proceso:

Automatic Sigma Calculator

Attribute Data

Total Defects		1037	
# of opportunities		56	
Total units		53144	
These are your defects (dpmo)	348.45		
These are the DPU	0.0195		
Zbench	4.8908	This is the value of sigma in your process	
Entitlement (defects)		692	

Color code Not capable
 Borderline
 Capable

Figura 10: Calculadora Seis Sigma, situación actual proceso M8. Tomado de: Programa de Certificación Lean Six Sigma Black Belt,

Con toda esta información calculada, el equipo pudo concluir cuál es el estado actual del proceso. Obsérvese que el nivel de sigma del proceso (Zbench) actualmente es de 4.89 respecto al ideal 6 sigma.

Sin embargo no se puede juzgar este resultado, ya que es la primera vez que el proceso de producción de M8 se coloca en esta tipo de métrica; por el contrario, se considera un gran avance para saber el estado actual del proceso. En la tabla 9 se resumen el estado del proceso actual y una primera aproximación a lo que se espera una vez implementada la propuesta:

Tabla 9: Situación actual proceso

Métrica	Situación actual proceso	Situación esperada después de Seis Sigma
Nivel Sigma (Zbench)	4.89	5

3.3.4 Validación del sistema de medición

Es importante que durante el estudio del proyecto se valide si el sistema de medición es confiable. La razón para realizar este estudio, es descartar la posibilidad que la medición de los defectos de la M8 sea inadecuada.

Al ser los defectos, una variable de tipo discreta, es decir, Pasa o No pasa. Es importante recordar que el departamento de calidad, a través de sus inspectoras, toma muestras de producto de lotes terminados y los llevan a inspeccionar. El objetivo de la inspección es saber si los pañales muestreados están o no están bajo las especificaciones de atributo.

Para validar el sistema de medición se utilizó la técnica denominada “Kappa”. Se trata de un estudio por atributos, los números Kappa se usan para resumir el nivel de entendimiento entre evaluadores; “si hay un acuerdo substancial, existe la posibilidad de las evaluaciones son exactas” (Rueda, 2012,p80).

Entonces, la idea de este estudio es identificar si las inspectoras tienen el criterio de clasificación adecuado, es decir, si encontraron un pañal con defecto, efectivamente ese pañal tiene defecto.

Para ello, se tomaron 20 pañales con defecto y sin defecto, fueron enumerados de 1 a 20 para llevar control del estándar correcto. A cada inspectora se le entregó estas muestras para que emitan su criterio final, si el producto es bueno debían colocar la letra B y si es malo la letra M. Para hacer que este estudio tenga valor, se realizó para la inspectora del turno de la mañana y de la noche. A continuación se corrieron los resultados en Minitab (Ver figura 11).

Análisis de concordancia de atributos para Clasificación						
Acuerdo de evaluación						
Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje			
Ana	20	19	95.00			
Verónica	20	20	100.00			
Evaluador	IC de 95%					
Ana	(75.13, 99.87)					
Verónica	(86.09, 100.00)					
No. de coincidencias: La estimación del evaluador a través las pruebas coincide con el estándar conocido.						
Estadísticas Kappa de Fleiss						
Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)	
Ana	B	0.87461	0.223607	3.91137	0.0000	
	M	0.87461	0.223607	3.91137	0.0000	
Verónica	B	1.00000	0.223607	4.47214	0.0000	
	M	1.00000	0.223607	4.47214	0.0000	

Figura 11: Resumen del Análisis del Sistema de Medición

Este resumen muestra que para el caso de la Inspectora Ana, coincidió con el estándar en 19 de 20 muestras entregadas, mientras que Verónica coincidió con todas. El valor Kappa para Ana fue de 0.87 y Verónica 1.

Esto quiere decir que el sistema de medición es confiable. Basándose en las recomendaciones que menciona la metodología (Rueda, 2012,p80), si el estudio arroja un coeficiente mayor a 0.70, la medición es adecuada.

3.5 Analizar

Tal como se detectó en la fase medir, las principales causas para que los defectos en M8 sigan apareciendo y variando, son la falta de priorización de defectos más frecuentes, parámetros de operación inadecuados y análisis de la

data de variables. Partiendo de esa realidad, el equipo acordó abarcar la problemática realizando tres análisis; el primero, entender cuál ha sido el comportamiento de los defectos más frecuentes en la máquina y su variación mensual; segundo, determinar las variables (X's) que generan los defectos, y finalmente, durante la fase de mejorar, determinar cuáles deberían ser los parámetros en los cuales deben trabajar.

Normalmente en la metodología, la fase de análisis requiere probar hipótesis sobre las variables que afectan a la salida del proceso (Duran, 2012, p13), ya que de esta manera se identifican las causas raíces. Para el caso de esta investigación, el análisis se centra en entender que ocurre con los defectos y su variación en el tiempo, y a través de experimentos, buscar la relación de las X's críticas con el efecto de presencia de defectos en el pañal.

3.5.1 Análisis de Frecuencia de Defectos

De acuerdo a lo mencionado en el plan de recolección de datos, se tomó información con respecto al período enero a diciembre 2011 y de enero a julio 2012.

En primer lugar, se analizó los defectos más frecuentes que se han presentado en la M8 durante el período de análisis. Para ello se evaluó la cantidad de muestreos realizados, y de ellos, cuántas veces aparecían los defectos. Este criterio utilizado, tuvo más sentido que hacerlo por cantidad de pañales que presentaron el defecto, ya que el equipo consideró que más importante que la cantidad de pañales con defecto, es la frecuencia con la que se presentan.

Mediante un diagrama de Pareto se pudo entender la frecuencia, a continuación se detalla en la figura 10:

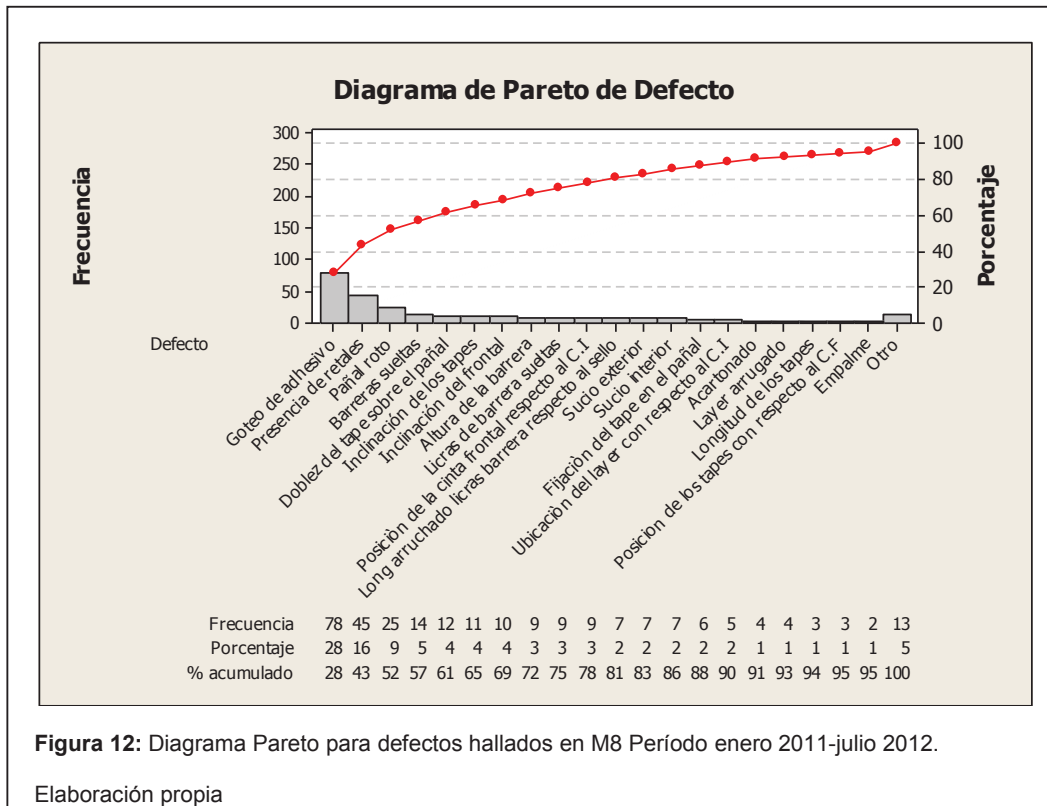


Figura 12: Diagrama Pareto para defectos hallados en M8 Período enero 2011-julio 2012.

Elaboración propia

Adicionalmente, para el equipo fue importante entender cómo variaban estos defectos en el tiempo y cómo presentaban variación de un mes a otro.

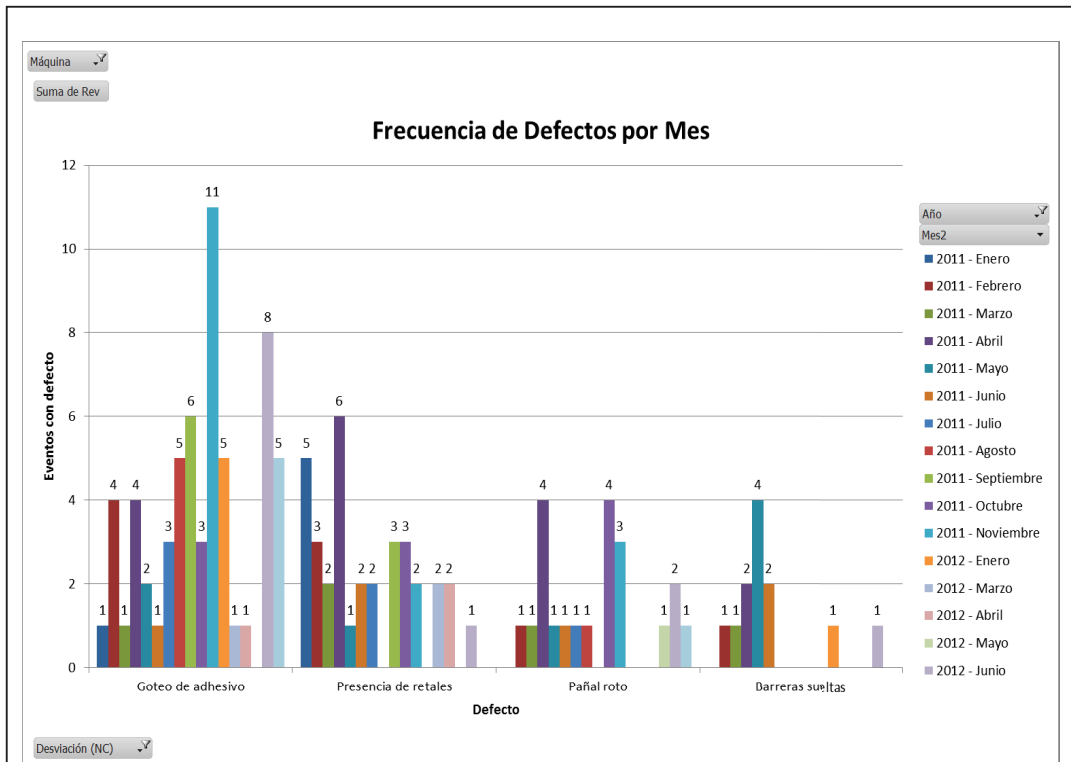


Figura 13: Frecuencia de defectos por mes M8 Período Enero 2011-Julio 2012. Elaboración propia

Nota: Nótese en la figura que los defectos goteo de adhesivo, presencia de retales y pañal roto siempre están presentes y poseen una variación entre un mes y otro. Adicionalmente, según el Pareto de la figura anterior, representan el 61% de los defectos más frecuentes en la máquina.

Se conoció por parte del experto en operación, que el defecto de goteo de adhesivo puede presentarse en algunas unidades del proceso, así como el defecto de pañal roto, por lo que fue importante ubicar la parte del pañal en que se presentaba en mayor número. Para ello, el equipo indagó nuevamente en las bases de datos de inspecciones del departamento de calidad, de donde se obtuvo lo siguiente:

Tabla 10: Detalle de Defectos Pañal Roto y Goteo de Adhesivo

Desviación (NC)	Desviación Descripción (NC)	Total
Pañal roto	Por el area del tape	122
	Pañal roto por el àrea del tape	3
	Zona lateral del pañal	2
	Corte final	2
	Entre barrera - nucleo	1
Goteo de adhesivo	Tela	78
	Barrera	12
	Poli-TBS	6
	Frontal	5
	Papel	2

Si se observa el detalle de la tabla9, para el defecto de goteo de adhesivo es evidente que la ubicación más frecuente es en la zona de la tela, es decir, en la cubierta interna; para el caso de pañal roto, las roturas más frecuentes se encuentran en la zona de las cintas de cierre (tapes).Este detalle es muy importante ya que enfocó los esfuerzos más precisamente a etapas de proceso más específicas.

Este análisis, confirma estadísticamente lo analizado en el AMEF, donde el equipo identificó que los defectos goteo de adhesivo en tela, pañal roto en zona del tape y presencia de retales son los que presentaban mayor prioridad de riesgo, por lo que el enfoque de atacar estos defectos cobra mayor sentido hasta este momento.

3.5.2 Identificación de las Variables Críticas de Entrada al Proceso

Ya identificados los defectos más frecuentes en el proceso de fabricación de M8, en este análisis se enfocaron los esfuerzos en identificar las variables vitales que participan por cada defecto. Algunas de estas variables defecto ya fueron mencionadas en el análisis AMEF, sin embargo, en este subcapítulo se procederá a recordarlas. Estas variables son conocidas e identificadas en el proceso de fabricación:

Tabla 11: Defectos críticos y Variables de entrada

Defecto	Variable de Entrada	Variable de Salida
Goteo de Adhesivo Tela	<ul style="list-style-type: none"> • Rpm's Tanque Tela • Temperatura Aplicador Tela 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de pañales con goteo de adhesivo
Presencia de Retales	<ul style="list-style-type: none"> • Presión del Corte Anatómico 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de pañales con retales
Pañal Roto Zona del Tape	<ul style="list-style-type: none"> • Presión reafirmación del Tape 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de pañales rotos en la zona del tape

Para probar la relación del defecto con la variable de entrada, se utilizó la herramienta de diseño de experimentos. La idea de esta herramienta es realizar una serie de pruebas en las cuales se inducen cambios en variables de entrada del proceso y ver su efecto en la variable de salida (Pantoja, 2012, p22). A continuación se evaluará este experimento para cada uno de los defectos definidos como unidades de análisis

3.5.2.1 Evaluación del Defecto Goteo de Adhesivo en Tela

Ya que las variables de entrada para el goteo de adhesivo son dos, se procedió a realizar un Diseño de Experimento para identificar a través de él, en qué situación se presentaban más defectos de goteo de adhesivo.

De acuerdo a la experiencia del experto en operación los valores en los cuales oscilan las Rpms del tanque de tela son tres, y se desconoce cuál es la óptima. Sin embargo para esta etapa del análisis solo se va a proceder a identificar al menos en qué rangos se presenta más.

El diseño de experimento fue estructurado de la siguiente manera:

Diseño factorial de múltiples niveles

Factores:	2	Réplicas:	1
Corridas base:	12	Total de corridas:	12
Bloques base:	1	Total de bloques:	1

Para el diseño del experimento, se sugirió por parte del experto en producción, realizar corridas aleatorias con base a diferentes días de producción y al mix de productos, de manera que la muestra sea variada y enriquecida en función de los diferentes productos que fabrica la M8. Se realizaron 12 corridas durante 6 días de producción, una muestra en la mañana y otro en la tarde. La evaluación fue realizada a tres niveles en el factor de temperatura del módulo (110, 120, 130°C) y a cuatro niveles para el factor Rpms tela (10, 20,25, 35).

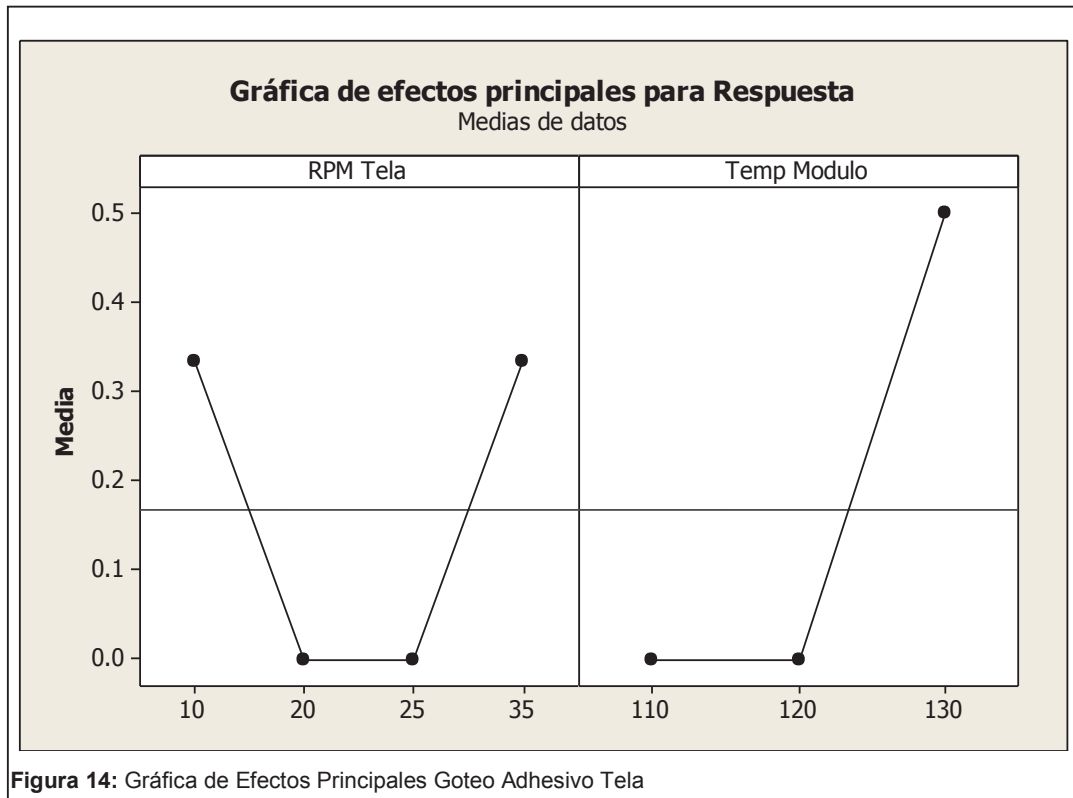
Se dejó correr la máquina por 5 minutos a una velocidad de 180 pañales/min (con este tiempo la máquina recoge los diferentes escenarios, arranque, estabilidad y paro), es decir cada corrida fue de 900 pañales.

Para la toma de muestras de la corrida, se utilizó la norma ISO 2859-1 para atributos, con nivel de inspección I, tipo de inspección normal, de los cuáles se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 12: Resultados del Diseño Experimental Goteo de Adhesivo

OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	RPM Tela	Temp Modulo	Respuesta
10	1	1	1	35	110	Satisfactorio
11	2	1	1	35	120	Satisfactorio
2	3	1	1	10	120	Satisfactorio
7	4	1	1	25	110	Satisfactorio
12	5	1	1	35	130	No Satisfactorio
9	6	1	1	25	130	Satisfactorio
1	7	1	1	10	110	Satisfactorio
5	8	1	1	20	120	Satisfactorio
8	9	1	1	25	120	Satisfactorio
3	10	1	1	10	130	No Satisfactorio
4	11	1	1	20	110	Satisfactorio
6	12	1	1	20	130	Satisfactorio

Los resultados de las muestras arrojaron 2 corridas no satisfactorias, esto es, presencia de gotas de adhesivo en la tela. Esta información se alimentó a minitab para poder desarrollar las siguientes herramientas y lograr el análisis de las variables clave que a continuación se explican en la figura 14.



La gráfica de efectos permite observar el efecto de dos o más factores, sobre la variable de respuesta (Pantoja, 2012, p48). En la figura 14 se muestra que tanto las rpms como la temperatura del módulo tienen influencia en la generación de defectos, sin embargo, si las rpms de la tela se mantienen entre los 20 y los 25°C, así como la temperatura del módulo se ubica entre los 110 y 120°C, el defecto de goteo de adhesivo no se genera. Más adelante, durante el diseño de experimentos de optimización, se determinará cuál es el mejor valor.

3.5.2.2 Evaluación del Defecto Pañal Roto en Zona del Tape

Se conoce que existe una sola variable de entrada para la generación del pañal roto en la zona del tape, el objetivo de este análisis es confirmar si tanto la causa como el efecto estadísticamente están relacionados. Para ello se conoció por parte del experto en mantenimiento que los rangos recomendados por parte del fabricante de la maquinaria para la presión de afirmación del tape oscilan entre los 6-20bar; como es evidente es un rango de operación muy

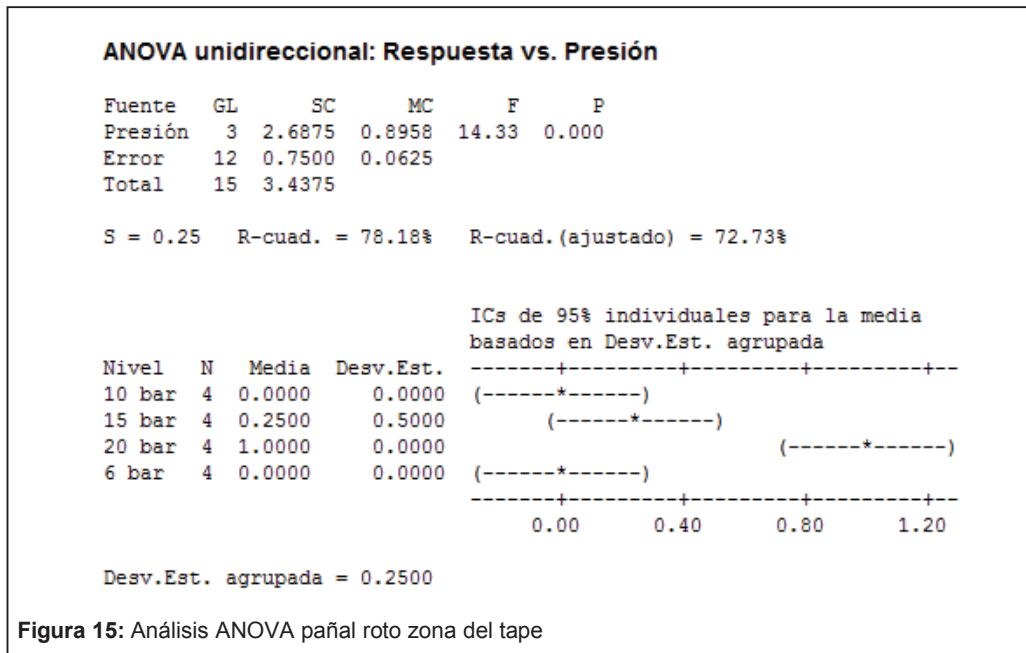
amplio, y es importante que pueda validarse estadísticamente para identificar el valor más adecuado.

La herramienta utilizada para este estudio se denomina ANOVA, o en términos regulares “Análisis de la Varianza”, este es un método estadístico utilizado para analizar la variación total de un conjunto de datos. Para el caso de la evaluación del pañal roto en la zona del tape, el equipo decidió probar en cuatro valores distintos la presión de afirmación del tape, y observar los resultados de defecto.

De la misma manera que la evaluación anterior, utilizando los mismos criterios, para este caso se realizaron 4 corridas en 4 días de producción, 1 cada día durante 5 minutos, tomando pañales en la mañana y en la tarde, la máquina corrió a 180 pañales por min. Mediante la tabla para atributos ISO 2859-1 se tomó las muestras por corrida, con nivel de inspección I, tipo de inspección normal, los resultados se muestran en la tabla 13:

Tabla 13: Resultados Diseño Experimental Pañal Roto en Zona del Tape

Presión reafirmación del tape		
Corrida	Presión	Respuesta
1	6 bar	Satisfactorio
2	6 bar	Satisfactorio
3	6 bar	Satisfactorio
4	6 bar	Satisfactorio
1	10 bar	Satisfactorio
2	10 bar	Satisfactorio
3	10 bar	Satisfactorio
4	10 bar	Satisfactorio
1	15 bar	No Satisfactorio
2	15 bar	Satisfactorio
3	15 bar	Satisfactorio
4	15 bar	Satisfactorio
1	20 bar	No Satisfactorio
2	20 bar	No Satisfactorio
3	20 bar	No Satisfactorio
4	20 bar	No Satisfactorio



El resumen del análisis muestra que efectivamente hay relación entre la variable presión de afirmación del tape y el pañal roto en la zona del tape, esta conclusión se desprende del valor P, o valor de probabilidad donde se menciona si es menor 0.05 hay relación. Adicionalmente, se observa en los valores de intervalo de confianza que aparentemente los mejores valores para tener menos defectos son entre 6-10 bar, esta conclusión estará sujeta a revisión en la fase de mejorar.

3.5.2.3 Evaluación del Defecto Presencia de Retales

Para la evaluación del defecto presencia de retales, se realizó el mismo tipo de análisis ANOVA. Se conoció por parte del experto de mantenimiento, la recomendación del fabricante de máquina respecto a los valores de presión de corte anatómico (alrededor de los 3 a 10 bar), se justificó este rango de operación ya que la cuchilla de corte puede afectarse, sin embargo, nuevamente se presentó el problema de un rango amplio.

Mediante este análisis se buscó identificar si existe relación estadística entre la variable y el efecto además de posibles valores de operación. A continuación los resultados en la tabla 14:

Tabla 14: Diseño Experimental para Presencia de Retales

Corrida	Presión	Respuesta
1	3 bar	No Satisfactorio
2	3 bar	No Satisfactorio
3	3 bar	No Satisfactorio
4	3 bar	No Satisfactorio
1	5 bar	No Satisfactorio
2	5 bar	No Satisfactorio
3	5 bar	No Satisfactorio
4	5 bar	Satisfactorio
1	8 bar	No Satisfactorio
2	8 bar	Satisfactorio
3	8 bar	Satisfactorio
4	8 bar	Satisfactorio
1	10 bar	No Satisfactorio
2	10 bar	No Satisfactorio
3	10 bar	No Satisfactorio
4	10 bar	No Satisfactorio

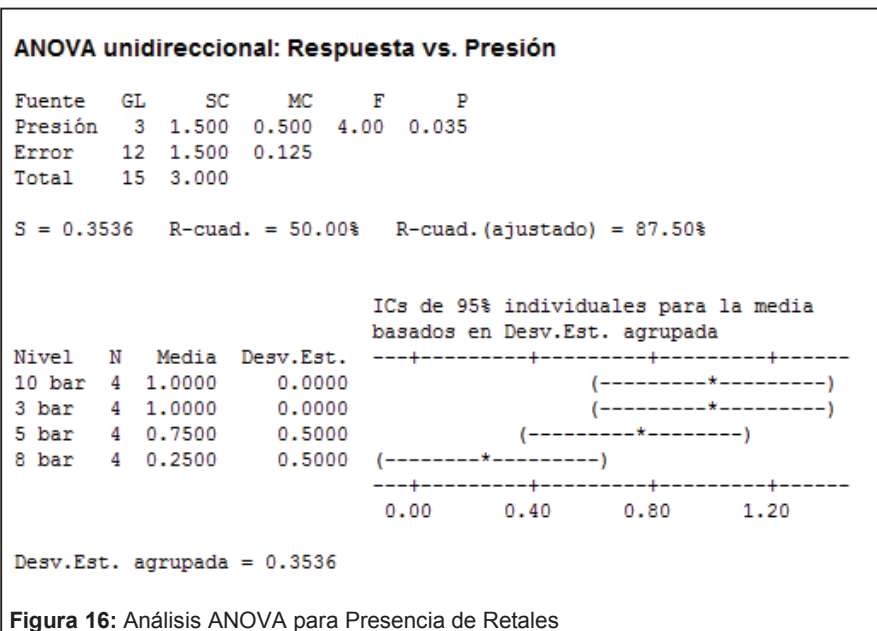


Figura 16: Análisis ANOVA para Presencia de Retales

El cuadro resumen del análisis muestra que efectivamente hay relación entre la variable presión del corte con respecto al defecto presencia de retales al obtener en el valor p menor a 0.05. Adicionalmente se observa que para los

intervalos de confianza, se obtendría menos defectos al ubicar la presión entre los 5 a 8 bar.

3.6 *Mejorar*

El objetivo de esta fase es optimizar el proceso analizado mediante implementación de parámetros de operación que minimicen la producción de defectos (Pantoja, 2012, p72). Ya se conoció y confirmo estadísticamente en la fase anterior que las variables si tienen relación con el defecto, así que durante esta fase se pretende incorporar las mejoras al proceso.

3.6.1 **Optimización del Proceso**

El equipo definió ciertos parámetros de operación para cada una de las variables y los puso a experimentación para confirmar lo analizado en la fase anterior, es decir, se tomaron los valores que más se recomendaba tanto el diseño de experimentos como las ANOVAs para confirmar la no presencia de defectos.

A continuación se resume en la tabla 14 los valores que se definió:

Tabla 15: Definición de valores ideales de experimentación

Variable de Entrada	Rango Recomendado durante experimentación	Rango sujeto a experimentación de confirmación
RPM tanque tela	20-25 rpm	22.5 rpm
Temperatura modulo tela	110-120°C	115°C
Presión afirmación tapes	6-10 bar	8 bar
Presión corte anatómico	5-8bar	6.5 bar

Nótese que el equipo decidió experimentar con los valores centrales de los rangos recomendados. El criterio utilizado para ello fue minimizar el uso de variables de rangos durante la operación ya que se tiene conocimiento de casos donde esto lleva a desenfocar a la operación dando más oportunidad a colocar en cualquier valor. Al contar con valores fijos, el riesgo se minimiza.

A continuación en las tablas 15, 16 y 17 se presentan los resultados de los experimentos para cada una de las variables.

Tabla 16: Resultados para experimento de optimización Goteo de Adhesivo Tela

OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	RPM Tela	Temp Modulo	Respuesta
10	1	1	1	22.5	115	Satisfactorio
11	2	1	1	22.5	115	Satisfactorio
2	3	1	1	22.5	115	Satisfactorio
7	4	1	1	22.5	115	Satisfactorio
12	5	1	1	22.5	115	Satisfactorio
9	6	1	1	22.5	115	Satisfactorio
1	7	1	1	22.5	115	Satisfactorio
5	8	1	1	22.5	115	Satisfactorio
8	9	1	1	22.5	115	Satisfactorio
3	10	1	1	22.5	115	Satisfactorio
4	11	1	1	22.5	115	Satisfactorio
6	12	1	1	22.5	115	Satisfactorio

Tabla 17: Resultados para experimento de optimización Pañal Roto Zona del Tape

Corrida	Presión	Respuesta
1	8 bar	Satisfactorio
2	8 bar	Satisfactorio
3	8 bar	Satisfactorio
4	8 bar	Satisfactorio
1	8 bar	Satisfactorio
2	8 bar	Satisfactorio
3	8 bar	Satisfactorio
4	8 bar	Satisfactorio
1	8 bar	Satisfactorio
2	8 bar	Satisfactorio
3	8 bar	Satisfactorio
4	8 bar	Satisfactorio
1	8 bar	Satisfactorio
2	8 bar	Satisfactorio
3	8 bar	Satisfactorio
4	8 bar	Satisfactorio

Tabla 18: Resultados para experimento de optimización Presencia de Retales

Corrida	Presión	Respuesta
1	6.5 bar	Satisfactorio
2	6.5 bar	Satisfactorio
3	6.5 bar	Satisfactorio
4	6.5 bar	Satisfactorio
1	6.5 bar	Satisfactorio
2	6.5 bar	Satisfactorio
3	6.5 bar	Satisfactorio
4	6.5 bar	Satisfactorio
1	6.5 bar	Satisfactorio
2	6.5 bar	Satisfactorio
3	6.5 bar	Satisfactorio
4	6.5 bar	Satisfactorio
1	6.5 bar	Satisfactorio
2	6.5 bar	Satisfactorio
3	6.5 bar	Satisfactorio
4	6.5 bar	Satisfactorio

Los resultados de los experimentos mostrados en las Tablas 15, 16, 17, muestran que con los valores definidos por el equipo, se cumple satisfactoriamente la no presencia de los defectos. Estos valores quedarán definidos para la operación de la máquina a través de un plan de control que se se explica en la siguiente fase de la metodología.

3.7 Controlar

El objetivo de esta fase es estandarizar, documentar y monitorear controles necesarios para mantener el proceso en condiciones óptimas (Abud, 2012, p2).

3.7.1 Plan de Control

El plan de control es un documento maestro que contiene la información necesaria para controlar el proceso de producción de pañales de M8, de manera que se mantenga en condiciones óptimas, evitando producir defectos.

Los elementos más importantes que se detallan en el plan de control son:

- Etapas del Proceso que se requiere tomar atención
- Variables de entrada que requieren controlarse

- Especificación de las variables de entrada
- Revisión del Sistema de medición
- Método de Control
- Tamaño de muestra
- Frecuencia
- Responsable

El detalle del plan de control se encuentra en el Anexo 4, así como el diseño de un formato de control de variables que sirve para registrar las inspecciones en el Anexo 5.

3.7.2 AMEF de Implementación

Uno de los elementos importantes de la metodología Seis Sigma es cerrar el círculo. Recordando que el AMEF es una herramienta vital para entender desde la situación de la problemática hasta su implementación, en el Anexo 6 se lo completa considerando los elementos del plan de control.

3.7.3 Mecanismo de Implementación

Para la difusión puesta en marcha del proyecto se realizó la siguiente planificación:

Tabla 19: Plan de Implementación de Mejoras

N°	Actividad	Fecha	Responsable
1	Explicación investigación realizada	7 enero 2013	Líder equipo Seis Sigma- Black Belt
2	Capacitación Plan de Control	8 -11 enero 2013	Líder equipo Seis Sigma- Black Belt
3	Implementación en el Proceso	14 enero 2013	Dueño de Proceso, Líder Equipo

4	Período de Evaluación-Control	14 enero – 3 abril 2013	Equipo Proyecto Seis Sigma
5	Revisión Resultados estado del proceso	4 abril 2013	Dueño de Proceso Equipo Proyecto Seis Sigma
6	Reunión Cierre del Proyecto	4 abril 2013	Equipo Proyecto Seis Sigma

3.7.4 Revisión de Resultados del Proceso Optimizado

De acuerdo a la planificación, el período de evaluación de la optimización se realizó entre el 14 de enero al 3 de abril del 2013. Para revisar el resultado de las propuestas, se observaron los defectos encontrados por el departamento de calidad, siendo los resultados los siguientes:

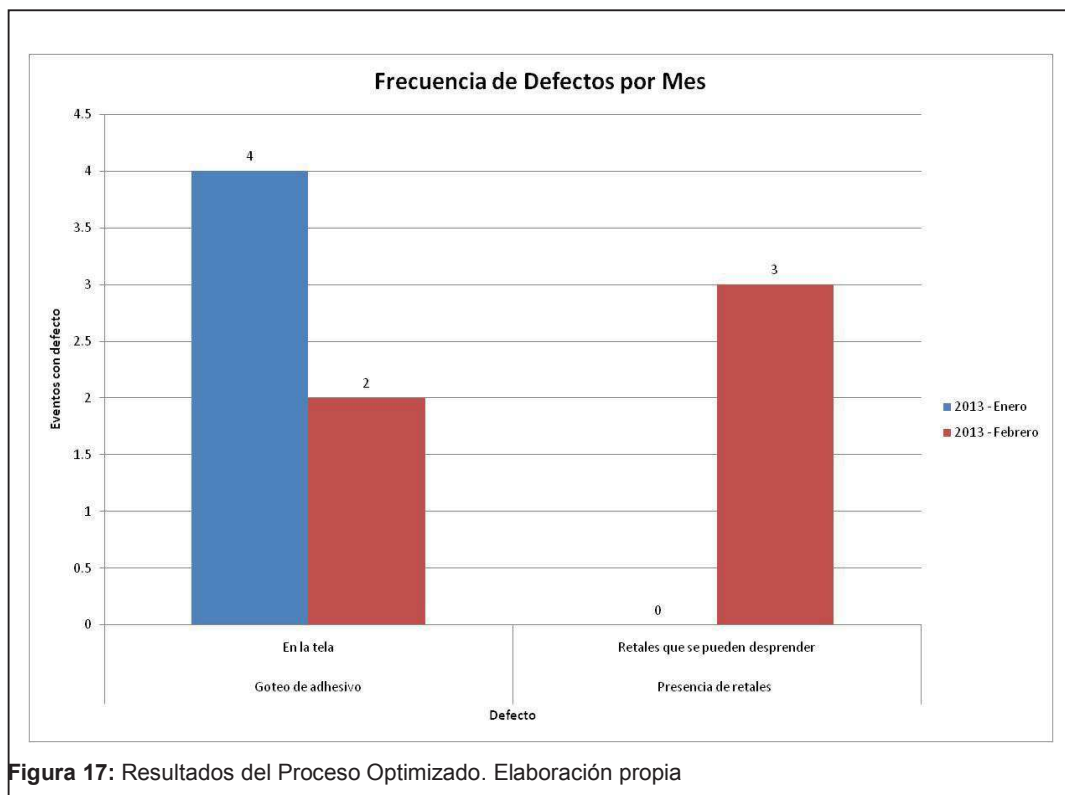


Figura 17: Resultados del Proceso Optimizado. Elaboración propia

Se observa en la figura que al iniciar la implementación en el mes de enero se presentaron cuatro eventos de goteo de adhesivo en tela, y a continuación en el mes de Febrero dos eventos y finalmente en marzo ningún defecto.

Para el caso de defectos por presencia de retales, 3 eventos, mientras que para pañal roto en la zona del tape no se identificó ningún defecto en el período de implementación.

Las razones para que se hayan presentado defectos en los dos primeros meses se atribuyen a la curva de aprendizaje del equipo de operación. Efectivamente para el mes de marzo ya no aparecen defectos de este tipo, lo que concluye que en el tiempo y seguimiento efectivo, esta situación se puede mantener.

3.7.4.1 Métrica Seis Sigma del proceso optimizado

Para el cierre del proyecto, la alta dirección solicitó al equipo, el estado del proceso de producción en métricas de Seis Sigma al cierre del mismo. Se utilizarán las mismas ecuaciones que se usaron para el análisis de la situación actual antes de la problemática, solo que aplicadas al período de implementación, es decir de enero a abril 2013, a continuación se detalla:

$$DPU = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades}} = \frac{45}{8492} = 0.00052 \text{ defectos por unidad} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$DPO = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de unidades} * \text{número de oportunidades}} = \frac{45}{8492 * 56} = 0.0000946 \text{ defectos por oportunidad} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$DPMO = DPO * 1000000 = 94.6 \text{ defectos millón de oportunidades} \quad \text{Ecuación 10}$$

Finalmente, utilizando la calculadora Seis Sigma:

Automatic Sigma Calculator

Attribute Data

Total Defects

of opportunities

Total units

These are your defects (dpmo) 94.627

These are the DPU 0.0053

Zbench This is the value of sigma in your process

Entitlement (defects)

Color code Not capable
 Borderline
 Capable

Figura 18: Calculadora Sigma de proceso optimizado

Efectivamente se observa una mejora considerable al proceso, para hacerlo más evidente aún, en la tabla 19 siguiente se explica:

Tabla 20: Comparación de resultados del proyecto

Métrica	Situación Antes de Seis Sigma	Situación Después de Seis Sigma
DPU	0.0195	0.00052
DPO	0.00034845	0.0000946
DPMO	348	94.6
Nivel Sigma (Zbench)	4.89	5.23

Es importante señalar que los períodos de análisis no son los mismos, tanto de la situación actual como el período implementado, sin embargo, hay suficientes indicios de mejora considerable. Habrá que esperar a que el tiempo y la mejora continúa permanezcan para observar efectivamente resultados a largo plazo.

3.8 Análisis de los Beneficios Económicos

Recordando que la situación previa implementación, el promedio de porcentaje de defectos se ubicaba alrededor del 1%. En la siguiente tabla se observa el histórico de esta tasa incluyendo los meses en los cuáles se realizó la investigación y su implementación.

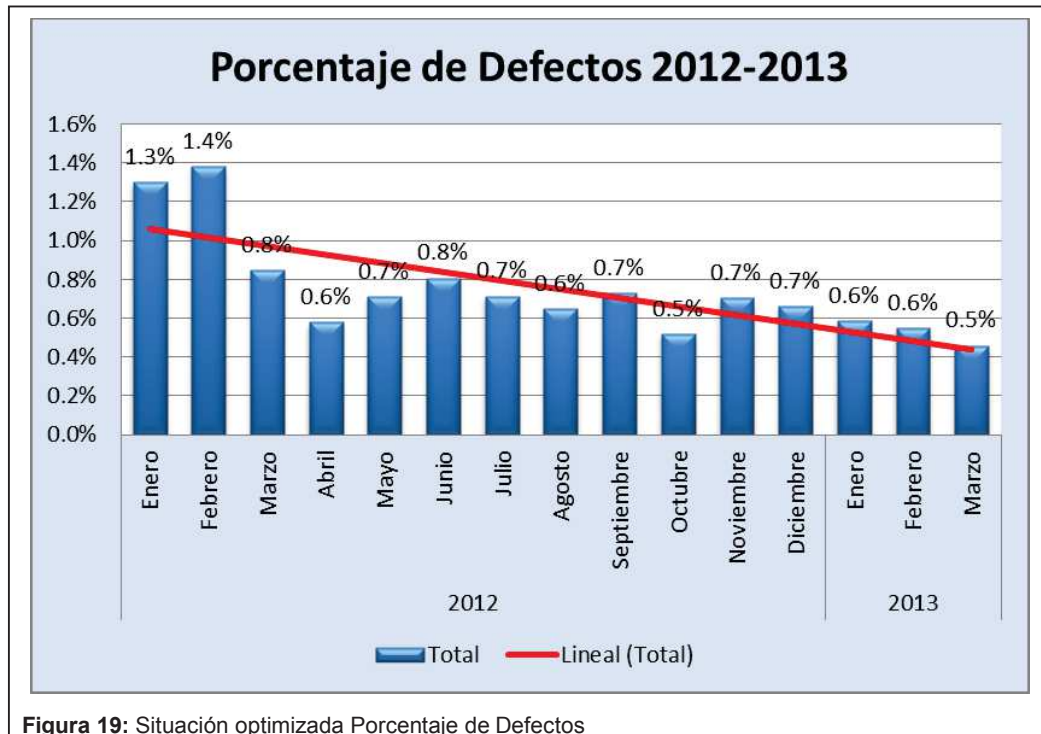


Figura 19: Situación optimizada Porcentaje de Defectos

Nótese que a partir del mes de diciembre y enero del 2013, ya se observa que el porcentaje de defectos se encuentra por debajo de la meta solicitada por el departamento de calidad, es decir, 0.75%.

Tomando en cuenta este particular, y recordando lo mencionado en el subcapítulo 4.2.3 de los Costos de Baja Calidad, se presenta un análisis comparativo:

Tabla 21: COPQ Optimizados

Datos Financieros Iniciales (Máquina 8)		Antes del Proyecto		Después del Proyecto	
Parámetro	Tipo Costo COPQ	Resultado	COPQ Proyectado (mes)	Resultado	COPQ Proyectado (mes)
Costo x Pañal (MP, CF, MO)					
Pañales Estándar por Mes					
Por Defectos	Falla Interna	1.0%	\$ 1,700.08	0.75%	\$ 1,275.06
Inspectoras (2)	Inspección		\$ 700.00		\$ 350.00
Retrabajos (2)	Inspección		\$ 700.00		
TOTAL COPQ POR MES			\$ 3,100.08		\$ 1,625.06
TOTAL COPQ POR AÑO			\$ 37,200.99		\$ 19,500.75
AHORRO ANUAL			\$ 17,700.25		

Nótese que ya no se considera costos por otra inspectora ni en re trabajos, ya que al contar con variables de proceso claras, se puede tomar acciones preventivas en el proceso más que inspección correctiva.

Como se observa en la tabla, solo considerando que el resultado de la tasa de defectos permanezca en 0.75% el ahorro anual para la compañía es de \$17.700USD.

Habrà que ir evaluando y monitoreando el proceso para asegurar que la mejora permanezca en el tiempo y este ahorro se lo pueda observar en el análisis anual de resultados de la compañía.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se ha demostrado una reducción de las variaciones de calidad en la M8. El porcentaje de defectos tiene una tendencia decreciente y por debajo de la meta planteada, menor a 0.75%, cumpliendo directamente al objetivo inicialmente planteado.
- Se ha validado el cumplimiento de la hipótesis del proyecto, al disponer de parámetros de operación para las variables críticas de proceso, impactando directamente en la reducción de defectos.
- Los resultados en términos de calidad también tuvieron un impacto importante, reduciendo de 348 a 95 defectos por millón de oportunidades.
- Los costos por baja calidad mensual se redujeron aproximadamente en un 50%, generando un ahorro de \$1400 USD mensuales y proyectados a \$17700 anuales.
- Se ha cambiado el paradigma de atacar a los defectos que aparecían puntualmente en un día, a observar mediante estadística el comportamiento de otros presentes en poca cantidad pero todo el tiempo, esta evidencia brindó un aprendizaje de la potencia del uso de esta herramientas para atacar lo verdaderamente importante.
- Todo proceso tiene una variación natural, sin embargo es controlable mediante la comprensión y control de las variables de proceso. Además es importante entender que el proceso tiene variación no solo por si mismo, sino por otros elementos de variación como los sistemas de medición.
- Es vital el entendimiento de lo que verdaderamente es importante para el cliente, trabajar sobre sus necesidades y no solo en función de parámetros productivos internos. La empresa no fabrica solo pañales, crea fidelización y confianza a través de un producto bien hecho.

- La gestión de operación de preventiva mediante el uso del plan de control enfocó a la operación de la máquina a prestar mayor cuidado en asegurarse que las variables críticas de operación estén a punto.
- Mantener reuniones de equipos multidisciplinario genera resultados muchos más rápidos, esta investigación ha sido una muestra que el contar con criterios de diferentes ramas, potencia las soluciones para resolver problemas.

4.2 Recomendaciones

- Tomando en cuenta los buenos resultados que tuvo esta investigación es recomendable que puedan realizarse proyectos seis sigma en otras líneas de producción, principalmente aquellas que representan un carga importante a nivel de exportaciones, entendiéndose que la compañía tiene planeado exportar a mercados muy exigentes como el norteamericano.
- Especializar a ciertos cargos estratégicos responsables de la calidad de producto a que se capaciten en la metodología seis sigma. Esto permitirá ajustar aún más los criterios y permitirá que la compañía tienen una ventaja competitiva con ejecutivos de alto nivel, especializados en satisfacer lo que el cliente espera.
- Formar a otros especialistas en herramientas Seis Sigma para desarrollar competencias en el cuestionamiento y análisis estadístico (futuros green belts).
- Las iniciativas de proyectos de mejora continua fomentan ventajas competitivas en la organización. La creación de mecanismos de propuestas de proyectos generan una organización más participativa y culturalmente más caracterizada en siempre mejorar.

5. Referencias

- Abud, I. (2012). *Programa de Certificación Internacional Lean Six Sigma Black Belt (Fase Controlar)*, Curso impartido por Tecnológico de Monterrey, Quito, Ecuador.
- Duran, A. (2012). *Programa de Certificación Internacional Lean Six Sigma Black Belt (Fase Analizar)*, Curso impartido por Tecnológico de Monterrey, Quito, Ecuador.
- Gutiérrez, L., Llorens-Montes, F. y Bustinza, O. (2008) “*Six sigma: from a goal-theoretic perspective to shared-vision development*”, Emerald Group Publishing Limited
- Hann, G.J., Hill, W.L., Hoerl, R.W. and Zinkgraf, S.A. (1999), “The impact of six sigma improvement – a glimpse in the future of statistics”, *The American Statistician*, Vol. 53 No. 3,
- Harry, M. y Schroeder, R. (2000). *Six Sigma The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations*.(1a ed.).New York, United States of America: Currency
- GOAL/QPC y Six Sigma Academy. (2002). *The Black Belt Memory Jogger*.(1a ed.).Salem, United States of America: Manual
- Pantoja, J.(2012). *Programa de Certificación Internacional Lean Six Sigma Black Belt (Fase Mejorar)*, Curso impartido por Tecnológico de Monterrey, Quito, Ecuador.
- Rueda, L.(2012). *Programa de Certificación Internacional Lean Six Sigma Black Belt (Fase Definir y Medir)*, Curso impartido por Tecnológico de Monterrey, Quito, Ecuador.

6. Anexos

Anexo 1: Project Charter

Nombre del Proyecto:	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE VARIACIONES DE CALIDAD EN EL PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PAÑALES PARA BEBÉ. CASO MÁQUINA 8	
Descripción del Problema (Situación Actual)		
El proceso de fabricación de pañales de bebé en la máquina 8, tiene variaciones de defectos de calidad de un mes a otro. Estos defectos han sido detectados en paletas de producto terminado listos para despachos lo que genera una alta posibilidad que producto con defecto llegue a manos del consumidor final, afectando la percepción de calidad de productos que sefabrican.		
Objetivo del Proyecto (SMART)		
Aplicar las técnicas y herramientas de la metodología seis sigma para reducir la variación por defectos de calidad del proceso de fabricación de pañales de máquina 8. Alcanzar al menos la meta del porcentaje mensual de defectos ubicada en 0.75%.		
Alcance		
<ul style="list-style-type: none"> • Etapas del proceso donde se ubique los procesos más frecuentes y con mayor variación. 		
Beneficios Financieros Potenciales		
☆ Ahorro potencial esperado de \$37200 usd anuales.		
Beneficios No Financieros Potenciales		
☆ Aumento en la eficiencia de la máquina 8.		
☆ Máquina más confiable en calidad de producto.		
☆ Reducción de reclamos del consumidor.		
☆ Precedente de implementación de metodología para otras líneas de producción.		
Equipo de Trabajo		
<ul style="list-style-type: none"> • Patrocinador: Vicepresidente de Operaciones; Coach: Gerente de Planta • Dueño de Proceso: Jefe de Producción • Black Belt: Autor • TeamMembers: Jefe de Mantenimiento, Jefe de Calidad, Líder de Operación M8 		
	Etapas	Tiempo
Fase	Definir	2 semanas (20 Ago/12 - 3Sept/12)
	Medir	5 semanas (3Sept/12 -8Oct/12)
	Analizar	5 semanas (8Oct/12-12Nov/12)
	Mejorar	8 semanas (12Nov/12-7Ene/13)
	Controlar	12 semanas (7Ene/13 al 3 Abril/13)

ANEXO 2: DETALLE PARÁMETROS DESEMPEÑO PAÑALES BEBÉ

Código de Especificación	Detalle de Especificación
ZCC-AB-ES151	Ancho del Doblado en C
ZCC-AB-ES152	Ubicación del Núcleo con respecto al C.F. Frontal
ZCC-AB-ES153	Centrado del Núcleo a lo Ancho del Pañal
ZCC-AB-ES154	Centrado del C.A. con respecto al Núcleo
ZCC-AB-ES155	Desfase del C.A. a lo Largo del Pañal
ZCC-AB-ES156	Altura de Barrera
ZCC-AB-ES157	Posición de las Barreras con respecto al Núcleo
ZCC-AB-ES158	Papel Doblado en los Extremos
ZCC-AB-ES159	Centrado del Papel con respecto al Ancho del Pañal
ZCC-AB-ES160	Ubicación del Layer con respecto al C.I.
ZCC-AB-ES161	Longitud del Layer
ZCC-AB-ES162	Centrado del Layer con respecto al Núcleo
ZCC-AB-ES163	Layer Doblado
ZCC-AB-ES164	Doble en el Polietileno y/o Tela
ZCC-AB-ES165	Picos en el C.A.
ZCC-AB-ES166	Sin Adhesivo en los Extremos de la Cinta Frontal
ZCC-AB-ES167	Sobrante o Faltante de Tela con respecto al Poli.
ZCC-AB-ES168	Aplicación de Adhesivo sobre la Tela
ZCC-AB-ES169	Aplicación de Adhesivo sobre el Polietileno
ZCC-AB-ES170	Doble del Fingerlift sobre si mismo
ZCC-AB-ES171	Doble del Tape sobre el Pañal
ZCC-AB-ES172	Posición de los Tapes con respecto al C.F.
ZCC-AB-ES173	Inclinación de los Tapes
ZCC-AB-ES174	Longitud de los Tapes
ZCC-AB-ES175	Tela o Polietileno doblado al aplicar el Tape
ZCC-AB-ES176	Ancho del Fluted
ZCC-AB-ES177	Centrado fluted respecto al Ancho del Pañal
ZCC-AB-ES178	Fluted Doblado en los Extremos
ZCC-AB-ES179	Posición de la Cinta Frontal respecto al C.I.
ZCC-AB-ES180	Longitud de la Cinta Frontal
ZCC-AB-ES181	Centrado de la Cinta Frontal a lo Ancho del pañal
ZCC-AB-ES182	Inclinación del Frontal
ZCC-AB-ES183	Espacio entre Lycras de C.A./Lycras Ausentes
ZCC-AB-ES184	Posición de las Lycras de C.A. respecto al Ancho
ZCC-AB-ES185	Ubicación de Lycras de dentro Espacios sin Adhesivo
ZCC-AB-ES186	Posición del Arruchado de C.A. respecto al C.I.
ZCC-AB-ES187	Longitud del Sello de Barreras respecto al C.I.
ZCC-AB-ES188	Espacio entre Lycras de Barreras
ZCC-AB-ES189	Long. Arruchado Lycras de Barrera respecto sello
ZCC-AB-ES190	Acartonado / Mal Desfibrado
ZCC-AB-ES191	Barreras Sueltas
ZCC-AB-ES192	Lycras de Barrera Sueltas o Expuestas
ZCC-AB-ES193	Doble del Frontal sobre el Pañal
ZCC-AB-ES194	Corte Final y/o lateral abierto
ZCC-AB-ES195	Pañal Roto
ZCC-AB-ES196	Goteo de Adhesivo
ZCC-AB-ES197	Sucio Interior y/o Exterior
ZCC-AB-ES198	Presencia de Retales
ZCC-AB-ES199	Empalmes
ZCC-AB-ES200	Pulpa Incompleta
ZCC-AB-ES201	Desfasamiento del Bidoblado Trans. y Longit.
ZCC-AB-ES202	Frontal sin Adhesivo
ZCC-AB-ES203	Presencia de SAP
ZCC-AB-ES204	Ubicación del Segundo Núcleo respecto al C.I.
ZCC-AB-ES205	Layer Arrugado
ZCC-AB-ES206	Fijación del Tape en el Pañal

ANEXO 3: ESQUEMA DE CALIFICACIÓN NIVEL DE RIESGO RPN

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN PARA NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO

Severidad	Calificación	Criterio
Muy Baja	1-2	Lo más seguro es que el cliente no note el error
Baja	3-4	El cliente notará solo una muy pequeña desviación
Media	5-6	El cliente notará la desviación y está insastifecho
Alta	7-8	El cliente recibe un producto que está fuera de especificación y está muy insastifecho
Muy Alta	9-10	Podrían presentarse riesgos de seguridad con el cliente o situaciones legales

Ocurrencia	Calificación	Criterio
Sin cuidado	1-2	El error se presenta en muy raras ocasiones (<1 por cada 1000000)
Poca	3-4	El error se presenta pocas veces (<1 por cada 100000)
Media	5-6	El error se presenta a menudo (<1 por cada 1000)
Alta	7-8	El error se presenta con regularidad (<1 por cada 40)
Muy Alta	9-10	El error es casi inevitable (<1 por cada 8)

Detección	Calificación	Criterio
Muy Baja	9-10	Lo más probable es que el error no se detecte
Baja	7-8	Solo hay una pequeña probabilidad de que el error se detecte
Media	5-6	Hay una probabilidad de que el error se detecte
Alta	3-4	Hay una buena probabilidad de que el error se detecte
Muy Alta	1-2	Se detecta el error.

ANEXO 4: PLAN DE CONTROL

PAÑALES NACIONALES S.A.		PLAN DE CONTROL							ZCC-PC-001	V0-201211
Responsable:		Equipo de Trabajo:	Máquina:	Instructivos anexados:					Observaciones:	
Líder Máquina 8		Producción	8	ZCC-M8-RE001						
		Calidad								
Proceso	Turno	Variable de Entrada (E) o Salida (S)	Especificación del proceso	Nivel Sigma	Sistema de Medición (Kappa)	Método de Control	Documento	Tamaño de Muestra	Frecuencia	Monitoreo
Combinar Materiales	T1	Temperatura Módulo	115°C	Inicial Nov 2012 (4.78)	100%	Visual /Checklist	ZCC-M8-RE001	Tabla Atributos. Normal, I	Inicio Turno, Cada empalme material	Superv CAL/Líder M8
		RPMs tanque Tela	22.5 rpms	Inicial Nov 2012 (4.78)	100%	Visual /Checklist	ZCC-M8-RE001	Tabla Atributos. Normal, I	Inicio Turno, Cada empalme material	Superv CAL/Líder M8
Colocar Tapes	T1	Presión de Afirmación Tapes	8 bar	Inicial Nov 2012 (4.78)	100%	Visual /Checklist	ZCC-M8-RE001	Tabla Atributos. Normal, I	Inicio Turno, Cada empalme material	Superv CAL/Líder M8
Cortar Retales	T1	Presión de Corte Anatómico	6.5 bar	Inicial Nov 2012 (4.78)	100%	Visual /Checklist	ZCC-M8-RE001	Tabla Atributos. Normal, I	Inicio Turno, Cada empalme material	Superv CAL/Líder M8
<p>Realizado por: Jefe de Producción Revisado por: Gerente Planta Aprobado por: VP Operaciones</p>										

ANEXO 5: FORMATO DE REGISTRO DE CUMPLIMIENTO DE VARIABLES

CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO MÁQUINAS DE PAÑAL DE BEBE	Versión 0 27/01/2013	REGISTRO ZCC-M 8-RE001
--	-------------------------	----------------------------------

Máquina N°: _____ Fecha: _____ Lote 1: _____ Precio 1: _____
 Turno: _____ Fase 1: _____ Fase 2: _____ Lote 2: _____ Precio 2: _____
 Producto 1: _____ Código producto 1: _____ Hora IT: _____ Supervisor: _____
 Producto 2: _____ Código producto 2: _____ Hora ST: _____ N° Registro: _____

Formación (F); Integridad (I); Ajuste (A); Frecuencia IT (Inicio de turno); Seguimiento (S); Cambio de Producto (CP); Cambio de Fase (CF).

N°	Control de atributos	HORA			Observaciones
		IT	SG CP CF	SG CP CF	
1	Impresión orden de producción				
	Revisar número secuencial orden producción				-----
	Fecha y hora de elaboración grupo, máquina				-----
	Precio, CPE, PMP si aplica al producto				-----
2	Materias primas correctas:				
	Tissue: color/ancho /gramaje		Tissue: color/ancho /gramaje		-----
	Tela: color/ancho /gramaje		Tela: color/ancho /gramaje		-----
	TBS/Polycategoría/ ancho /gramaje		TBS/Polycategoría/ ancho /gramaje		-----
	Layer: ancho /gramaje		Layer: ancho /gramaje		-----
	Barrera: color/ancho /gramaje		Barrera: color/ancho /gramaje		-----
	Tapes: tipo		Tapes: tipo		-----
	Frontal: tipo /ancho		Frontal: tipo /ancho		-----
	Sap: tipo/dosificación por producto		Sap: tipo/dosificación por producto		-----
3	Inspección Atributos - Evaluar				
	Cantidad Muestrada				-----
	Número de pañales defectuosos				-----
	Evaluar método de revisión del pañal				-----
4	Empaque del producto				
	Sellado del paquete				-----
	Impresión lotes				-----
	Unidades por paquete				-----
	Paketizado de acuerdo al producto				-----
5	Pañales de Segunda:				
	Cantidad por bulto				-----
	Codificación de segunda				-----
	Paketizado segunda				-----

N°	Control de variables del proceso	Unid.	ESP			IT			SG			Especificación a controlar	ESP			IT			SG			
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	F Diferencia velocidad lineal pulpa	m/min										peso										
7	F % humedad pulpa-entrada molino	%										Absorción										
8	F Presión Venturi Superior	psi										Distribución sap	homogénea									
9	F Presión Venturi Inferior	psi																				
10	F % sap pad superior	%										RH1										
11	F Vacío Form Inferior	pulgH2O										RH2										
12	F Vacío Form Superior	pulgH2O										RH3										
13	I Presión Calandra	psi																				
14	A Potenciómetro Tensión licras barr.	mV										Densidad	FD/F(0,12+0,2)									
15	A Potenciómetro Tensión licras C.A	mV											FD/S,F(0,15+0,2)									
14	F Diferencial de Vacío Osprey	pulgH2O																				
15	I Rpm Papel	rpm																				
16	I Rpm Tela	rpm	22.5																			
17	I Temp Modulio Tela	°C	15										Fuerza de cierre	>80gf								
18	I Rpm Tbs	rpm																				
19	I Presión Afirmación Tapes	bar	8																			
20	I Presión Corte Anatómico	bar	6.5																			
19	A Rpm Bomba LO	rpm										% Encogimiento (en uso)	<10%									
20	A Rpm Bomba LM	rpm																				
21	A Rpm Bomba LO	rpm										% Encogimiento (en uso)	<25%									
22	A Rpm Bomba LM	rpm																				

6.1 Cálculo para Velocidad lineal

A1	A2	A3	A4
Tipo de Pulpa:			
Ancho Pulpa (mm):			
Tiempo 1 (s):			
Tiempo 2 (s):			
Tiempo 3 (s):			
Velocidad máquina (ppm)			
Velocidad lineal ideal (m/min)			
Velocidad lineal Real (m/min)			
Diferencia (m/min)			
Indicador Potenciómetro:			

Firma Líder: _____ Firma Supervisor: _____

Observaciones:

ANEXO 6: AMEF IMPLEMENTADO

PASO DEL PROCESO	MODOS POTENCIALES DE FALLA	EFECTOS POTENCIALES DE LAS FALLAS (Defectos en el pañal)	CONDICIONES EXISTENTES					ACCIÓN RECOMENDADA	CONDICIONES RESULTANTES							
			SEVERIDAD	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES	DETECCIÓN		PRIORIDAD DE RIESGO NO. (RPN)	ACCIONES TOMADAS	DOCTORES	CONSERVACION	ZONAS	PRIORIDAD DE RIESGO NO. (RPN)		
Colocar licras en barrera	Mala parametrización de variables	Licras de Barreras Seltas	3	Falta adhesivo en licras	3	Verificación visual RFMs Licras Barrera	1	✓	9							
				Modulos adhesivo tapados	4	Limpieza diaria de modulos	3	✓	36							
Cortar barreras	Mala parametrización de variables	Altura de Barrera	6	Sliter desgastado	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	6							
Colocar barreras en tela	Mala parametrización de variables	Barrera Suelta	8	Falta adhesivo sello continuo	3	Verificación visual de RFMs Sello Continuo	1	✓	24							
				Modulo sello continuo tapado	3	Limpieza diaria de modulos	3	✓	72							
Cortar Layer	Mala parametrización de variables	Tamaño del Layer	1	Seteo de corte inadecuado	1	Leva electrónica	2	✓	2							
Cortar frontal	Mala parametrización de variables	Tamaño del frontal	1	Sensor de corte sucio	3	Limpieza diaria de sensor	3	✓	9							
Colocar frontal TBS	Mala parametrización de variables	Frontal Inclinado	4	Gap Boom anvil inadecuado	5	Gap Boom Anvil	4	✓	80							
		Goteo Adhesivo frontal	3	Exceso Rpms adhesivo frontal	4	Verificación visual de RFMs frontal	1	✓	12							
Colocar licras en TBS	Mala parametrización de variables	Licras de Corte Seltas	5	Falta adhesivo licras	6	Verificación visual de RFMs licras CA	1	✓	30							
		Goteo Adhesivo licras	3	Exceso Rpms adhesivo licras CA	3	Verificación visual de RFMs licras CA	2	✓	18							
Combinar materiales	Mala parametrización de variables	Goteo de Adhesivo Tela	10	Exceso Rpms tela	8	Verificación visual de RFMs tela	9	✗	720	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, identificación de parámetros de operación	10	2	1	✓	20
				Modulos Adhesivo tapados	2	Limpieza diaria de modulos	3	✓	60							
Colocar Tapes	Mala parametrización de variables	Tape Inclinado	4	Gap ubicador anvil inadecuado, Sky torcido	2	Mantenimiento Preventivo	2	✓	16							
		Pañal Roto zona del Tape	10	Exceso presión afirmación Tape	8	Verificación Visual Presión Afirmación Tapes	9	✗	720	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, identificación de parámetros de operación	10	1	1	✓	10
Cortar Retales	Mala parametrización de variables	Presencia de Retales	10	Presión CA inadecuadas	8	Verificación visual Presión Corte Anatómico	8	✗	640	Ver históricos defecto, variable RFMs y mecanismo de auditoria	Identificación de Frecuencia de defecto, identificación de parámetros de operación	10	1	1	✓	10
		Pañal Roto zona Corte Anatómico	4	Exceso presión CA	3	Verificación visual Presión Corte Anatómico	1	✓	12							
Doblar pañal	Mala parametrización de variables	Doblado en C incorrecto	1	Polea mal ubicada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	1							
Comprimir pañal	Mala parametrización de variables	Densidad del pañal	3	Presión compresión inadecuada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	3							
Cortar pañal	Mala parametrización de variables	Diferencia corte final-corte inicial	2	Cuchilla corte desgastada	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	2							
Doblar pañal	Mala parametrización de variables	Diferencia del Bidoblado	2	Dobladores mal ubicados	1	Mantenimiento Preventivo	1	✓	2							
Agrupar pañal	Mala parametrización de variables	Pañal Sucio, Material Extraño	10	Dientes separadores con suciedad	4	Ninguna	1	✓	40							
Empacar	Mala parametrización de variables	Empaque Sucio, Material Extraño	5	Placas empaque sucias	2	Limpieza diaria	1	✓	10							
Sellar	Mala parametrización de variables	Altura del sellado, Sellado Uniforme	2	Temperatura de sellado	2	verificación visual temp sellado	1	✓	4							