

**DISEÑO DE PROPUESTA PARA INCREMENTAR EL OUT PUT DE PRODUCCION DE LA
LÍNEA 3 DE BIOFILM S.A. UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA**



NELSON GÓMEZ LOZANO

RAÚL NIEVES OYOLA

JORGE LUIS JIMÉNEZ B.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD
CARTAGENA D.T.C**

2011

**DISEÑO DE PROPUESTA PARA INCREMENTAR EL OUT PUT DE PRODUCCION DE LA
LÍNEA 3 DE BIOFILM S.A. UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA**

NELSON GÓMEZ LOZANO

RAÚL NIEVES OYOLA

JORGE LUIS JIMÉNEZ B.

**Propuesta de trabajo integrador para
cumplir con los requisitos y Optar al
título de Especialistas en gerencia
en Producción y Calidad.**

DIRECTOR

**FÁBIAN ALFONSO GAZABÓN ARRIETA
Máster en Dirección de Operaciones y Calidad**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

CARTAGENA D.T.C

2011

Señores:

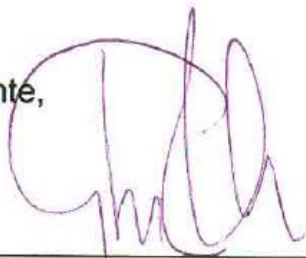
COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración el trabajo integrador titulado **“DISEÑO DE PROPUESTA PARA INCREMENTAR EL OUT PUT DE PRODUCCION DE LA LÍNEA 3 DE BIOFILM S.A. UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA”**, desarrollado por los estudiantes Jorge Luis Jiménez, Nelson Gómez Lozano, Raúl Nieves Oyola, en el marco de la Especialización en Gerencia en producción y Calidad, para optar al título de Especialista.

Atentamente,



FÁBIAN ALFONSO GAZABÓN ARRIETA
Director

Cartagena de Indias D. T y C. 2 de Noviembre de 2010

Señores:

COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

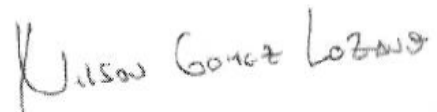
Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración el trabajo integrador titulado **“DISEÑO DE PROPUESTAS PARA INCREMENTAR EL OUT PUT DE PRODUCCION DE LA LÍNEA 3 DE BIOFILM S.A. UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA”**, en el marco de la Especialización en Gerencia en producción y Calidad, para optar al título de Especialista.

Atentamente



RAÚL NIEVES OYOLA



NELSON GOMEZ LOZANO



JORGE LUIS JIMENEZ BETANCOURT

AGRADECIMIENTOS

Para nuestro Director Ing. Fabián Gazabón que nos permitió estar en este proyecto de tesis con todo su apoyo incondicional y depositar su confianza en nosotros. agradecemos mucho su disposición de tiempo y voluntad en ayudarnos a desarrollar este proyecto.

Para todos los profesores que se involucraron en nuestra formación como profesional.

Gracias a todos nuestros amigos y familiares que Dios los bendiga y los proteja porque han sido una bendición en nuestras vidas.

Jorge Jiménez, Nelson Gómez, Raúl Nieves.

DEDICATORIA

Este proyecto de grado lo dedico con todo mi amor a mis padres por haberme brindado su apoyo, consejo, valores y motivación constante.

A mi esposa, hijos y demás familiares por apoyarme y siempre estar conmigo en todos los momentos de mi vida.

A todos mis amigos y amigas por estar conmigo y ayudarme a cumplir mis sueños.

Jorge Jimenez, Nelson Gómez, Raúl Nieves.

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.0 MARCO TEÓRICO

3.0 MARCO CONCEPTUAL

4.0 ETAPA DEFINIR

4.1 DEFINICIÓN Y EVIDENCIAS DEL PROBLEMA

4.2 ETAPA DEFINIR: IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA

4.2.1 DEFINICIÓN DE LA CARTA DEL PROYECTO

4.2.2 DEFINICIÓN DEL MAPA DE PROCESO

4.2.3 DEFINICIÓN DE LOS CRITICAL TO CLIENTS Ó CTQ'S

4.2.4 DEFINICIÓN DE LA MATRIZ DE DESPLIEGUE DE FUNCIONES Ó FDM

4.3 ASPECTOS CONCLUYENTES

5.0 ETAPA MEDICIÓN

5.1 DETERMINACIÓN DEL PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

5.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN ACTUAL

5.3 MEDICIÓN ACTUAL DE LA CAPACIDAD DE PROCESO

5.3.1 HABILIDAD O CAPACIDAD POTENCIAL (CP)

5.3.1.1 CARÁCTERÍSTICA DEL CP

5.3.2 HABILIDAD O CAPACIDAD REAL (CPK)

5.3.2.1 CARACTERÍSTICA DEL CPK

5.3.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO (CP,CPK) EN LÍNEA 3

5.4 ASPECTOS CONCLUYENTES

6.0 ETAPA ANALIZAR

6.1 REALIZACIÓN AMEF

6.1.1 REALIZACIÓN DE ANÁLISIS CAUSA EFECTO

6.2 ANÁLISIS DE NATURALEZA DE LOS DATOS

6.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

6.3.1 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

6.3.1.1 PASO 1: FORMULE

6.3.2.2 PASO 2: CALCULE

6.3.2.3 PASO 3: DETERMINE

6.3.2.4 PASO 4: DECIDA

6.3.2.5 PASO 5

6.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS BARRERAS AL VAPOR DE AGUA Y AL OXÍGENO CON TRATAMIENTO FLAMA Y CORONA

6.5 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

6.5.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PORCENTAJE DE RECUPERADO VS NUMERO DE ROTURAS

6.5.2 ANÁLISIS DE REGRESIÓN

6.5.3 ANÁLISIS REGRESIÓN AJUSTE DE TEMPERATURA DE PROCESOS VS PORCENTAJE DE RECUPERADO USADO EN FORMULACIÓN

6.6 ASPECTOS CONCLUYENTES

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Trampas de Tiempo	19
Figura 2. Mapa de proceso de línea 3 de Biofilm S.A	33
Figura 3. Capacidad de proceso	40
Figura 4. Espina de pescado.	46

LISTA DE GRAFICOS

Gráfica 1. Trampas de tiempo

Gráfica 2. Flujograma de selección de proyectos

Gráfica 3. Criterios de evaluación de los analistas Vs estándar

Gráfica 4. Evaluación de analistas Vs estándar para cada nivel de defecto

Gráfica 5. Análisis de capacidad Bioseal

Gráfica 6. Análisis de capacidad Biobase

Gráfica 7. Análisis de capacidad Bioplain

Gráfica 8. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los Bioseal

Gráfica 9. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los Biobase

Gráfica 10. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los Bioplain

Gráfica 11. Análisis de causa raíz de contratamiento línea 3

Gráfica 12. Análisis de causa raíz de tratamiento flama fuera de especificaciones

Gráfica 13. Prueba de normalidad de OTR 15 CORONA

Gráfica 14. Prueba de normalidad de OTR 15 FLAMA

Gráfica 15. Resultados de las pruebas de hipótesis OTR tratamiento flama y corona

Gráfica 16. Resultados de las pruebas de hipótesis WVTR tratamiento flama y corona

Gráfica 17. Gráfica de dispersión de % recuperado CC4515 VS número de roturas.

Gráfica 18. Gráfica de dispersión de ajuste de temperatura PH vs % recuperado.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Relación entre LEAN y SEIS SIGMA
- Tabla 2.** Velocidades de cada una de las referencias de la línea
- Tabla 3.** Velocidades presupuestadas VS velocidades reales
- Tabla 4.** Matriz de despliegue de funciones
- Tabla 5.** Resultados finales del FDM
- Tabla 6.** Plan de recolección de datos
- Tabla 7.** Análisis de modo de fallas y efectos
- Tabla 8.** Pareto del análisis modo de fallas y efecto.
- Tabla 9.** Base de datos para efectuar la prueba de hipótesis
- Tabla 10.** Resumen de datos para análisis de correlación
- Tabla 11.** Resumen de datos para análisis de regresión
- Tabla 12.** Propuestas de mejora para eliminar causas potenciales

RESUMEN

La empresa Biofilm S.A. es una empresa que se dedica a la producción de películas de polipropileno Biorientado, con operaciones en dos países ubicados estratégicamente con el objetivo de cubrir gran parte del mercado americano y europeo.

Actualmente se cuenta con una planta en cartagena con tres líneas de producción y una planta en México con dos líneas.

La línea 3 de la planta de cartagena inició operaciones en el 2001, con una velocidad máxima de diseño de 380 MPM, basado en el incremento de la demanda se decidió realizar una actualización a la planta en el año 2007 con el objetivo de incrementar la velocidad nominal de producción a 420 MPM. Posterior a esta actualización la línea solo ha podido llegar a una velocidad de 410 MPM y no de una manera sostenible, razón por la cual surgió la necesidad de este proyecto con todo el apoyo de la gerencia general, para lo cual se conformó un equipo multidisciplinario basado en la metodología Lean Six Sigma.

En la primea fase de DEFINIR se hizo la descripción y la evidencia del problema, se definió claramente los objetivos del proyecto con cada uno de los miembros del equipo, se realizó una revisión del estado actual de la línea en términos de velocidades para darle soporte económico al proyecto y determinar los alcances del mismo.

En la segunda fase de MEDIR se determinó el plan de recolección de datos, que van a ser utilizado a lo largo de todo el proyecto. Se realizó una validación del sistema de medición actual, lo cual es estrictamente necesario para seguir con la etapa de análisis, se realizó un análisis R&R al método utilizado en el laboratorio para calificar la apariencia de la película tratada con tratamiento flama, lo cual venía causando malestar entre el personal operativo y los analistas del laboratorio

debido a la gran variabilidad en los criterios definidos para calificar la apariencia de la película.

Seguidamente se determinaron los CTQ's los requerimientos del cliente y con base a esta información se realizó la matriz de despliegue de funciones o FDM con el objetivo de identificar las etapas prioritarias del proceso productivo.

Para la tercera etapa ANALIZAR se utilizó una serie de herramientas estadísticas (diagrama paretos, Pruebas de Hipotesis, Correlaciones Regresiones) con el objetivo de validar la relación entre las variables dependientes e independientes determinadas en las etapas anteriores, con el fin de identificar si el proceso era capaz de cumplir con las especificaciones establecidas e identificar las causales que mas impactan la problemática objeto de estudio.

Finalmente se pudo comprobar estadísticamente la relación entre las variables directamente relacionadas con la problemática citada en este proyecto y con datos poder romper algunos paradigmas que han sido implementados por muchos años y que no ah n permitido avanzar en soluciones definitivas y que a su vez han desviado los análisis realizados desde el momento en que se realizó la actualización de la línea 3.

En último lugar para la cuarta y quinta etapa (MEJORAR Y CONTROLAR), debido al alcance de este trabajo integrador solo se trabajó hasta la etapa de analizar, solo diseñando la propuesta de mejora y no se realizó la fase de implementación y de control de la metodología.

INTRODUCCION

Ninguna organización puede sobrevivir sin clientes, quienes reciben lo que los procesos pueden entregar. Junto con los procesos, los clientes son considerados la esencia de Lean Seis Sigma.

Hay que identificar quiénes son esos clientes y que quieren para saber que procesos requiere la organización para satisfacerlo.

Lean Seis Sigma reconocen la dualidad de clientes y procesos y proveen los mecanismos para asegurar que esta relación se establezca, se mantenga y se fortalezca.

El proceso de fabricación de película de Polipropileno Biorientada (BOPP) en espesores que oscilan entre 13 y 50 micras es producida a partir de una lámina que es extruida y estirada en dos direcciones ortogonales (dirección en sentido máquina y dirección transversal a la maquina) en un proceso llamado Tenter Frame

Las líneas de producción de película de polipropileno Biorientada (BOPP) en el mundo se clasifican por el ancho de la película terminada y la velocidad de producción expresada en mpm, lo cual a su vez determina el output de producción. Las velocidades oscilan entre 200 y 520 mpm, la tendencia es a diseñar plantas mucho más veloces y a realizar actualizaciones a las ya existentes que permitan aumentar su velocidad de producción.

Debido a lo anterior al momento de fabricar varios tipos de familias de productos y espesores, teniendo en cuenta que cada familia tiene diferentes referencias caracterizadas por el espesor, el tipo de tratamiento superficial, el paquete de aditivos, entre otros. Cada una de estas referencias tiene unos índices estipulados en el plan de operación entre los que se encuentra la Velocidad de producción. Si una línea no es capaz de cumplir con la velocidad planeada, trae como consecuencia pérdidas de tiempo de producción de la planta y por ende atrasos en las fechas de entrega a los clientes.

En otras palabras el objetivo y razón de ser es investigar las causas del incumplimiento de las velocidades presupuestadas y presentar alternativas de solución con acciones correctivas y preventivas que permitan llevar la línea a la máxima velocidad

Para la empresa Biofilm S.A es importante realizar este proyecto de mejoramiento con el fin de incrementar las velocidades de producción de cada una de las familias de los productos fabricados en la línea 3 lo que lograría un aumento en las toneladas ventas mensuales.

A través de las herramientas estadísticas de la metodología Lean SIX SIGMA, la cual llevará al cumplimiento de los índices de velocidad y a un incremento del promedio ponderado del output de producción, identificando las causas raíces que puedan estar

presentándose y eliminando cada uno de los desperdicios que de igual forma puedan afectar el flujo normal del proceso dándole así mejor tiempo de entrega a los clientes y cumplir con el plan de operación de la planta.

La implementación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma cobra importancia en la medida en que permite eliminar aquellos errores existentes en las empresas, los cuales suelen en un principio parecer insignificantes, pero que con el transcurrir del tiempo se convierten en un gran problema para la organización y sus clientes, generando un impacto negativo sobre la economía, la rentabilidad y la productividad de la compañía.

Este documento se encuentra organizado en cinco capítulos, los cuales muestran los tópicos como se muestra a continuación.

En el **Capítulo 1**, Se da inicio con la etapa Definir donde se establece el marco de referencia para todo el proyecto de diseño a través de la Carta de Proyecto en el cual se presenta el sentido en que se constituyen los objetivos y toda la infraestructura del objeto de estudio.

Posteriormente en el **capítulo 2**, se da inicio a la Etapa Medir que hace parte de la metodología DMAMC de Six Sigma en la cual se Validara el sistema de medición actual de cada una de las variables que afecten la velocidad de las referencias producidas en la línea.

Seguidamente en el **Capítulo 3**, se procede a identificar y analizar cada una de las causas potenciales que pueden estar generando la variabilidad del output con el fin de determinar la causa raíz del problema en la Línea 3 de la empresa Biofilm S.A

Este trabajo integrador causará a la empresa Biofilm S.A cambios en las expectativas del mercado, mejor satisfacción en los clientes y por parte de los Dueños de la compañía obtener mayores ganancias financieras.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar propuestas para incrementar el out put de producción de la línea 3 en BIOFILM S.A utilizando la metodología LEAN SEIS SIGMA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la Carta del proyecto.

- Validar el sistema de medición actual de cada una de las variables que afecten la velocidad de las referencias producidas en la línea.

- Identificar y analizar cada una de las causas potenciales que pueden estar generando la variabilidad del output de producción.

- Proponer acciones de mejora que lleven a mejorar la velocidad de los productos de la línea de producción 3

2. MARCO TEÓRICO

Lean es una metodología de trabajo que permite actuar sobre la cadena de valor del producto/servicio o de una familia de productos/servicios. Una empresa que gestiona sus procesos según los principios de lean, busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones / pasos del proceso que no generan valor.

El origen de la terminología Lean lo conocemos por primera vez en el libro "la máquina que cambio el mundo" de James Womack, best seller de 1990 en el que documenta en detalle gran cantidad de herramientas que se usan hoy en día por aquellas compañías que trabajan usando los principios de Lean.¹

Los principios de operaciones en Lean se basan en tres pilares fundamentales:

1. Producción: mediante la aplicación de las técnicas japonesas de JIT (Just in Time) también conocida como: Cero inventario Kan-Ban (Toyota), tamaño de lote pequeño, cambios rápidos y sistemas sencillos, producción sin stocks (Hewlett Packard), Materiales según se requieran (Harley Davidson), Manufactura de flujo continuo (IBM).

2. Cadena de suministro: reduciendo el número de proveedores siguiendo un proceso de selección con base en su habilidad para adaptarse a los requerimientos del cliente y la estabilidad de la relación.

3. Cultural: menos personal, empowerment y flexibilidad en las tareas que realizan los trabajadores, búsqueda de organizaciones planas.

Son pocas las empresas occidentales que han logrado integrar estos 3 pilares en sus sistemas de producción.

Los conceptos de Lean están realmente inspirados en las siguientes técnicas y formas habituales de trabajo en la industria japonesa:²

¹ **James Womack**, "La máquina que cambio el mundo", 1990.

² **William M. Feld**, Lean Manufacturing, tools, techniques and how to use them, Apics Alexandria, Virginia, 2001

- Las múltiples habilidades (polivalencia), participación y empowerment del personal
- La cercanía en la relación con proveedores que permite hacer funcionar sin interrupciones la cadena de suministro
- La conciencia colectiva de mejora continua en los flujos de procesos y en la utilización de máquinas es la clara tendencia hacia la acción.
- El trabajo con tamaños de lote pequeño: aspecto básico del Just In Time (JIT).
- La continua búsqueda de la reducción del tiempo de cambio de útiles (SMED)
- La instauración de mecanismos Poka-Yoke o a prueba de error

Pocas empresas emplean más del 10% de su tiempo en actividades que realmente generan valor. Sorprendentemente el 90% de su tiempo lo pasan en tareas que generan poco o ningún valor añadido. El objetivo de Lean Seis Sigma es simplificar los procesos, cambiar el flujo para aumentar el tiempo de trabajo que genera valor, hacerlos más delgados, que fluyan mejor, más rápidamente y con menos costes para los clientes. Lean implica sobre todo velocidad.

En el siguiente gráfico vemos la secuencia de actividades para llevar a cabo un proyecto de reducción de tiempos según Lean. Todo arranca de la elaboración del mapa de proceso tal y como es, también denominado Value Stream, y de la medición del tiempo que no añade valor (trampas de tiempo).

Figura 1. Trampas de Tiempo



Fuente: Manual Exclusivo de GPS

Por otro lado Seis Sigma más que un programa formal o una disciplina, es una filosofía de trabajo que puede ser compartida beneficiosamente por clientes,

empleados, accionistas y proveedores. Esencialmente, es una metodología centrada en el cliente que elimina el desperdicio, aumenta los niveles de calidad y mejora de forma radical los ratios financieros de las organizaciones.

El objetivo a lograr por Seis Sigma, es alcanzar no más de 3,4 defectos o errores por cada millón de oportunidades, implique el diseño y fabricación de un producto o implique un proceso de servicio orientado a un cliente. Este objetivo es de donde proviene el origen del nombre "Seis Sigma". La letra Sigma (σ) es utilizada como símbolo de la desviación estándar o medida de la variación de un proceso. Por tanto Seis Sigma centra el trabajo en identificar y controlar la variabilidad del proceso con el fin de tener un producto más fiable y predecible.

En Seis Sigma se trabaja proyecto a proyecto como única forma de eliminar problemas sistemáticos de variabilidad que afectan a procesos medibles y que se traducen en defectos cuantificables.

La metodología consiste en 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y su abreviatura más común es DMAMC. Veamos a continuación las actividades que se llevan a cabo en cada una de estas fases:

Definir: Identificar, evaluar y seleccionar proyectos, preparar la misión, seleccionar y lanzar el equipo.

Medir: Consiste en la caracterización del proceso o procesos afectados, estudiando su funcionamiento/capacidad actual para satisfacer los requerimientos clave de los clientes de dicho proceso. En esta fase, se documentan los posibles modos de fallo y sus efectos al tiempo que se elaboran las primeras teorías sobre las causas de mal funcionamiento.

Analizar: Se realiza el plan de recogida de datos y a continuación se procede al análisis de los mismos con el ánimo de establecer y determinar las pocas causas vitales del fallo del proceso.

Mejorar: Es esta la fase en la que se determinan e implantan las soluciones para que el proceso alcance los resultados esperados.

Controlar: Consiste en diseñar y documentar los mecanismos necesarios para asegurar que lo conseguido se mantenga una vez que el equipo del proyecto Seis Sigma haya implantado los cambios.³

LEAN SEIS SIGMA: Lean Seis Sigma supone integrar dos aspectos fundamentales:

- Eliminación de defectos-reducción de la variabilidad

³ **Forrest W.** Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods; Breyfogle III, 2000

- Aumentar la velocidad del proceso, eliminando las trampas de tiempo y generando más valor para el cliente.

El proceso de transformación comienza con un cambio radical de la actitud de la organización. Los líderes de la empresa, se deben de convencer de que la mejora continua no es suficiente para alcanzar los objetivos estratégicos, financieros y operativos. La mejora radical es necesaria para reducir drásticamente el coste de mala calidad y el desperdicio crónico. Esto se logrará mediante "mini transformaciones" en forma de proyectos, basadas en una serie de principios fundamentales:

- Evaluar a su empresa según los ojos de sus clientes, focalizando el trabajo en la cadena de valor (value stream). Los clientes pagan por el valor que crea el proceso.
- Reducir el desperdicio que genera el proceso al tiempo que se eliminan las causas de la variabilidad del proceso (Seis Sigma), para conseguir fiabilidad, robustez y consistencia de productos y servicios.
- El cliente tira del proceso (sistema "pull"). Permite tener costes bajos y una importante flexibilidad.
- Motivación y recompensa a los empleados, ya que al hacer su trabajo más flexible tendrán que dedicar más esfuerzo. Alinee sus objetivos y los de sus subordinados con los de la empresa.
- Formación para aumentar la flexibilidad en el trabajo, sin olvidar que Lean Seis Sigma es 30% de formación y un 70% de acción.
- Trabajar proyecto a proyecto para reducir el coste de mala calidad.

INTERACCIÓN LEAN Y SEIS SIGMA

En la tabla siguiente mostramos la interacción existente entre Lean y Seis Sigma. Observamos cómo un proceso con 20 pasos que trabaja a niveles de rendimiento de 3 sigmas tan sólo tiene un 25% libre de error a la primera. No nos debe de extrañar que empresas que trabajan de esta manera tengan problemas más que significativos para colocar sus productos en mercados competitivos. Por tanto, el rendimiento decrece cuando la complejidad aumenta.

Si se consigue reducir el número de piezas de un producto o el número de pasos de un proceso y al mismo tiempo se consigue disminuir el número de defectos (aumentando el valor sigma), el rendimiento del proceso aumenta radicalmente.⁴

⁴ **Forrest W.** Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods; Breyfogle III, 2000

Tabla 2. Relación entre LEAN Y SIX SIGMA



Fuente: Manual de uso exclusivo de GPS

De la tabla se puede concluir claramente que para explotar el potencial de mejora, es necesario trabajar en dos frentes: simplificar el proceso y reducir la variabilidad. Lean Seis Sigma proporciona la estructura, los métodos y las medidas que permiten lograr este doble objetivo: disminuir el número de defectos al tiempo que se aumenta la velocidad del proceso.

RESULTADOS FINANCIEROS DE LEAN SEIS SIGMA

En el corazón de Lean Seis Sigma está el beneficio económico. Los proyectos deben generar una ganancia económica clara y tangible, tener proyectos ganadores que generen más de 100.000 euros, pagan el compromiso diario de la alta dirección con la iniciativa. Es una lección aprendida que los primeros proyectos deben ser muy bien seleccionados para lograr visualizar cómo se pueden conseguir beneficios tangibles y reales.

La teoría está muy bien pero ahora veamos dónde atacar los problemas y qué objetivos persiguen los proyectos Lean Seis Sigma:

- Reducir inventarios hasta un 90%
- Mejorar la entrega a tiempo en >80%
- Reducir el tiempo de ciclo de meses a días
- Reducir exponencialmente el número de defectos y la variabilidad que genera el proceso (y que la empresa considera tradicionalmente como algo natural).

Todo esto en definitiva se hace para generar más valor para el cliente y conseguir que paguen más por el producto fabricado/servicio prestado y libre de defectos.

A fin de cuentas se trata de un beneficio para la empresa al tiempo que se protegen los empleos y permite tener al empleado un mayor compromiso con su actividad.

Esto es sólo parte de lo que podemos lograr si sabemos combinar efectivamente Lean y Seis Sigma. El método funciona y el personal que trabaja en él rápidamente lo comprende. Lean Seis Sigma está pensada para cambios radicales. Un factor vital para el éxito es conocer cómo se implanta.

MÉTRICAS DE LEAN

La métrica más importante en Lean es la eficiencia del ciclo, con la que comparamos el tiempo que añade valor vs el tiempo total de ciclo.

LA MÉTRICA DE LEAN: EFICIENCIA DE CICLO

- Al ser la velocidad el objetivo clave...
- En Lean, se compara el tiempo que añade valor (VAT-Value Added Time) vs el Tiempo Total de Ciclo (tiempo que tarda el proceso de comienzo a fin) (TLT-Total Lead Time)
- Ambas métricas se combinan en una denominada eficiencia de ciclo

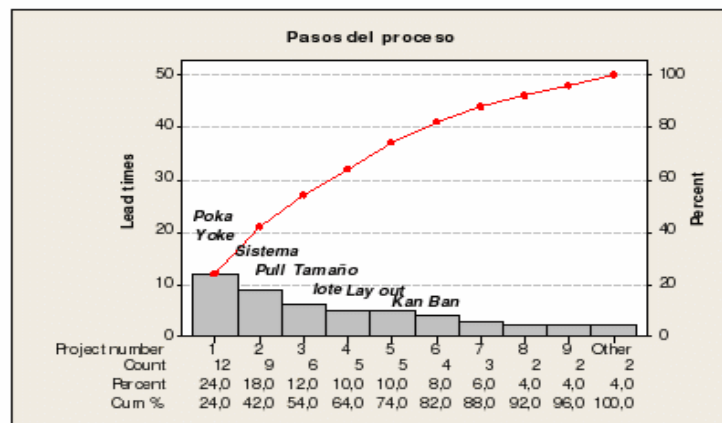
$$EC = \text{VAT (Value Added Time)} / \text{TLT (Total Lead Time)}$$

En resumen, un proceso Lean es aquel en el que el tiempo que añade valor es más del 25% del tiempo total del proceso.

Cualquier proceso con baja eficiencia de ciclo tendrá grandes oportunidades para la reducción de costes.

Pasar de una eficiencia de ciclo del 5% al 25% significa una reducción de costes (de mala calidad y de exceso de horas del personal) cercana al 20%. Siguiendo el principio de Paréto, "las trampas de tiempo" se localizan en menos del 20% de las estaciones de trabajo y estas son responsables del 80% del retraso. Trabajaremos proyecto a proyecto sobre dichas "trampas de tiempo" aplicando las herramientas convenientes de Lean o de Seis Sigma.

Grafica 1. Trampas de Tiempo
FOCALIZANDO EL ESFUERZO
EN LAS "TRAMPAS DE TIEMPO"



Fuente: Manual de Uso Exclusivo de GPS

El comienzo de cualquier proyecto pasa por la elaboración del mapa de proceso o "value stream map". Tras el análisis del mismo, se identifican las "trampas de tiempo" que afectan al proceso. En la figura se representa la contribución de las distintas "trampas de tiempo" al tiempo total de ciclo y la herramienta, sea de Lean o Seis Sigma, utilizada para su resolución. Algunas de las herramientas típicas de Lean son:

- Value stream mapping (Mapa de proceso)
- Sistemas Pull
- Reducción del tiempo de preparación -SMED (Single Minute Exchange of Die)
- TPM (Total Productive Maintenance)
- Poka Yoke
- Normas 5S

Algunas de las herramientas típicas de Seis Sigma:

- Mapa de proceso
- Gráficos, histogramas, box plots, series temporales...
- Diagramas causa-efecto, AMFE
- Contrastes de hipótesis para datos normales y no paramétricos
- DOE (Diseño de experimento)
- Simulación
- SPC (Control Estadístico del Proceso).⁵

Como ejemplos claros en la aplicación de Lean Seis Sigma que hemos vivido recientemente podemos mencionar cómo una empresa que fabrica envases para bebidas carbónicas y cuya estructura de costes está directamente asociada al precio del aluminio y por tanto a la cantidad de aluminio que se consume, la disminución del grosor de la pared de la lata puede generar importantes beneficios.

La existencia de variabilidad fuera de tolerancias en el proceso de elaboración del envase puede suponer miles de euros de extra coste al tener que aumentar el consumo de aluminio por producir latas con paredes demasiado gruesas. Al mismo tiempo se producirían latas con paredes demasiado finas que pueden romperse o explotar con lo que mancharía el resto del cargamento pudiendo suponer miles de euros en limpieza y expediciones repetidas.

En este caso, claramente se está ante un problema de variabilidad y la existencia del defecto supone un coste enorme para la empresa que no se puede permitir a medio o largo plazo. La herramienta a utilizar es Seis Sigma

Por otro lado, se da la circunstancia en la que el tiempo de espera para realizar una operación determinada de moldeado es enorme debido a las esperas en la preparación de la maquinaria o la falta de un componente determinado, tiempo que no genera valor alguno para el proceso. En este caso se trabaja con técnicas Lean que se orientan hacia el aumento de velocidad del proceso.

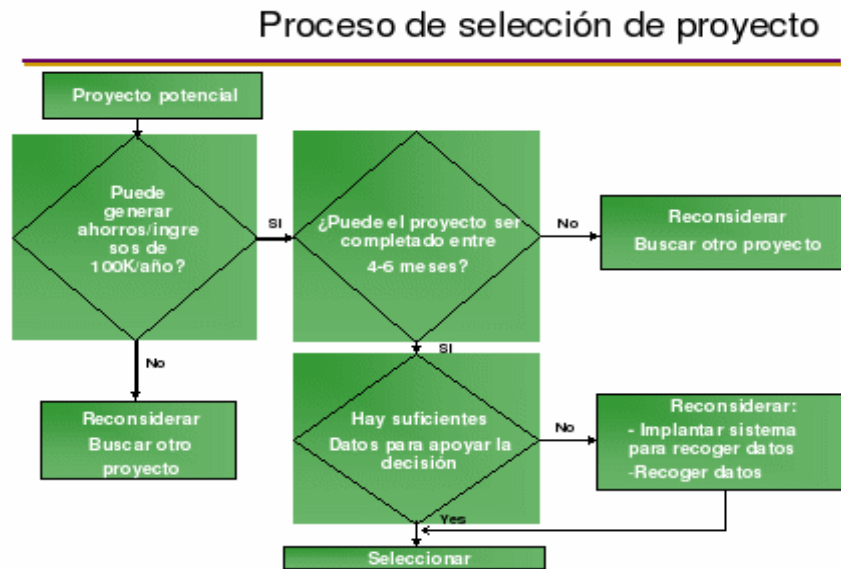
El éxito de un programa de estas características depende de la habilidad de los equipos para finalizar proyectos de forma eficaz, siguiendo la correspondiente metodología.

Gran cantidad del esfuerzo debe recaer sobre la correcta selección de proyectos y en la selección de los recursos adecuados.

⁵ Allen L Webster, Estadística aplicada a los negocios y la economía, MC Graw – Hill, 2000.

Respecto a la selección de proyectos convendría trabajar según el siguiente flujograma:

Grafica 2.Flujograma de selección de proyectos



Fuente: Manual de uso exclusivo de GPS

Por otro lado, la selección de equipos eficaces no implica necesariamente trabajar con los mejores y más brillantes individuos de la empresa en el programa. De hecho en Lean Seis Sigma se trabaja con gente a todos los niveles y con múltiples capacidades. El éxito radica en seleccionar a empleados con potencial de liderazgo para gestionar el proyecto.

3. MARCO CONCEPTUAL

- **Extrusión:** es un proceso mediante el cual a partir de un polímero o plástico sólido se obtiene una masa fundida homogénea, para ser convertida mediante otros procesos posteriores en productos finales de diversas características y propiedades.
- **Biorientación:** : La orientación Biaxial es el proceso por el cual una lamina o película plástica es estirada logrando una orientación en las cadenas poliméricas del plástico paralelas al plano de la película, pero en una forma más o menos randomica dentro de ese plano.
Las películas orientadas biaxialmente poseen superior resistencia a la tensión, mayor flexibilidad, tenacidad y menor encogimiento en comparación con una no orientada.
- **Orientación Maquina:** La Orientación en dirección maquina abreviada MDO orienta la lamina base por primera vez en sentido longitudinal, este se compone de tres secciones: precalentamiento, estiramiento, y recocido. En la sección de precalentamiento se incrementa la temperatura de la lámina base para lograr un fácil estiramiento, la segunda zona consta de un grupo de rodillos que giran a diferentes velocidades donde se efectúa el estiramiento y orientación de la lamina base y en la última zona después de haber sido orientada la película esta debe ser termo estabilizada a una mayor temperatura usando los rodillos de aneling (recocido)
- **Orientación Transversal:** La Orientación en dirección transversal a la maquina abreviado TDO orienta la lamina monoaxialmente orientada base por segunda vez en sentido transversal, En este segundo estiro se termina de dar orientación a las zonas amorfas que unen las lamelas. Este se compone de cuatro secciones: precalentamiento, estiramiento, recocido y enfriamiento
- **Tratamiento superficial:** La película de polipropileno presenta una estructura no polar, situación no conveniente para lograr una buena adhesión a sustratos polares como el papel en la laminaciones o para procesos de impresión, para cambiar esta situación es necesario adicionar cantidades importantes de oxígeno a la superficie del polímero generando grupos funcionales de características polares, para esto existen varios procesos, entre los más comunes podemos mencionar; el tratamiento corona, el tratamiento flama y el tratamiento plasma, para nuestro caso (planta de Bioorientacion) solamente se encuentran instalados los equipos para tratamiento corona y para tratamiento flama
- **Tratamiento Corona:** Es el aplicado con mayor frecuencia a películas y láminas de poco espesor y consiste en un generador de alta tensión y frecuencia que alimenta un rodillo metálico suspendido con toma de tierra. Este rodillo está recubierto por un aislante como poliéster, cerámico o elastómero de silicona.

El conjunto puede considerarse un gran condensador, con el electrodo y el rodillo con toma de tierra como las placas del mismo, y el aire como dieléctrico. La corona se forma cuando se aplica un alto voltaje que causa la ionización del aire y se forma

Un plasma, pudiéndose observar una luz azulada en el espacio intermedio sin que se produzca arco debido al aislamiento del rodillo. Este plasma a presión atmosférica es lo que se denomina descarga corona. Una película que pase de modo continuo sobre el rodillo bajo los efectos de este plasma sufre modificaciones superficiales que permiten la posterior impresión de la misma.

- Tratamiento Flama: La llama, es el plasma conocido desde hace más tiempo por la humanidad y se ha utilizado en varios procesos industriales.

A diferencia de la descarga corona, suele utilizarse para el tratamiento de objetos voluminosos, por lo que encuentra su mayor campo de aplicación en grandes elementos, como los de PP (parachoques y otros) del automóvil, que deben pintarse con colores que casen exactamente con el resto de la carrocería.

La instalación, consistente en un quemador y un depósito de combustible es muy portátil y puede emplearse para el tratamiento **in-situ**. Su efecto puede deberse a la elevada temperatura (1.000° a 2.000° C) de la llama o a reacciones con muchas especies excitadas de la misma.

Los parámetros importantes son la relación aire/gas y la naturaleza de éste, la distancia de la punta de la llama al objeto y el tiempo de tratamiento. La concentración de oxígeno y el ángulo de contacto con el agua mejoran con una relación aire/gas de 11/1, requiriéndose una llama oxidante para obtener los mejores resultados, pero teniendo buen cuidado de evitar la contaminación de la superficie con productos residuales de la combustión.

4. ETAPA DEFINIR

El objetivo de este capítulo es identificar la problemática actual que se tiene en la línea 3 de producción de BLOPP la cual esta afectando directamente el cumplimiento del plan de producción del año, cuya información es tomada y evidenciada del plan estratégico de la compañía, por medio del cual permitió la identificación del problema objeto estudio de este proyecto.

Una vez identificado se procederá a implementar la metodología de Lean Seis Sigma, y sus herramientas estadísticas aplicables a este tipo de proyectos.

4.1. DEFINICIÓN Y EVIDENCIAS DEL PROBLEMA

Biofilm S.A. es una empresa dedicada a la producción de películas de polipropileno Biorientadas que inició operaciones en el año 1995 con la línea de producción 1 con una velocidad nominal de 220 metros por minutos. Para el año 1995 inició operaciones la línea de producción 2 con una velocidad de 250 metros por minutos. La línea 3 de producción de BOPP de inició operaciones en el año 2002 con una velocidad nominal de 380 MPM la cual fue fácilmente alcanzable en la gran mayoría de los productos fabricados en esa línea.

Para el año 2006 se realizó una actualización en la línea llevando a una velocidad nominal de 420 MPM, dicha velocidad no ha sido alcanzada en la gran mayoría de productos realizados en la planta, lo cual ha traído como consecuencia baja productividad y el incumplimiento en las fechas de entrega de los productos. Durante los siguientes años a la actualización se ha venido trabajando en alcanzar las velocidades nominales de la línea pero no ha sido posible de una manera sostenible y eficiente. En la **Tabla 3** se ilustra las velocidades llevadas a cabo en cada una de las referencias de la línea durante el año 2009.⁶

Tabla 3. Velocidades de cada una de las referencias de la Línea 3.

RESUMEN DE VELOCIDADES POR REFERENCIAS 2009 LÍNEA 3															
Familia	Referencia	Vel Presupuesto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Bioseals	CC4515	405	408	403	403	395	408	406	390	390	399	366	369	383	393
	CC4517	405	408	405	400	402	401	410	392	397	399	368	379	372	396
	CC4520	405	404	402	395	402	390	405	374	368	384	342	363	365	382
	CC4523	350		332		304								327	322
	CC4525	320	318	316	302	296	312	357		0		266	288		298
	CC4515B	405													365
Bases	MB3617	270							280	268		270		251	267
	MC2815	280	324					323		295					314
	MC3415	400	393	406	392	383	385	390	391			390		352	387
	MC4517	400		403				395	390	385	385		354		383
	MC4520	400									392				392
	MC4525	320		320		380	260		300	233	300				282
	MC3215	400	400	400	397	389	392	390	385	382	379	373	368	369	385
	MC3217	400	390	405	404	383	387	340	383	385	383	367	372	341	378
	MC3220	400	385	401	393	388	385	371	390	369	366	377	369	347	375
	MC3225	320	306	303		385	347	328	319	302	331	357	380	297	323
Bioplains	PC2115	350		352	358	369	348	340	339	390	347	327	347	335	349
	PB2120	350							340	370	352	357		339	351
	PC2120	350	387		340	330	338	335	340	359	357	344	344	321	342
	PF1025	320		320	308	266	319	320	321	331	349	301	299	284	311
	PC2125	320			340	309	335	320		320		297		296	316

⁶ Información tomada del Sistema de Información de Biofilm S.A.

Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada por Biofilm S.A
 Se realizó un análisis de las velocidades promedio trabajadas durante el año 2009 y se comparó con las velocidades planeadas en el plan de operaciones encontrándose grandes diferencias en la gran mayoría de los productos tal como se indica en la **Tabla 4.**

Tabla 4. Velocidades presupuestadas VS velocidades Reales

VELOCIDAD PRESUPUESTO VS VELOCIDAD REAL PONDERADA 2009					
Referencia	Velocidad Promedio Ponderada (MPM)	Velocidad Presupuesto (MPM)	Velocidad Objetivo (MPM)	Diferencia con Relación al Presupuesto (MPM)	Diferencia con Relación al Objetivo (MPM)
MC4525	281	320.0	320.0	39	39
CC4523	321	340.0	350.0	19	29
CC4520	390	405.0	420.0	15	30
MC3220	379	390.0	420.0	11	41
CC4525	310	320.0	320.0	10	10
MC3217	382	390.0	420.0	8	38
MB3617	273	280.0	280.0	7	7
PC2120	344	350.0	370.0	6	26
CC4515	400	405.0	420.0	5	20
PC2125	315	320.0	320.0	5	5
CC4517	402	405.0	420.0	3	18
PF1025	318	320.0	320.0	2	2
MC3215	390	390.0	420.0	0	30
MC3415	391	390.0	420.0	-1	29
PC2115	351	350.0	370.0	-1	19
MC4520	392	390.0	420.0	-2	28
PB2120	356	350.0	370.0	-6	14
MC2815	315	280.0	280.0	-35	-35
MC4517	390	390.0	420.0	0	30
MC3225	320	320.0	320.0	0	0

Fuente: Elaborado por los autores con base a la información suministrada por Biofilm S.A

Este análisis se llevara a cabo mediante la metodología DMAMC de SIX SIGMA la cual representara mucha importancia en el aumento del out put de producción de la línea 3 de BIOFILM S.A generando a la empresa propuestas de mejoras que ayudaran a identificar y atacar las causas asignables que se puedan estar presentando durante el proceso de producción y que no permiten correrlas a una mayor velocidad.

4.2. ETAPA DEFINIR: IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA

La etapa de Definir es considerada una de las etapas más importantes de un proyecto Six Sigma, se debe tener mucho cuidado en la definición de los componentes que van a ser parte del proyecto como de la problemática actual.

Durante este capítulo se definirá claramente los siguientes puntos:

- Definición de Problema, en la cual se explica la Situación actual de la empresa la cual motivó a la realización de este trabajo.
- Descripción del proceso de Producción de BOOP.
- Definición de la carta del proyecto.
- Definición de Mapa de proceso de la Empresa.
- Definición de los CTQ's
- Definición del FDM.


4.2.1 Definición de la carta del proyecto.

Todo proyecto de mejoramiento basado en la metodología Lean Seis Sigma, debe tener una carta de proyecto donde se define los siguientes puntos:

- Definición del Problema
- Miembros del Equipo
- Impacto económico
- Sponsor

De acuerdo a lo anterior se presenta el cuadro del proyecto utilizando el formato establecido en GPS Consulting (Ver **Cuadro 1**)

Cuadro 1. Carta de Proyecto de BIOFILM S.A

 GPS Consulting		Resumen Six Sigma del Proyecto																																							
Grupo:	<u>12</u>	Nombre Black Belt:	<u>Jorge Jimenez B</u>																																						
Division:	<u>Manofactura</u>	Black Belt Ola #:	<u>4</u>																																						
Locacion:	<u>Produccion Línea 3</u>	Proyecto Numero:	<u>1015</u>																																						
Proceso/Area Funcional:	<u>Produccion</u>	Categoria Financiera:	<input type="checkbox"/> Indices de Calidad <input type="checkbox"/> Devoluciones <input type="checkbox"/> Servicio <input type="checkbox"/> Capital de Trabajo <input type="checkbox"/> Desperdicio <input type="checkbox"/> Gastos (Adm/Operaciones) <input checked="" type="checkbox"/> Incremento Ventas <input type="checkbox"/> Incremento de toneladas ventas																																						
Dueño Primario del proceso	<u>Jorge Herazo/Ricardo Ricardo</u>																																								
Sponsor del Proyecto:	<u>Jorge Herazo</u>																																								
Auditor Financiero:	<u>Andres Cuervo</u>																																								
Impacto Anualizado (US/\$)																																									
	Año	Q1	Q2																																						
	Q3	Q4	Total																																						
Meta:	<u>798595.3199</u>	<u>\$199,649</u>	<u>\$199,649</u>																																						
			<u>\$199,649</u>																																						
			<u>\$199,649</u>																																						
			<u>\$798,595</u>																																						
Nombre del Proyecto: Mejoramiento Output en producción de L3																																									
Definicion del Problema: <u>La línea 3 no cumple con las toneladas del plan de operación</u>																																									
Objetivo/s del Proyecto <u>Incrementar el Output de L3 de 2760 kg/h a 3070 kg/h.</u> <u>Cumplir con las toneladas del plan de operación (1600 Tons Ventas)</u>																																									
Metric primario del proyecto:	<u>Incremento del Out Put en 145 Kg/Hr</u>	Metric secundario:	<u>Sostener la eficiencia de la línea</u>																																						
			<u>Sostener la eficiencia de la CP3</u>																																						
Linea Base:	<u>2760 Kg/Hr</u>	Meta:	<u>3070 Kg/Hr</u>																																						
Alcance:	<u>Incluye:</u> <u>Mejoramiento de Velocidades de la línea</u>	<u>No incluye:</u> <u>Mejoramiento de Eficiencia</u>																																							
Fecha inicio	<u>05-may-10</u>	Fecha Est. De Finalizacion	<u>Octubre 2011</u>																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Jorge Herazo</td> </tr> <tr> <td>Dueño del Proceso:</td> <td style="text-align: right;">Fecha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ricardo Ricardo</td> </tr> <tr> <td>Sponsor:</td> <td style="text-align: right;">Fecha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Andres Cuervo</td> </tr> <tr> <td>Auditor Financiero:</td> <td style="text-align: right;">Fecha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Jose Chamorro</td> </tr> <tr> <td>Working Champion</td> <td style="text-align: right;">Fecha</td> </tr> </table>		Jorge Herazo		Dueño del Proceso:	Fecha	Ricardo Ricardo		Sponsor:	Fecha	Andres Cuervo		Auditor Financiero:	Fecha	Jose Chamorro		Working Champion	Fecha	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Green Belts:</td> </tr> <tr> <td>Nombre</td> <td style="text-align: right;">Cargo</td> </tr> <tr> <td>Nelson Gómez</td> <td style="text-align: right;">Lider de Turno</td> </tr> <tr> <td>Diego Muñoz</td> <td style="text-align: right;">Lider de Turno</td> </tr> <tr> <td>David Prada</td> <td style="text-align: right;">Supervisor de mantenimiento</td> </tr> <tr> <td>Giovanni Quiroz</td> <td style="text-align: right;">Ing. De Proceso</td> </tr> <tr> <td>Raúl Nieves</td> <td style="text-align: right;">Invitado Externo</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Green Belts:		Nombre	Cargo	Nelson Gómez	Lider de Turno	Diego Muñoz	Lider de Turno	David Prada	Supervisor de mantenimiento	Giovanni Quiroz	Ing. De Proceso	Raúl Nieves	Invitado Externo								
Jorge Herazo																																									
Dueño del Proceso:	Fecha																																								
Ricardo Ricardo																																									
Sponsor:	Fecha																																								
Andres Cuervo																																									
Auditor Financiero:	Fecha																																								
Jose Chamorro																																									
Working Champion	Fecha																																								
Green Belts:																																									
Nombre	Cargo																																								
Nelson Gómez	Lider de Turno																																								
Diego Muñoz	Lider de Turno																																								
David Prada	Supervisor de mantenimiento																																								
Giovanni Quiroz	Ing. De Proceso																																								
Raúl Nieves	Invitado Externo																																								

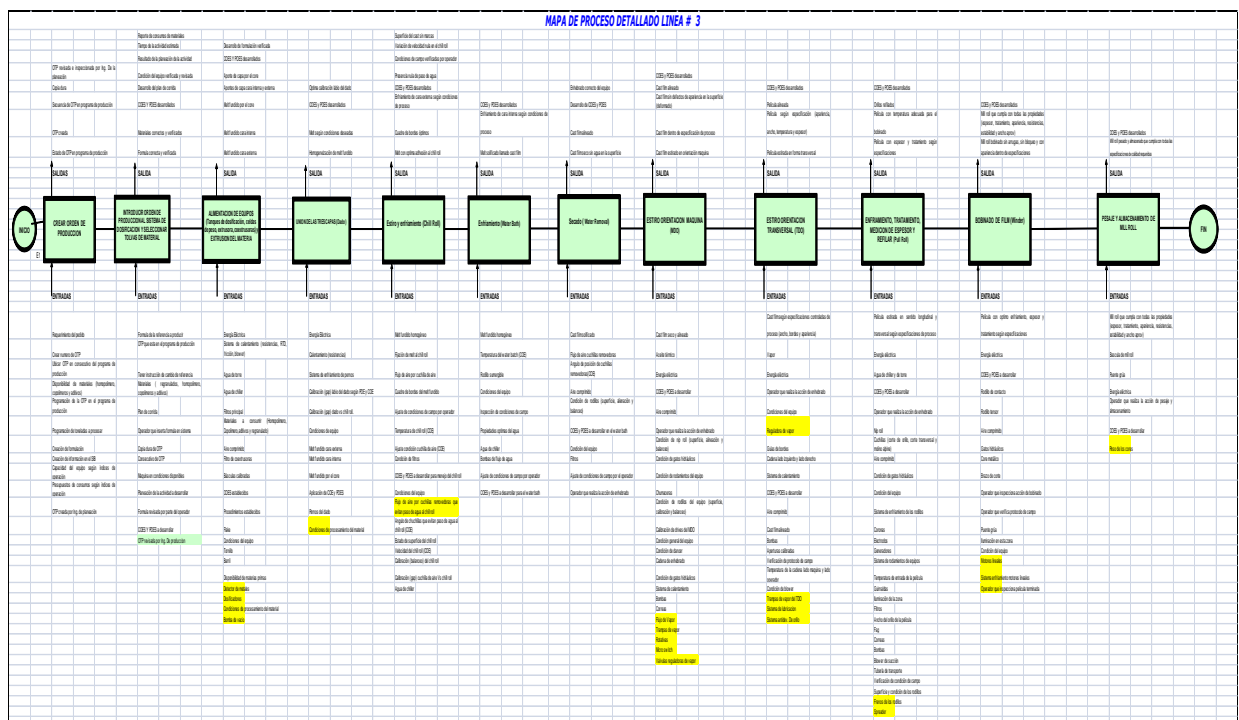
Fuente: Elaborado por los Autores tomando como base el formato de GPS Consulting.

4.2.2. Definición del Mapa de proceso de la Empresa BIOFILM S.A

El mapa de proceso es una herramienta necesaria para determinar las etapas del proceso con sus respectivas entradas y salidas críticas con las cuales se puede construir la matriz de despliegue de funciones o FDM.

En la **Figura 3** se muestra el mapa de proceso de BIOFILM donde se observa la interacción e identificación de todos sus procesos que se llevan a cabo en la línea 3 de producción.

Figura 3. Mapa de Proceso de la línea 3 de BIOFILM S.A



Fuente: Manual integrado del sistema de Gestión de Calidad de BIOFILM S.A.

4.2.3. Definición de los Critical to Clients ó “CTQ´s”

Con la definición de los CTQ´s el Sponsor y el dueño de proceso determinan los puntos críticos que deben ser considerados paralelamente en el desarrollo del proyecto. Estas son aquellas consideraciones que deben ser tenidas en cuenta para cumplir con las expectativas del cliente.

Dentro de este proyecto se definieron y se enmarcaron los siguientes CTQ´s:

- Incremento de Velocidad de la familia de los Bioseals, Bioplains y Biobase
- Sostenimiento de las Eficiencias
- Sostenimiento de la calidad en corte primario

4.2.4. Definición de la matriz de despliegue o FDM.

La matriz de despliegue de funciones o FDM , se usa para determinar las entradas críticas del proceso que afectan directamente los objetivos del proyecto y los CTQ's, la **Tabla 5** muestra el FDM calificado por cada uno de los miembros del equipo del proyecto en estudio.

Tabla 5. Matriz de despliegue o FDM

Matriz de Despliegue de Funciones (FDM)																				
Proyecto: Incremento del Output de Producción de la Línea 3 de Biofilm S.A.																				
		Fecha:	11/05/2010						Impacto Bajo o Ninguno	1										
									Impacto Medio	5										
									Impacto Alto	10										
Etapas Críticas del Proceso	Característica Clave para el Cliente (CTQs)	Incremento de velocidad de los Bioseal, Bases y Bioplains						Sostenimiento de la eficiencia						Sostenimiento de la calidad de corte						TOTAL GENERAL
	Ranking de Prioridad del Cliente	10						10						10						
	GRUPO	David P	Jorge J	Giovanni Q	Nelson G	Diego M	TOTAL	David P	Jorge J	Giovanni Q	Nelson G	Diego M	TOTAL	David P	Jorge J	Giovanni Q	Nelson G	Diego M	TOTAL	
ESTIRO ORIENTACION TRANSVERSAL (TDO)	1	5	10	5	5	10	7	10	10	5	10	10	9	5	10	5	5	10	7	23
ESTIRO ORIENTACION MAQUINA (MDO)	2	10	10	5	5	10	8	10	10	5	10	10	9	5	10	5	10	10	8	25
ENFRIAMIENTO TRATAMIENTO, MEDICION DE ESPESOR Y REFILAR (Pull Roll)	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	30
EXTRUSION DEL MATERIA	4	5	1	1	1	5	2.6	5	5	1	5	5	4.2	5	5	1	1	5	3.4	10.2
UNION DE LAS TRES CAPAS (Dado)	5	5	1	1	5	5	3.4	5	1	1	10	5	4.4	5	1	1	1	5	2.6	10.4
SISTEMA DE DOSIFICACION (Tanques de dosificación, celdas de peso, extrusora, coextrusoras)	6	5	5	5	10	5	6	1	5	5	10	5	5.2	1	5	5	5	5	4.2	15.4
Enfriamiento (Water Bath)	7	5	5	5	5	10	6	5	5	5	10	5	6	5	5	5	1	5	4.2	16.2
ESTIRO, ENFRIAMIENTO y SECADO (Chill roll, Water bath y Water removal)	8	5	5	5	10	5	6	5	5	5	10	5	6	5	5	5	1	10	5.2	17.2
INTRODUCIR ORDEN DE PRODUCCION AL SISTEMA DE DOSIFICACION Y SELECCIONAR TOLVAS DE MATERIAL	9	1	1	5	10	1	3.6	1	1	5	10	1	3.6	1	1	5	1	1	1.8	9

Fuente: Elaborado por los autores con base a la información suministrada por Biofilm S.A

Con los resultados de esta matriz se realizó un Paréto para con el fin de determinar las etapas del proceso que tienen mayor influencia en el cumplimiento de los objetivos del proyecto, que a su vez van a alimentar las etapas del proceso en la realización del AMEF (Análisis de modo de Fallo). Los resultados finales se pueden observar en la **Tabla 6**.

Tabla 6.Resultados finales del FDM

PARETO RESULTADOS FDM			
Variable de Entrada Clave del Proceso	Rank	Porcentaje de Contribución	Porcentaje de Contribución Acumulado
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar PRS	260	19,17%	19,17%
Estiro Orientación Maquina MDO	216	15,92%	35,09%
Estiro Orientación Transversal TDO	198	14,60%	49,69%
Enfriamiento Chill Roll	150	11,03%	60,72%
Enfriamiento - secado water Bath	142	10,44%	71,16%
Sistema de Dosificación	135	9,97%	81,13%
Unión de las tres capas (Dado)	90	6,64%	87,76%
Extrusión del Material	87	6,40%	94,16%
Introducir Orden de fabricación al sistema (Formulación)	79	5,84%	100,00%

Fuente: Elaborado por los autores con base a la información suministrada por Biofilm S.A

4.3 ASPECTOS CONCLUYENTES

De manera concluyente se observa que los equipos de la línea que más tienen relación con los CTQ's determinados en este proyecto de mejoramiento son el MDO, TDO y el PRS debido a que las etapas del proceso de Biorientación que resultaron del Paréto del FDM pertenecen a estos equipos.

Las etapas resaltadas del Paréto van a ser seleccionadas como las etapas a tener en cuenta en la realización del análisis de modo de fallo y efecto (AMEF)

Una vez identificado el problema y definidos los CTQ (La voz del cliente) del proyecto a desarrollar se procede con la siguiente etapa de la metodología DMAMC, que corresponde a la fase "Medir".

5. ETAPA DE MEDICIÓN

En esta etapa se evaluarán con profundidad el actual sistema de medición del proceso y de los componentes que lo conforman.

Se entiende por Sistema de Medición, la colección de operaciones, procedimientos, instrumentos de medición y otro equipo, software y personal definido para asignar un número a la característica que está siendo medida.

Es el proceso completo utilizado para obtener mediciones. En esta etapa se tienen los siguientes entregables:

- Determinar el plan de recolección de datos
- Evaluación de sistema de Medición actual.
- Medición de la capacidad de proceso actual

5.1 DETERMINACIÓN DEL PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Un plan de recolección de datos significa elaborar y preparar desde un sistema de medición validado todo lo concerniente a la obtención de los datos, se debe Tener en cuenta la descripción del problema para determinar cuáles mediciones son necesarias (primarias/secundarias), de igual forma se debe determinar un plazo de recolección (largo o corto) y dar seguimiento a través del tiempo.

En la **Tabla 7**, se muestra el plan de recolección de datos del proyecto en el que se definirá la frecuencia que se va a llevar a cabo para la toma de los datos en el proceso y quien va hacer la persona responsable de su recolección.

Tabla 7.Plan de Recolección de datos

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Variable	Tipo de Variable	Deficicion Operacional	Unidad	Metricas	Frecucia
Baja Velocidad por Contratrataamiento	Cuantitativa	Contratrataamiento	Dinas/Cm2	Nivel de Contratrataamiento reportado por Laboratorio	Diaria
Baja Velocidad por Tratamiento Flama Bajo	Cuantitativa	Tratamiento flama por debajo de 41 Dinas	Dinas/Cm2	Nivel de tratamiento Reportado por Laboratorio	Diaria
Baja Velocidad por mala apariencia	Cualitativa	Mala apariencia de la pelicula(Manchas/Marcas)	Fuerte. Leve. Aceptable	Porcentaje de Area comprometida del Mill Roll	Diaria
Baja Velocidad por Inestabilidad	Cuantitativa	# de Roturas en Línea	# Roturas	# roturas Según criterio seis Sigma	Diaria
Baja velocidad por Falta de cores	Cuantitativa	# de cores disponibles	Unidades Disponibles		Diaria

Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

5.2 EVALUACIÓN DE SISTEMA DE MEDICIÓN ACTUAL

Todo proyecto de mejoramiento no puede pasar a la etapa de analizar sin haber validado el sistema de medición actual.

En este proyecto se decidió analizar el sistema de medición de defectos de apariencia de las películas tratadas con tratamiento flama, las cuales han afectado la continuidad de la velocidad de producción de estas referencia debido a que una mala apariencia de la película obliga a bajar velocidad para solucionar el defecto.

Siendo esta una variable no cuantitativa, ha sido muy difícil mantener criterios similares entre los analistas de laboratorio, quienes determinan la calidad de la película.

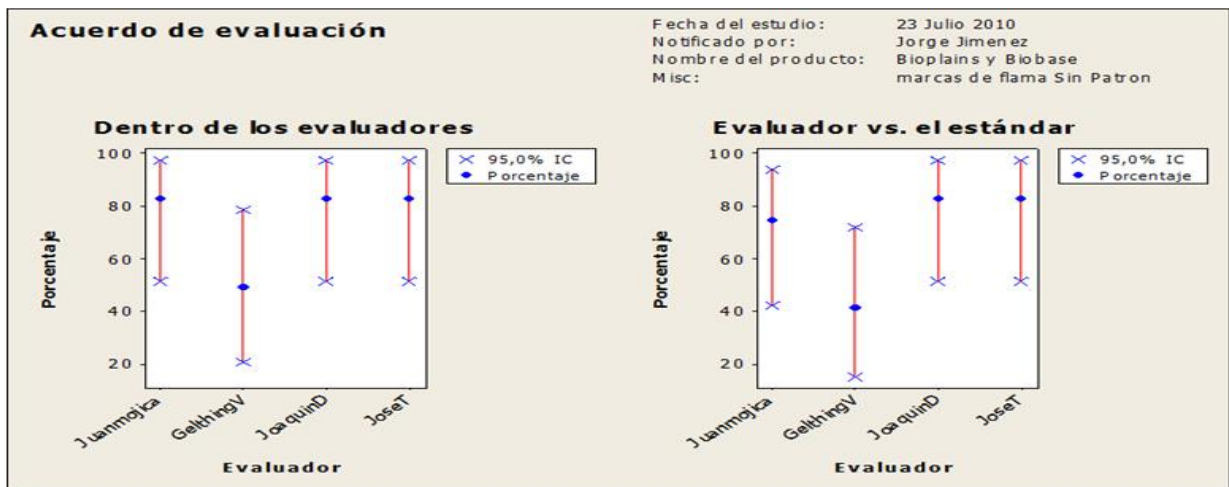
Para este análisis se seleccionó 4 tipos de muestras las cuales fueron clasificadas por el Jefe de calidad del laboratorio y el Ingeniero de producción de la línea en 4 niveles

Muestra 1 = Sin defecto
Muestra 2 = Nivel Leve
Muestra 3 = Nivel Medio
Muestra 4 = Nivel Fuerte.

Donde se tomaron 3 analistas de calidad de turnos quienes calificaron según sus criterios los niveles de la apariencia de la película.

De acuerdo al análisis realizado a los resultados obtenidos e identificados tal como muestra la **Grafica 3**, muestran las diferencias en los criterios de cada uno de los analistas de Laboratorio al evaluar una muestra, donde la primera evaluación se ejecuto calificando las muestras sin mostrarles las muestras patrones previamente caracterizadas. Arrojando grandes diferencias de criterios entre los analistas y las muestras patrones debido a lo anterior estos tipos de resultados llevan a tomar decisiones erradas en las plantas y estas no permiten el incremento de velocidad en las líneas de producción.

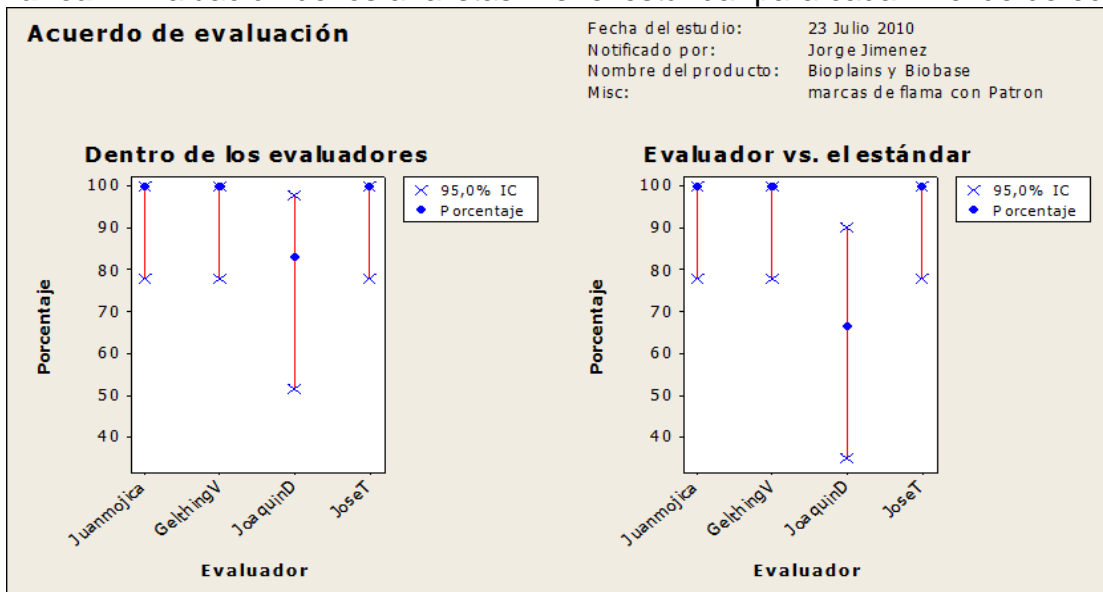
Grafica 3. Criterios de evaluación de los analistas Vs el estándar



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Posteriormente se realizó la misma evaluación pero teniendo como ayuda la muestra patrón seleccionada para cada nivel del defecto, arrojando como resultado una mejor uniformidad en los criterios de evaluación. Solo un solo analista mostró diferencias de los 3 seleccionados tal como muestra la **Grafica 4**

Grafica 4. Evaluación de los analistas Vs el estándar para cada nivel de defecto



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Como resultado de este ejercicio se realizaron capacitaciones a todos los analistas de Laboratorio acerca de los niveles de calificación de la apariencia de una película tratada con tratamiento flama, donde se determinaron muestras patrones que sirvieran como referencias para la calificación de la apariencia de la película.

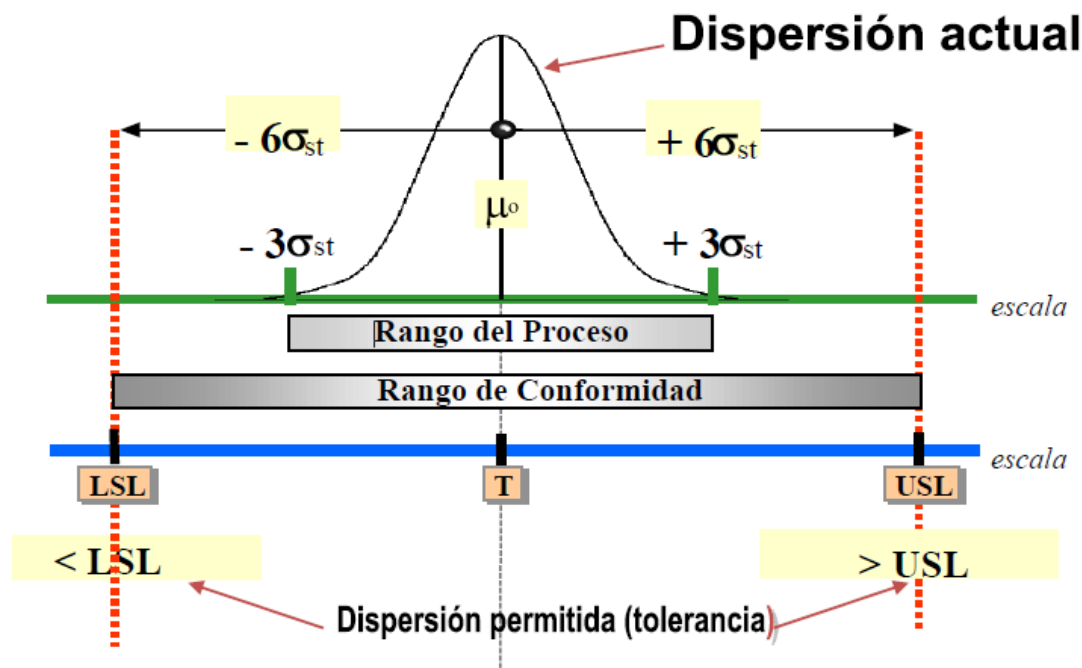
5.3 MEDICION ACTUAL DE LA CAPACIDAD DE PROCESO

En cualquier proceso es importante cuantificar la variabilidad natural del proceso, para poder analizarla y evaluar si cumple con los requisitos o especificaciones del cliente.

Este análisis recibe el nombre de Estudio de Capacidad y expresa la habilidad de un proceso en términos de una medida estándar.

La capacidad del proceso se define ampliamente como la habilidad de un proceso para satisfacer las expectativas del cliente.⁷

Figura 1. Capacidad de un proceso



Fuente: Material exclusivo de GPS

El análisis de un proceso suele subdividirse en dos etapas, la primera consiste en caracterizar los datos y la segunda en estudiar la aptitud del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente.

Para conocer el rendimiento al inicio del proceso, con base a las especificaciones del cliente, se midió la capacidad de proceso en términos de C_p y C_{pk} .

⁷ Material de uso Exclusivo de GPS Consulting

Un proceso en control puede ser hábil o no. Un proceso se dice hábil si tiene la capacidad de producir las piezas dentro de especificaciones.

Existen dos tipos de habilidad:

5.3.1 Habilidad o capacidad potencial (CP):⁸

Se utiliza para analizar la variación del proceso, teniendo en cuenta que el proceso está centrado con respecto a las especificaciones. Un proceso es hábil potencialmente si su variabilidad total es menor a la variabilidad permitida por los límites de especificación (tolerancia).

Un proceso es hábil potencialmente si la variabilidad del proceso es menor o igual a la variabilidad permitida por los límites de especificación, (tolerancia). En el cálculo de la habilidad potencial no interviene la media del proceso

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}}$$

Donde:

USL: límite superior de especificaciones

LSL: límite inferior de especificaciones

σ = desviación estándar

El índice Cp relaciona la dispersión actual del proceso con la dispersión permitida por las especificaciones (tolerancia). La dispersión permitida es la diferencia entre el USL y LSL.

La dispersión actual corresponde a 6 veces la desviación estándar. Más o menos 3 veces la desviación estándar estimada contiene el 99.73% de los datos.

5.3.1.1 Características del Cp

- Cp = 1 indica que la dispersión del proceso y el ancho de las especificaciones es la misma.
- Cp < 1 indica que la dispersión del proceso es mayor a la permitida por las especificaciones, originando datos por fuera de las especificaciones.

⁸ Material de uso exclusivo de GPS consulting

- $C_p > 1$ indica que la dispersión del proceso es menor que el ancho de las especificaciones.
- C_p establece cuantas veces el proceso encaja dentro de las especificaciones. $C_p = 2$ significa que el proceso encaja 2 veces.

5.3.2. Habilidad o capacidad real (CPK):

Se utiliza para analizar el centrado con respecto a los límites de especificación. Un proceso es realmente hábil si se encuentra centrado dentro de las especificaciones en este caso, la habilidad potencial es igual a la real.

Entre más grande el índice, es menor la probabilidad de que algunos datos estén por fuera de los límites.

$$C_{pk} = \text{Minimo} [C_{PU}, C_{PL}]$$

$$C_{PU} = \frac{(USL - \mu)}{3\sigma_{ST}}$$

$$C_{PL} = \frac{(\mu - LSL)}{3\sigma_{ST}}$$

Donde:

USL: límite superior de especificaciones

LSL: límite inferior de especificaciones

μ = Media

σ = desviación estándar

5.3.2.1. Características del Cpk

- $C_{pk} = 1$ Indica que la cola de la distribución y el límite de especificación están a igual distancia que la media del proceso.
- $C_{pk} < 1$ Indica que algunos datos están por fuera del límite.
- $C_{pk} > 1$ Indica que los datos están dentro del límite de especificación.

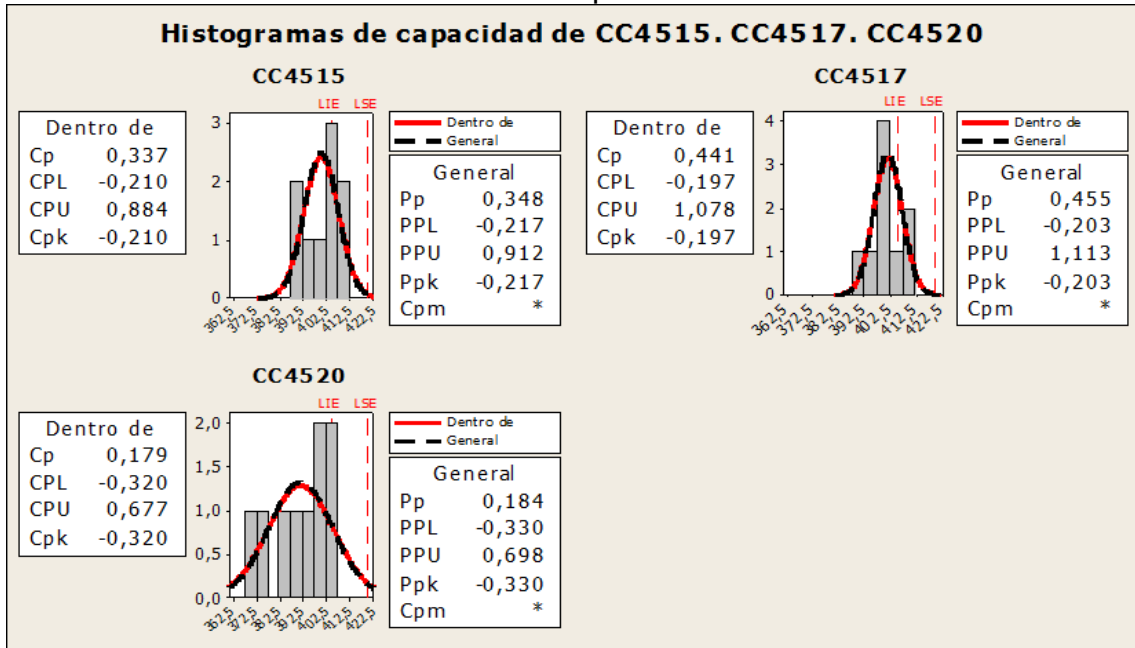
A medida que el C_{pk} aumente, el proceso estará centrado en los límites de especificación.

Si el $C_p = C_{pk}$ el proceso está centrado, quiere decir que la media de la especificación es igual a la media del proceso.

5.3.3 Análisis de capacidad de proceso (CP, CPK) en la línea 3

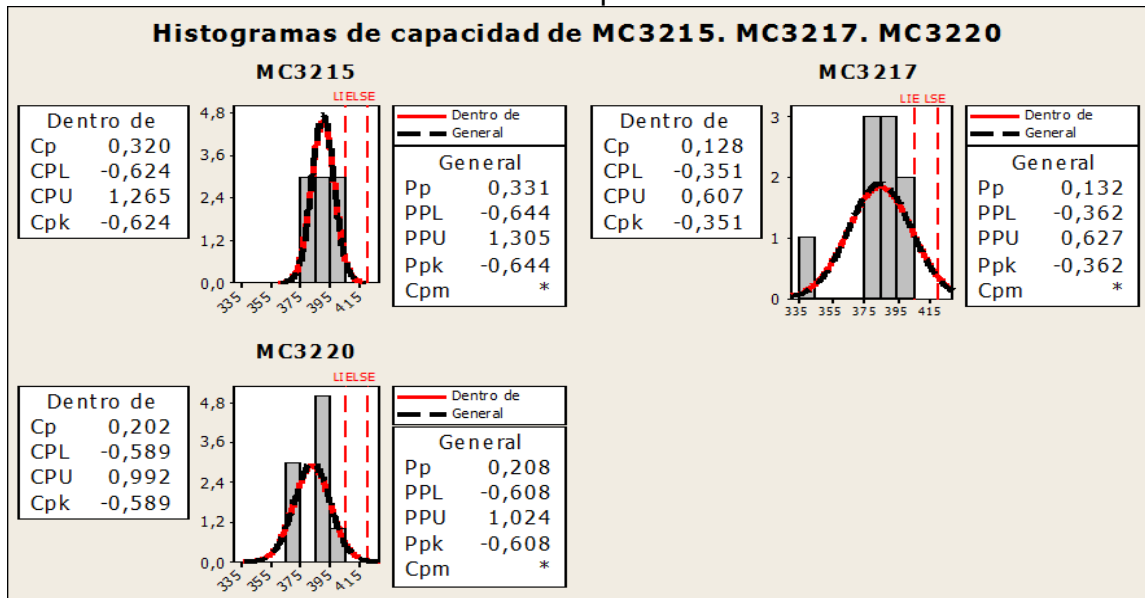
Se realizó análisis de capacidad a la velocidad de la línea de producción de cada una de las referencias producidas en la planta, los resultados los muestra el **Grafica 5 ,6 y 7** donde se observa la gran variabilidad de los datos con relación a los límites de especificaciones en las películas de referencia BIOSEAL,BIOBASE Y BIOPLAIN

Grafica 5.Análisis de capacidad de BIOSEAL



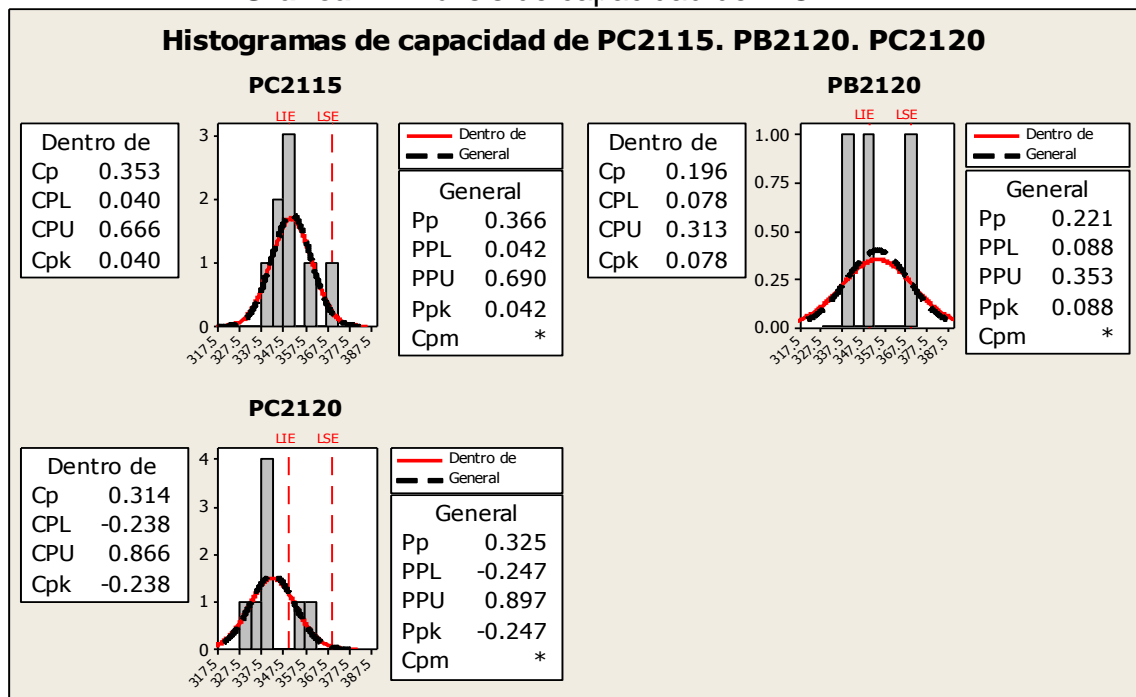
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 6. Análisis de capacidad de BIOBASE



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 7. Análisis de capacidad de BIOPLAIN



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

De acuerdo a los resultados vistos en las Graficas anteriores indica que existe una gran variabilidad en los velocidades manejadas para cada uno de los productos de la línea 3, lo cual se encuentran muy por debajo de las especificaciones, las cuales son las velocidades presupuestos a las cuales deben correr estas referencias.

En conclusion se puede decir que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones determinadas para cada referencia producida en la planta, debido a que el CPk en todos los casos se encuentra muy por debajo de 1 el cual se considera el valor objetivo para este tipo de procesos.

5.4 ASPECTOS CONCLUYENTES

Terminado este capítulo, se puede concluir que el sistema de medición actual de la propiedad de apariencia de la película no es tan robusto debido a que no presentan criterios claros y definidos de calificación de la película.

Así mismo se observa que por las diferencias en el proceso este no es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas o diseñadas en el plan de operación de planta.

Una vez realizado el plan de datos y la evaluación del sistema de medición se procede a la siguiente etapa de la metodología DMAMC, de seis sigma que corresponde a la fase “Analizar”, donde se estudiarán las relaciones entre las variables X y anterior mente definidas (Capitulo 4 y 5) mediante herramientas de calidad con el fin de identificar las causas potenciales que no permiten el incremento de la velocidad de la línea.

6. ETAPA DE ANALIZAR

Durante esta etapa se pretende identificar y verificar todas las posibles causas, que pueden impactar en el objetivo del proyecto o métrica primaria (Y), mediante la combinación de experiencia, datos, medidas y revisión del proceso, de igual forma se debe identificar la causa raíz del problema, estableciendo el tipo de relación entre las principales X(s) entradas, y la Y (salida). En esta etapa se tienen los siguientes entregables:

- Realización del AMEF
- Pruebas de Normalidad
- Realización de pruebas de hipótesis
- Realización de correlación
- Realización de análisis de regresión

6.1 REALIZACIÓN DEL AMEF⁹

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

⁹ Información tomada del material exclusivo de GPS.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

Como parte de los proyectos de mejoramiento basados en la metodología Lean Six Sigma se utiliza el AMEF en la etapa de analizar con el objetivo de identificar las causas potenciales que están afectando la variable respuesta "Y", que en este caso, es el output de producción.

Para poder alimentar el AMEF es necesario realizar análisis causas y efecto de las variables "X" que han sido identificadas por los expertos como las más relevantes y que afectan directamente la variable "Y".

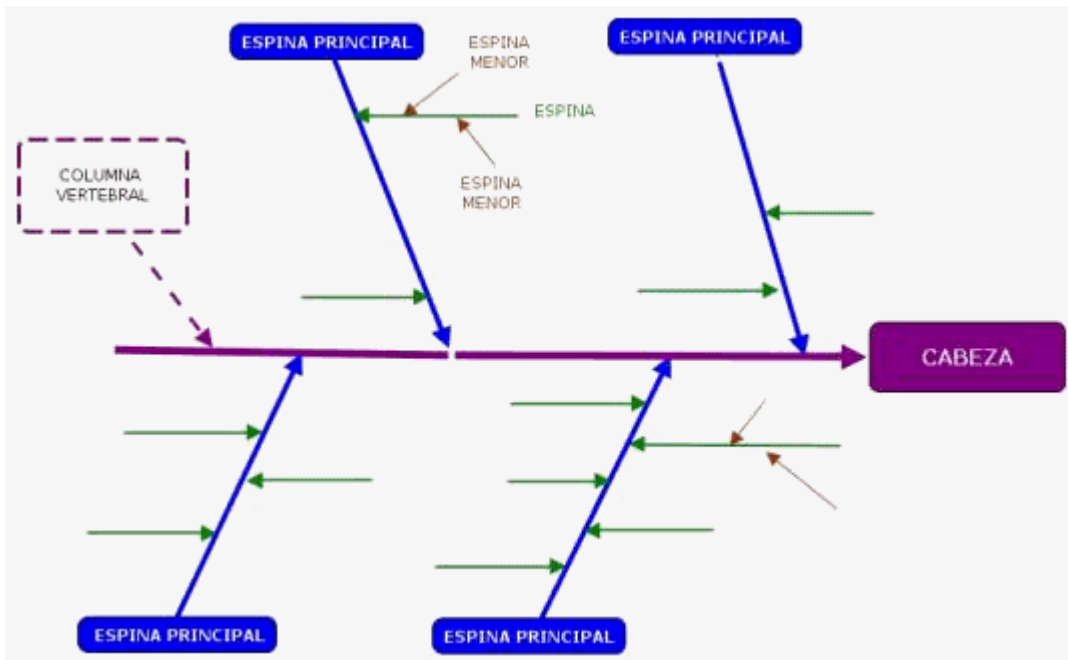
Para este proyecto se han determinado las siguientes variables "X":

- Contra tratamiento superficial.
- Variabilidad y bajo tratamiento flama.
- Procesabilidad de los Bioseals a 420 metros por minuto
- Procesabilidad de las bases a 420 metros por minuto
- Procesabilidad de los Bioplains a velocidades superiores a 350 mpm.

6.1.1 Realización de Análisis Causa Efecto.

El Diagrama Causa-Efecto es llamado usualmente Diagrama de "Ishikawa" porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado "Diagrama Espina de Pescado" porque su forma es similar al esqueleto de un pez: Está compuesto por un recuadro (**cabeza**), una línea principal (**columna vertebral**), y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (**espinas principales**). Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (**espinas**), y así sucesivamente (**espinas menores**), según sea necesario.

Figura 8. Espina de Pescado



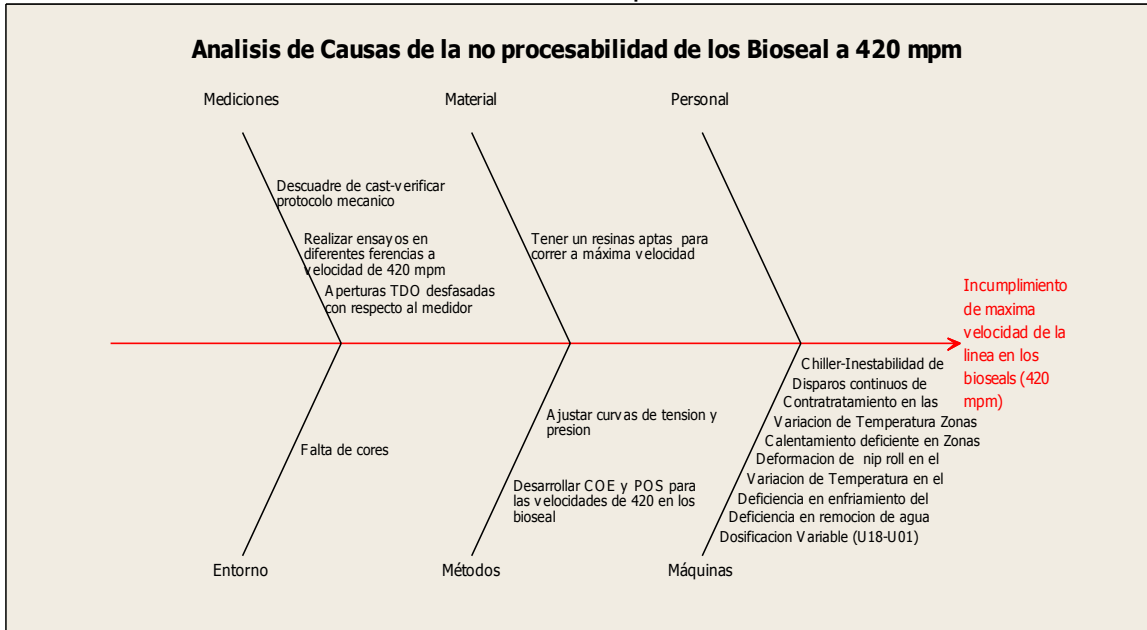
Fuente: Información tomada del material exclusivo de GPS

El objetivo de realización de este diagrama de causa efecto es exponer de manera sencilla y fácil de entender las causas potenciales que limitan el incremento de velocidad en la línea 3

La metodología utilizada para el desarrollo de este análisis se realizó con el grupo de soporte del proyecto los GREEN BELTS, con el fin de conocer de manera sistemáticas las opiniones de cada uno de los expertos.

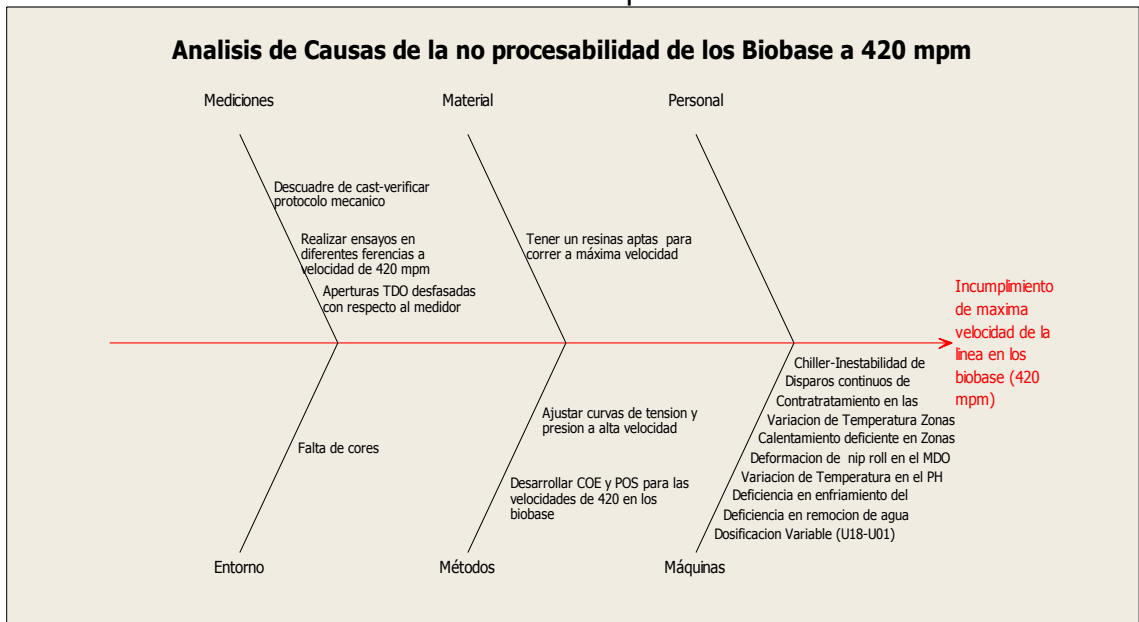
Donde se efectuó mediante las reuniones de seguimiento que se efectuaban mensualmente, este análisis causas y efecto va a servir como base para la realización del AMEF. **(Ver Graficas desde la 8 hasta la 12)**

Grafica 8. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los BIOSEAL



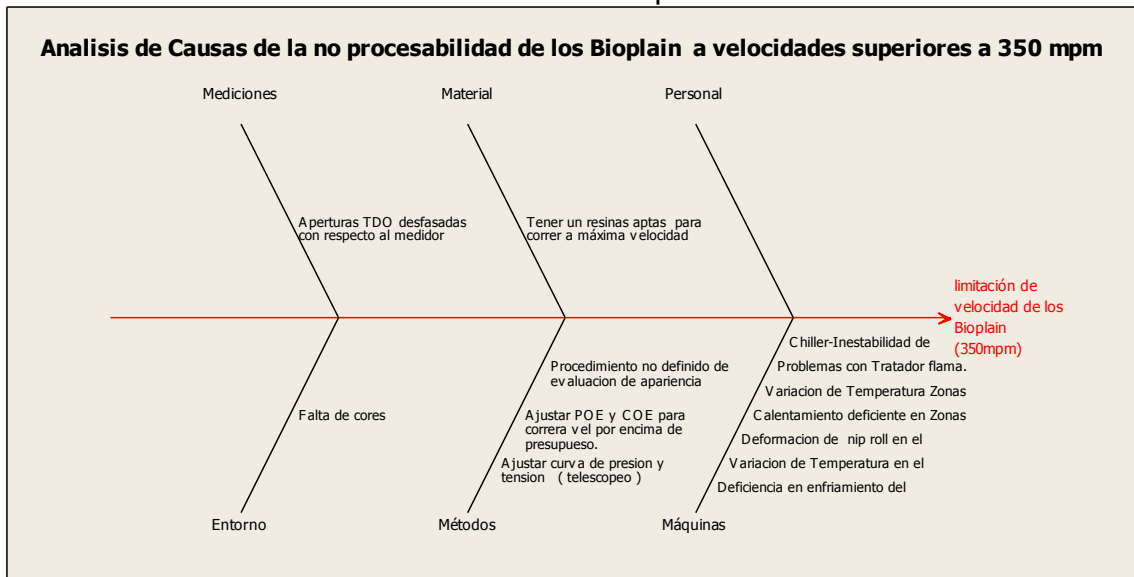
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 9. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los BIOBASE



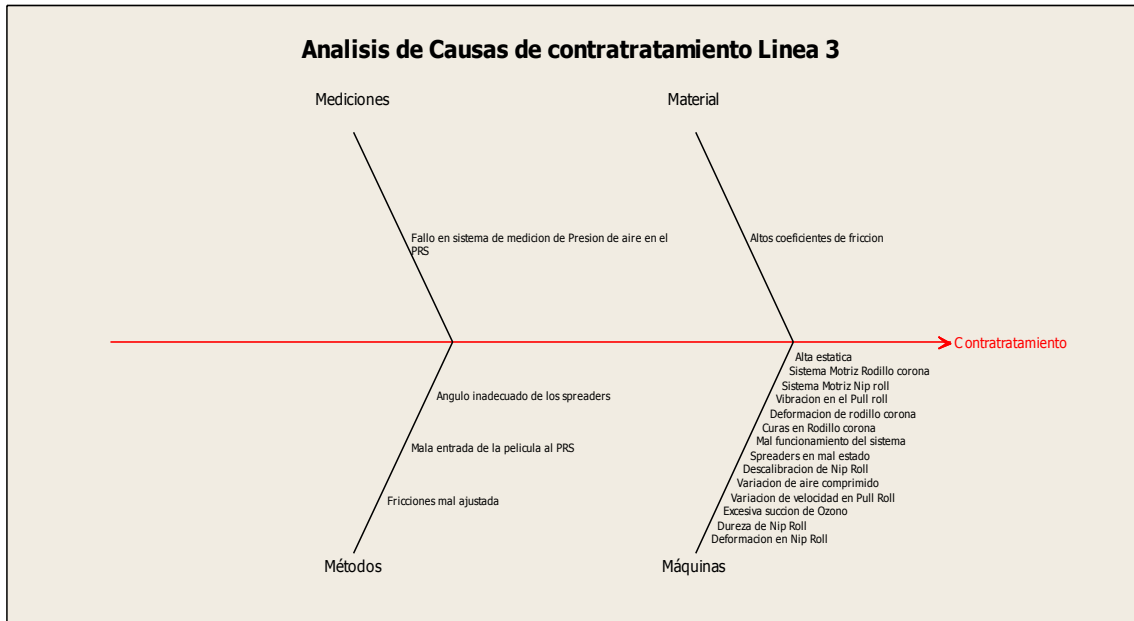
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 10. Análisis de causa raíz de la no procesabilidad de los BIOPLAIN



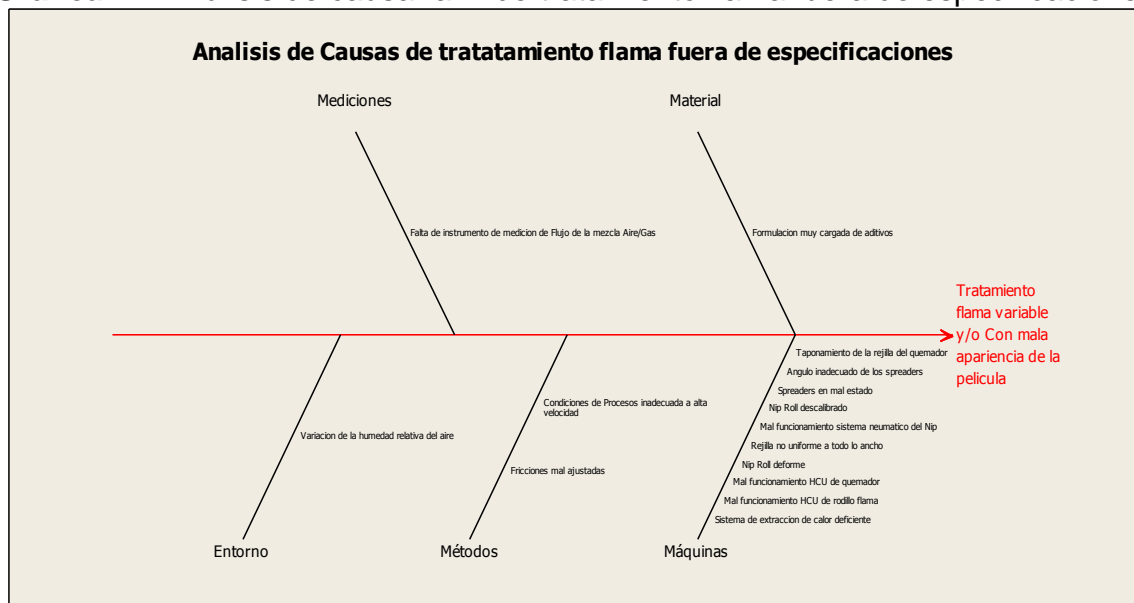
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 11. Análisis de causa raíz de contratamiento línea 3



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Grafica 12. Análisis de causa raíz de tratamiento flama fuera de especificaciones



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Con las causas encontradas en cada uno de los análisis se alimentó la matriz que sirvió como base para la realización de AMEF.

Las etapas del proceso que sobresalieron en el Paréto realizado con el FDM, servirán como base en la matriz del AMEF como la función del proceso o paso.

Cada una de estos pasos o funciones del proceso se les analizó los modos de fallo, sus efectos y las causas asociadas, las cuales a su vez fueron calificadas en un rango de 0 a 10 , en tres características importante: Severidad, Detención, Ocurrencia tal como se muestra en la **Tabla 8**. Luego estas tres características se multiplican para dar un valor llamado Risk Priority Number o RPN

$$RPN = \text{Severidad} \times \text{Detención} \times \text{Ocurrencia.}$$

Tabla 8. Análisis Modo de Falla y Efecto

ANÁLISIS DE MODO DE FALLO Y EFECTO									
Funcion del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	C i a s s	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	O C C	Controles de Proceso Actuales	D E T	R P N
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Contratratamiento	contratratamiento en la pelicula	10		Curas en el Rodillo	10	No hay control definido	10	1000
					Deficiencia en Sistema neumatico	8	No hay control definido	10	800
					Arruga de la pelicula entrando al tratador	8	Validacion de COE	4	320
					Deformacion en superficie de Nip Roll y Rodillo tratador	9	No hay control definido	10	900
	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la pelicula	10		Sistema de extraccion	10	No hay control definido	10	1000
					Condiciones de Procesos inadecuada a alta velocidad	7	No hay control definido	10	700
					Mal funcionamiento HC	10	Supvisorio de Bruckner	5	500
					Rejilla no uniforme a to	9	Formato de Verificacion de Gap	2	180
					Falta de instrumento de medicion de Flujo de la mezcla Aire/Gas	8	No hay control definido	10	800
					Mal Funcionamiento de Fag	5	Supvisorio de Bruckner	3	120
	Espesor variable	espesor fuera de especificaciones	8		Rodillo Perforado	9	No hay control definido	10	900
					Generadores en mal estado	7	No hay control definido	10	700
	Disparos continuos de generadores	Bajo tratamiento	10		Electrodos sucios o descalibrados	5	No hay control definido	10	500
Estiro Orientacion Maquina MDO	Variacion de Temperatura de Rodillos de Precalentamiento	Mala apariencia en la pelicula	6		Sistema de control automatico de temperatura en mal estado	10	Supvisorio de Bruckner	3	180
					Sistema de control automatico de temperatura en mal estado	10	Supvisorio de Bruckner	3	270
					Sistema de control automatico de temperatura en mal estado	10	Supvisorio de Bruckner	3	240
	Daño de nip rolls MDO	Espesor variable	8		Excesiva Presion	4	Seguimiento de datos de campo	3	96
					Pelicula adherida a nip roll por Paradas subitas de lineas	5	No hay control definido	10	400
					Daño en rodamientos por falta de lubricacion	3	Rutina de Lubricacion	3	72
					Inestabilidad de linea	8	Revision de pisadas	3	72
	Variacion de Temperatura en zona de Precalentamiento y estiro TDO	Mala apariencia en la pelicula	7		Mala Pisada en la pelicula	3	Seguimiento de dureza	5	140
					Deformaciones en el Nip Roll	4	No hay control definido	10	480
					Flujo de calor no uniforme hacia la pelicula	6	Revision Rutinaria en parada de linea	4	96
Enfriamiento Casting Unit (Chill Roll water Bath)	Espesor variable	8		Ductos mal acoplados calentamiento deficiente de la pelicula	3	Supvisorio de Bruckner	3	216	
				Inestabilidad de linea	9	Supvisorio de Bruckner	3	144	
				Mala apariencia en la pelicula	6	Supvisorio de Bruckner	3	144	
				Temperaturas fuera del set point	8	Medidor de espesor	3	90	
Sistema de remocion de agua	Enfriamiento deficiente de la lamina	Variacion de propiedades opticas	5		Mala orientacion de la pelicula	6	Supvisorio de Bruckner	3	75
					Mala cristalización de la lamina	5	No hay control definido	10	210
					Mal funcionamiento sistema de remocion de agua	3	Medicion de la dureza	5	210
Sistema de Dosificacion	Variacion en dosificacion	Espesor variable	8		Agua de proceso con dureza por fuera de especificaciones	6	No hay control definido	10	210
					Inestabilidad de linea	7	Incrustaciones y deformaciones en la lamina	3	
					Mezcla no uniforme de los materiales	9	Supvisorio de Bruckner	4	288

Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Luego de obtener la matriz original se realizó un Paréto con el fin de determinar los RPN con mayor peso en el análisis con el objetivo de priorizar en la implementación de las acciones.

Tal como se muestran los datos en la siguiente **Tabla 9**.

Tabla 9. Paréto del análisis modo de falla y efecto

PARETO ANALISIS DE MODO DE FALLO Y EFECTO										
Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Contratratamiento	Manchas en metalización	10	Curas en el Rodillo	10	No hay control definido	10	1000	8.40%	8.40%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la película	10	Sistema de extracción de calor deficiente	10	No hay control definido	10	1000	8.40%	16.80%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Contratratamiento	contra tratamiento en la película	10	Deformación en superficie de Nip Roll y Rodillo tratador	9	No hay control definido	10	900	7.60%	24.40%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Disparos continuos de generadores	Bajo tratamiento	10	Rodillo Perforado	9	No hay control definido	10	900	7.60%	31.90%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Contratratamiento	contra tratamiento en la película	10	Deficiencia en Sistema neumático	8	No hay control definido	10	800	6.70%	38.60%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la película	10	Falta de instrumento de medición de Flujo de la mezcla Aire/Gas	8	No hay control definido	10	800	6.70%	45.30%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la película	10	Condiciones de Procesos inadecuada a alta velocidad	7	No hay control definido	10	700	5.90%	51.20%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Disparos continuos de generadores	Bajo tratamiento	10	Genadores en mal estado	7	No hay control definido	10	700	5.90%	57.10%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la película	10	Mal funcionamiento HCU de rodillo flama	10	Suprvisorio de Bruckner	5	500	4.20%	61.30%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Disparos continuos de generadores	Bajo tratamiento	10	Electrodos sucios o des calibrados	5	No hay control definido	10	500	4.20%	65.50%
Estiro Orientación Transversal TDO	Variación de Temperatura en zona de Pre calentamiento y estiro TDO	Espesor variable	8	Flujo de calor no uniforme hacia la película	6	No hay control definido	10	480	4.00%	69.50%
Estiro Orientación Maquina MDO	Daño de nip rolls MDO	Espesor variable	8	Película adherida a nip roll por Paradas por descuadres de cast film	5	No hay control definido	10	400	3.40%	72.90%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Contratratamiento	contra tratamiento en la película	10	Arruga de la película entrando al tratador	∞	Validación de COE	4	320	2.70%	75.60%
Sistema de Dosificación	Variación en dosificación	Espesor variable	8	Mezcla no uniforme de los materiales	9	Suprvisorio de Bruckner	4	288	2.40%	78.00%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Estiro Orientación Maquina MDO	Variación de Temperatura de Rodillos de Pre calentamiento	Inestabilidad de línea	9	Sistema de control automático de temperatura en mal estado	10	Suprvisorio de Bruckner	3	270	2.30%	80.30%
Estiro Orientación Maquina MDO	Variación de Temperatura de Rodillos de Pre calentamiento	Espesor variable	8	Sistema de control automático de temperatura en mal estado	10	Suprvisorio de Bruckner	3	240	2.00%	82.30%
Estiro Orientación Transversal TDO	Variación de Temperatura en zona de Pre calentamiento y estiro TDO	Inestabilidad de línea	9	calentamiento deficiente de la película	8	Suprvisorio de Bruckner	3	216	1.80%	84.10%
Sistema de remoción de agua	paso de agua en la lamina	Ensuciamiento del MDO	7	Mal funcionamiento sistema de remoción de agua	3	No hay control definido	10	210	1.80%	85.90%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Sistema de remoción de agua	paso de agua en la lamina	Ensuciamiento del MDO	7	Agua de proceso con dureza por fuera de especificaciones	6	Medición de la dureza	5	210	1.80%	87.60%
Sistema de remoción de agua	paso de agua en la lamina	Inestabilidad de línea	7	Incrustaciones y deformaciones en la lamina	3	No hay control definido	10	210	1.80%	89.40%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Bajo tratamiento Flama	Tratamiento no uniforme y mala apariencia de la película	10	Rejilla no uniforme a todo lo ancho	6	Formato de Verificación de Gap	2	180	1.50%	90.90%
Estiro Orientación Maquina MDO	Variación de Temperatura de Rodillos de Pre calentamiento	Mala apariencia en la película	6	Sistema de control automático de temperatura en mal estado	10	Suprvisorio de Bruckner	3	180	1.50%	92.40%
Estiro Orientación Transversal TDO	Variación de Temperatura en zona de Pre calentamiento y estiro TDO	Mala apariencia en la película	6	Temperaturas fuera del set point	8	Suprvisorio de Bruckner	3	144	1.20%	93.60%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Estiro Orientación Maquina MDO	Daño de nip rolls MDO	Mala apariencia en la película	7	Deformaciones en el Nip Roll	4	Seguimiento de dureza	5	140	1.20%	94.80%
Enfriamiento Tratamiento, Medición de espesor y Refilar (PRS)	Espesor variable	espesor fuera de especificaciones	∞	Mal Funcionamiento de Fag	5	Supervisorio de Bruckner	3	120	1.00%	95.80%
Estiro Orientación Maquina MDO	Daño de nip rolls MDO	Espesor variable	8	Excesiva Presión	4	Seguimiento de datos de campo	3	96	0.80%	96.60%
Estiro Orientación Transversal TDO	Variación de Temperatura en zona de Pre calentamiento y estiro TDO	Espesor variable	8	Ductos mal acoplados	3	Revisión Rutinaria en parada de línea	4	96	0.80%	97.40%
Sistema enfriamiento Casting Unit (Chill Roll water Bath)	Enfriamiento deficiente de la lamina	Espesor variable	5	Mala orientación de la película	6	Medidor de espesor	3	90	0.80%	98.20%

Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN		
Sistema enfriamiento Casting Unit (Chill Roll water Bath)	Enfriamiento deficiente de la lamina	Variación de propiedades ópticas	5	Mala cristalización de la lamina	5	Supervisorio de Bruckner	3	75	0.60%	98.80%
Estiro Orientación Maquina MDO	Daño de nip rolls MDO	Espesor variable	8	Daño en rodamientos por falta de lubricación	3	Rutina de Lubricación	3	72	0.60%	99.40%
Estiro Orientación Maquina MDO	Daño de nip rolls MDO	Inestabilidad de línea	8	Mala Pisada en la película	3	Revisión de pisadas	3	72	0.60%	100.00%

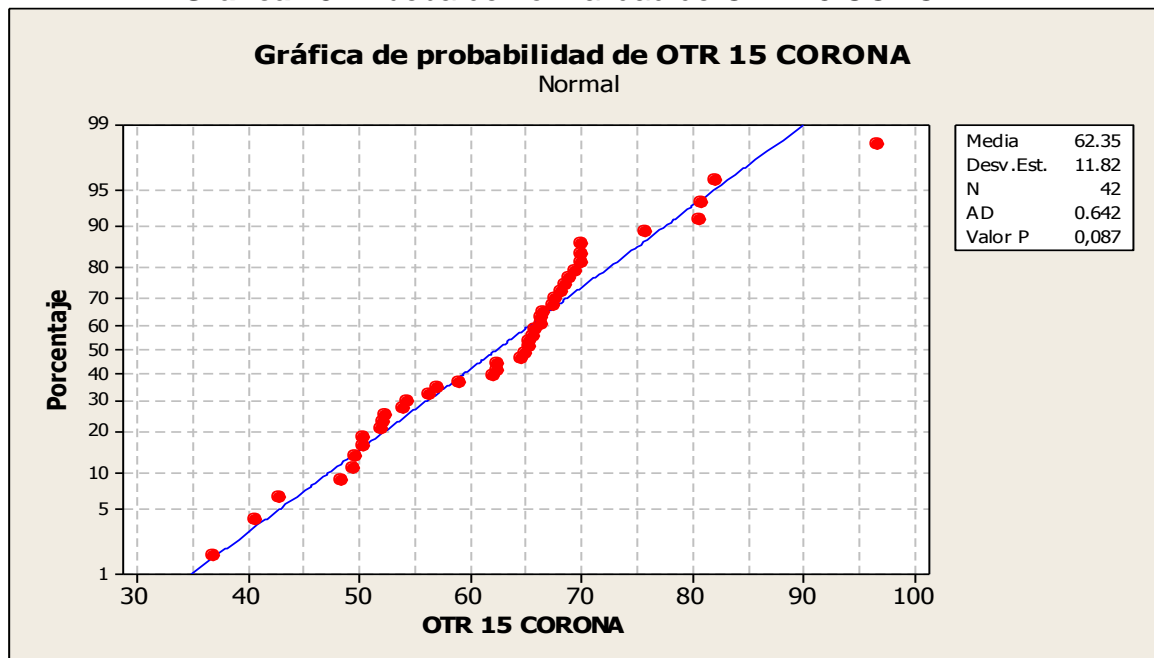
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

6.2 ANÁLISIS DE LA NATURALEZA DE LOS DATOS.

Antes de continuar con el análisis de datos, se debe estudiar la naturaleza de los mismos con el objetivo de determinar el tipo de prueba a realizar y la parametrización de las mismas.

Se realizó prueba de normalidad a los datos seleccionados para la realización de las pruebas de hipótesis del producto más importante en términos de volúmenes, MC3215, información tomada de sistema de información de BIOFILM (SAP), este mismo ha venido presentando más variabilidad en las velocidades de proceso, arrojando los siguientes resultados:

Grafica 13. Prueba de normalidad de OTR 15 CORONA

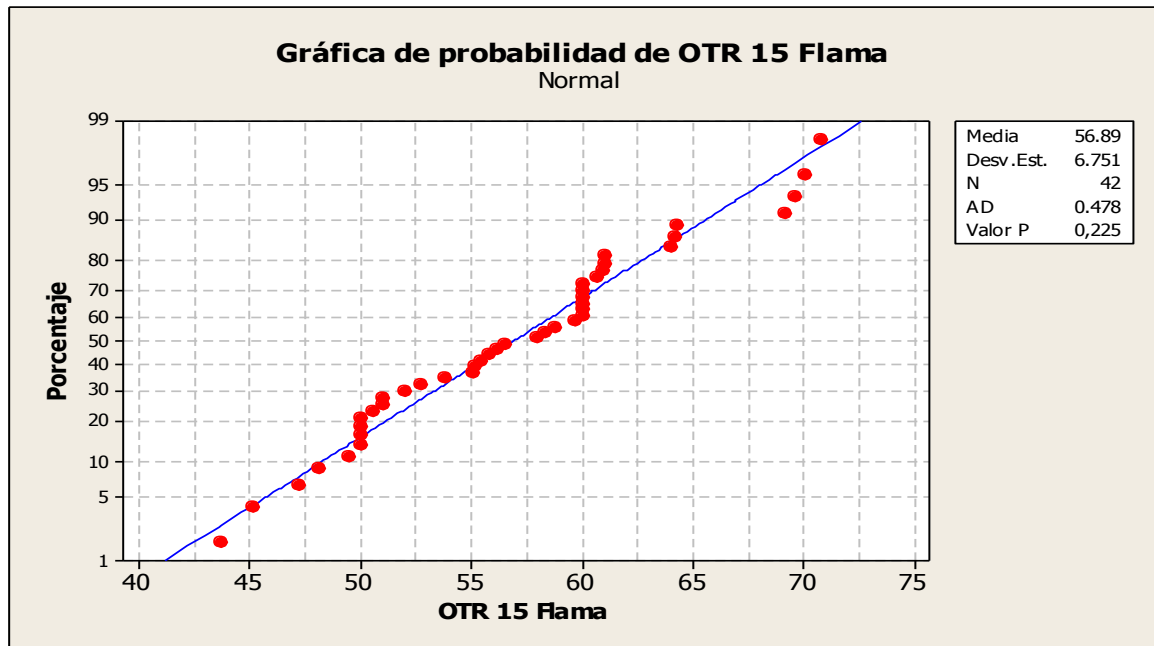


Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Los resultados de la **Grafica 13** muestra que los datos contribuyen a una distribución normal debido a que su P- VALUE es mayor a 0.05 lo que indica que puedo realizar los análisis basados en pruebas paramétricas.

Así mismo se observa que el resultado obtenido de la **Grafica 14**, muestra que su P- VALUE es mayor que 0.05 indicando que sus datos rigen también una distribución normal.

Grafica 14. Prueba de normalidad de OTR 15 FLAMA



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

6.2 PRUEBAS DE HIPOTESIS¹⁰

Se puede estimar un parámetro a partir de datos muestrales, ya sea por un solo número (estimación puntual) o por un intervalo de valores posibles, (un intervalo de confianza). Sin embargo, con frecuencia, el objetivo de una investigación no es estimar un parámetro sino determinar cuál de dos hipótesis contradictorias del parámetro es la correcta. Los métodos para lograr esto comprenden la parte de la inferencia estadística que recibe el nombre de pruebas de hipótesis.

Una hipótesis estadística, o hipótesis, es una expresión que representa el valor de una sola característica de la población o los valores de varias características de la población. En cualquier problema de prueba de hipótesis hay dos hipótesis:

La hipótesis nula, representada por H_0 , es la afirmación sobre una o más características poblacionales que al inicio se supone cierta. La hipótesis alternativa, representada por H_A , es la afirmación contradictoria a H_0 .

La hipótesis nula se rechaza a favor de la hipótesis alternativa, solo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa.

¹⁰ Información tomada del modulo de prueba de hipótesis del material de uso exclusivo de GPS.

Si la muestra no contradice decididamente a H_0 , se continúa creyendo en la validez de la hipótesis nula. Entonces, las dos conclusiones posibles de un análisis por prueba de hipótesis son rechazar H_0 o no rechazar H_0 .

6.2.1. Procedimiento de prueba

Un procedimiento de prueba es una regla, con base en datos muestrales para determinar si se rechaza H_0 , la cual se especifica por lo siguiente:

1. Un estadístico de prueba, una función de los datos muestrales en los cuales se basa la decisión (de rechazar H_0 o no rechazar H_0).
2. Una región de rechazo, el conjunto de todos los valores del estadístico de prueba para los cuales H_0 será rechazada.

Entonces, la hipótesis nula será rechazada si y solo si el valor observado o calculado del estadístico de prueba se ubica en la región de rechazo.

Para describir el proceso de prueba de hipótesis, se mencionarán a continuación los pasos introducidos por Neave (1976), los cuales se resumen de la siguiente forma:

- Formular la hipótesis en términos prácticos.
- Calcular el estadístico de prueba.
- Determinar Región Crítica
- Decidir el tamaño de la región crítica
- Determinar P Value

6.2.1.1 Paso 1: Formule el problema práctico en términos de hipótesis

Esto puede ser difícil en algunos casos. Primeramente se debería concentrar en lo que se conoce como hipótesis alterna, H_A , ya que ésta es más importante desde el punto de vista práctico. Esta debería expresar el rango de situaciones sobre las que deseamos que la prueba haga un diagnóstico. En este sentido, una prueba positiva podría indicar que deberíamos tomar acción de algún tipo. De hecho, un mejor nombre para la hipótesis alterna debería ser hipótesis de acción. Una vez que esta hipótesis es determinada, debería ser obvio si la prueba es de una o de dos colas. La hipótesis nula requiere ser muy simple y representa el status quo, es decir, que no hay diferencia entre los procesos sometidos a prueba. Es básicamente un estándar o control con el cual la evidencia que apunta a la hipótesis alterna pueda ser comparada.

6.2.1.2. Paso 2: Calcule un estadístico (T):

Una función de los datos únicamente. Todos los buenos estadísticos de prueba deberían tener dos propiedades:

(a) deberían tender a comportarse de manera diferente cuando H_0 es verdadera de cuando H_a es verdadera; y (b) su distribución de probabilidad debería ser calculable bajo el supuesto de que H_0 es verdadera. También es deseable que existan las tablas de dicha distribución de probabilidad.

6.2.1.3. Paso 3: Determine (elija) una región crítica:

Deberíamos poder decidir en la clase de valores de T cuáles apuntan con mayor fuerza hacia que H_a es verdadera más que hacia H_0 verdadera. Un valor de T que caiga en dicha región crítica llevará a que se rechace H_0 en favor de H_a ; de otra forma no es posible rechazar H_0 en favor de H_a . Nunca se debe concluir que se acepta H_0 .

6.2.1.4. Paso 4: Decida el tamaño de la región crítica:

Para hacer esto, se necesita especificar el tamaño del riesgo del error que se puede permitir. Brevemente, se define el nivel de significancia prefijado o tamaño de la prueba (α) como el riesgo que se está dispuesto a correr al rechazar H_0 Cuando en realidad es verdadera. Usualmente se piensa en una cantidad que oscila entre 1 % y 10 %, dependiendo de la seriedad.

- Riesgo α : generalmente 5%
- Riesgo β : generalmente 10-20%

6.2.1.5. Paso 5: En muchos libros de texto la metodología termina en el Paso 4, pero es instructivo considerar en qué parte de la región crítica cae el valor calculado de T . Si cae cerca de la frontera con H_0 , podemos decir que hay alguna evidencia de que H_0 debería ser rechazada mientras que si cae en el otro lado de la región, se debería concluir que existía evidencia considerable o contundente. En otras palabras, el nivel actual de significancia de T puede proporcionar información más allá del hecho de que T caiga en la región crítica.

Si la probabilidad (p) es $< \alpha$, rechazar H_0 .

Si la probabilidad (p) es $> \alpha$, no rechazar H_0 (no puede llegarse a una Conclusión)

6.3 Prueba de hipótesis barreras al vapor de agua (WVTR) y al Oxígeno (OTR) con tratamiento flama y corona:

Se decidió realizar una prueba de hipótesis de los resultados de barreras al vapor de agua y al oxígeno de las películas tratadas con tratamiento flama y corona, debido a que se tiene la información de que esta propiedad es independiente del tipo de tratamiento superficial a la cual es sometida la película, por lo tanto se realizó una corrida con diferentes referencias con tratamiento flama y corona y se midieron los respectivos valores de barreras, arrojando los siguientes datos:

Tabla 10. Base de datos para efectuar la prueba de hipótesis.

BASE DE DATOS BARRERAS MC3215-17-20 y 25 en LINEA 3 CON TRATAMIENTO CORONA Y FLAMA						
OTR 15 CORONA	WVTR 15 CORONA	OTR 15 Flama	WVTR15 Flama	OTR 17 Flama	OTR 20 Flama	OTR 25 Flama
36.87	0.194	43.74	0.198	38.46	48	39.76
40.68	0.21	45.13	0.24	46.5	53.77	40
42.83	0.21	47.22	0.262	49.66	59.24	41.72
48.34	0.23	48.09	0.18	49.66	65	42.18
49.36	0.2	49.47	0.19	49.66	65	48.26
49.59	0.28	50	0.254	49.66	66.24	51.23
50.37	0.283	50	0.254	49.66	67.39	52.87
50.37	0.283	50	0.214	50.08	68.14	55.59
52.01	0.301	50	0.214	50.7	68.54	58.08
52.14	0.3	50.57	0.238	54	69.47	60
52.3	0.26	51	0.1478	54	70	60.4
53.99	0.28	51.05	0.197	54	70	65
54.24	0.27	52	0.24	56	70	66.75
56.32	0.24	52.71	0.157	57	72.62	69.2
57.04	0.29	53.84	0.3	57		70
58.98	0.304	55.08	0.27	59		70
62.1	0.29	55.2	0.247	60		70
62.31	0.25	55.42	0.2	60		70
62.39	0.3	55.82	0.254	60		70
64.64	0.304	56.2	0.195	60		70
64.83	0.29	56.49	0.23	60		70
65.24	0.24	58	0.128	60		70
65.32	0.29	58.32	0.29	63.38		70
65.57	0.3	58.77	0.3	65		70.93

Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

De acuerdo a los datos obtenidos del sistema de información de Biofilm (SAP), tal como lo muestra la Tabla 10. Se tomaron como base para realizar la prueba de hipótesis:

$$\begin{aligned}
 H_0: \mu_1 &= \mu_2 & \text{ó} & & \mu_1 - \mu_2 &= 0 \\
 H_a: \mu_1 &\neq \mu_2 & & & \mu_1 - \mu_2 &\neq 0
 \end{aligned}$$

Donde:

Ho: Hipotesis Nula

Ha: Hipotesis Alternativa

μ_1 : Promedio Población 1

μ_2 : Promedio Población 2

Interpretación de las pruebas de Hipótesis:

Ho: el promedio de las muestras son iguales

Ha: El promedio de las muestras son diferentes

La **Grafica 15**, muestra la comparación entre las medias y la distribución de los datos entre las dos poblaciones analizadas.

A si mismo se observa que existe menos variación en los datos obtenidos con tratamiento flama en la propiedad de Transferencia al oxígeno (OTR).

Prueba T e IC de dos muestras: OTR 15 CORONA. OTR 15 Flama

T de dos muestras para OTR 15 CORONA vs. OTR 15 Flama

	N	Media	Desv.Est.	Estándar
OTR 15 CORONA	42	62,3	11,8	1,8
OTR 15 Flama	42	56,89	6,75	1,0

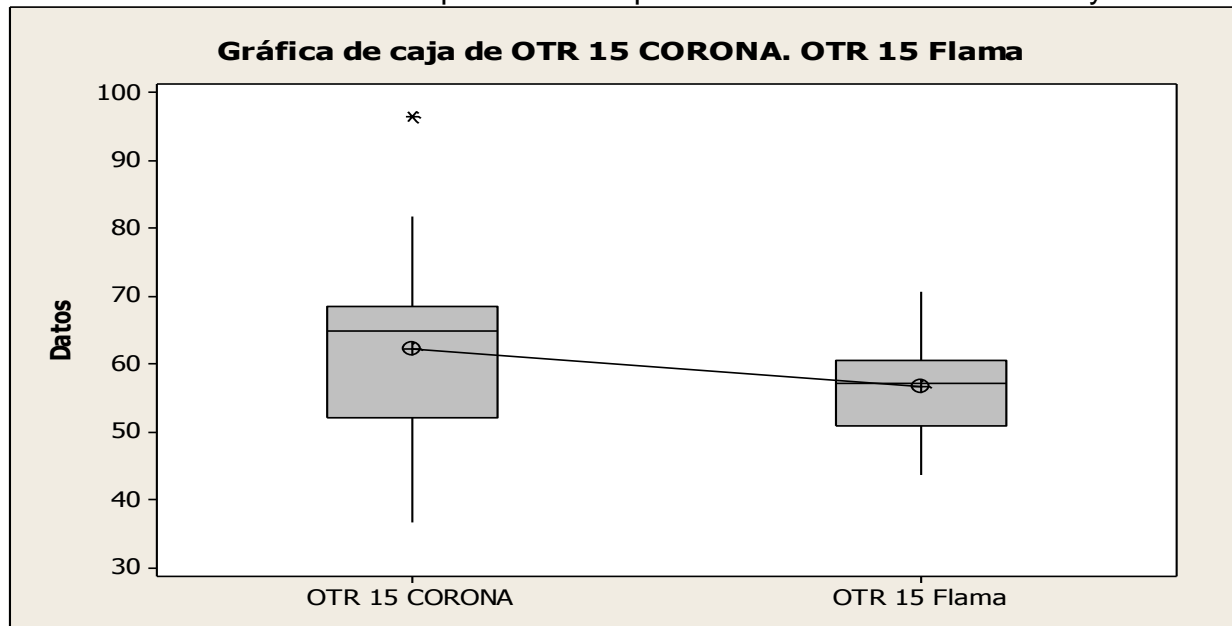
Diferencia = μ (OTR 15 CORONA) - μ (OTR 15 Flama)

Estimado de la diferencia: 5,45

IC de 95% para la diferencia: (1,28. 9,63)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 2,60 Valor P = 0,011 GL = 82

Grafica 15. Resultados de las pruebas de hipótesis OTR Tratamiento flama y corona:



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Los resultados de la Grafica 16, indican que existe menos variación en los datos obtenidos con tratamiento flama en la propiedad de Transferencia al vapor de agua (WTR).

Prueba T e IC de dos muestras: WVTR 15 CORONA. WVTR15 Flama

T de dos muestras para WVTR 15 CORONA vs. WVTR15 Flama

	N	Media	Desv.Est.	Estándar
WVTR 15 CORONA	42	0,2828	0,0599	0,0092
WVTR15 Flama	42	0,2344	0,0422	0,0065

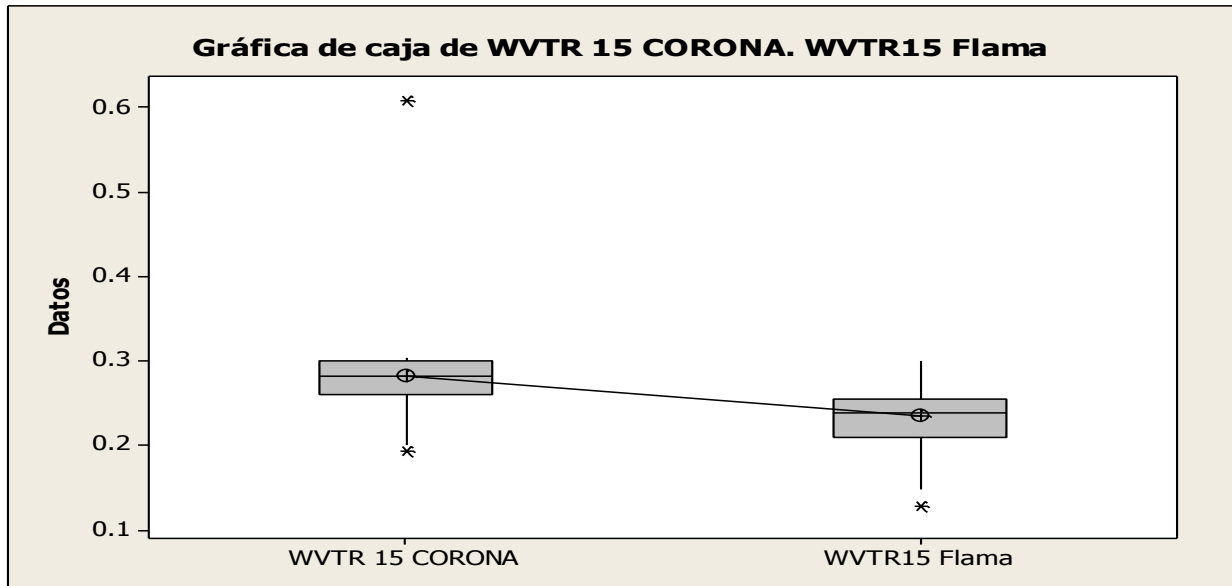
Diferencia = μ (WVTR 15 CORONA) - μ (WVTR15 Flama)

Estimado de la diferencia: 0,0484

IC de 95% para la diferencia: (0,0259. 0,0709)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 4,28 Valor P = 0,000 GL = 82

Grafica 16.Resultados de las pruebas de hipótesis WVTR Tratamiento flama y corona:



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Debido a que P-value en ambas pruebas es \leq a 0,05 se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto se puede concluir que no hay suficientes evidencias estadísticas para afirmar que las medias de los resultados de barreras tratadas con tratamiento flama y corona son iguales.

Este resultado brinda la posibilidad de poder trabajar las bases con tratamiento flama sin tener que bajar la velocidad de la línea en caso de que se tenga problemas con el tratamiento corona.

6.4 ANALISIS DE CORRELACIÓN¹¹

Cuando se mide una variable Y, o dos variables X, e Y, y se obtienen datos en forma de pares, (distribuciones bidimensionales), estos pueden ser representados en un gráfico cartesiano, llamado grafico de dispersión o nube de puntos. La forma en que aparecen estos puntos sugiere la existencia de relación entre variables, lo que se denomina correlación conformada por dos tipos de variables:

- Variables Independientes (X's): Son llamadas predictores o variables exploratorias, Pueden ser continuas o categóricas.
- Variables Dependientes (Y's): Estas son llamadas "salidas" o "respuesta" aquella que estamos tratando de predecir puede ser continua o categórica.

¹¹ Información tomada del modulo de análisis de correlación del material de uso exclusivo de GPS

La Correlación provee un coeficiente que mide la fuerza de la relación entre la entrada y la variable de respuesta, llamado coeficiente de Pearson o “R” el cual se expresa en la siguiente fórmula:

Rango de valores para R: -1 a 1

R= 1 = Perfecta Correlación “Positiva”

R=0 = No hay correlación

R= -1 = Perfecta Correlación “Negativa”

6.4.1 Análisis de correlación porcentaje de Recuperado Vs Número de Roturas

El porcentaje de recuperado es una variable que hace parte de la formula estándar de cada producto, los cuales tiene un mínimo de consumo para que la formula sea rentable. Se ha observado que en situaciones en los cuales se tienen roturas de la película durante el proceso de biorientación, el operador tiende a bajar este porcentaje hasta el punto de sacarlo completamente de la formulación. Este cambio trae como consecuencia que la afectación negativamente en el costo estándar del producto y por ende una variación de cantidad negativa. Se decidió realizar un análisis de correlación para validar si existe estadísticamente una relación entre estas dos variables debido a que unos de los CTQ’s de este proyecto es no desmejorar la formula estándar de los productos. La **Tabla 11** resume los datos tomados en dos referencias representativas de ese tipo problemas:

Tabla 11. Resumen de datos para análisis de correlación

RESUMEN DE DATOS CORRELACIÓN ROTURAS Vs % DE RECUPERADO			
CC4515		CC4517	
Porcentaje de Recuperado	Numero de Roturas	Porcentaje de Recuperado	Numero de Roturas
20,5	6	8,6	2
19,2	0	19,9	1
22,3		22,5	0
20,2	0	22,5	0
23,5	0	22,6	0
21,5	7	25,6	
25	0	17,1	0
23,6	0	17,2	0
18,5	0	17,3	0
17,5	2	20,5	5

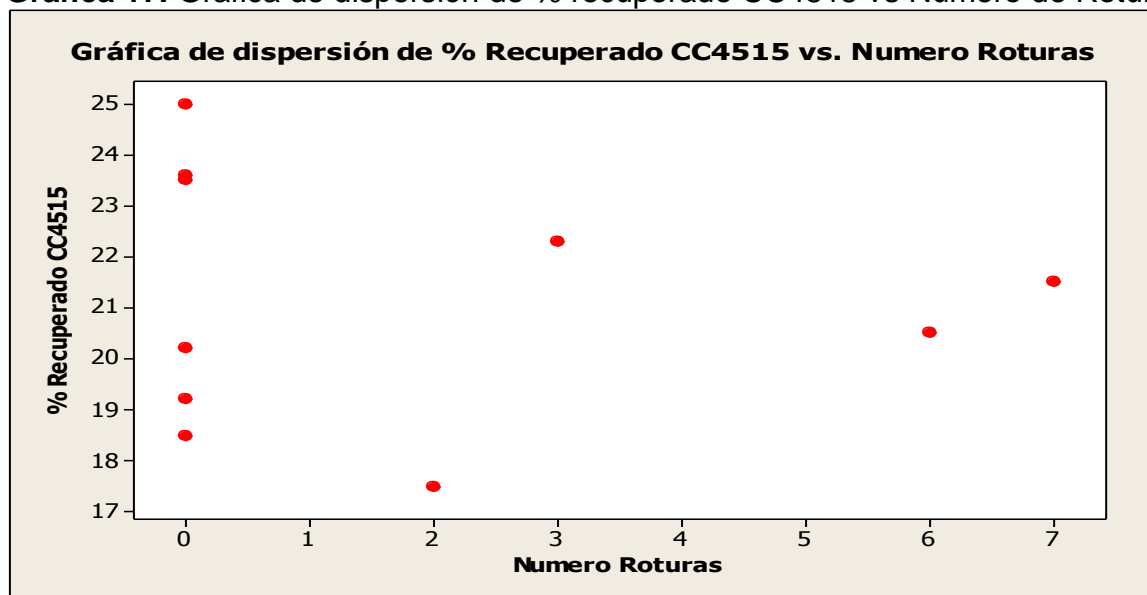
Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Los resultados de la **Grafica 17** indican que los datos están disperso lo que muestra que no tiene una tendencia definida.

Correlaciones: % Recuperado CC4515. Numero Roturas

Correlación de Pearson de % Recuperado CC4515 y Numero Roturas = -0,099
Valor P = 0,786.

Grafica 17. Grafica de dispersión de % recuperado CC4515 vs Numero de Roturas



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Los resultados de la correlación muestran un valor del coeficiente de Pearson de -0,099, lo cual refleja que no existe fuerza de relación entre estas dos variables, de igual forma lo soporta el valor de Pvalue el cual es superior a 0,05 por lo tanto no se rechaza la prueba de hipótesis de una correlación donde los coeficiente de la ecuación son igual a cero.

Ho=Coeficiente de Regresión es igual a cero

Ha= Coeficiente de Regresión es distinto a cero

6.5 ANALISIS DE REGRESIÓN¹²

El análisis de regresión calcula una “ecuación de predicción” que puede matemáticamente predecir Y para cualquier X, el modelo de regresión lineal simple toma la forma:

¹² Información tomada del modulo de análisis de regresión del material de uso exclusivo de GPS.

$$y = \beta_0 + \beta_1x + e$$

Donde:

β_0 = Es la abscisa

β_1 = Es la pendiente

y = Es el término del error.

El término del error responde por otras variables tales como el error de la medida, la variación material, etc. que no son consideradas en el modelo.

El valor R-cuadrado o coeficiente de determinación es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación r^2 .

Cuando r^2 es grande, el término del error es pequeño y el modelo es útil para la predicción.

6.4.1 Análisis Regresión Ajuste de Temperatura de Procesos Vs Porcentaje de recuperado usado en la formulación.

Teniendo en cuenta que el porcentaje de recuperado es uno de los CTQ's de este proyecto, se realizó un análisis de regresión para determinar a través de una ecuación de predicción el ajuste de temperatura que se debe hacer al momento de que sea necesario cambiar el consumo de recuperado en la formulación de un producto.

Para determinar los datos, se realizó un ejercicio en la producción de Bioseal 15 Micras a una velocidad de 415 MPM, se inició con un consumo de recuperado en 30% en la formulación y se fue bajando con cambios de 5%, paralelamente se monitoreaba el amperaje del equipo que refleja este tipo de cambios en sus motores, llamado TDO. Se pretendía realizar el ajuste de temperatura necesario en cada una de las zonas del TDO para estabilizar el amperaje inicial del equipo. Los resultados se resumen en la **Tabla 12**

Tabla 12. Resumen de datos para análisis de Regresión

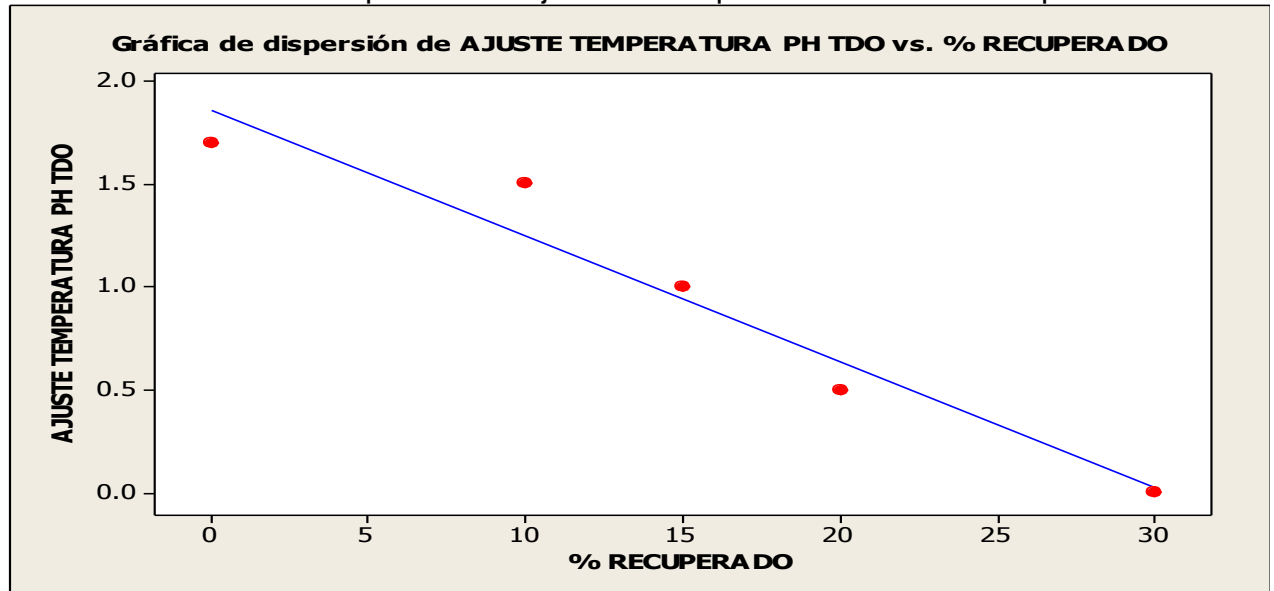
RESUMEN DE DATOS REGRESION			
% RECUPERADO	AMPERAJE LADO MAQUINA DEL MOTOR	AMPERAJE LADO OPERADOR DEL MOTOR	AJUSTE TEMPERATURA PH TDO
30	25.6	28.9	0
20	26.1	29.3	0.5
15	26.2	29.4	1
10	25.8	29	1.5
0	25.9	29.2	1.7

Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

El análisis se realizó basado en los 5 pasos recomendados por esta metodología:

Paso 1: Graficar los datos donde se obtuvo que existe una tendencia marcada entre las dos variables en análisis tal como lo ilustra la **Grafica 18**

Grafica 18. Grafica de dispersión de ajuste de temperatura PH vs %Recuperado



Fuente: Elaborado por los Autores con base a la información suministrada de BIOFILM S.A

Paso 2: Realizar análisis de correlación:

Correlaciones: % RECUPERADO. AJUSTE TEMPERATURA PH TDO

Correlación de Pearson de % RECUPERADO y AJUSTE TEMPERATURA PH TDO = -0,971, Valor P = 0,006

Este valor indica que existe una correlación negativa fuerte entre la variable independiente y dependiente, por lo tanto se puede seguir con el proceso de regresión

Paso 3: Obtener Ecuación de regresión:

Análisis de regresión: AJUSTE TEMPERATURA PH TDO vs. % RECUPERADO

La ecuación de regresión es:

$AJUSTE TEMPERATURA PH TDO = 1,85 - 0,0610 \% RECUPERADO$

Paso 4: Análisis del Modelo

Este modelo matemático viene soportado por el siguiente análisis:

	Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	1,8550	0,1554	11,93		0,001
% RECUPERADO	-0,061000	0,008622	-7,08	0,006	

S = 0,192787 R-cuad. = 94,3% R-cuad.(ajustado) = 92,5%

Con un R2 de 94,3% se puede concluir que el 94,3% de los datos se pueden explicar con este modelo matemático, el cual es un valor muy bueno para este tipo de análisis, además los datos muestran un Pvalue de 0,001 el cual es menor a 0,005 con lo cual se rechaza la Hipótesis nula, confirmando de esta forma el modelo matemático.

Ho=Coeficiente de Regresión es igual a cero

Ha= Coeficiente de Regresión es distinto a cero.

6.5 Aspectos Concluyentes:

Terminando este capítulo se puede concluir que el AMEF es una herramienta que fácilmente lleva a la consecución de las causas asociadas de un problema de una manera sistemática, debido a que todos los miembros del equipo tiene la oportunidad de participara activamente en las calificaciones que se deben realizar durante el análisis. Es una muy buena herramienta para consolidar un equipo de trabajo. de igual forma se pueden plantear propuestas de mejoras q relacionadas a las causas encontradas.

Con relación a las pruebas de hipótesis, se puede concluir que los resultados de las barreras al vapor de agua y oxigeno de las películas tratadas con tratamiento flama, son mejores que al ser procesadas con tratamiento corona, lo cual permite que en el caso de que se tenga problemas con tratamiento corona, se pueda utilizar el tratamiento flama sin tener que afectar la velocidad de proceso de la línea.

Los resultados de las pruebas de correlación mostraron que no existe ninguna relación entre el porcentaje de recuperado en la formulación y el numero de roturas que se puedan tener en el proceso productivo, lo cual ha sido un paradigma en la planta.

El análisis de regresión arrojó una ecuación de predicción con una alta precisión que servirá como base para los cálculos de ajuste de temperatura cuando se tenga que variar el consumo de recuperado en la línea.

7. ETAPA DE MEJORA

En esta etapa por limitación del trabajo integrador solo se ejecutara hasta la fase de propuestas y no se realizara la etapa de implementación y control de la metodología lean six sigma

El objetivo de esta etapa es proponer mejoras con el fin de eliminar las causas asociadas al no cumplimiento de las velocidades estipuladas en el plan de operación de planta.

Basándose en los análisis realizados se proponen las siguientes implementaciones en el proceso de producción de BOPP de la línea 3 de Biofilm S.A tal como se reflejan en la Tabla 13.

Tabla 13. Propuestas de mejorar para eliminar las causas potenciales

PROPUESTA DE MEJORA PARA MEJORAMIENTO DEL OUT PUT DE PRODUCCIÓN DE LA LINEA 3 DE BIOFILM S.A					
Funcion del Proceso (Paso)	Causas Potenciales de Falla	Acciones	Responsable	Fecha Ejecución	Estado
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Curas en el Rodillo	Cambio rodillo corona	Luis F Bermudez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Sistema de extraccion de c	Cambio de mangueras de extraccion. Corregir fugas en sistema de Extraccion (Ductos) Realizar Mediciones en Succion del Blower. Cambio de Blower por uno de mayor capacidad.	Luis F Bermudez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Deformacion en superficie de Nip Roll y Rodillo tratador	Cambio de Nip Roll. Cambio de Rodillo corona	Luis F Bermudez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Rodillo Perforado	Cambio de Rodillo corona	Luis F Bermudez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Deficiencia en Sistema neumatico	Realizar Mantenimiento completo a sistema neumatico	Luis F Bermudez	4Q2010	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Falta de instrumento de medicion de Flujo de la mezcla Aire/Gas	Colocar instrumento de medicion	Luis F Bermudez	4Q2010	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Condiciones de Procesos inadecuada a alta velocidad	Definir COE	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Generadores en mal estado	Realizar mantenimientos Preventivos y correctivos y Predictivos	Luis F Bermudez	4Q2010	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Mal funcionamiento HCU d	Realizar Limpieza mas periodica. Realizar mantenimiento a controladoras	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Electrodos sucios o descalibrados	Realizar limpiezas a electrodos	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Estiro Orientacion Transversal TDO	Flujo de calor no uniforme hacia la pelicula	Limpieza de intercambiadores. Cambio de selllos de ductos.	Jorge Jimenez	2Q 2011	
Estiro Orientacion Maquina MDO	Pelicula adherida a nip roll por Paradas por descuadres de cast film	Analizar causas rayz de descuadres de cast film.	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Enfriamiento Tratamiento, Medicion de espesor y Refilar (PRS)	Arruga de la pelicula entrando al tratador	Definir COE	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Sistema de Dosificacion	Mezcla no uniforme de los materiales	Limpieza de Sistema de dosificacion. Cambio de filtros en el sistema de transporte neumatico. Cambio de Lonas.	Jorge Jimenez	1Q 2011	
Estiro Orientacion Maquina MDO	Sistema de control automatico de temperatura en mal estado	Calibracion Electrovalvulas. Mantenimiento a trampas d evapor	Luis F Bermudez	1Q 2011	

Fuente: Propuestas elaboradas por los autores con base a la información obtenida del grupo del proyecto

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo integrador se puede ver en el primer capítulo que los equipos de la línea 3 que más tienen relación con los CTQ's determinados en este proyecto de mejoramiento son el MDO, TDO y el PRS debido a que las etapas del proceso de Biorientación que resultaron del Paréto del FDM pertenecen a estos equipos.

En lo referente al segundo capítulo, se observa que el sistema de medición actual de la propiedad de apariencia de la película en la empresa BIOFILM no lo suficientemente robusto debido a que no presentan criterios claros y definidos de calificación de la película.

Así mismo se observa que por las diferencias en el proceso este no es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas o diseñadas en el plan de operación de planta.

Para el tercer capítulo se logra identificar las causas potenciales asociadas al no incremento de las velocidades, esto se evidencio mediante un análisis de modo de falla (AMFE), mostrando el PULL ROL como el equipo más influyente en la problemática planteada en el desarrollo de este proyecto.

En lo referente a las pruebas de hipótesis se pudo comprobar que los resultados en termino de barrera de vapor de agua y oxígeno son mejores con tratamiento flama lo cual le da la posibilidad de usar este tipo de tratamiento en caso de tener problemas con el tratamiento corona sin llegar a desmejorar la velocidad del proceso

Y por último se detalla un análisis con sus respectivas acciones para cada unas de las causas potenciales o fallas que se encontraron en el proyecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la organización:

Realizar entrenamiento en análisis de apariencia de la película con base en patrones definidos.

Implementar todas las acciones detalladas en este proyecto con el fin de obtener las mejoras esperadas en la línea 3.

Desplegar la metodología six sigma a todo el equipo de producción de la línea 3

Desarrollar planes de control que garanticen la continuidad de las mejoras

Implementar este tipo de análisis en la línea 1 y 2 que presentan una problemática similar a la estudiada en la línea 3.

BIBLIOGRAFIA

Allen L Webster, Estadística aplicada a los negocios y la economía, MC Graw – Hill, 2000.

Jay L. Devore, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, Internacional Thomson Editores, 1998

Masaaki Imai, Gemba – Kaisen, como implementar el Kaisen en el sitio de trabajo, Mc Graw Hill 1998.

William M. Feld, Lean Manufacturing, tools, techniques and how to use them, Apics Alexandria, Virginia, 2001.

Bothe, Davis R, Measuring Process Capability; Techniques and Calculations for Quality and manufacturing Engineers, Mc Graw Hill,. 1997

Barba, Boix y Cuatrecasas, Seis Sigma una iniciativa de calidad total, Gestión 2000, Pág. 238

Thomas Pyzdek, the Six Sigma Handbook, Mc Graw Hill, 2001.

Forrest W. Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Methods; Breyfogle III, 2000.

Material exclusivo de GPS, modulo de definir, medir, analizar.