



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Comisión de Estudios de Postgrado
Postgrado en Gerencia de Sistemas de Calidad y
Control Estadístico de Procesos

**PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE PULIDO DE CILINDROS EN
UNA FÁBRICA DEL SECTOR GRAFICO**

Autor: Geris Aguilar
Tutor: Doris Reina

Febrero, 2018

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Sistemas de
Calidad y Control Estadístico de Proceso



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN ESTADÍSTICA



VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo Especial de Grado presentado por: AGUILAR CONTRERAS GERIS, Cédula de Identidad N° 15.957.106, bajo el título "PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE PULIDO DE CILINDROS EN UNA FÁBRICA DEL SECTOR GRÁFICO", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de ESPECIALISTA EN GERENCIA DE SISTEMAS DE CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 29 de Enero de 2018 a las 08:30 AM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en el Salón Principal del Postgrado en Estadística, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado cumple con los requisitos para optar al título de Especialista en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos, por el aporte que hace al control estadístico de proceso al emplear de manera exitosa herramientas básicas en el proceso de pulido de cilindros en una fábrica de empaques flexibles del sector gráfico.



En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 29 días del mes de enero del año 2018. Conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la Esp. Doris Reina de Rebolledo.

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de: **M.Sc. Wilfre Machado y Esp. Doris Reina de Rebolledo.**

M.Sc. Fanny Molina / C.I. 5.688.216
FAGRO-UCV

Esp. Shimazú Martínez / C.I. 8.584.052
FAGRO-UCV



Esp. Doris Reina de Rebolledo / C.I. 12.564.567
Alimentos Polar
Tutora

Miriam
29-01-18

Página 2 de 2

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios Todopoderoso, por todas las bendiciones recibidas, por estar conmigo en cada paso que doy, y por haber puesto en mi camino todas aquellas personas que, de una u otra forma, me ayudaron para llevar a cabo el presente trabajo.

A mis hijas Juliana y Nazaret y mi esposo Argenis, por ser mi complemento de vida y acompañarme en este logro

A mis padres Iris y German y mis hermanos Yuly y German, por ser mi apoyo durante el desarrollo de este trabajo que en principio parecía interminable.

A mi tía Miriam, por sus recomendaciones y acompañamiento durante el tiempo que me llevó terminar el trabajo de grado.

A la profesora Fanny Molina y Shimazu Martínez, por su apoyo incondicional y asesoría en el desarrollo de este trabajo, ¡Muchas Gracias!

A mis amigas Doris, Eleanny y Margara por darme ese impulso que en momentos requerí para llevar a cabo este logro

A Calos Solis, por su colaboración, conocimiento técnico y disposición en todo momento

A la UCV y personal de Postgrado, por su acompañamiento y dedicación como estudiante, me siento orgullosa de haber cursado en esta casa de estudio.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas, familiares, amigos y compañeros de trabajo, que me acompañaron a lo largo de este camino.

A todos Gracias!!

Geris

INDICE

Contenido	Pág.
Índice	1
Índice de figuras	2
Índice de cuadros	3
Introducción	4
Objetivos de la investigación	7
Revisión Bibliográfica	8
Proceso de Fabricación de Empaques Flexibles	20
Antecedentes	25
Metodología	28
Viabilidad	35
Resultados	38
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Referencias bibliográficas	75
Anexos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Sistema de Excelencia en Manufactura SIEM	7
Figura 2. Herramientas útiles en la corrección de la variación.	9
Figura 3. Productos Elaborados por Empresas Polar.	20
Figura 4. Diagrama del proceso de fabricación de empaques flexibles.	20
Figura 5. Mecanismo de impresión por Rotograbado.	22
Figura 6. Productos Elaborados en el Proceso de Impresión Por Rotograbado.	22
Figura 7. Flujograma del proceso de grabado de cilindros.	23
Figura 8. Impresión por Rotograbado	37
Figura 9. Proceso de Grabación de Cilindros	38
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de pulido de cilindros	41
Figura 11. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 1	48
Figura 12. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 1.	49
Figura 13. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 2.	50
Figura 14. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 2	51
Figura 15. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 3	52
Figura 16. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 3	53
Figura 17. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad para el cilindro 4	54
Figura 18. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 4	55
Figura 19. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 5	56
Figura 20. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 5	57
Figura 21. Diagrama de Ishikawa.	59
Figura 22. Factores asociados a la variabilidad en la rugosidad y dureza en el proceso de pulido de cilindros.	62

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Desarrollo Metodológico Objetivo 1	29
Cuadro2. Desarrollo Metodológico Objetivo 2	30
Cuadro 3. Criterio de ponderación basado en el impacto sobre el efecto	33
Cuadro 4. Propuesta de Plan de Mejoramiento	34
Cuadro 5. Cronograma de Actividades	36
Cuadro 6. Fortalezas y Oportunidades detectadas en el proceso de cilindros	43
Cuadro 7. Resultados de la entrevista al personal	44
Cuadro 8. Recolección de datos de las variables críticas de estudio	46
Cuadro 9. Ponderación de causas	61
Cuadro 10. Cuadro asociativo del factor de variabilidad y la alternativa aplicada	63
Cuadro 11. Plan de Mejoramiento	64

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la calidad y excelencia de las organizaciones empresariales requieren, como condición indispensable un elevado ritmo de renovación constante que dirija sus esfuerzos para hacer cambios con verdaderos planes de mejora en la calidad y productividad de los servicios que ofrece. De acuerdo con esta premisa: "...su calidad y productividad... ha llevado a que las empresas ejecuten acciones tendentes a atacar las causas de sus diversos problemas y deficiencias." Gutiérrez (2001).

En consecuencia, en una empresa es necesario autoevaluar el funcionamiento de los procesos de producción y ejecutar acciones que no solo aborden los diversos problemas en mejorar, la organización pueda ser más competitiva en calidad, mejore los costos del producto terminado, cree mayor rentabilidad y genere condiciones necesarias para sobrevivir en un mercado globalizado. En los procesos de manufactura algunos productos, por estar fuera de las especificaciones de calidad, se deben separar, desechar o en el mejor de los casos, someter a un reproceso y que cumplan con las especificaciones necesarias de calidad. Ello, tiene implicaciones que generan pérdidas sustanciales de dinero a las empresas que bien podría ser invertido en investigación, maquinaria, capacitación, entre otras.

Ahora bien, dentro del proceso de producción es común que haya variabilidad; sin embargo, lo ideal es saber diferenciar las causas comunes de las especiales. Las primeras por su parte, son debidas al azar, en otras palabras, son parte del sistema. Sin embargo, la preocupación debe estar encarada hacia las variaciones especiales porque éstas se deben corregir para poder tener control sobre el proceso y en consecuencia, garantizar su estandarización. Por ende, habrá mayor conocimiento y control sobre el mismo y aunque la variabilidad se siga presentando es más fácil descubrir las causas que la producen para tomar decisiones objetivas que permitan tener un proceso bajo control estadístico. Como afirma Kume (1997) "es necesario mantener la variación de las características de calidad en el mínimo, y lograrlo es una de las tareas más importantes del control de calidad".

Esto significa que, el control estadístico de procesos busca reducir la variabilidad en el

proceso, partiendo del concepto de que: “La Calidad es inversamente proporcional a la variabilidad” Montgomery (2008). En consecuencia, la industria manufacturera ha de adoptar métodos que aseguren la calidad de sus productos y el momento más indicado para determinarla es cuando éstos se están elaborando.

Sin duda, este es el tema que interesa al presente trabajo. En primer lugar, porque al constituirse en una preocupación para las actuales industrias o empresas, el esfuerzo de mejora continua del proceso establecerá condiciones de sobrevivencia y dará un nuevo rumbo a los principios de gerencia. Y el uso de las técnicas de Control Estadístico de Procesos, como parte de su Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura no sólo promoverá productos y servicios de calidad sino que apostará a la permanencia en el mercado. En segundo lugar porque con la disminución de la variabilidad el proceso debido a causas especiales logrará estar bajo control estadístico, que implica que la salida del proceso debe cumplir con los requerimientos de calidad. Ahora bien, aunque la variabilidad se siga presentando, es necesario continuar investigando para emprender acciones correctivas.

Dado los anteriores argumentos, y desde una mirada centrada en entender y mejorar la variabilidad de los procesos productivos que disminuye la rentabilidad de Alimentos Polar Comercial C.A. Planta Maracay, estado Aragua, se sintetiza el presente trabajo en desarrollar un plan de mejora en el área de grabación, específicamente en el proceso de pulido de cilindros, utilizados en la impresión de empaques flexibles, que facilite la identificación de causas de desvíos y oportunidades de mejora en el proceso.

La aplicación del control estadístico de procesos es una técnica que Empresas Polar, encomienda en los manuales de capacitación a todo su personal para mejorar continuamente los procesos y cumplir de manera segura, con los estándares de la empresa. En este sentido, el presente trabajo representa una alternativa para entender y proponer mejoras en el proceso de pulido del área de grabación de cilindros en la impresión de empaques flexibles de productos alimenticios de primera necesidad en la dieta del venezolano (Harina Pan, Arroz Primor, Pasta Primor, Aceite de maíz Mazeite, Margarina

Mavesa, entre otras)

La empresa se ve en la necesidad de implementar mejoras en los procesos para aumentar la eficiencia de las líneas productivas y mantenerse en el mercado, debido a que muchos de los productos de Alimentos Polar Comercial C.A., son de precio regulado, por lo que la misma busca desarrollar alternativas que le permitan seguir siendo una empresa rentable.

En Alimentos Polar Comercial C.A. Planta Maracay, desde junio 2015 a mayo 2016 se registraron 155 avisos de calidad, de los cuales el 42% son imputables al área de impresión, específicamente, por causa de defectos en cilindros. Para comprender el significado de avisos de calidad la Política de la organización Gestión de Materias Primas No A Granel y Material de Empaque (2012) los define como documentos a través de los cuales se maneja información y se realiza seguimiento referente a defectos encontrados en los materiales.

Con la aplicación de control estadístico se busca identificar y dar seguimiento a las variables que impactan en la calidad del material de empaque, con la finalidad de minimizar la generación de desperdicios y reducir el tiempo que transcurre entre la ocurrencia y la detección de algún desajuste en el proceso de fabricación, de igual forma, identificar las causas del mismo con el fin de evitar su repetición.

Siguiendo los lineamientos de la organización, según el manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM, 2010), se persigue establecer un programa de control estadístico de procesos, como se muestra en la figura 1 que permita analizar el proceso crítico del pulido de cilindros en el área de grabación. Se evaluarán los posibles factores que pudiesen estar incidiendo en defectos de calidad que tienen correspondencia con el pulido de cilindros, como velos, rayas y fuera de registro que generan productos no conformes, a fin de minimizar producciones defectuosas, fallas recurrentes, permitir que la prevención sustituya la detección y mantener una actitud de mejora continua de los procesos. De esta manera, se podrá dar cumplimiento a la política de calidad e Inocuidad, la cual establece: “Es compromiso de Alimentos Polar, asegurar la satisfacción de nuestros clientes y consumidores, mediante la innovación y mejora continua que se reflejan en la

calidad e inocuidad de nuestros productos” Larrazabal, F. (2016).

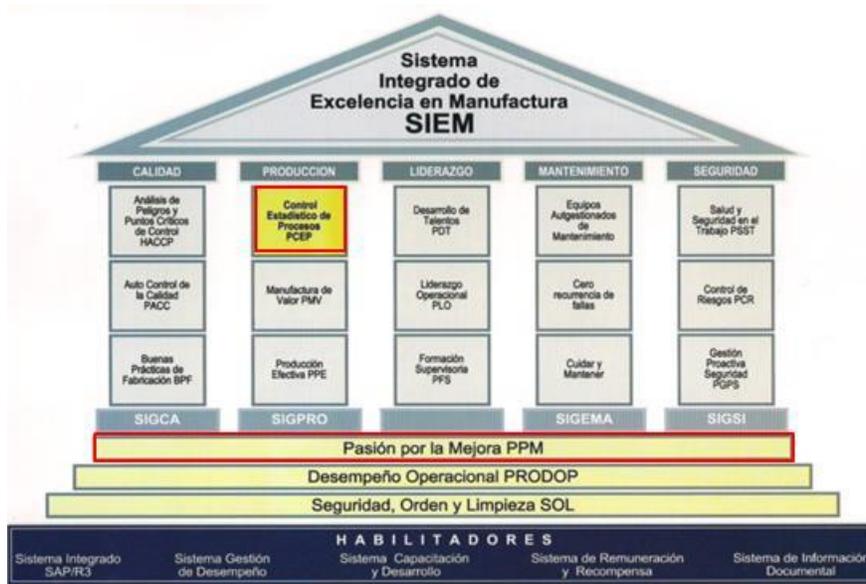


Figura 1. Sistema de Excelencia en Manufactura SIEM (Manual SIEM, 2010)

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General:

Diseñar un plan de mejora en el proceso de pulido de cilindros, utilizados en la impresión de empaques flexibles en una empresa del sector gráfico.

Objetivos Específicos:

1. Determinar las causas de variación del proceso de pulido de cilindros en la elaboración de empaques flexibles en una empresa del sector gráfico.
2. Proponer acciones preventivas y/o correctivas que permitan minimizar la variabilidad del proceso.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

MARCO TEÓRICO

Para consolidar la investigación desde el punto de vista teórico se abordarán y explicarán los enfoques teóricos (conceptos básicos) relacionados con las teorías que tratan sobre control estadístico de procesos y las herramientas de la calidad.

Control Estadístico de Procesos (CEP)

El control estadístico de procesos es una herramienta que permite analizar procesos con el fin de estudiar su comportamiento para poder evaluarlo; de manera que, si se hallan procesos fuera de control se puedan encontrar las variables que ejercen ese comportamiento y generar mecanismos que conlleven a restablecer el control del proceso de manera que muestre dónde existen desviaciones de los estándares y ayude a corregirlas.

Al respecto Evans y Lindsay (2008) definen el CEP como una metodología en el seguimiento de un proceso para identificar las causas de la variación y señalar la necesidad de emprender una acción correctiva en el momento apropiado.

Toda producción de un proceso presenta una variabilidad natural y propia, como también existen otras causas de variación que provienen de circunstancias especiales. Montgomery (2008) señala que a estas fuentes de variabilidad que no son parte del patrón de las causas fortuitas se les llaman causas asignables y se dice que un proceso que opera en presencia de causas asignables está fuera de control.

El control estadístico busca detectar las causas asignables a estas desviaciones y eliminarlas para reducir la variabilidad en los procesos y por ende en los productos fuera de especificación.

En la Figura 2 se muestran herramientas útiles que permiten la identificación, análisis y

acciones a seguir en la corrección de la variación y que se encuentran descritas en el manual de SIEM (2010):

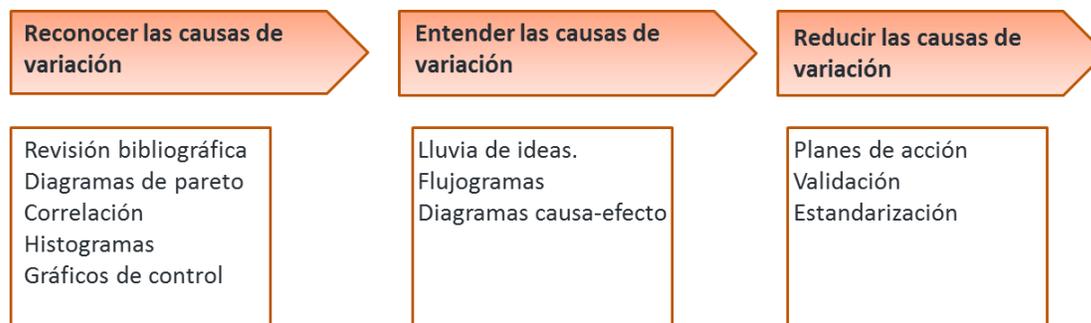


Figura 2. Herramientas útiles en la corrección de la variación (Manual de SIEM, 2010)

Entre los beneficios de la aplicación del programa de control estadístico según el manual de SIEM (2010) se encuentran:

- Monitorear continuamente y confiablemente los procesos.
- Facilitar la identificación de las causas de desvío en los procesos y las oportunidades de mejora.
- Agilizar la toma de acciones correctivas y preventivas.
- Reducir los costos de fabricación por aumento de la calidad y productividad.

Lo anterior, se puede lograr mediante un plan de mejoramiento, el cual según el Manual para la elaboración de planes de mejoramiento del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES, 2003) orienta las acciones requeridas para eliminar las oportunidades determinadas y sus causas, sin alterar las fortalezas conseguidas.

De acuerdo a la norma ISO 9001:2015 “La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora...corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados y mejorar el desempeño y la eficacia de su sistema de gestión”

En síntesis, todo proceso debe ser medido de acuerdo a sus características para recolectar

datos que provean información representativa. Con el análisis de los datos se debe obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del proceso y sus desviaciones. Los valores numéricos se comportan de manera aleatoria y para su análisis es necesario recurrir a técnicas estadísticas (herramientas) que permitan evaluar la variabilidad en la toma las decisiones.

“El control estadístico puede aplicarse a cualquier proceso, sus 7 herramientas principales son: El histograma, la hoja de verificación, la gráfica de Pareto, el diagrama causa y efecto, el diagrama de concentración de defectos, el diagrama de dispersión y la carta de control” (Montgomery, 2008) estas herramientas pueden ser complementadas con otras técnicas como la lluvia de ideas, la encuesta, la entrevista, diagramas de concentración de defectos, la matriz de selección de problemas y la matriz técnica de procesos. Y tal como lo indica la Política de implantación, mantenimiento y revisión del sistema de Gestión del negocio de calidad (2014) de la empresa, se deben emplear herramientas de estadísticas básicas en el control de los procesos, y en el análisis y diagnóstico de las causas que originan los problemas reales y/o potenciales.

Este conjunto de herramientas da objetividad y precisión en la toma de decisiones. “son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos” Kume (1997). Por esta razón, en este trabajo se dará importancia a la aplicación de los métodos estadísticos en el proceso de pulido de cilindros en el área de grabación de cilindros en la elaboración de empaques flexibles.

Herramientas clásicas de control y Gestión de la Calidad

En general, estas herramientas pueden ser utilizadas para detectar y solucionar la inmensa mayoría de los problemas que surgen en la organización. Según Ishikawa (1994), aplicadas e utilizadas correctamente permiten la resolución del 95% de los problemas de los puestos de trabajo, quedando sólo un 5% de los casos en que se necesitan otras herramientas con utilización de métodos estadísticos mucho más complejos y avanzados.

Tormenta de ideas

Es una técnica que consiste en la generación de una gran cantidad de ideas sobre un tema o problema común por parte de un grupo de personas. Las sesiones no tienen una duración estipulada, encontrando desde sesiones que no duran más de 10 o 15 minutos a sesiones de una hora o más, y respecto al número de participantes tampoco existen reglas, aunque se aconseja que el grupo de participantes no exceda de 10 o 12 personas.

En una sesión de *brainstorming* deben imperar las siguientes reglas para estimular la creatividad y la eficacia:

- El tema o problema a tratar debe estar claramente definido y ser comprendido por todos los participantes.
- Todos los participantes tienen las mismas posibilidades de pensar y expresar libremente sus ideas.
- No se puede rechazar o criticar ninguna idea aportada, así como tampoco emitir elogios.
- No se debe realizar ningún tipo de valoración ni juicio.

Esta técnica puede desarrollarse siguiendo diversos métodos. Un *brainstorming* formal requiere la figura de un coordinador que, en primer lugar, formula el tema acerca del cual se va a hacer la puesta en común y recuerda las reglas de esta técnica y, posteriormente, se limita a recoger todas las ideas aportadas una a una por los miembros del grupo.

Por otro lado, un *brainstorming* informal consiste en aportar ideas conforme vayan surgiendo, espontáneamente. No se sigue un orden como en el método anterior, con lo que puede ocurrir que se necesite a más de una persona que tome notas, dada la rapidez del proceso. El inconveniente sería la posibilidad de que predominen las personas extrovertidas y se haga difícil la escucha de todas las aportaciones si éstas se producen simultáneamente.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80 % de los problemas son originados por un 20 % de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales. (Ishikawa, 1994):

Si se emprenden acciones correctoras debemos dibujar los diagramas de Pareto antes y después con objeto de comprobar los resultados alcanzados. La interpretación será la siguiente (Ishikawa, 1994):

- a) Si los defectos o las pérdidas más frecuentes decrecen súbitamente, esto indica que han tenido o están teniendo éxito las acciones de mejora emprendidas o que existen factores que han cambiado si todavía no hemos emprendido nada.
- b) Si varios tipos de defectos o pérdidas decrecen de manera uniforme, esto indica generalmente que el control ha mejorado.
- c) Si el defecto o la pérdida más frecuente varía en el tiempo, pero no disminuye mucho el porcentaje global, es decir, el diagrama de Pareto es inestable, esto indica falta de control.

La utilización de esta herramienta presenta las siguientes ventajas (Galgano, 1995):

- Permite observar los resultados de las acciones de mejora implantadas al comparar dos diagramas del mismo fenómeno en momentos distintos de tiempo.
- Es una herramienta polivalente y fácilmente aplicable, no sólo en el control de la calidad sino en cualquier ámbito.
- Utilizado en presentaciones y reuniones aumenta la eficacia y la rapidez de la comunicación porque permite identificar rápidamente y a simple vista el problema más grave.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de espina se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios en alcanzar un determinado objetivo (efecto).

La aplicación de esta herramienta es amplísima. Entre otras, puede utilizarse para (Galvano, 1995): conocer y afrontar las causas de los defectos, anomalías o reclamaciones; reducir costes; obtener mejoras en los procesos; mejorar la calidad de los productos, servicios e instalaciones; y establecer procedimientos normalizados, tanto operativos como de control.

A pesar de la aparente sencillez de esta herramienta, su aplicación presenta una serie de ventajas, como (Llorens y Fuentes, 2001):

- Proporcionar una metodología racional en la resolución de problemas.
- Permitir sistematizar las posibles causas de un problema.
- Favorecer el trabajo en equipo permitiendo que los trabajadores planteen de forma creativa sus opiniones y que la comunicación sea clara y eficaz.

Gráfico de control

El gráfico de control es una herramienta que se utiliza para medir la variabilidad de un proceso. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados. La aplicación de este instrumento es muy amplia. Se utiliza en las fases de control de los niveles de calidad de diversas actividades, inmediatamente después de la recogida de datos.

Gráficos de Control EWMA

Cuando en un proceso se produce un desajuste muy pequeño, los gráficos de Shewart pueden ser poco efectivos. El problema que tienen ante pequeños cambios es que tardan mucho tiempo en detectar el desajuste. Por lo tanto, la idea de usar gráficos con memoria es

que la representación gráfica no se basa en las observaciones individuales, o promedios de una muestra de ellas, sino en la acumulación de información. (Montgomery, 2008)

Los gráficos EWMA o de medias móviles ponderadas exponencialmente, se realizan usualmente sobre observaciones individuales. En este gráfico también se acumula en cada periodo los valores de observaciones pasadas. La variable que se representa en cada periodo es un promedio de la observación contemporánea y las observaciones anteriores, donde se da más peso a las observaciones más recientes. En general, a este tipo de promedios donde en cada instante se incorpora nueva información y se le va restando peso a las informaciones históricas se le denomina media móvil. (Montgomery, 2008)

Los gráficos EWMA de datos individuales ($n= 1$) se comportan de forma más robusta frente a desviaciones de la hipótesis de normalidad que los gráficos Shewhart. Una ventaja adicional del gráfico EWMA es la capacidad de predecir la magnitud de la desviación producida en la media. (Montgomery, 2008)

Dentro de los criterios considerados en la escogencia del gráfico de control que más se ajuste a los fines perseguidos con su uso, están:

- a) Distribución de los datos.
- b) Tipo de datos, individuales o subgrupos.
- c) Numero de observaciones, cantidad.
- d) Rapidez en la detección de las variaciones

La principal consideración que se debe realizar es que el gráfico de control de Shewart diseñado de forma estándar resulta un procedimiento poco potente para detectar cambios o desviaciones de la media de pequeña magnitud, debido a que solo tiene en cuenta la información presente del proceso. Para mejorar la potencia frente a estos cambios de pequeña magnitud, fueron desarrollados los gráficos de sumas acumuladas CUSUM y los gráficos de medias móviles ponderadas exponencialmente EWMA, cuya ventaja

principal es que, por su diseño, tienen en cuenta no sólo la información actual del proceso sino también la del pasado.

Análisis de Capacidad de proceso

Se define como el estudio de ingeniería para estimar la capacidad de proceso. De manera alternativa, la capacidad del proceso puede expresarse como un porcentaje fuera de las especificaciones. En el estudio de capacidad del proceso por lo general se miden los parámetros funcionales del producto, no el proceso en sí. (Montgomery, 2008)

El Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010) define Capacidad del proceso como la habilidad de un proceso para producir unidades dentro de las especificaciones y está determinada por su variación total, debido a causas comunes.

Se realiza tomando muestras de la producción. A partir de aquí existen muchas diferencias en cuanto al modo de tomar las muestras. En particular es frecuente que se requiera que el proceso esté en control estadístico. Este requisito es lógico cuando se pretende calcular los índices cp y cpk de variabilidad a corto plazo

Índices de capacidad del proceso

Cp: Es una medida de la habilidad potencial del proceso para fabricar productos que cumplan con las especificaciones. No toma en consideración donde se localiza la media del proceso.

Un proceso es potencialmente hábil según el Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010):

$C_p > 1,00$ para 6s

$C_p > 1,33$ para 8s

Cpk: Es una medida de la habilidad real del proceso para fabricar productos que cumplan con las especificaciones. Es una medida directa de que tan apartado del centro está operando el proceso. (Montgomery, 2008).

Un proceso es realmente hábil según el Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010):

$C_p > 1,00$ para 6s

$C_p > 1,33$ para 8s

Cpm: Incrementa la sensibilidad a las desviaciones de la media del proceso del objetivo deseado (media de las especificaciones). (Montgomery, 2008)

Mantenimiento productivo total (TPM)

Esta metodología consiste en 7 etapas o pasos básicos los cuales se describen a continuación:

Etapas 1, consiste en la limpieza e inspección, no debe pretender solamente asignar un tiempo para la limpieza al finalizar el turno. Se debe buscar un nivel de pensamiento superior, en el que el operador tome contacto con el equipo para realizar inspección mediante el aseo del equipo. El TPM ofrece una metodología específica de auditoría para realizar la identificación de falta de limpieza, generando un plan de acción de mejora el cual es controlado mediante sistemas visuales y de fácil manejo por parte del operador y directivos de la planta.

Etapas 2, se refiere a establecer medidas preventivas, en esta etapa se pretende que el trabajador descubra las fuentes profundas de la suciedad que deteriora el equipo y tome acciones correctivas para prevenir su presencia. Esta etapa es importante para el desarrollo de las actividades Kaizen o de mejora continua y son desarrolladas por los propios trabajadores que enfrentan las dificultades en la limpieza o el manejo de los procesos asignados. El trabajador debe desarrollar una habilidad para comprender los problemas que

ocasiona la contaminación, residuos, materiales extraños y sus fuentes, ya sean de otros procesos, fuera de la fábrica, equipos o materiales con los que se trabaja. El plan debe incluirse en los tableros de control tipo Kaizen para facilitar su seguimiento.

Etapa 3, preparación de estándares para la limpieza e inspección, esta etapa es un refuerzo de "aseguramiento" de las actividades emprendidas en las etapas 1 y 2. Se busca crear el hábito para el cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación y apriete de tornillos, pernos y otros elementos de ajuste; busca prevenir deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo a los estándares diseñados. Como consecuencias de esta etapa, el trabajador participará efectivamente en todas las actividades de cuidar el equipo, iniciando su intervención desde el mismo momento en que prepara las normas de cuidado de los equipos. El involucramiento del operario trae como beneficio evitar desgastes predecibles, lograr una operación sin errores, una mayor conciencia de la necesidad de trabajar con estándares y el respeto hacia el equipo y su medio.

Etapa 4, inspección general orientada, se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación activa del operador, para ello se requiere de conocimiento profundo sobre la composición del equipo, elementos, partes, sistemas, como también sobre el proceso para intervenir el equipo y reconstruir el deterioro identificado. Las inspecciones iniciales las realiza el operador siguiendo las instrucciones de un tutor especialista

Etapa 5, inspección autónoma, consiste en aplicar el ciclo Kaizen o de mejora continua a las acciones de inspección de los equipos. En las primeras etapas de autónomo se han creado la disciplina y cultura de realizar este trabajo, el cual se consideraba como exclusivo del personal técnico. En la etapa cinco se inicia con el proceso de mejora y optimización de las acciones de inspección autónoma. Se busca disminuir los tiempos de inspección o realizar el mayor contenido de trabajo y de alto impacto durante el tiempo asignado para la inspección. Como producto final de esta etapa se obtiene un plan de inspección

eficiente, con periodicidad adecuada y con contenidos bien identificados para cada inspección, con tiempos asignados bien dimensionados.

Etapa 6. Estandarización, esta etapa cumple la tarea de realizar procesos Kaizen a los métodos de trabajo. Esta etapa ya no está tan directamente relacionada con los equipos, sino con los métodos de actuación del personal operativo. Una vez se han logrado las mejoras de los métodos de inspección para los equipos propuestos en la etapa cinco, es necesario establecer un estándar para que estos se mantengan a través del tiempo. La estandarización busca que estas actividades de rutina sean asignadas adecuadamente a los operarios y en el mejor tiempo. Los estándares deben incluir los sistemas de información necesarios para garantizar que los resultados de la inspección autónoma se emplean para la mejora del equipo y la prevención de problemas potenciales.

Etapa 7. Control autónomo total, en esta etapa se integra plenamente el proceso de Mantenimiento Autónomo al proceso de dirección general de la compañía o Dirección por Políticas. Se pretende reconocer a la capacidad de autogestión del puesto de trabajo del operador, creando un sentimiento de participación efectiva en el logro de las metas y objetivos de la fábrica y de la empresa. El operario podrá tomar decisiones en el ámbito de su puesto de trabajo, cooperará para el logro de objetivos compartidos, realizará nuevas acciones Kaizen y se inician en nuevas fronteras de mejora e innovación permanente en la forma de trabajar.

Reseña histórica de la empresa en estudio

La empresa está ubicada en la zona industrial San Vicente II, Calle F parcela F-1, F-2 y F-3 Maracay Edo Aragua. Es fundada el 07 de Abril de 1964, en la Zona Ind California Sur de Caracas, inicia operaciones con etiquetas para la reproducción de cartonaje para la industria tabacalera. Luego, en 1969 Remavenca y Promasa (División de Alimentos, Empresas Polar) adquieren 60% de la participación accionaria. La empresa Benco, C.A. acumula el 40% restante de la participación. Posteriormente, entre 1975 y 1977 adquieren terrenos en la Urbanización Ind. San Vicente II, en Maracay, se inicia la construcción de las

áreas fabriles y en 1981 se trasladan las operaciones a esta zona.

En Mayo de 2002, la empresa adquiere 100 % de las acciones de Rotograbados Venezolanos S.A. se reorganizan los negocios de la división de Alimentos, pasando a ser el Negocio de ROTOVEN, S.A., una Unidad de la Dirección de Logística y Abastecimiento, como parte de una estrategia para el fortalecimiento del negocio, con el objetivo de ser más competitivos y eficientes. De esta manera, las operaciones de las líneas de fabricación de empaques flexibles pasan a abastecer las necesidades en empaques de la división de Alimentos. Finalmente en 2008 Rotoven C.A. por razones estratégicas cambia su razón social.

El Manual Sistema de Gestión (APC Planta Maracay, 2015) señala que es una empresa que se dedica a la elaboración y comercialización de empaques flexibles para alimentos, bebidas y jabones, con el empleo de materiales que proporcionan características de barreras para proteger el producto.

Productos elaborados:

En la figura 3 se muestran los productos elaborados de acuerdo al Manual Sistema de Gestión (APC Planta Maracay, 2015):

- Laminados para empaques de harinas precocidas, cereales, arroz, pastas, helados, margarinas, detergentes, jabones, y alimentos para mascotas.
- Etiquetas para envases PET y latas, en refrescos, malta, aceite, vinagre, vinos y alimentos del mar enlatados.
- Empaques monocapa en productos como helados, arroz, jabón.
- Etiquetas termoretraíbles en PVC para envases de plásticos y vidrio
- Tapas foil troqueladas



Figura 3. Productos Elaborados por Empresas Polar (<http://empresapolar.com>)

PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES

El Manual Sistema de Gestión de APC Planta Maracay (2015), define a un empaque flexible como un material que por su naturaleza se puede manejar en máquinas de envolturas o de formado, llenado y sellado, y que está constituido por uno o más de los siguientes materiales básicos: papel, celofán, aluminio o plástico. La presentación para el usuario puede ser en rollos, bolsas, hojas o etiquetas, ya sea en forma impresa o sin impresión. En la Figura 4, se describe el diagrama de proceso para la elaboración de los empaques flexibles según Manual Sistema de Gestión de APC Planta Maracay (2015) en el cual se resalta el área de impresión que será objeto de estudio en la presente investigación:

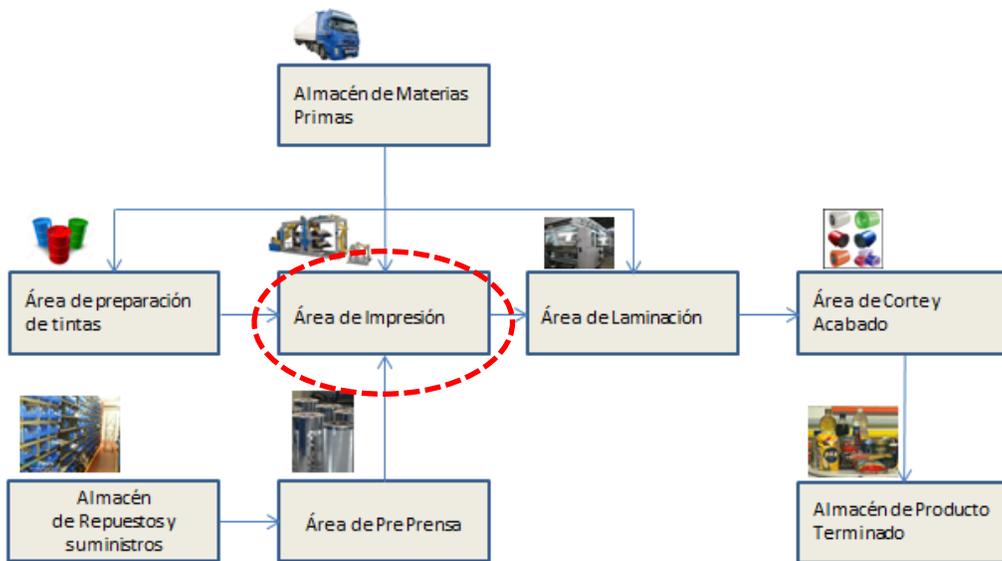


Figura 4. Diagrama del proceso de fabricación de empaques flexibles (Aguilar, 2015)

En la impresión de los empaques, se utilizan dos técnicas, la cuales son la flexografía y el rotograbado, la Descripción del proceso de elaboración del empaque flexible en APC Planta Maracay (2012) define los procesos como se detalla a continuación:

- ***Impresión Flexografía***

La flexografía, es un sistema de impresión en alto relieve, puesto que las zonas de la plancha que imprimen están realizadas respecto de aquellas que no deben imprimir, las planchas se montan a cilindros metálicos de diferente longitud, con un cinta doble-adhesiva, que recibe el nombre de "stick-back", un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado anilox, el cual transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o cliché. Posteriormente, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir.

- ***Impresión Rotograbado***

El rotograbado es una técnica de impresión en la cual las imágenes son transferidas al sustrato a partir de una serie de puntos, los cuales son grabados en forma de pequeñas cavidades en la superficie de un cilindro metálico, la tinta es transferida al soporte impreso entre el cilindro rotograbado y el cilindro presor. Para ello, el cilindro de impresión se sumerge rotando en el tintero, el excedente de tinta es barrido por una racle (fleje de acero) y cuando el sustrato pasa a través de este cilindro y el de contrapresión, la tinta es transferida al mismo (ver Figura 5). El sustrato pasa inmediatamente por un túnel de secado, donde se inyecta aire caliente a presión que evapora los solventes contenidos en la tinta dejando un residuo que se compone básicamente de una resina encargada de fijar los pigmentos al soporte y que dan color al impreso.

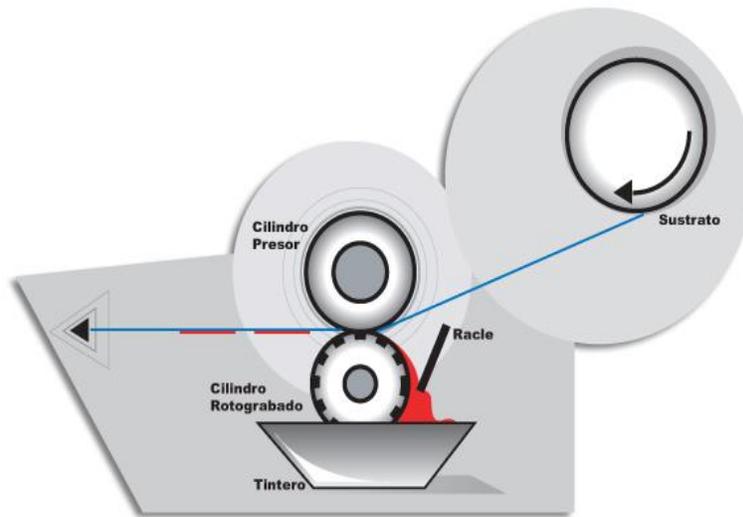


Figura 5. Mecanismo de impresión por Rotograbado (Descripción del proceso de Elaboración de del empaque flexible en APC Planta Maracay, 2012)

En la figura 6 se muestran los productos elaborados en el proceso de impresión por Rotograbado, entre los que se encuentran, productos alimenticios, para mascotas y de uso doméstico o personal:

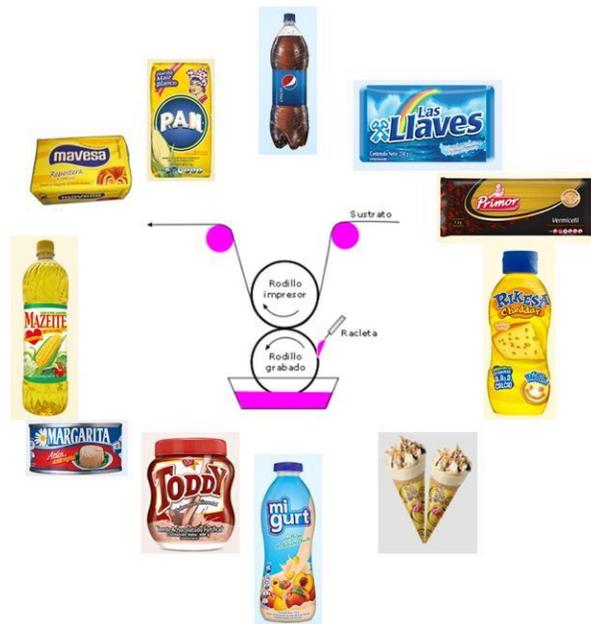


Figura 6. Productos Elaborados en el Proceso de Impresión Por Rotograbado (Aguilar, 2015)

Previo al proceso de impresión, se realiza la grabación de cilindros para el proceso de impresión por rotograbado y la grabación de planchas fotopolímeras en el caso de la flexografía, además se realiza el descromado, cobrizado, cromado, borrado y pulido de los cilindros en el área de pre-prensa.

Proceso de grabación de un cilindro

El grabado de cilindros consta de una serie de subprocesos, y el inicio del mismo viene definido de acuerdo al estado en cómo se encuentre el cilindro a procesar, en la Figura 7 se muestra un diagrama del proceso de grabado de cilindros, el proceso de pulido que aparece señalado con la línea punteada es precisamente donde se concentrará este trabajo:

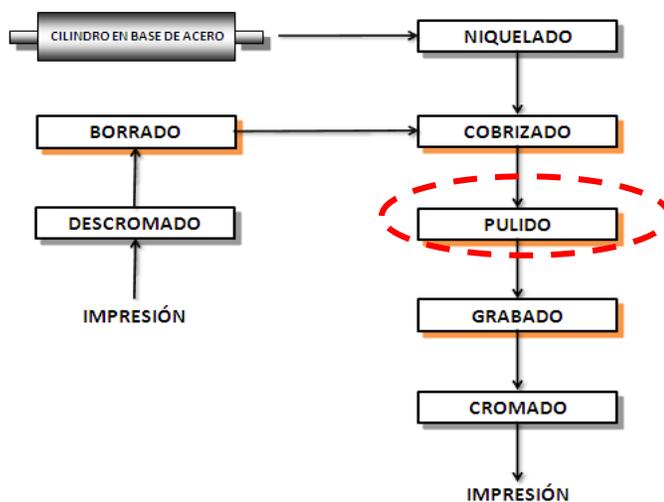


Figura 7. Flujograma del proceso de grabado de cilindros (Descripción del proceso de Elaboración de del empaque flexible en APC Planta Maracay, 2012)

La Descripción del proceso de elaboración del empaque flexible en APC Planta Maracay (2012) describe adicionalmente los subprocesos del grabado de cilindros como se presentan a continuación:

- **Niquelado:** El proceso de niquelado consiste en la aplicación de una capa de níquel sobre la superficie de acero del cilindro impresor.

- **Cobrizado:** El proceso de cobrizado de cilindros tiene como función la aplicación de una capa de cobre que permita la grabación del diseño, esto debido a que este metal es menos duro para realizar este proceso.
- **Pulido:** Luego de tener el cilindro cobrizado, el cilindro se rectifica y se pule al diámetro requerido de acuerdo al desarrollo del trabajo para la cual será destinado el cilindro, este se rectifica con una herramienta de corte y se pule con unas piedras de pulidos hasta obtener un pulido tipo espejo y una rugosidad que este entre 0,30 y 0,40 μm . Este proceso será el área de estudio en el presente trabajo.
- **Grabado de Cilindro:** Proceso de grabado electromecánico, el cual consiste en transferir la imagen al cilindro, realizando micro celdas sobre la superficie de cobre.
- **Cromado:** Consiste en la aplicación de una capa de cromo sobre la superficie de cobre grabada del cilindro impresor, la finalidad de este proceso es la de aumentar la vida útil de los cilindros, protegiendo las celdas en superficie de cobre.
- **Descromado:** Una vez que los cilindros de impresión cumplen su vida útil, estos pasan por un proceso de descromado en la cual se le retira la capa de cromo para luego ir a un proceso de borrado donde serán procesados nuevamente.
- **Borrado:** Cumplida la vida útil de un cilindro este se descroma y se borra rectificando la superficie de cobre sobre la cual fue grabado.

Preparación del cilindro para la impresión

Es primordial mencionar que los cilindros antes de pasar el proceso de impresión debe tener una serie de características propias según la impresión, que se han de controlar primeramente, Juara (2002) señala que son:

- Diámetro del cilindro
- Longitud del cilindro

Los cilindros que van a ser grabados pueden ser de dos tipos:

Cilindro nuevo: es el cilindro que no se ha usado ninguna vez en la impresión, aunque este tipo se utiliza en muy pocas ocasiones.

Cilindro usado en otros grabados: por el costo del cilindro se hace indispensable, una vez utilizado e impreso con él, someterlo a varios procedimientos y reutilizarlo repetidas veces ya que un cilindro de huecograbado es utilizado innumerables veces (Juara, 2002).

Dependiendo del producto, se sigue una secuencia de etapas, los empaques monocapa, son impresos y pasan al área de “corte y acabado” para su despacho. Las etiquetas se imprimen en el sustrato y según el caso pueden pasar por laminación o van directamente al área de “corte y acabado”, para el resto de los empaques en general, se imprime en el sustrato, se lamina y luego se procede al corte y embalaje de la bobina. Las bobinas en paletas son enviadas al almacén de producto terminado donde se distribuyen a las plantas clientes o centros de distribución.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Olivieri (2011), aplicó control Estadístico al Proceso de Elaboración de Botellas LPet NR para Bebidas Carbonadas en una Empresa de Envases Plásticos, logrando con la elaboración del diagrama de flujo describir el proceso de elaboración de las botellas. Con la matriz técnica del proceso, realizó un análisis exhaustivo del mismo y con los diagramas causa-efecto se identificaron las causas que afectaron la calidad del producto. Al finalizar su estudio recomendó realizar mejoras en el proceso, que permitan disminuir la variación del mismo, entre las que se pueden mencionar: estricta vigilancia por parte del operador, control de inventario y selección de la materia prima.

Reina y Pire (2012), aplicaron control estadístico en el proceso de cobrizado de cilindros en una fábrica de empaques flexibles, específicamente en el baño electrolítico, empleando varios métodos estadísticos entre los que se destacan: gráficos de control, determinación de

Cp, Cpk y Cpm, aplicación de encuesta diagnóstica, diagrama causa efecto, que permitieron evaluar el proceso e identificar las causas especiales de la variación, esto permitió proponer alternativas para minimizar la variabilidad, tales como, implementación de una frecuencia diaria de evaluación de las concentraciones de ácido sulfúrico, actualización de procedimientos, capacitación del personal, plan de control de temperatura y humedad del laboratorio de aguas, ejercicios intralaboratorio, y establecimiento de un plan de calidad para el monitoreo de las variables. Con esto se logró el control estadístico de ambas variables de concentración y el 100 % de los datos de concentración dentro de especificación. Al finalizar el estudio se observó la disminución del promedio mensual de avisos de calidad generados por fallas de impresión en el proceso de rotograbado en un 37% y la disminución del promedio mensual de cilindros reprocesados en 57,14%.

Ortiz y Felizzola (2014), aplicaron las cartas de control y diseñaron una matriz técnica a un proceso de producción de vidrio templado, emplearon las cartas de control x-r para el monitoreo de las dimensiones ancho y longitud de los módulos de vidrio y la carta U para el monitoreo de defectos por lote de inspección. La aplicación de la matriz técnica del proceso generó como resultado, la creación de un ranking de variables en el que se evidenciaron las variables de proceso que son críticas y se deben monitorear para garantizar la satisfacción continua del cliente, las cuales son: uso del flexómetro, técnica de avellanado, uniformidad del borde de vidrio y uniformidad del borde en el agujero. Este estudio le permitió a la empresa contar con registros que le permiten identificar los patrones de comportamiento estadístico y de variación relacionados con las variables críticas del proceso de fabricación.

Villamarin (2015), aplicó control estadístico de procesos en una línea de envases metálicos rectangulares de 5 galones, utilizó las herramientas básicas del control estadístico y la matriz técnica del proceso, lo cual fue de gran impacto porque logró identificar las variables del proceso incluyendo aquellas que hasta el momento no habían sido objeto de mediciones ni control. También utilizó la técnica de tormenta de ideas junto con el diagrama causa – efecto obteniendo como resultado la detección de puntos en los cuales se podían emprender acciones correctivas asociadas a la posible dispersión de variables

presentes.

Con referencia a las investigaciones antes mencionadas, con énfasis en la de Reina y Pire (2012), en la cual se sugiere replicar la aplicación de control estadístico en otros procesos de la empresa, resulta claro, los beneficios del control estadístico de procesos, ya que es una técnica sencilla, de uso muy extendido, se puede vigilar la variación de los procesos a lo largo del tiempo, permite asegurar el cumplimiento de los estándares, entre otros, por lo que es ampliamente recomendado para las empresas involucradas con el mejoramiento continuo de sus procesos.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolla en el proceso de pulido de cilindros en la elaboración de empaques flexibles en una empresa del sector gráfico dedicada a la producción de Empaques Flexibles, específicamente en Alimentos Polar Planta Maracay. El tipo de investigación según los objetivos planteados, es de tipo descriptivo, porque se reseña las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio (Bernal, 2010).

Este tipo de investigación se orienta al análisis de cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes Tradicionalmente se define la palabra describir como el acto de representar, reproducir o figurar a personas, animales o cosas...”; y agrega: “Se deben describir aquellos aspectos más característicos, distintivos y particulares de estas personas, situaciones o cosas, o sea, aquellas propiedades que las hacen reconocibles a los ojos de los demás” (Bernal, 2010). Para el caso del presente trabajo el propósito de la investigación fue que a través de una serie de mediciones se logró predecir el comportamiento de un proceso.

El propósito de esta investigación, radica en que a través de mediciones de rugosidad y dureza en los cilindros, se pueda predecir el comportamiento del proceso y así establecer las mejoras en el mismo, que conduzcan al cumplimiento de los requisitos exigidos por el cliente y ahorro de los recursos para el logro de los mismos.

Por lo tanto, se plantea para el logro de los objetivos específicos llevar a cabo la metodología establecida en los cuadros 1 y 2, en donde se declaran de acuerdo a cada objetivo específico, los pasos o actividades sistemáticas a seguir, las herramientas o medios que se deben aplicar con el fin de obtener la información y por último los resultados que se esperan obtener con de estas etapas. Luego se procede a describir de manera detallada las actividades que se llevaron a cabo para el logro de cada uno de los objetivos, con el fin de dar al lector una mejor comprensión de lo que se realizó en esta investigación.

Cuadro 1. Desarrollo metodológico Objetivo 1

Objetivo	Pasos	Herramientas y/o metodologías propuestas a utilizar	Resultados esperados
Objetivo 1: Determinar las causas de variación del proceso de pulido de cilindros en la elaboración de empaques flexibles en una empresa del sector gráfico dedicada a la producción de Empaques Flexibles.	Diagnosticar la situación actual: Reconocimiento y comprensión detallada del proceso	Revisión del diagrama de proceso, manuales, procedimientos, instrucciones de trabajo, manual del equipo.	Mayor comprensión del proceso, tener una visión global, localizar los puntos de medición
		Entrevistas al personal	
		Revisión de hojas de ruta donde se encuentran todas las variables del proceso	
	Solicitar, revisar y recolectar los datos registrados en las hojas de ruta	Hojas de registro	Registrar los datos de manera que faciliten los cálculos estadísticos
		Hoja de datos	
	Observar directamente las actividades realizadas por cada uno de los técnicos del área y en los diferentes turnos de trabajo	Observación directa de la operación de pulido	Establecer las posibles diferencias entre cada técnico y determinar las posibles fuentes de variación en los resultados
	Identificar de posibles causas de variación	Tormenta de ideas	Seleccionar las variables, determinar la relación entre la variación del proceso y las causas que la producen.
		Diagrama causa efecto	
		Gráficos de control	Evaluar el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo.
		Análisis de capacidad del proceso	Determinar si el proceso es capaz de pulir cilindros dentro de las especificaciones

Fuente: (Aguilar, 2015)

Cuadro 2. Desarrollo metodológico Objetivo 2

Objetivo 2: Proponer acciones preventivas y/o correctivas que permitan minimizar la variabilidad del proceso	Analizar las necesidades detectadas	Matriz técnica	Determinar las causas de variación del proceso, etapas claves o potencialmente problemáticas y las variables inherentes al proceso
	Realizar propuestas en base a los resultados obtenidos	Plan de mejoramiento	Orientar las acciones requeridas para eliminar las oportunidades determinadas y sus causas, sin alterar las fortalezas conseguidas
		Plan de acciones correctivas y/o preventivas	Hacer seguimiento mediante un plan de acciones correctivas para minimizar las causas de variación y los cilindros fuera de especificación.

Fuente: (Aguilar, 2015)

Una vez presentado en el cuadro 1, un resumen de la metodología a desarrollar, se procede a realizar una descripción detallada de las acciones que se desarrollaron en este trabajo especial de grado:

Determinar las causas de variación del proceso de pulido de cilindros en la elaboración de empaques flexibles en una empresa del sector gráfico dedicada a la producción de Empaques Flexibles.

Para el logro de este objetivo, en primer lugar, se procedió a realizar un diagnóstico del proceso de pulido, en donde se utilizaron técnicas como el análisis documental, la observación directa, la entrevista informal; con el fin de conocer de manera exhaustiva todo lo referente al proceso en estudio, en cuanto a cómo se realiza actualmente, quien lo lleva a cabo, cuales son las herramientas que se utilizan. Luego se procedió a recoger los datos relevantes de las variables que se miden durante el proceso y conocer el efecto de las mismas en el producto final, por último mediante los gráficos de control se verificaron que variables no están controladas, y en conjunto con las herramientas básicas de la calidad como lo son la tormenta de ideas, el Ishikawa y el Pareto se identificaron los factores que influyen en las variaciones presentadas.

En el desarrollo de esta fase se realizó en primer lugar un análisis documental, para ello se procedió a la revisión del diagrama de proceso, manuales, procedimientos, instrucciones de trabajo y manual del equipo o maquinaria, con la finalidad de tener una mayor comprensión del proceso de impresión en general, y específicamente del proceso de pulido de los cilindros. Seguidamente se procede a la observación directa de las actividades y operación de los equipos, que son realizadas en el área, en todos los turnos de trabajo, con el objeto de lograr una mayor comprensión del mismo.

Por otro lado, se realizó una entrevista informal al personal encargado de monitorear el proceso de pulido, el cual consta de 3 operadores, 4 ayudantes y 4 supervisores, para ello se realizaron preguntas abiertas direccionadas a conocer en profundidad las fortalezas y oportunidades del proceso de pulido.

Una vez conocido el proceso, se procedió a la recolección de la información, por lo que se seleccionó para el estudio del proceso de pulido, el empaque flexible de la harina P.A.N. clásica, este es el producto con más demanda en el mercado actual y es el producto icono de Empresas Polar, este diseño se logra con el uso de 5 cilindros cada uno de un color diferente.

La recolección de los datos se lleva a cabo vez que se active la solicitud por parte del planificador de cilindros para harina P.A.N. mezcla, la cual va a depender de los requerimientos de los clientes, y estos a su vez, de la disponibilidad de materias primas e inventario de empaques con el que cuenta. Esto conlleva a que la producción de cilindros para un mismo producto no sea continua en el tiempo. Los datos serán obtenidos por el operador que ejecuta la actividad de pulido en el formato establecido por la empresa (ver Anexo A) y la investigadora los recopiló en la hoja de datos el cual contiene información como la fecha en la que se tomó la medición, el operador que estaba encargado del proceso ese día, el grupo al que pertenece el operador que está relacionado con el turno de trabajo, y por ultimo las variables a medir en conjunto con la unidad de medida; este se debe realizar para cada cilindro a evaluar (ver Anexo B).

En el estudio se tomaron 25 observaciones de cada una de las variables críticas (rugosidad, dureza, posición del cilindro, temperatura de la máquina, diámetro de entrada y el diámetro de salida), en cada uno de los cilindros, las cuales fueron recabadas en los diferentes turnos de trabajo, en el periodo comprendido desde enero hasta mayo del año 2017.

Una vez que se recolectaron los datos estos fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo, adicionalmente se utilizaron gráficos de control, específicamente las carta de control EWMA de mediciones individuales, mediante el uso del software estadístico MINITAB versión 15, mediante la aplicación de esta herramienta de control estadístico se logró evaluar el comportamiento que tienen los datos recolectados en el tiempo, y se pudo detectar los pequeños cambios en los mismos, de tal manera de verificar si el proceso se encuentra o no bajo control estadístico.

Una vez que se evaluaron las variables críticas en cada uno de los cilindros, se identificó mediante la herramienta básica de calidad, denominada tormenta de ideas, las causas que originaron la variación en el proceso de pulido, la información fue obtenida de los 11 trabajadores que están directamente relacionadas con el proceso (3 operadores, 4 ayudantes, 4 supervisores). Con base, a lo obtenido en la herramienta anterior, se procedió a utilizar el diagrama de Ishikawa de tal manera de ubicar o clasificar las causas dentro de la categorías, donde se tomaron en cuenta 4 categorías (métodos, maquinaria, materiales y mano de obra); y se asignó como el efecto o consecuencia de éstas la variabilidad den el proceso de pulido.

Por último se desarrolló el diagrama de Pareto, con el fin de priorizar las causas que están ocasionando la variabilidad en el proceso; para ello se solicitó a los 11 trabajadores antes entrevistados, que evaluaran las causas obtenidas en la tormenta de ideas, según su criterio, utilizando la ponderación basado en la escala de Saaty (1994), la cual va desde 1 que indica que la causa no tiene ninguna impacto sobre el efecto hasta 9 donde es la máxima puntuación de impacto, tal como que se evidencia en el cuadro 3.

Cuadro 3. Criterio de Ponderación basado en el Impacto sobre el efecto

Descripción	Valor
Impacto Extra alto	9
Impacto Muy alto	8
Impacto Alto	7
Impacto Poco alto	6
Impacto Medio	5
Impacto Poco bajo	4
Impacto Bajo	3
Impacto Muy bajo	2
Impacto Extra bajo	1

Fuente propia, tomada como base la escala de saaty (1994)

Proponer acciones preventivas y/o correctivas que permitan minimizar la variabilidad del proceso

En el desarrollo de este objetivo, se desarrolló un plan de mejoramiento, el cual según el Manual para la elaboración de planes de mejoramiento del SINAES (2003) “tiene como base los resultados de la evaluación realizada... su objetivo es orientar las acciones requeridas para eliminar las oportunidades determinadas y sus causas, sin alterar las fortalezas conseguidas”. Los componentes del plan de mejoramiento son: Necesidad, Objetivo, acciones (actividades, tareas), indicadores, fecha, responsable, adicional se debe indicar de donde proviene la necesidad, si es de acciones correctivas o propuestas de las áreas, ver cuadro 4.

Cuadro 4. Propuesta de Plan de Mejoramiento

Área: Proceso: ___ Proviene de acciones correctivas. ___ Proviene de propuestas de las áreas.								
Objetivo o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de cierre
	Actividades	Tareas						

Fuente: Aguilar 2015

Según la Norma ISO 9000-2015 “la organización debe para eliminar las no conformidades implementar cualquier acción necesaria, revisar la eficacia de cualquier acción correctiva tomada, y estas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas”. De lo que se deriva, hacer seguimiento mediante un plan de acciones y/o mejora.

La Política de implantación, mantenimiento y revisión del sistema de gestión del negocio

de calidad (2014) de la empresa, señala los aspectos a considerar para la elaboración de un plan de acción:

- Identificar las fuentes de información
- Análisis de las causas reales y/o potenciales y diagnóstico (identificación de acciones correctivas y/o preventivas a tomar) utilizando herramientas estadísticas donde sea posible.
- Planes de trabajo (actividades, responsables, tiempo).
- Seguimiento a los planes de trabajo.
- Actualización de la documentación afectada por la acción realizada.
- Cierre de las acciones correctivas y/o preventivas.

Finalmente a través del desarrollo del plan de mejora en el proceso de pulido se orientarán las acciones requeridas para eliminar las oportunidades determinadas y sus causas, sin alterar las fortalezas conseguidas y se hará seguimiento a las acciones correctivas para minimizar las causas de variación y los cilindros fuera de especificación.

Viabilidad

La presente investigación es viable porque se reduce la variabilidad del proceso de pulido, debido a que las fallas que se generan en éste, repercuten en procesos sucesivos, en ocasiones pueden generar problemas en la grabación de cilindros, ruptura de herramientas de corte, fallas de impresión, reprocesos, entre otros.

En este sentido, la empresa ha implementado un modelo de gestión de operaciones denominado Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura y uno de los programas que lo conforman es el control estadístico de proceso, que permitirá medir el comportamiento de determinadas variables o atributos, con el fin de mantener bajo control estadístico sus procesos, lo cual repercutirá en la calidad de sus productos, obteniendo numerables beneficios, que van desde la mejora continua, reducción de costos, hasta el aumento de la productividad.

En razón a ello, la empresa colaboró con ahínco e interés para desarrollar la propuesta en el entorno de sus instalaciones, con acceso a información sobre procedimientos, procesos, equipos, entre otros, por cuanto los resultados de la investigación también serán de su provecho. En el cuadro 5 se detalla el cronograma de actividades que se llevaron a cabo para el desarrollo del trabajo de grado.

Cuadro 5. Cronograma de Actividades

Nro.	Actividades	2017							
		Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
1	Revisión bibliográfica, selección y recolección del material de apoyo	■							
2	Búsqueda de información técnica (trabajo de campo)	■							
3	Solicitud, revisión y recolección de los registrados en las hojas de ruta		■						
4	Desarrollo de la metodología		■	■					
5	Análisis e interpretación de los resultados				■				
6	Redacción de conclusiones y recomendaciones					■			
7	Revisión y asesoramiento del tutor						■		
8	Transcripción y encuadernación							■	
9	Presentación y discusión ante el jurado								■

Fuente: Aguilar 2017

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la revisión bibliográfica y la observación directa llevada a cabo durante el estudio, se puede resumir que los pasos principales del proceso de impresión de empaques flexibles son los que se muestran en la figura 8, la cual fue elaborada mediante un diagrama de bloques.

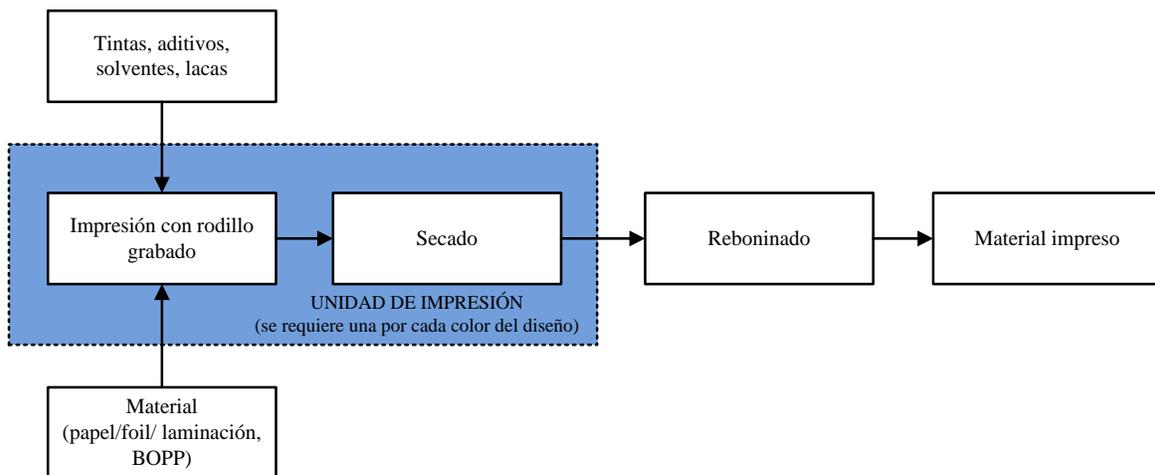


Figura 8. Impresión por rotograbado.

En el proceso de impresión, los huecos o poros son llenados con tinta y el sobrante es limpiado del área de no impresión por medio de cuchillas, antes de que la superficie a ser impresa entre en contacto con el cilindro y extraiga la tinta de los poros. Los solventes utilizados en las tintas contienen compuestos orgánicos volátiles, los cuales se evaporan en la etapa de secado, aunque alrededor del 7% puede ser retirado por el rodillo.

En la matriz impresora, se encuentra el cilindro de impresión, el cual es básicamente de hierro, con una capa de cobre sobre la que se graba el diseño a ser impreso, siendo recubierto por una capa de cromo que permitirá una mayor resistencia y durabilidad durante el proceso, la capa de cobre por su fragilidad y maleabilidad es ideal para el grabado del diseño, pero no para soportar la presión a la que será sometido el cilindro de impresión durante el proceso de manufactura.

La impresión se realiza en capas, para cada uno de los colores necesarios se emplea un cilindro de impresión, encargado de transferir la tinta correspondiente, la suma de cada uno de los colores da como resultado final la imagen o diseño deseado, y su correcta superposición se conoce como el registro de impresión. La tinta es transferida al soporte impreso en el proceso de pesaje entre el cilindro de impresión y el cilindro de contrapresión; para ello, el cilindro de impresión se sumerge en el tintero mientras la otra rota.

El material impreso pasa por túneles de secado, donde se inyecta aire caliente a presión, que evapora los solventes contenidos en las tintas dejando un residuo que se compone básicamente de una resina, encargada de fijar los pigmentos del material y que le dan color. El material es rebobinado en la estación final de la máquina, para las siguientes etapas del proceso productivo, como lo son; almacenaje, corte, troquelado y embalaje.

Ahora bien, el proceso de grabado de cilindros, el cual se muestra en la figura 9, comienza según la orden planificada o requerida, se traslada los cilindros al área de pre-prensa, para comenzar con el proceso de grabación. En primer lugar, se verifica que se necesiten unas bases nuevas, de ser afirmativo se procede a realizar el proceso de niquelado, de lo contrario se procede con el proceso de cobrizado.

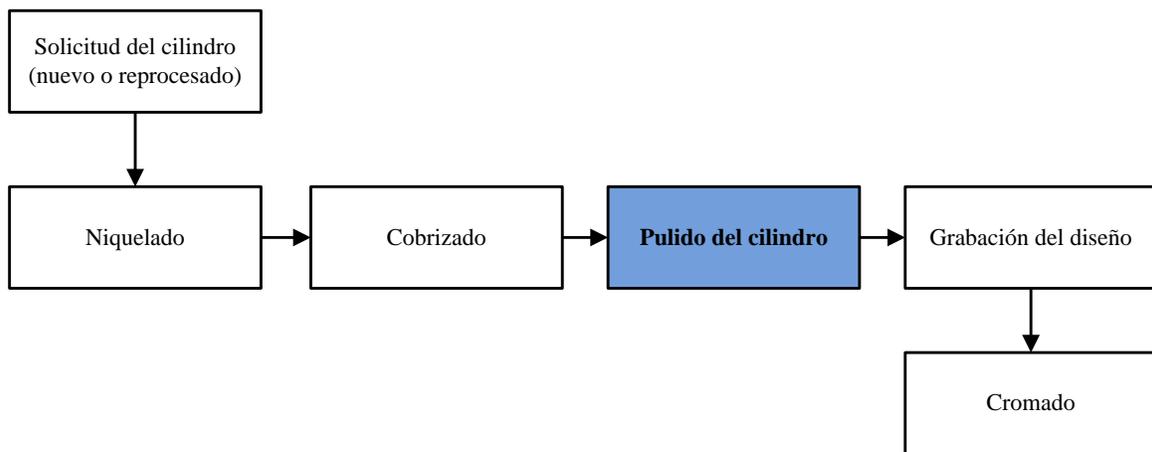


Figura 9. Proceso de grabación de cilindros.

El proceso de niquelado tiene como función fijar en el cilindro de acero una capa de níquel que permita fijar la capa de cobre, esto debido a que el cobre y el acero no son compatibles entre sí, esta se realiza mediante un proceso químico, formada por disociación electrolítica de compuestos químicos.

El proceso de cobrizado de cilindros tiene como función la aplicación de una capa de cobre que permita la grabación del diseño, esto debido a que este metal es menos duro para realizar este proceso, la capa de cobre está comprendida entre las 20 y 60 micras, aunque estos datos pueden variar según las características del cilindro. Para llevar a cabo este proceso el operador coloca el cilindro en los ejes y lo posiciona dentro del tanque utilizando la grúa (polipasto), acciona el cilindro desde el tablero de control luego por un lapso de dos a tres horas hasta cubrir toda la capa de su superficie. Después es verificado y chequeado todos los parámetros del cilindro cobrizado, entre ellos que tenga no tenga variaciones en el espesor y que la capa este uniforme, en otras palabras, que se encuentre en buenas condiciones para continuar el proceso.

Una vez terminado el cobrizado, se procede al pulido del cilindro, en este proceso se utilizan piedras circulares que tocan la superficie del cilindro, para pulir, según las condiciones a las que sea sometida, en este proceso se utiliza agua como medio de enfriamiento (esto debido al roce de estos metales). Seguidamente, se procede a la verificación del proceso de desbastado o pulido del cilindro, en este se cerciora que este no tenga ningún defecto que impida o interfiera con la calidad de impresión, tales como rayas, porosidad acabo no uniforme.

Cuando el cilindro esta pulido, se procede al grabado de las imágenes o textos que posteriormente se imprimen para darle vida al empaque, después que ha finalizado el proceso de grabación, el operador del área de verifica que el cilindro se encuentre en óptimas condiciones, es decir que el grabado este acorde a la orden de planificación y que no tenga ningún defecto que pueda incidir en el proceso de impresión, para ello también participa al supervisor del área que es quien da la aprobación final para ser enviado a la parte del cromado.

Esta es la última capa que se le añade al cilindro antes de la impresión, su finalidad es la de proteger el cilindro del desgaste sufrido por el rozamiento del mismo contra el papel cuando se imprime en la rotativa. Esta capa suele ser entre 7 y 15 micras, dependiendo fundamentalmente de la tirada, el color, la impresión que se necesita, tipo de trabajo a imprimir, entre otros. Luego de verificado y chequeado todos los parámetros del cilindro cromado por el operador, que se perciba que está en óptimas condiciones para continuar con el proceso, el operador del cromo junto con el supervisor del área, da el visto bueno para seguir su desarrollo, ubica al almacenista para que traslade el cilindro al área requerida.

Ahondando en el proceso de pulido, área seleccionada para el estudio, debido a que se presentan no conformidades con respecto al acabado final del mismo, y por lo tanto se están presentando defectos (rayas, manchas, velos, entre otros) en el área de impresión, por lo tanto se incumple con la producción y se utilizan más recursos de los necesarios para cumplir con las metas.

En este proceso, se revisó y analizó la instrucción de trabajo del área, y con comparó con la observación directa que se llevó a cabo en el campo de trabajo, de donde resultó el diagrama de flujo del proceso que realmente se lleva a cabo (ver figura 10), el cual no concuerda con el establecido en el Manual del Sistema Integrado de Excelencia Manufactura (SIEM) de empresas Polar (2010), por lo que es una debilidad encontrada durante el diagnóstico, en cuanto a la desactualización de los procedimientos descritos actualmente.

Para llevar a cabo el proceso de pulido se requiere tener en primer lugar los materiales que se usarán, estos son: piedra de pulido, diamante redondo de 12,7 milímetros, placa reversible de cobre, toalla secante, solución lubricante y agua desmineralizada. Los equipos para llevar a cabo este proceso son la pulidora que es quien en conjunto con las piedras darán el aspecto de espejo al cilindro; el polipasto y el carro transportador, que sirven para cargar y trasladar los cilindros ya que estos sobre pasan el peso limite que puede cargar un

trabajador, es decir es mayor a 20 kilogramos, además se debe tener los instrumentos de medición de rugosidad, dureza y espesor.

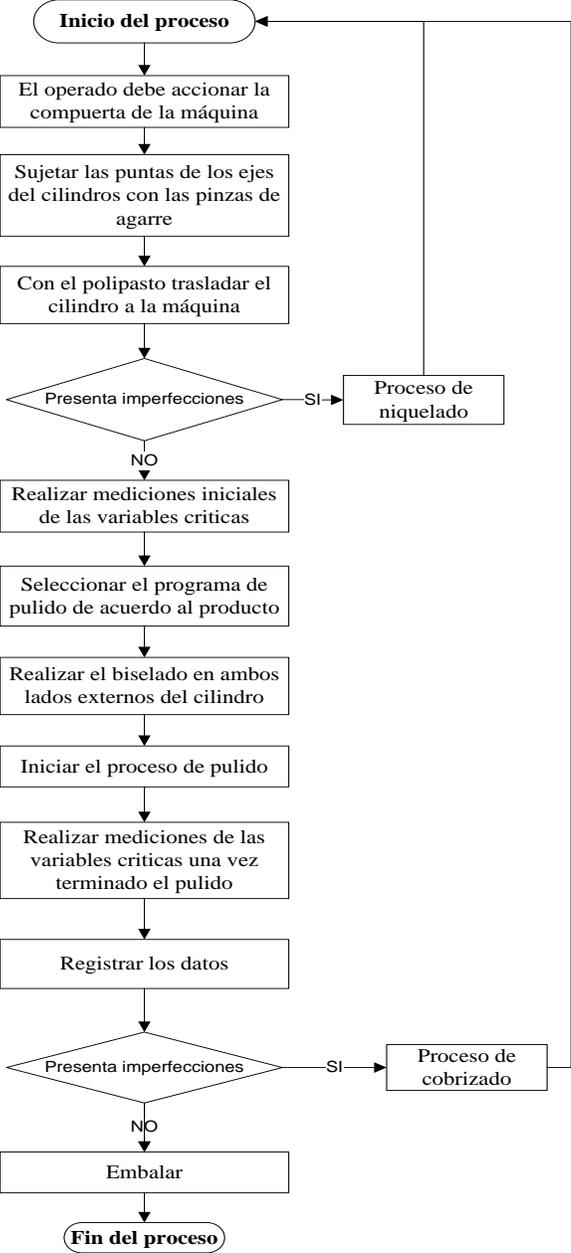


Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de pulido de cilindros.

El proceso inicia cuando el cilindro a pulir es transportado por operador, mediante el uso de un carro diseñado para tal fin, desde el área de cobrizado hasta el área donde se encuentra la maquina pulidora. Una vez que se encuentre el cilindro, el operador acciona el sistema para que se abra la compuerta de la maquina donde se colocara el cilindro. Este debe sujetarse

mediante pinzas en los extremos del cilindro, específicamente en las puntas de los ejes, para luego ser trasladado por el polipasto a interior de la maquinaria, antes de esto el trabajador debe verificar de manera visual que el cilindro no presente imperfecciones, tales como, huecos, roturas sobre la superficie, perforaciones, entre otros; de ser positivo lo antes mencionado se procede a enviar de vuelta al área de niquelado para comenzar el proceso de nuevo. En caso de que pase la inspección visual, se procede a realizar las mediciones de las variables críticas mediante el uso de los instrumentos de medición calibrados y específicos para cada caso.

Las variables iniciales que se miden son, el diámetro en milímetros, la dureza en vickers, y el espesor del cobre en micras, esto se debe registrar en la tarjeta del cilindro como valores de entrada, luego se introduce el cilindro en la máquina y se programa mediante el panel de control de la misma, este programa de pulido dependerá del producto que se piensa imprimir con el cilindro, el diámetro y la rugosidad requerida. Antes de dar inicio al programa de pulido escogido, de acuerdo a las especificaciones de producción y el cliente, se les realiza un biselado a los extremos del cilindro y luego se procede al pulido.

Una vez culminado el proceso de pulido, el cual tarda aproximadamente 20 minutos, se debe realizar las mediciones de las variables críticas, entre las que se encuentran el diámetro del cilindro, la rugosidad y la dureza, éstas se deben medir en tres posiciones fundamentales, extremos y centro. Una vez que se haga la verificación de las medidas y estas cumplan con lo establecido en el programa de pulido se procede a llenar la tarjeta de identificación del cilindro y se realiza la inspección visual para corroborar que éste no tenga huecos, perforaciones, grietas, manchas u otros.

En caso de que las mediciones realizadas no cumplan con las especificaciones, se debe volver a realizar el proceso de pulido, comenzando a programar la máquina de nuevo. Antes de retirar el cilindro de la máquina para el traslado del mismo mediante el polipasto hacia el carro transportador, se debe envolver el mismo con un protector de cámara de aire sujetándolo con cinta plástica, y se le coloca la identificación respectiva. A continuación, en el cuadro 6, se muestra las fortalezas y oportunidades detectadas en el proceso de pulido.

Cuadro 6. Fortalezas y Oportunidades detectadas en el proceso de pulido

Fortalezas	Oportunidades
En el proceso de pulido labora poco personal, lo que facilita la capacitación y seguimiento del proceso.	Falta de conocimientos de la documentación.
El proceso de pulido cuenta con pocos equipos lo que permite aplicar de manera efectiva las mejoras propuestas.	Falta de empoderamiento en el proceso de pulido.
La organización, debido a su trayectoria ha logrado una experiencia significativa, ha logrado buena imagen en el mercado.	Fallas en el control de los registros
Se cuenta con procesos que le permiten la producción de productos de calidad debido a su profesionalismo y a los requerimientos de la empresa.	Desactualización de los procedimientos, formularios, instrucciones, entre otros.
Su objetivo primordial lo constituye el cliente.	

Lo que nos indica lo mostrado en el cuadro 6, es que APC Planta Maracay, cuenta con una trayectoria en la cual se ha propuesto organizarse, mejorar y sostenerse en el tiempo; para ello cuenta con maquinarias actualizadas y en su mayoría automáticas, así como también con personal dispuesto a llevar a cabo cualquier proyecto en pro de cumplir las metas establecidas, ya que existe un compromiso y sentido de pertenencia. Estas cualidades positivas son base y trampolín para subsanar las oportunidades encontradas, las cuales fueron en su, mayoría relativas a los métodos de trabajo y la mano de obra.

Una vez presentado el diagnóstico, se procedió a la entrevista del personal que labora en el área donde se lleva a cabo el pulido de los cilindros (3 operadores, 4 ayudantes, 4 supervisores). Las preguntas estuvieron dirigidas a indagar si el personal conoce el proceso procedimiento que se debe llevar a cabo, cuáles deben ser las variables críticas que deben medir y verificar, entre otras cosas. Las respuestas de los mismos se analizaron y tabularon tal como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de la entrevista al personal del área de pulido

Consulta de la entrevista	Información recopilada	Análisis
Conoce el procedimiento, instructivos, rutas, variables que se deben tomar en cuenta en el proceso de pulido	Todos los entrevistados expresaron que conocen toda la documentación referente al área de pre-prensa donde se ubica el proceso de pulido	Se puede constatar que el personal conoce la documentación existente, mas sin embargo en ciertas ocasiones no los siguen a cabalidad, por lo que se incurren en fallas operativas
Qué opina del procedimiento que se debe llevar a cabo en el proceso de pulido	Todos a excepción del supervisor indican que en el procedimiento hay actividades que no agregan valor, sino que hacen tedioso el proceso y que básicamente es manual, y que depende de quien lo lleve a cabo.	De acuerdo a las opiniones y lo observado al analizar el procedimiento, se puede inferir que el procedimiento debería ser más didáctico, que sea apoyado con imágenes para que sea de fácil comprensión y menos tedioso para los operadores
Cómo evalúa el nivel de calidad de los productos	El personal destaca que los empaques flexibles tienen un nivel satisfactorio pero que suelen presentar fallas en los procesos ajenos al área consultada. Por lo que no se asumen las responsabilidades del caso	La calidad del producto final cumple con las expectativas del cliente interno, es decir las plantas de la empresa polar, más sin embargo en ocasiones esa calidad se ve afectada por fallas operativas en el proceso de grabación del cilindro, que ocasiona pérdidas de recursos.
Mencione los principales defectos en los productos de la empresa.	Fueron citados como principales defectos: variaciones en la tonalidad, desprendimiento de tintas, velos, manchones, partículas extrañas, deslizamientos, rayas, entre otros.	El impacto de cualquier defecto en los productos es alto, no solo para el proceso productivo sino para la política de calidad asumida por la organización. Tener pleno conocimiento de las fallas en los procesos operativos permitirá formular indicadores de gestión que faciliten el control de los mismos.

Cuadro 7. Resultados de la entrevista al personal del área de pulido

<p>Cuáles serían las consecuencias de las fallas en el proceso de pulido</p>	<p>Todo el personal conoce que las fallas de cualquier tipo que generan retrabajo por revisión o recuperación de material, obviamente mermas, paradas de máquina y devoluciones de los empaques por parte de las empresas del grupo polar.</p>	<p>Conocer las consecuencias de las fallas en cualquier proceso productivo es fundamental para evitar que las mismas se produzcan, pero ello por sí solo no ayuda a la gestión de la calidad y el impacto sigue siendo alto. La imagen comercial de la empresa se ve afectada y el re trabajo ocasiona pérdidas económicas.</p>
<p>Cite los principales problemas operativos de los equipos del proceso</p>	<p>Falta de mantenimiento regular, atribuido a la falta en la planificación y repuesto de las maquinarias, así como mala calidad en las herramientas que se utilizan para el pulido como las piedras. Equipos del área desactualizada y con numerosas reparaciones.</p>	<p>No se pueden asegurar la calidad de los productos sin contar con equipos y herramientas que brinden garantía de servicio.</p>

Las entrevistas informales aplicadas al personal del área de pulido, dio como resultados que evidentemente el personal tiene un compromiso con la empresa y con su trabajo, lo que hace que, a pesar de las dificultades presentadas durante la producción, éstos son capaces de cumplir con los requerimientos del cliente interno y externo. También tuvieron en cuenta que necesitan estar actualizados continuamente en técnicas y herramientas que les permitan detectar las oportunidades y actuar sobre estas para su solución efectiva.

Ahora bien, se procedió a la selección de las variables críticas a considerar en la captura de datos para evaluar la condición de control estadístico del proceso, las cuales fueron determinadas por el Jefe del área de Pre prensa, el Supervisor del área de Pulido y la Jefe de almacén de repuestos; basado en el vasto conocimiento que tienen del proceso, como consecuencia de su amplia experiencia en el tema de impresión de empaques flexibles. Los datos recolectados de las variables rugosidad y dureza se muestran en el cuadro 8, donde se tomó el periodo comprendido desde enero hasta mayo del año 2017.

Cuadro 8. Recolección de datos de las variables críticas en estudio

				CILINDRO 1		CILINDRO 2		CILINDRO 3		CILINDRO 4		CILINDRO 5	
				Rugosidad	dureza								
N°	Fecha	Operador	Grupo	micras	vickers								
1	16/1/17	Rómulo Urquiola	1	0,38	220	0,39	262	0,38	240	0,37	243	0,63	258
2	16/1/17	Rómulo Urquiola	1	0,6	236	0,39	234	0,39	240	0,37	260	0,58	282
3	24/1/17	Ramón Vásquez	4	0,39	258	0,38	242	0,37	242	0,48	250	0,46	260
4	1/2/17	Ramón Vásquez	4	0,37	232	0,52	235	0,39	239	0,62	251	0,38	231
5	13/2/17	Rómulo Urquiola	1	0,38	270	0,37	258	0,39	250	0,6	262	0,68	252,1
6	21/2/17	Ramón Vásquez	4	0,41	276	0,58	250	0,39	272	0,71	257	0,65	258
7	25/2/17	Rafael Salazar	3	0,41	254	0,61	255	0,49	233	0,61	245	0,6	268
8	12/3/17	Ramón Vásquez	4	0,4	271	0,42	263	0,39	238	0,58	253	0,42	242
9	12/3/17	Ramón Vásquez	4	0,53	262	0,42	258	0,42	269	0,39	242	0,46	248
10	13/3/17	Rómulo Urquiola	1	0,59	250	0,59	247	0,45	269	0,58	245	0,49	252
11	17/3/17	Rafael Salazar	3	0,45	268	0,62	249	0,42	244	0,7	255	0,5	240
12	20/3/17	Ramón Vásquez	4	0,61	250	0,6	267	0,42	244	0,66	259	0,47	255
13	22/3/17	Rómulo Urquiola	1	0,59	245	0,44	248	0,59	240	0,7	255	0,63	265
14	22/3/17	Rómulo Urquiola	1	0,45	230	0,48	232	0,39	233	0,6	247	0,55	273
15	30/3/17	Ramón Vásquez	4	0,61	250	0,53	249	0,4	272	0,44	265	0,55	244
16	5/4/17	Juan Linares	2	0,36	263	0,45	258	0,52	245	0,6	248	0,7	249
17	5/4/17	Juan Linares	2	0,56	252	0,6	243	0,42	262	0,4	260	0,72	242
18	7/4/17	Juan Linares	2	0,39	261	0,4	260	0,43	254	0,59	237	0,43	239
19	11/4/17	Rómulo Urquiola	1	0,65	258	0,48	250	0,44	246	0,4	237	0,45	253
20	17/4/17	Rafael Salazar	3	0,6	230	0,41	259	0,39	209	0,45	237	0,61	242
21	17/4/17	Rafael Salazar	3	0,59	243	0,59	259	0,39	264	0,48	251	0,42	249
22	25/4/17	Juan Linares	2	0,5	220	0,49	255	0,65	252	0,47	250	0,68	220
23	26/4/17	Rafael Salazar	3	0,5	264	0,37	255	0,38	264	0,61	250	0,65	252
24	26/4/17	Ramón Vásquez	4	0,42	268	0,59	260	0,41	260	0,61	250	0,59	248
25	3/5/17	Rafael Salazar	3	0,37	255	0,42	238	0,61	258	0,59	247	0,64	241

Una vez recolectado y tabulados los datos, se procedió al análisis de los mismos, por lo que en primer lugar se llevó a cabo una verificación de que éstos siguen una distribución normal, porque se ha demostrado que, si el proceso muestra evidencia de una desviación incluso moderada de la normalidad, los límites de control pueden ser inadecuados. Esta comprobación se realizó en el software estadístico MINITAB versión 15, mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov, en donde se comparó el p-valor calculado con el nivel de significancia $\alpha = 0,5$.

Los resultados obtenidos al aplicar la prueba, indican que los datos de la variable dureza en los 5 cilindros evaluados, siguen una distribución normal, ya que el p-valor obtenido es mayor que el nivel de significancia de 0,5. En cuanto a los datos de la variable rugosidad, los resultados indican que 4 cilindros no siguen una distribución normal, debido a que el p valor es menor al nivel de significancia de 0,5; por otro lado, el cilindro 5 si es robusto ante la prueba de normalidad. El comportamiento de los mismos se puede visualizar en el anexo C.

Por consiguiente, los datos que no siguen una distribución normal, deben ser transformados antes de continuar con la evaluación de las cartas de control y el análisis de capacidad del proceso. Por lo que se tomaron las observaciones de la variable rugosidad, de los 4 cilindros y mediante el uso del MINITAB se realizó una corrida de diferentes métodos, tales como raíz cuadrada, logaritmo, potencia, recíproca o arco seno, Box Cox y transformación de Johnson. De donde, se obtuvo que la mejor opción fue la transformación de Johnson, (ver Anexo D); por lo tanto, estos nuevos datos son los utilizados al momento del cálculo del análisis de capacidad, que es donde se requirió que las observaciones sigan una distribución normal.

Con base a lo expuesto el marco teórico respecto a los criterios de escogencia de los gráficos de control, se decidió emplear en la presente investigación, la carta de control del promedio móvil ponderado exponencialmente (EWMA) para datos individuales, porque es la mejor opción cuando se quieren detectar corrimientos pequeños en el proceso y además es una carta que presenta robustez para la no normalidad, es decir, que puede ser aplicada

independiente de la distribución que sigan los datos, sin presentar ningún problema en cuanto a sesgo. Para ello se utilizó el software estadístico denominado MINITAB VERSION 15, de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

En la figura 11, se presenta la carta de control para la rugosidad en el cilindro 1; en ella puede apreciarse que, para una media de 0,3 micras, los valores de los datos están alejados de la misma. Por otro lado, los puntos 15, 20, 21, 22 y 23 están fuera del límite superior, por lo tanto, se puede inferir que el proceso de pulido esta fuera de control estadístico, en cuanto a la variable rugosidad del cilindro 1, debido a que los datos no están dentro de los límites y no presenta un comportamiento aleatorio.

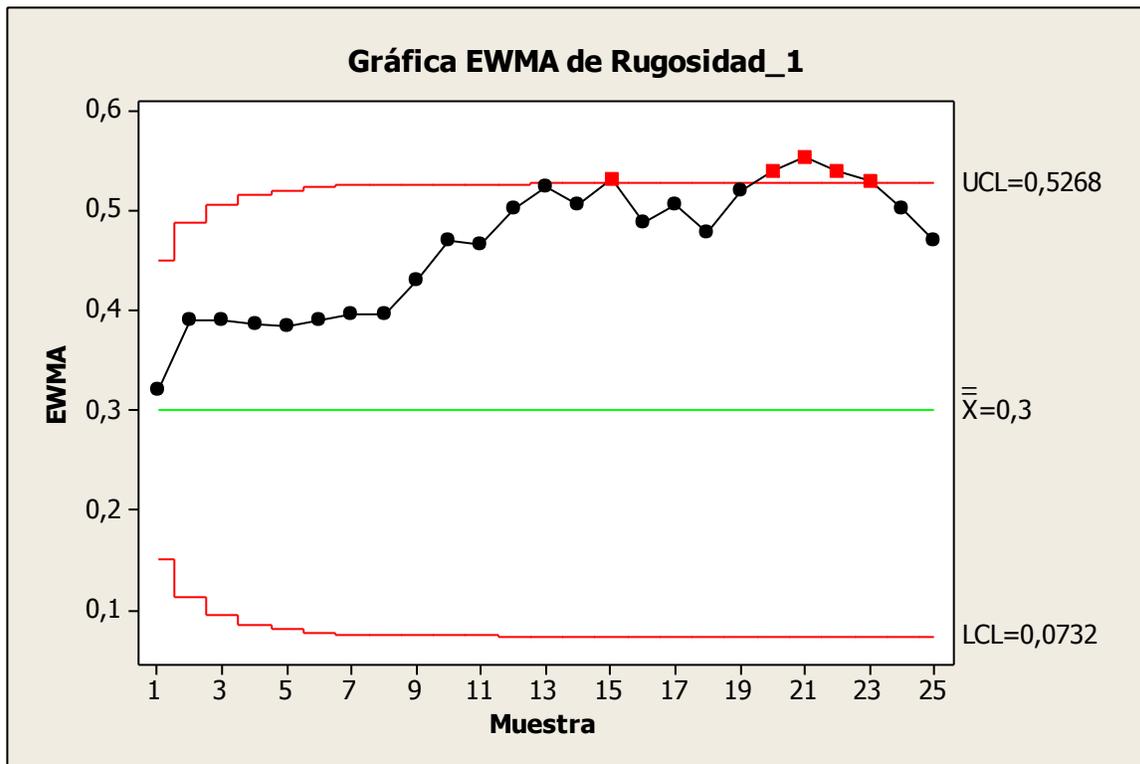


Figura 11. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 1.

En la figura 12, se observa que la variable dureza, no presenta un comportamiento aleatorio, además que los valores en su mayoría se encuentran por encima de la media de

240 vickers, con tendencia hacia el límite superior. Por otro lado, los puntos 8, 9, 11 y 12 están fueran de los límites de control. Por lo antes expuesto se puede inferir que el proceso de pulido en cuanto a la variable de dureza evaluada en el cilindro 1; esta fuera de control estadístico.

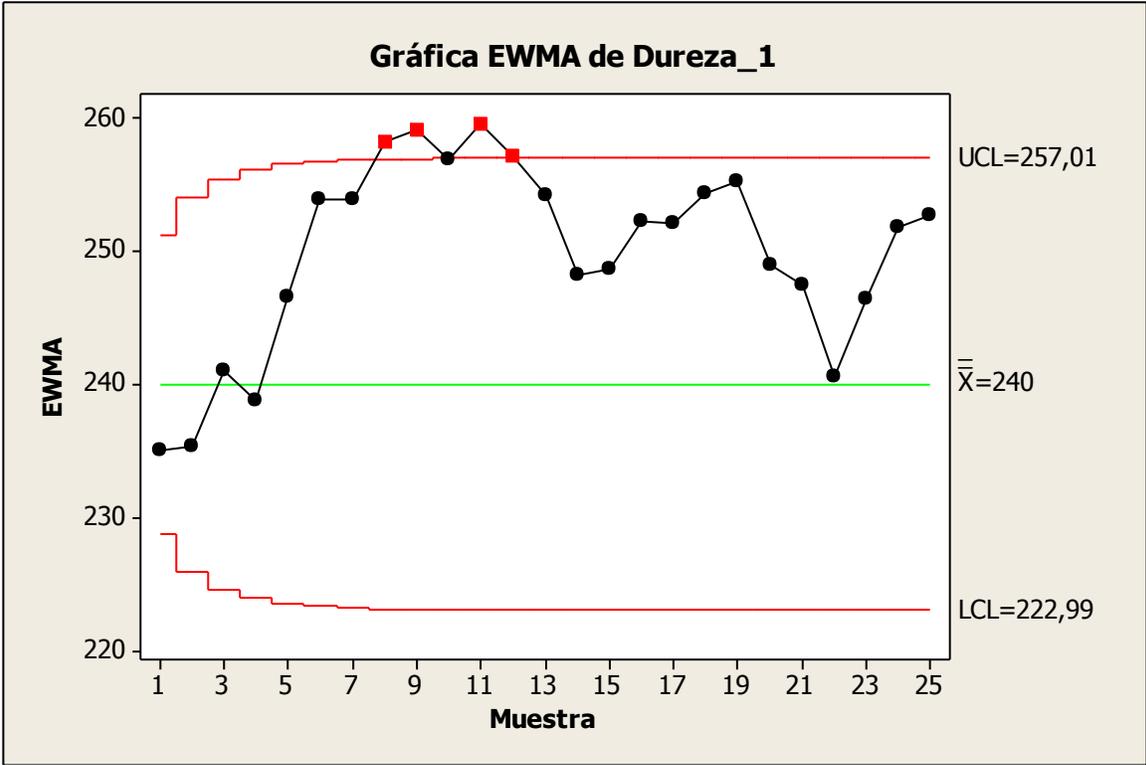


Figura 12. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 1.

En la figura 13, se evidencia, que los datos de la variable de rugosidad se encuentran alejados del límite central del proceso de 0,3 micras; tendiendo al límite superior de 0,47 micras. Por otro lado, los puntos 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24 y 25 están fuera del límite superior de control, por lo tanto, se puede inferir que el proceso de pulido esta fuera de control estadístico, en cuanto a que la variable rugosidad en el cilindro 2; ya que no está dentro de los límites y no presenta un comportamiento aleatorio.

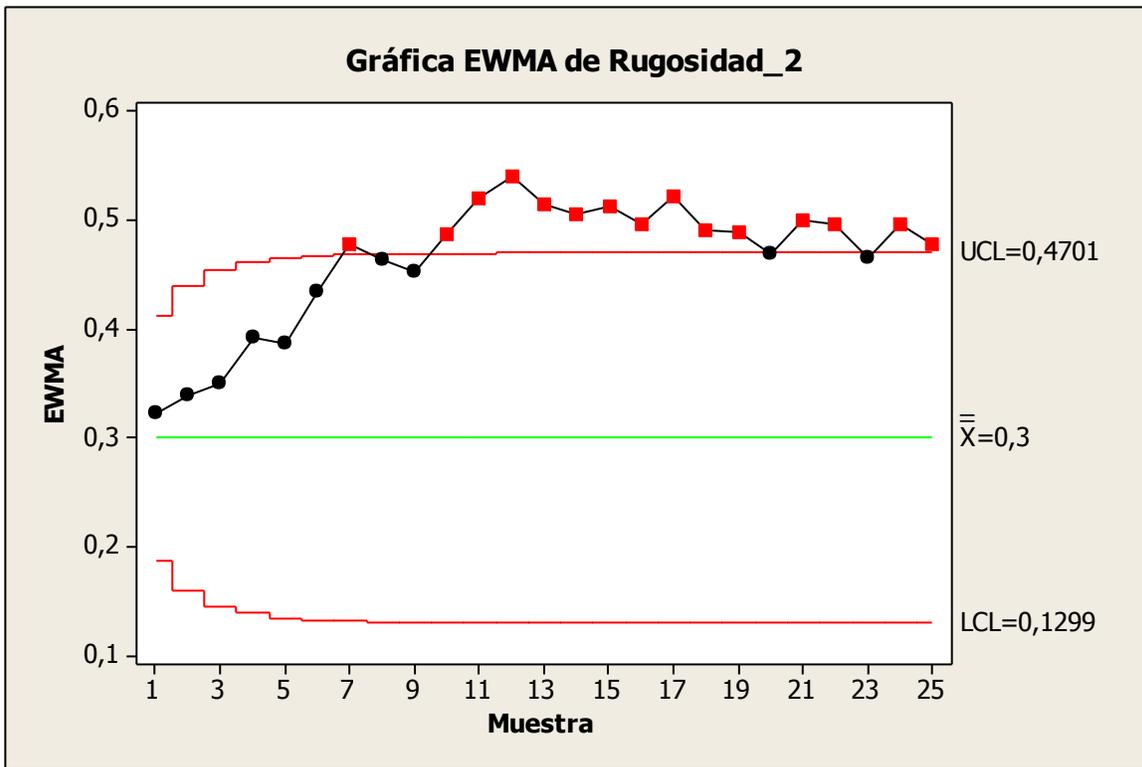


Figura 13. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 2.

En la figura 14, se observa que los datos de la variable de rugosidad se encuentran alejados del límite de control central del proceso de 0,3 micras, denotándose que la tendencia de los valores de la rugosidad está por encima del límite de control superior. Ello se evidencia con los puntos 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24 y 25 que están fuera del límite superior de control, donde se puede inferir que el proceso de pulido esta fuera de control, en cuanto a que la variable rugosidad en el cilindro 2.

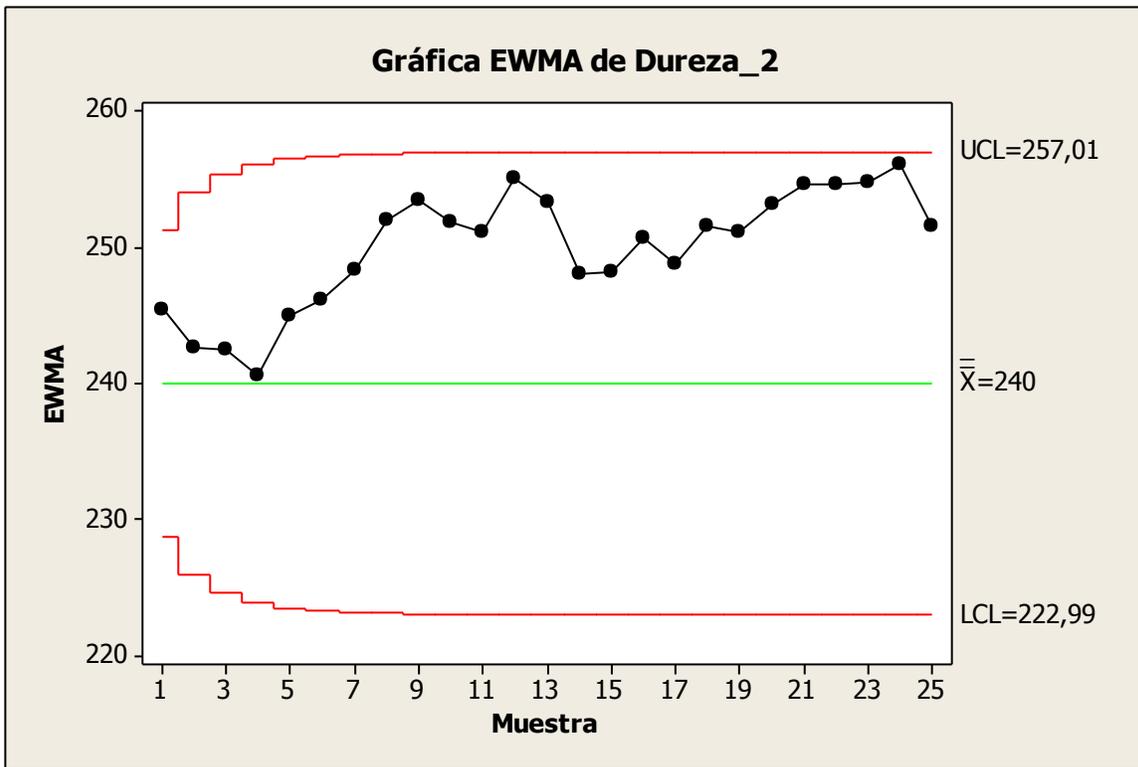


Figura 14. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 2.

Para el caso de la variable dureza, se observa en la figura 15, no presenta un comportamiento aleatorio en torno a la media del proceso, y todos los valores se encuentran por encima de la media de 240 vickers, específicamente hacia el límite superior, presentando un evidente comportamiento de tendencia ascendente. Por lo antes expuesto se puede inferir que el proceso de pulido en cuanto a la variable de dureza evaluada en el cilindro 2; esta fuera de control estadístico.

En la figura 15 se observa, que los datos de la variable de rugosidad se encuentran alejados de la media del proceso de 0,3 micras con tendencia ascendente, es decir, tiende al límite superior. Por otro lado, los puntos 22 y 25 están fuera del límite superior de control, por lo tanto, se puede inferir que el proceso está fuera de control estadístico.

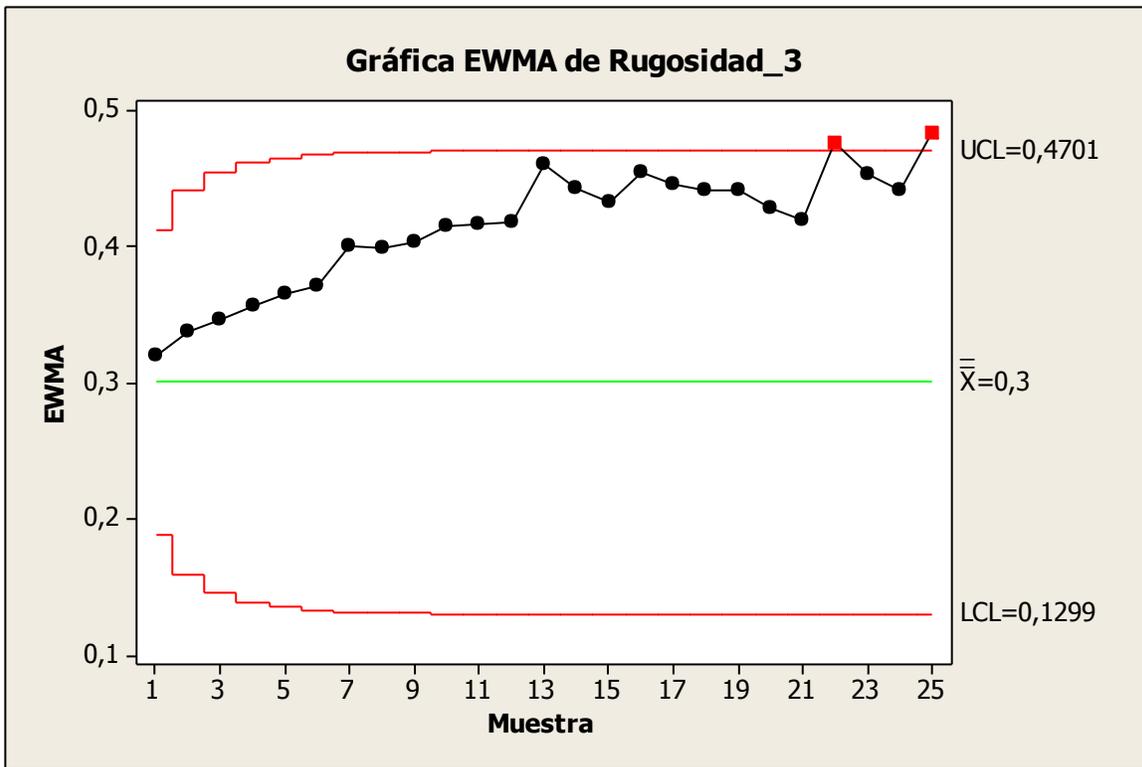


Figura 15. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 3.

Para el caso de la figura 16, se observa que la variable dureza, no presenta un comportamiento aleatorio en torno a la media del proceso, tiene un patrón cíclico, las observaciones están por encima de la media. Aunque en este caso ninguno de los datos se encuentra fuera de los límites de control establecidos por la carta, se puede inferir que el proceso en cuanto a la variable de dureza evaluada en el cilindro 2; no cumple con la aleatoriedad.

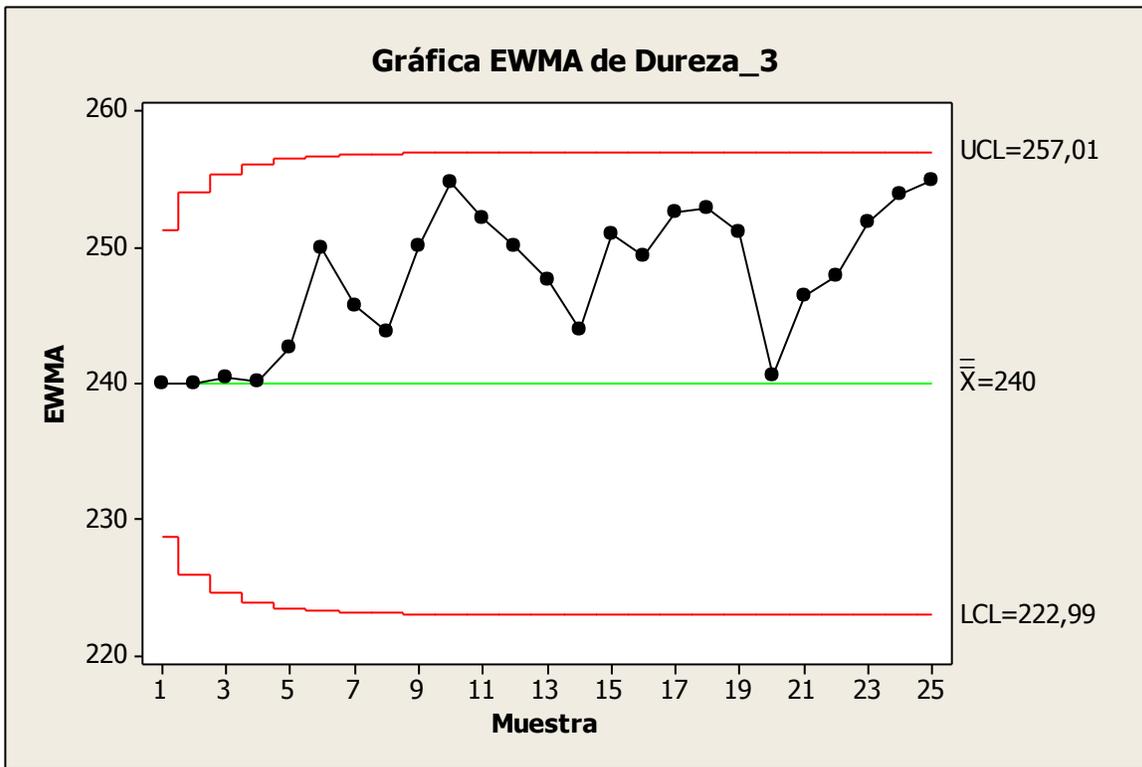


Figura 16. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 3.

En la figura 17, se observa, que los datos de la variable de rugosidad en el cilindro 4, a partir del punto 5 hasta el 25 se encuentran fuera del límite de control superior de 0,4701 micras, por lo que se evidencia una brecha entre los valores obtenidos y la media de 0,17 micras. Por lo tanto, en cuanto a que la variable rugosidad del cilindro 4 está fuera de control estadístico.

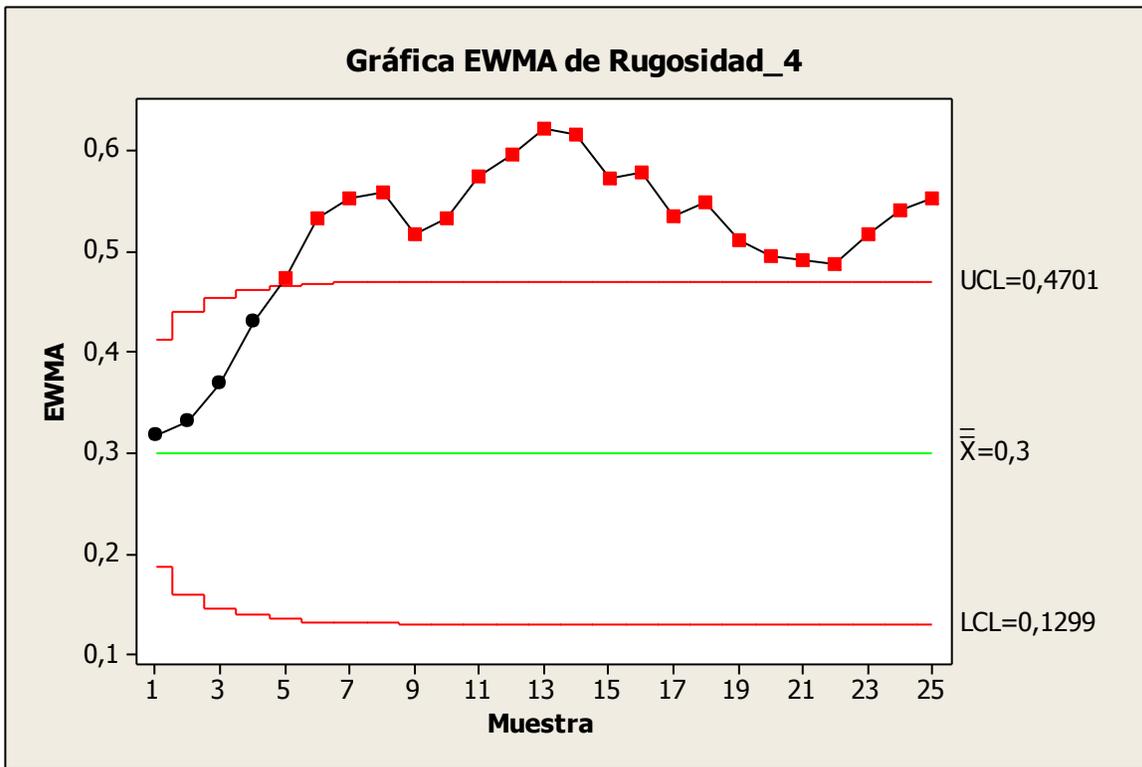


Figura 17. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad para el cilindro 4.

En la figura 18, se visualiza que la variable dureza no tiene ningún punto fuera de los límites de control, mas sin embargo los datos no presentan un comportamiento aleatorio y están por encima del valor de la media de 240 vickers. Por lo antes expuesto se puede inferir que el proceso en cuanto a la variable de dureza evaluada en el cilindro 4; no cumple con la aleatoriedad y por lo tanto esta fuera de control estadístico.

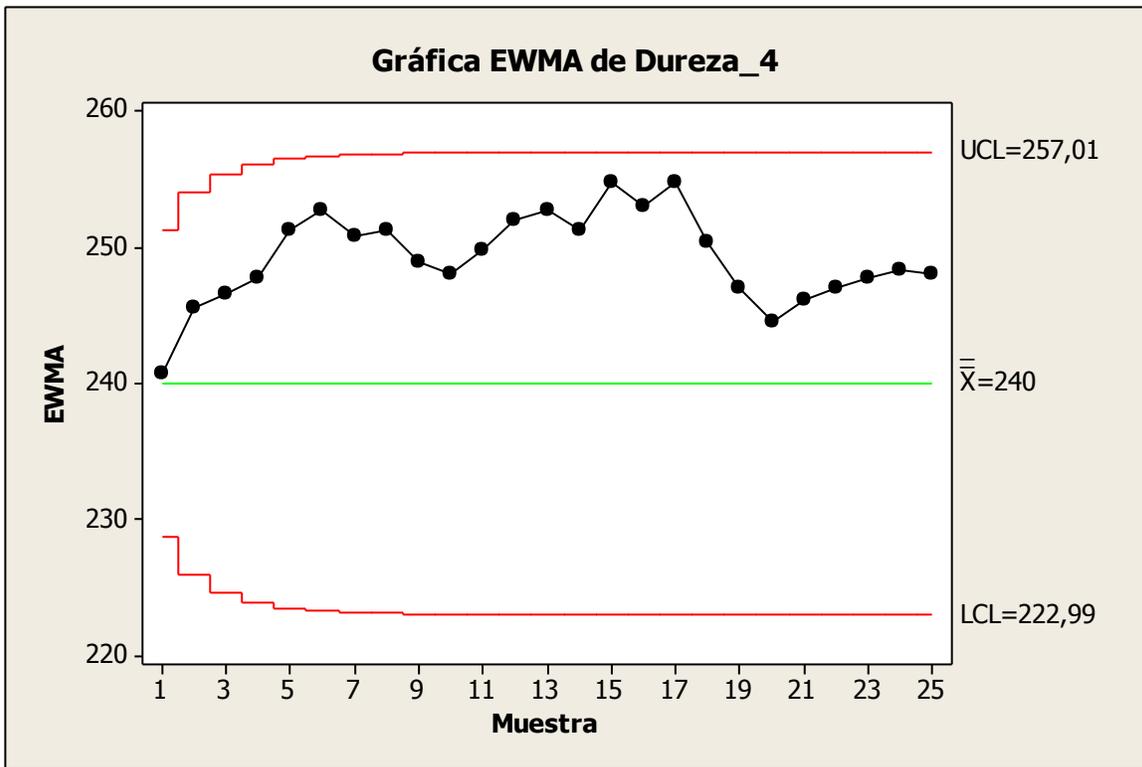


Figura 18. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 4.

En la figura 19 se observa, que los valores recopilados de la variable rugosidad en el cilindro 5 están fuera del límite de control superior a partir del punto 5, es decir todos están sobre la media establecida de 0,3 micras. Por lo tanto, la variable rugosidad del cilindro 4 está fuera de control estadístico.

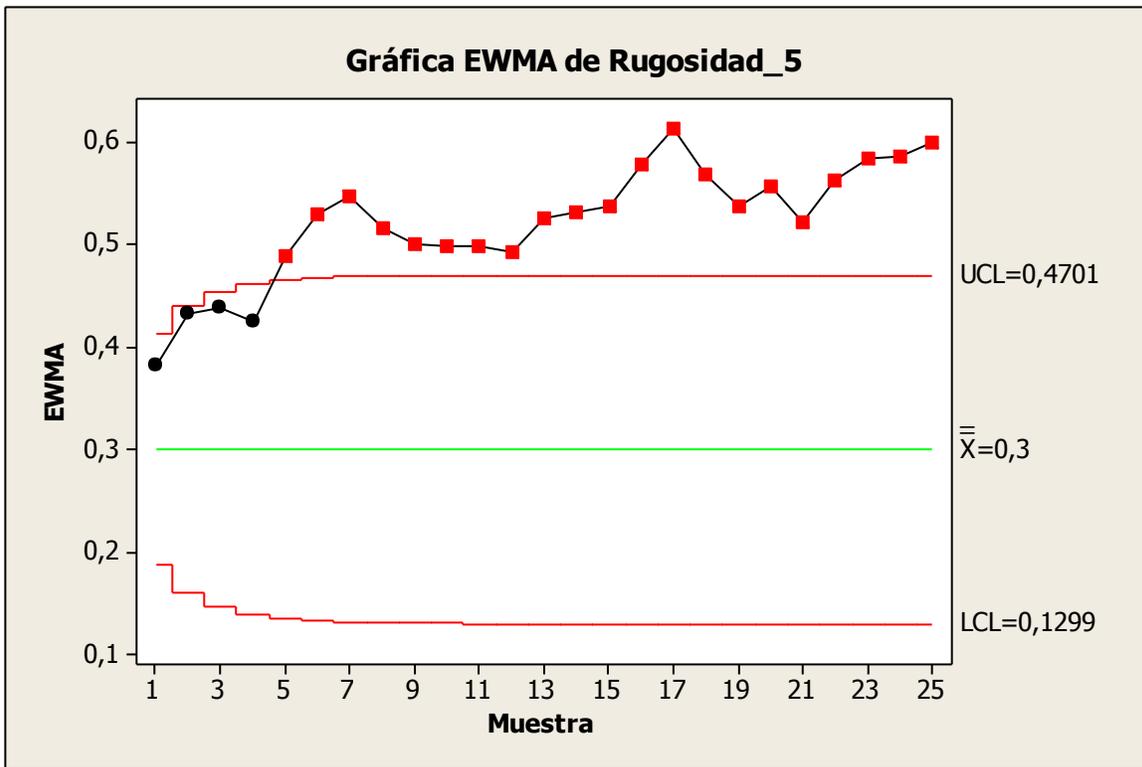


Figura 19. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la rugosidad en el cilindro 5.

En la figura 20, se visualiza que los datos se encuentran distribuidos por encima de la media de 240 vickers, por lo que no hay aleatoriedad. Además, se denota que el punto 14 está fuera del límite de control superior de 257,01 vickers; como es el único punto se debe investigar si se debe a una causa natural o asignable; pero indiferentemente que este se elimine de los datos por determinarse que es una causa asignable o sea intrínseca del proceso, los demás datos presentan un patrón que indica que el proceso está fuera de control estadístico.

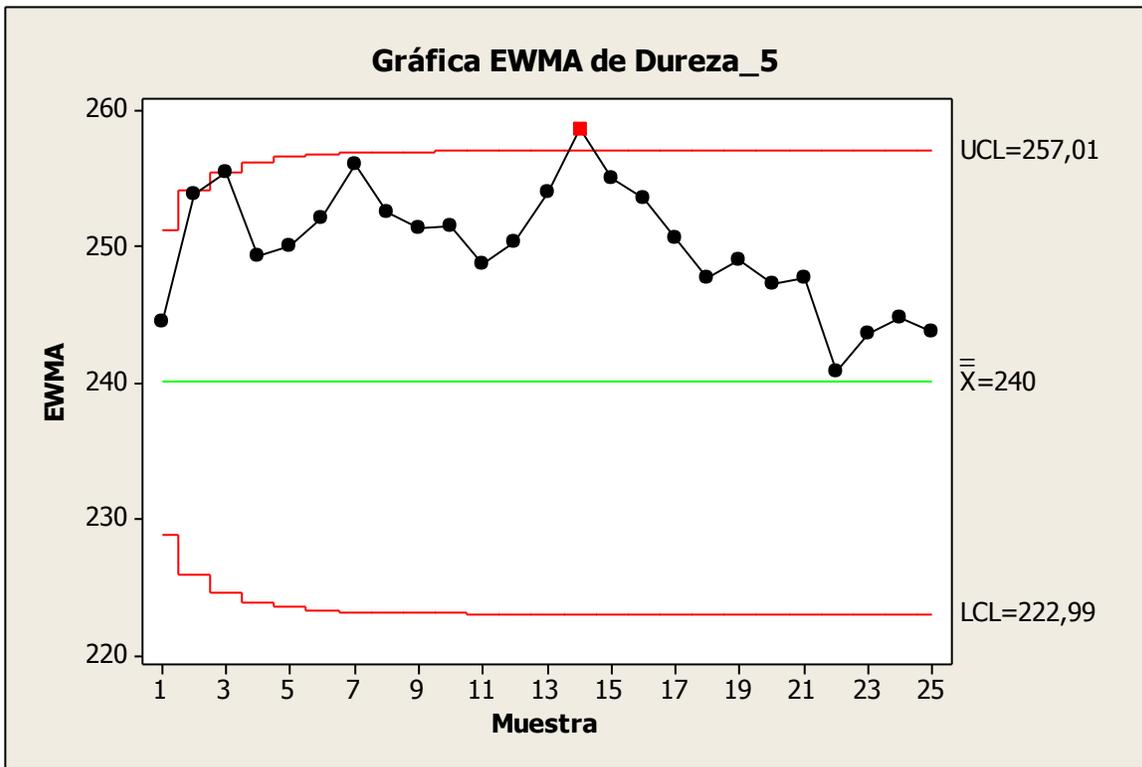


Figura 20. Carta de control EWMA en la evaluación inicial del comportamiento de la dureza en el cilindro 5

Con respecto a los resultados obtenidos se puede inferir que la variable rigurosidad está fuera de control estadístico en los 5 cilindros que se evaluaron, ya que el patrón de los datos no está distribuido de manera aleatoria a través de la media de 0,30 micras; éstos se encuentran por encima de la misma, incluso fuera del límite de control superior.

Por otra parte la variable dureza, tiene un comportamiento diferente, de los 5 cilindros evaluados son en el cilindro 1 y 5 hubo puntos fuera del límite de control superior, en el resto de los cilindros los datos se mantuvieron dentro de los límites de control, pero el patrón de los mismos no es centrado, ni se situaron alrededor de la media de 240 vickers, sino que están distribuidos por encima de la misma tendiendo al límite superior de control.

No se presentan los estudios de capacidad de los cilindros considerados en el estudio, debido a que ninguna de las variables contempladas en alguno de ellos mostró evidencias de estar bajo la condición de control estadístico, requisito éste que se hace indispensable,

según Evans y Lindsay (2008); Montgomery (2008) y Gutiérrez (2001); para el análisis de capacidad de cualquier proceso, ello además del hecho de no cumplimiento de normalidad expresado por las observaciones recogidas para muchas de las variables consideradas.

Una vez evaluadas las variables críticas, se procedió a recolectar las posibles causas que están incidiendo en el proceso de pulido, específicamente en la variabilidad de la rugosidad, la cual está ocasionando defectos en el proceso de impresión y por lo tanto influye en el cumplimiento de las metas de producción. A continuación, se muestra las causas obtenidas de la tormenta de ideas, aplicada a los 11 trabajadores que están involucrados de manera directa con el proceso en estudio, y que fueron mencionados en la metodología de la investigación.

1. Falta de control y seguimiento de las variables críticas
2. Falta de estandarización del tiempo de pulido
3. No registran los resultados
4. Conocimientos empíricos
5. Filtros sucios
6. Calidad del agua o refrigerante del proceso
7. Desgastes de la piedra de pulir
8. Procedimientos desactualizados o incompletos
9. Desactualización de la maquinaria
10. Calidad del material de las piedras
11. Incumplimiento en el mantenimiento
12. Proceso manual o poco automatizado
13. No siguen instrucciones
14. Falla en la presión de las piedras
15. Poca habilidad

Con base a las causas obtenidas durante la aplicación de la tormenta de ideas, se construyó el diagrama de Ishikawa, tal como se evidencia en la figura 21.

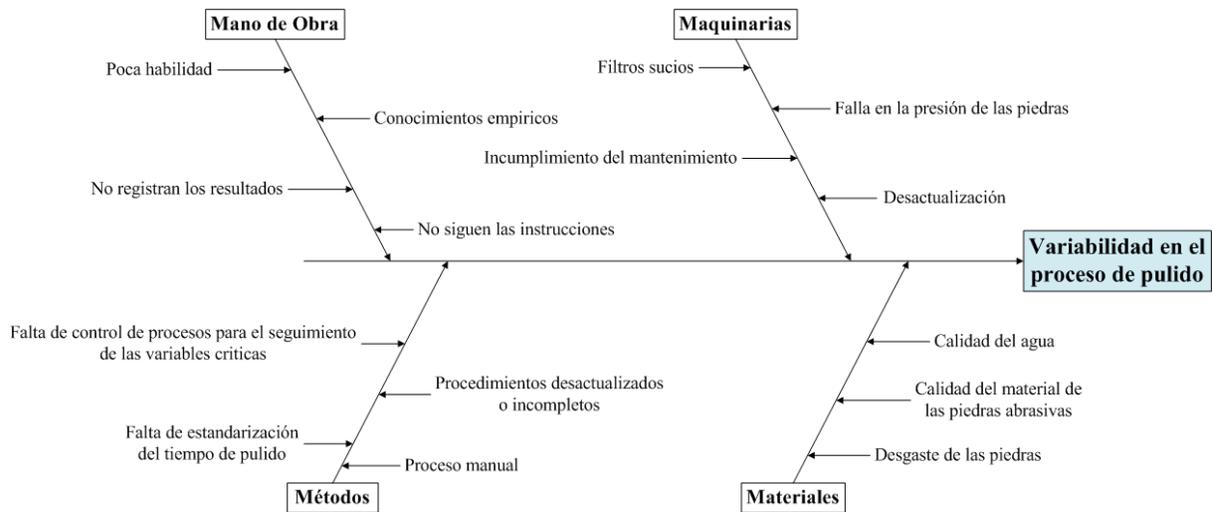


Figura 21. Diagrama de Ishikawa.

Mano de Obra: para esta categoría, se evidencia que los trabajadores del proceso de pulido carecen o poseen poco conocimientos basados en la capacitación continua que se debe tener para el logro de los objetivos establecidos por la empresa y por el área, esto debilita la habilidad de los mismos para llevar a cabo actividades directas o indirectas del proceso como es el caso del registro de los resultados en el tiempo correspondiente, porque los operadores a pesar de que el supervisor les da las instrucciones, éstos carecen de la información o conocimientos no solo de cómo llevar a cabo la tarea, sino la importancia e impacto que ésta tiene sobre los resultados. La mano de obra es el capital más importante en cualquier proceso, por lo cual debe estar capacitado y motivado continuamente no solo en los procesos operacionales, sino en herramientas que le permitan desarrollarse en el área, con el objetivo del cumplimiento de los objetivos propios y de la empresa.

Materiales: con relación a este punto se tiene la calidad del agua utilizada en el proceso, la cual debe ser desmineralizada y poseer características optimas (PH, % de nitratos, entre otros) para que no deteriore el cilindro y ocasione en éste porosidad u otro defecto que se vea reflejado en la impresión. Por otro lado se tienen las piedras que son usadas en el proceso para el pulido de los cilindros y dar el acabado espejo que se requiere, en estas se debe tener un control y cuidado para que éstas no presentes desgaste, ni mermen la calidad de las características (dureza, porosidad, otras), ya esto ocasiona que el cilindro no tenga

una superficie homogénea a lo largo del mismo, trayendo como consecuencia defectos en el pulido en cuanto a superficies rayadas o desniveles, por lo tanto al momento de realizar la impresión, ésta no tendrá la calidad requerida.

Maquinarias: le empresa en estudio posee un plan mantenimiento preventivo que lo realiza el departamento encargado, más sin embargo ocurre que los filtros de la máquina presentan fallas al taparse, bien sea por la calidad del agua o por material extraño dentro del proceso, lo que ocasiona que la piedra no tenga la refrigeración adecuada y se recaliente y ocasione daños en el cilindro que son reflejadas en la medición de la rugosidad y el material de empaque impresos con defectos como por ejemplo velos. Por lo tanto, se debe tener un control más riguroso por parte del operador de la maquinaria. En cuanto a la máquina, ésta no es de última generación, pero cumple con lo requerido además que se mantiene al día con los mantenimientos para alargar su vida útil.

Métodos de trabajo: en esta categoría se encuentra todo lo relacionado a la metodología establecida que debe llevarse a cabo para garantizar el cumplimiento de las actividades; en el caso en estudio aunque la empresa actualmente maneja una serie de procedimientos, normas y controles, en esta área se hace imperativo el control de ciertas variables y procesos que son importantes para el fiel cumplimiento de las tareas, como es el caso de un control y seguimiento de las variables críticas, es decir, de aquellas que afectan el proceso de impresión y que pueden ser evitadas antes de que se imprima el empaque. Así mismo, tener los documentos del área actualizados y mejorar aquellos que no contemplen los controles pertinentes, esto es pro de que haya un estándar con el cual todos puedan trabajar sin contratiempos.

Continuando con el análisis, se llevó a cabo la priorización de las 15 causas descritas, reagrupándolas de acuerdo a su similitud en 9 causas principales que sirvieron para la construcción del correspondiente diagrama de Pareto. La priorización se logró haciendo uso de la matriz de ponderación, según su nivel de impacto sobre la variabilidad en el proceso de pulido, según la escala de saaty (1994), para el cual se contó con la participación de los

trabajadores involucrados (3 operadores, 4 ayudantes, 4 supervisores), quienes calificaron cada una de éstas causas. Los resultados se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Ponderación de las causas

	Materiales		Mano de obra		Métodos			Maquinaria	
	Calidad del agua usada en el proceso	Desgastes en las piedras de pulir. Calidad en el material de las piedras	Conocimientos empíricos	No siguen las instrucciones. Poca habilidad	Falta de control y seguimiento de las variables críticas. No registran los resultados	Procedimiento desactualizados o incompletos. Falta de estandarización del tiempo de pulido	Proceso de pulido manual. Fallas en la presión de las piedras	Filtros sucios. Incumplimiento del mantenimiento	Desactualización de la maquinaria
Supervisor 1	8	3	9	1	9	2	1	5	1
Supervisor 2	9	3	9	1	9	1	1	6	1
Supervisor 3	9	3	9	2	9	1	1	5	1
Supervisor 4	9	4	9	1	9	2	1	6	1
Operador 1	9	3	9	1	9	1	1	5	1
Operador 2	9	3	9	1	9	1	1	4	1
Operador 3	9	3	9	1	9	1	1	5	1
Ayudante 1	9	2	8	1	8	1	2	5	1
Ayudante 2	9	4	8	1	9	1	2	5	2
Ayudante 3	9	2	9	1	9	1	1	6	1
Ayudante 4	9	3	9	1	9	1	2	4	1
Sub-Total	98	33	97	12	98	13	14	56	12

En la figura 23 se muestra el diagrama de Pareto, el cual se construyó a través de la herramienta Excel con base en las frecuencias totales obtenidas (Anexo E).

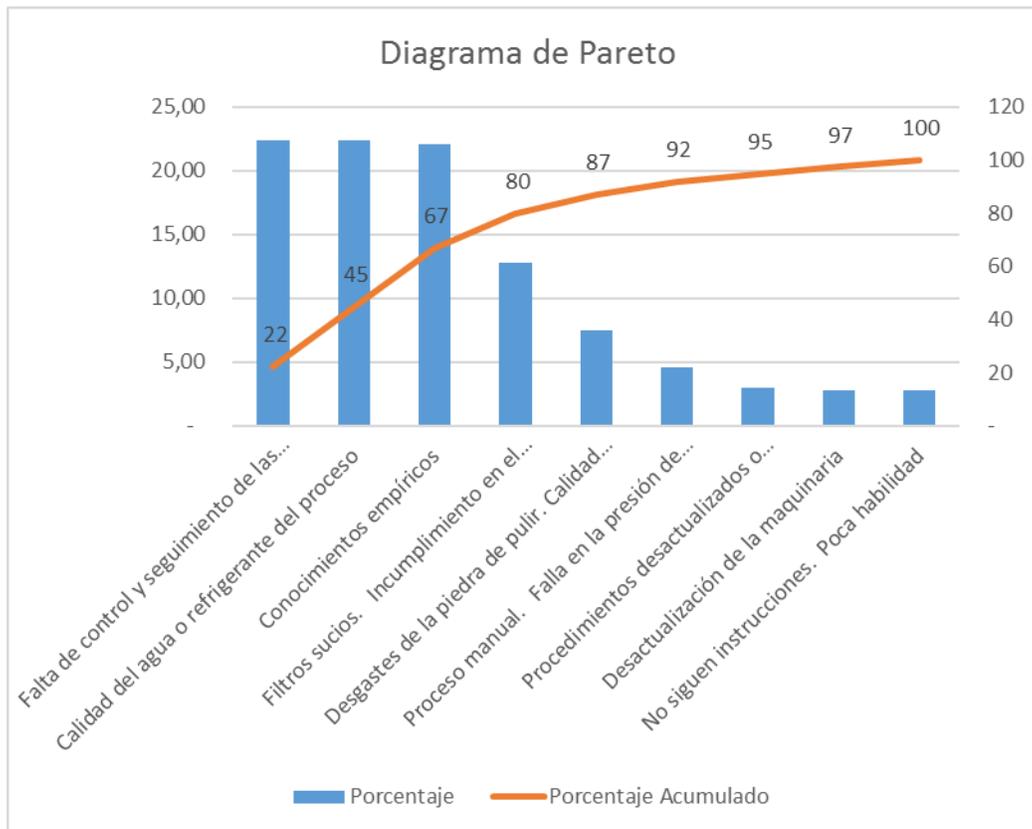


Figura 23. Diagrama de Pareto. Factores asociados a la variabilidad en la rugosidad y dureza en el proceso de pulido de cilindros.

A pesar de que el diagrama de Pareto construido no se corresponde con la forma tradicional al no lograr reunir el 80% de las fallas entre las 2 ó 3 primeras causas, se podría concluir que se cumplió con el objetivo de esta herramienta, que es identificar las causas que deben ser atendidas con prioridad sobre el total presentadas a fin de lograr el mayor impacto sobre las fallas. De este modo, se logró determinar que de 9 causas, el 80% de las fallas corresponden principalmente a 4 de ellas que son: 1. la falta de control y seguimiento de las variables críticas, no se registran los resultados, 2. la calidad del agua o refrigerante de la máquina, 3. conocimientos empíricos del personal, 4. Filtros Sucios, incumplimiento del mantenimiento.

4.2 Proponer acciones preventivas y/o correctivas que permitan minimizar la variabilidad del proceso

El desarrollo de la propuesta va a permitir a la empresa una serie de beneficios que serán de gran utilidad, porque una vez implementada repercutirá directamente sobre su productividad y el desempeño de los trabajadores, esto gracias a que se podrá contar con un proceso de pulido más eficaz. Las acciones propuestas se fundamentan en las causas vitales que se obtuvieron como resultado de la aplicación del Pareto, en el cuadro 10 se muestra un resumen de estas causas asociadas al factor o categoría y su posible alternativa, la cual será explicada con mayor detalle más adelante.

Cuadro 10. Cuadro asociativo del factor de variabilidad y la alternativa aplicada

Causas	Factor	Alternativa
La falta de control y seguimiento de las variables críticas, no se registran los resultados	Métodos	Metodología basado en CEP
Calidad del agua o refrigerante del proceso	Maquinaria	Diseño de Experimento
Filtros sucios. Incumplimiento del mantenimiento	Materiales	TPM
Conocimientos empíricos	Mano de Obra	Detección de necesidades

A continuación, en el cuadro 10, se muestra el plan de mejoramiento el cual está basado en las 4 causas principales obtenidas, se procedió a realizar el plan de acción basado en el mejoramiento continuo del proceso de pulido. Este plan se realizó para cada una de las causas en donde se establecieron los objetivos, las acciones a seguir, como se va a medir el desempeño y/o cumplimiento de las mismas, la fecha de inicio y fin de cada actividad o tareas, así como los responsables de ejecutarla y dar el seguimiento respectivo.

Cuadro 11. Plan de mejoramiento

Área: Pre-prensa

Proceso: Pulido de cilindros

Proviene de acciones correctivas.

Proviene de propuestas de las áreas.

Objetivo o necesidad	Acciones		Responsable de la actividad/ tarea	Fecha de inicio	Fecha de cierre	Recursos Necesarios	Indicador	Responsable del seguimiento
	Actividades	Tareas						
1. Garantizar control en el proceso de pulido. Control y seguimiento a las variables críticas y registro de resultados	Monitoreo de las variables críticas del proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Constituir un Equipo de trabajo CEP. 2. Establecer las necesidades del cliente. 3. Diseñar un plan de muestreo y escoger el momento en que se realizaría la toma de datos de las diferentes características 4. Establecer y/o actualizar las especificaciones de los parámetros del producto y/o el cilindro. 	Líder del equipo CEP	15/01/18	15/02/18	<ul style="list-style-type: none"> •Capital humano •Papelería e insumos de oficina •Computadoras e impresoras Software Estadístico	Porcentaje de rechazo: Cantidad de productos fuera de especificación respecto a la cantidad inspeccionada Meta: 5%	Jefe de Producción
	Evaluación de las variables	<ol style="list-style-type: none"> 5. Definir el gráfico de control que se debe usar en cada variable. 6. Desarrollar el gráfico de control. 7. Llevar a cabo el análisis de capacidad. 						
	Seguimiento	<ol style="list-style-type: none"> 8. Analizar las causas de la variabilidad e incumplimiento de las especificaciones 9. Establecer de inmediato las Oportunidades de mejora 10. Validar las propuestas de mejora 11. Documentar el procedimiento 						
	Sensibilizar al personal que opera en el proceso de pulido sobre la importancia de llevar los registros de las variables	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar los métodos para la transmisión del mensaje (gráficos, reuniones de trabajo, charlas, conferencias, correo, publicar material en carteleras,etc), dejar evidencias (control de asistencia, correo, etc 	Supervisor de producción	15/01/18	15/09/18	<ul style="list-style-type: none"> •Capital humano •Papelería e insumos de oficina •Computadoras e impresoras 	% de personal capacitado Meta: 100 % (11 personas)	Jefe de Producción
Seguimiento al cumplimiento del llenado de las hojas de registro del proceso de pulido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chequear diariamente las fichas de los cilindros procesados 2. En caso de no tener el 100% generar un plan de acciones correctivas para hacer acompañamiento a los trabajadores 				Fichas de registro de los cilindros	% cumplimiento del llenado de formatos Meta: 95%		

Área: Pre-prensa

Proceso: Pulido de cilindros

Proviene de acciones correctivas.

Proviene de propuestas de las áreas.

Objetivo o necesidad	Acciones		Responsable de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de cierre	Recursos Necesarios	Indicador de seguimiento	Responsable del seguimiento
	Actividades	Tareas						
2. Garantizar la calidad del agua que ingresa al proceso	Poner en marcha un pre-tratamiento del agua que ingresa al sistema y así controlar los parámetros fisicoquímico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un grupo de trabajo 2. Establecer la posible cantidad de hipoclorito, biocida no oxidante e inhibidor de corrosión 3. Poner en marcha un diseño de experimento factorial. 4. Realizar una prueba piloto con los datos obtenidos del diseño por 6 meses y medir los resultados para su ajuste y aprobación. 	Analista de PTAR	16/02/18	15/03/18	<ul style="list-style-type: none"> •Capital humano calificado •Horas hombres •Reactivos y/o químicos •Instrumentos calibrados •Papelería •Insumos para el experimento •Computadora e impresora •Software estadístico 	Cumplimiento de las Características físico química del agua, mediante las pruebas de laboratorio.	Jefe de Producción
	Vigilar las características fisicoquímicas del agua.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Listar todas las características que se pueden medir en el sistema de desmineralización del agua 2. Establecer las variables críticas necesarias para garantizar un agua óptima. 3. Definir los parámetros de las características críticas 3. Establecer la frecuencia, con la que deben ser medidas las características. 4. Documentar el proceso. 						

Área: Pre-prensa

Proceso: Tratamiento del agua

Proviene de acciones correctivas.

Proviene de propuestas de las áreas.

Objetivo o necesidad	Acciones		Responsable de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de cierre	Recursos Necesarios	Indicador	Responsable del seguimiento
	Actividades	Tareas						
3. Asegurar el funcionamiento de la máquina pulidora, mediante la implementación del pilar del mantenimiento autónomo del TPM	Limpieza inicial	Desarrollo e implementación de la filosofía de las 5S en la planta de producción	Jefe de Producción	16/02/18	15/04/18	<ul style="list-style-type: none"> • Capital humano calificado • Horas hombres • Insumos de limpieza • Repuestos básicos • Papelería • Computadoras e impresoras 	Indicador de Calidad: Mide el porcentaje de piezas defectuosas, los defectos que se tienen en cuenta aquí son los asociados por la máquina. Meta 7%	Coordinación de mantenimiento
	Formulación de estándares de limpieza y lubricación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño y comunicación de las normas de limpieza por máquina en donde se especifica el paso a paso de limpieza y el tiempo empleado en cada una. 2. Determinación de un tiempo estimado que será referencia para la duración de estas actividades 	Especialista de control de procesos					
	Verificación Global	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento en verificación autónomo a través de los procedimientos documentados 2. Elaboración del procedimiento para las sesiones semanales de limpieza por máquina: Sesiones de MA 3. Elaboración del procedimiento para la identificación de defectos en los equipos y puestos de trabajo 	Supervisores de Pre montaje					
	Estandarización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño del diagrama de flujo para la ejecución de las normas de limpieza 2. Diseño del diagrama de flujo para el procedimiento de las sesiones de MA 3. Diseño del diagrama de flujo para la corrección de los defectos identificados 4. Demarcación de herramientas e insumos con base en la frecuencia uso 5. Registro de defectos 6. Desarrollo de estándares para la documentación de los conocimientos empíricos de los operarios 	Planificador de mantenimiento					
	Dirección del sistema autónomo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de los objetivos del pilar de mantenimiento autónomo * Designación de roles entre los responsables de los procesos para cada aspecto a monitorear * Rutinas de revisión 5s * Establecimiento de sistema de mejoramiento continuo 						
							Cierre de brechas tablero de control de desvíos Meta: 95%	

Área: Pre-prensa

Proceso: Todos

Proviene de acciones correctivas.

Proviene de propuestas de las áreas.

Objetivo o necesidad	Acciones		Responsable de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de cierre	Recursos Necesarios	Indicador de seguimiento	Responsable del seguimiento
	Actividades	Tareas						
4.Capacitación del personal	Informar y sensibilizar al personal	1. Llevar a cabo reuniones con la alta dirección para lograr su compromiso 2- informar al personal mediante estrategias audiovisuales lo que se quiere lograr.	Jefe de producción	16/04/18	15/05/18	<ul style="list-style-type: none"> • Capital humano • Ente didáctico • Logística para capacitación • Material didáctico • Papelería 	Porcentaje de personal formado respecto al personal por formar Meta: 90%	Coordinación de Gestión Gente
	Capacitar en cuanto al proceso y las mejoras	1. Identificación de necesidades de Capacitación 2. Estructurar el plan en términos de tiempo y participantes, de tal manera que cada uno de los colaboradores pueda conocer con anticipación su plan de formación 3. Elaborar una ruta de aprendizaje participativa que motive a los colaboradores a inscribirse y/o asistir a los eventos programados. 4. Formación Continua sobre Gestión de la calidad 5. Hacer seguimiento al plan de capacitación 6. Evaluar la capacitación	Gestión de Gente	15/06/18	15/07/18			

En la resolución de los factores antes expuesto, que ocasionan variabilidad en el proceso de pulido y por ende defectos en el área de impresión de empaques, se propone un plan de mejora continua, el cual debe contar con una base documental de información que indique ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿quién? y ¿con que? llevar a cabo dicho control, esta información debe estar documentada en los procedimientos que deben seguirse y cumplirse a cabalidad en cada uno de los procesos en los cuales se desee establecer el control. En este caso el diseño del plan está compuesto por el objetivo o necesidad que se quiere obtener, las actividades que se deben realizar para lograr el objetivo planteado, así como los responsables tanto de llevar a cabo las actividades como quien debe dar el seguimiento correspondiente. También se propone como debe ser medida la efectividad de lo propuesto y las fechas de ejecución.

El aprovechamiento de los recursos internos es un factor fundamental que toda empresa debe utilizar al máximo, en muchas ocasiones pueden realizarse mejoras sin incurrir en gastos adicionales; por ello las empresas deben continuamente estudiar sus oportunidades y definir la mejor manera de hacer las cosas. Para que cualquier proyecto funcione se necesita sobre todo compromiso por parte de la gerencia, pero sobre todo por parte del encargado del área, quien aprueba las acciones que se tomen.

Dentro del plan de acción propuesto, se tiene en primer lugar el monitoreo de las variables críticas del proceso, en donde se debe constituir un equipo multidisciplinario el cual debe encargarse de establecer las necesidades del cliente, así como el plan de muestreo que no implique altos costos para la empresa pero que sea efectivo en detectar las variaciones en el proceso. También se deben actualizar las especificaciones de las variables de cada uno de los cilindros, colores y productos; de tal manera que se maneje un solo criterio basado en datos históricos. Y que se lleve a cabo el estudio estadístico bajo parámetros establecidos y se tomen las medidas adecuadas en el momento justo y así disminuir los defectos en la impresión de los empaques.

El diseño del sistema de control que se plantea en el transcurso del trabajo, radica esencialmente en el diagnóstico completo de las áreas a controlar, para determinar, de esta

manera, los puntos débiles en los cuales debe marcarse un control estricto para que el proceso se apegue cada vez más a la estandarización de los trabajos a producir.

La evaluación y análisis de los resultados pasados y actuales del proceso constituyen la base para poder adoptar los métodos de control a utilizar y determinar en qué puntos del proceso establecer los controles necesarios en corregir cualquier desviación. Los límites de control del proceso que se generaron, representan la situación actual en la que se mantiene el mismo. Cuando se conoce la situación actual del proceso debe aprenderse a detectar y solucionar profesionalmente los problemas de tipo crónico. Se ha de aprender a establecer las prioridades cuando coexisten varios problemas. Se han de promover los métodos preventivos más que la resolución de los problemas y, finalmente, se han de conocer a fondo las técnicas estadísticas y creer en las ventajas de su utilización.

Las desviaciones que se originan en el proceso se determinan comparando los resultados obtenidos en el proceso contra los estándares que se han establecido en el mismo. La clave de este sistema, según análisis gráfico, se basa en el establecimiento de unas tolerancias de fluctuaciones en los resultados que, en todo caso, se han de mantener bajo control; los resultados que quedan fuera de estos límites o tolerancias detectan la existencia de causas especiales que se deberán analizar. Esta comparación dará la pauta para establecer, que operaciones del proceso son las que necesitan mayor control, esto con el fin de mejorarlas y aumentar la eficiencia del mismo, como parte de una mejora continua que se enfoque en atacar aquellos puntos que resulten críticos en el proceso.

El dar seguimiento a las actividades que se realizan y a los resultados que se obtienen en el proceso servirá para determinar si se están cumpliendo los procedimientos y estándares establecidos en el diseño de control del proceso, si estos no se están cumpliendo, deben utilizarse los resultados de las auditorías de seguimiento en tomar decisiones de mejora al respecto.

El control del proceso no debe quedarse estancado al lograr un resultado satisfactorio en cualquiera de las áreas de trabajo. Si se desea garantizar el éxito debe existir siempre un

sistema de mejora continua que sirva de retroalimentación del control que se esté realizando.

En segundo lugar se propone hacer uso del mantenimiento productivo total, una herramienta de mejora continua, específicamente uno de los pilares denominado mantenimiento autónomo o cero recurrencia de fallas del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM), ya que la operación óptima del equipo debe apoyarse en las técnicas operacionales y en las técnicas de mantenimiento, porque ningún equipo puede ser completamente productivo a menos que los trabajadores estén entrenados en ambas operaciones. Lo que se busca con el TPM es que los operadores sean los encargados de buscar e implementar formas eficientes de conservar el equipo, buscando la interrelación y el apoyo del resto de los departamentos de la empresa. Lo ideal sería que el equipo no necesitara un mantenimiento especializado, sino que fueran trabajos sencillos y rápidos que un operario pudiera realizar, esto es, que quien opere el equipo, también lo mantenga.

Vale la pena aclarar que TPM es Management, es gestión administrativa, no es solo una herramienta de Ingeniería para mejorar los sistemas de mantenimiento en una empresa, porque la base para que sea exitosa la implementación de Mantenimiento Productivo Total en cualquier organización es el factor humano porque de este depende el éxito o fracaso del proceso. Por lo tanto, antes de aplicar esta cultura, se debe preparar al personal lo suficiente y empoderarlo del tema de modo que este se motive y se entusiasme con los beneficios que les va a aportar este cambio.

Este empoderamiento y compromiso se debe reflejar desde la alta dirección desde un principio porque el TPM es una filosofía que se implementa a largo plazo, y esta actitud de los directivos se debe infundir en toda la organización para generar confianza y disposición por parte de los empleados y así mismo hacer más fácil el proceso de cambio de cultura. Se reitera que el recurso humano es la base fundamental del TPM, porque sin la buena disposición de la gente no es posible implementarlo, ni siquiera en las organizaciones con los mejores sistemas automatizados; siempre es necesario tener en cuenta al personal en la

implementación de proyectos organizacionales y mucho más cuando se trata de una filosofía en la que su éxito depende directamente de las personas.

La metodología de implementación establecida, se enfoca en el conocimiento y entendimiento del proceso y a partir de ello, definir puntos de inspección y rangos para las variables, en los cuales se les debe dar un valor estándar a través de análisis estadístico. Además, estos estándares deben demostrar una mejora sustancial en comparación a los actuales. También se propone, el plan de sistematización y mantenimiento llamado “5S, no solo por el orden y aseo sino por la disciplina que esto genera en los empleados. Este es el primer paso en saber si se está o no preparado para implementar TPM y que fallas se pueden estar presentando para darle solución oportuna. En el logro de esto se debe nombrar un facilitador o coordinador que apoyará todo el proceso de gestión y será el puente entre los operarios y la alta dirección. Se recomienda que esta persona conozca bien el proceso y la organización para implementarlo con mayor facilidad.

Como tercer plan se plantea garantizar la calidad de agua, para ello se propone realizar un pre-tratamiento al agua que ingresa al tanque, la cual es proporcionada por la empresa de servicio de agua en la zona, se debe poner en marcha un pre-tratamiento que incluye limpieza del sistema de agua, aplicación de biocidas a base de isotiazolinas e inhibidores de corrosión a base de una mezcla de fosforo orgánico e inorgánico. Es necesario llevar a cabo un diseño de experimento de tal manera de determinar cual deben ser los productos químicos y las cantidades que deben usarse en garantizar que las variables fisicoquímicas del agua sean las correctas para que puedan ingresar a los diferentes procesos de la empresa.

Además, se propone un cronograma para el análisis semanal de los parámetros críticos, entre los que se encuentran: dureza total, conductividad, turbidez, pH, sólidos totales disueltos (STD), hierro, alcalinidad total y fosfatos, como procedimiento preventivo de conservación de la calidad del agua. Este monitoreo y las pruebas de control deben ser llevadas a cabo consistentemente y se debe tomar la acción correctiva sí se encuentran parámetros fuera de rango. Entrenar acerca del tratamiento correcto del sistema de agua a

todo el personal a cargo del sistema de agua de a fin de conseguir un programa de tratamiento exitoso.

Como último plan se propone, la capacitación y sensibilización del personal, que es necesario para lograr los objetivos de la empresa y las metas propuestas en este trabajo; ya que el cambio en la actitud hacia el trabajo en las personas es lo que determina los verdaderos resultados de la implementación de cualquier metodología. La comunicación es la herramienta, por lo tanto, es necesario escuchar la opinión y sugerencias que realizan los operarios sobre los procesos y la maquinaria, son ellos los mejores conocedores de estos y quienes al final enriquecen e implementan realmente esta filosofía.

En la actualidad hablar de capacitación como punto clave y alternativa para el crecimiento de las empresas es algo que ya no se puede dejar de lado, pues se pretende dar respuesta ante las necesidades cada vez más imperativas de la sociedad. Pues como parte de este proceso de formación desde una perspectiva pedagógica, consideramos que es posible impactar en el actuar de los implicados, alejándolos un poco de la rutina, pero sobre todo resaltando la idea de que los cambios se encuentran en uno mismo, reflejándose en la interacción con el otro.

Conclusiones

Existen fortalezas y oportunidades de mejora dentro del desarrollo de las actividades para llevar a cabo el proceso. Las deficiencias vienen dadas en su mayoría por el capital humano, que carece de preparación técnica.

En cuanto a las variables estudiadas se pudo determinar que el proceso no está bajo control estadístico, expresándose una propensión en la mayoría de los casos a que los valores de éstas se ubiquen por encima de la media y tendientes a aproximarse al límite superior.

Del estudio de las causas de variación del proceso de pulido de cilindros, surgieron aquellas que están influyendo sobre el comportamiento de las variables estudiadas y la aparición de las fallas en el proceso acarreadas por éstas, lográndose concentrar este efecto en 4 de ellas (falta de control y seguimiento de las variables críticas, ausencia de registros de resultados, calidad del agua o refrigerante del proceso e incumplimiento del programa de mantenimiento y conocimiento empírico del proceso), las cuales deberán ser abordadas de inmediato.

Se realizó un plan de mejora con base a las propuestas del área y a los 4 factores que están influyendo en la variación del proceso de pulido

Recomendaciones

Cumplir y hacer seguimiento al plan de mejora propuesto en el presente trabajo.

Analizar a fondo todas las actividades del área, solo así se podrán diseñar planes que ayuden a facilitar las tareas y a evitar demoras que restringen la producción.

Mantener actualizadas guías, procedimientos, formularios, instructivos, entre otros deben especificar las tareas que están contenidas en cada grupo, con ello se evitará confusiones y llenado incorrecto de los mismos.

Diseñar un programa de capacitación del personal que garantice el reforzamiento de aquellos puntos donde se observe que los operadores tienen dudas frecuentes.

Formar grupos de trabajo que analicen e investiguen las posibles causas de las fallas repentinas ocasionadas en los equipos, para establecer de manera sistemática un método de prevención no reincidencia.

Considerar aumentar el número de observaciones empleadas en la construcción de las gráficas de control de cada una de las variables en estudio a fin de verificar tanto la distribución normal de la data como su comportamiento.

Promover proyectos que fortalezcan la formación especializada de la mano de obra.

Implementar metodología TPM, según el manual SIEM, con el fin de mejorar el funcionamiento de los equipos; garantizando la disponibilidad, eficiencia y calidad de los procesos productivos de la empresa.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Bernal Torres César Augusto. 2010. Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. (3ª ed.). PEARSON EDUCACIÓN, Colombia.
- Empresas Polar 2010. Manual de Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura SIEM, Control Estadístico de procesos (PCEP) Caracas, Venezuela. 46 p .
- Empresas Polar 2012 Procedimiento devolución a proveedores de Materias Primas No A Granel y Material de Empaque. Versión 1. Caracas, Venezuela. 3 p.
- Empresas Polar 2012 Descripción del proceso de elaboración del empaque flexible en APC Planta Maracay Versión 1. Caracas, Venezuela. 24 p.
- Empresas Polar 2014. Política Implantación, Mantenimiento y Revisión del Sistema de Gestión del Negocio de Calidad. Versión 5. Caracas, Venezuela. 6 p.
- Empresas Polar 2015. Manual de Sistema de Gestión, Alimentos Polar Comercial Planta Maracay. Versión 5. Maracay, Venezuela. 40 p.
- Evans, J.R. y Lindsay, W.M. 2008. Administración y Control de la Calidad. (7ª ed.). Cengage Ediciones. México. 857 p.ç
- Galgano, A. 1995. Los 7 instrumentos de la Calidad Total. Díaz de Santos, Madrid.
- Gutiérrez, H. 2001. Calidad Total y Productividad. Mc Graw-Hill. México. 412 p.
- Ishikawa, K. 1994. Introducción al control de calidad. Díaz de Santos, Madrid.
- Kume, H. 1997. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. 1era ed. en español. Norma. Colombia. 236 p.
- Juara H., L. 2002. Manual del huecograbado. Ediciones Letra Clara. España. 218 p.
- Larrazabal, F. 2016. Política de Calidad e Inocuidad de Empresas Polar (Comunicación Personal)
- Lloréns, F.J. y Fuentes, M.M. 2001. Calidad total. Fundamentos e implantación. Pirámide, Madrid, 2.ª ed.
- Montgomery, D. 2008. Control Estadístico de la Calidad. (R. Piña G., Trad). 3a ed. México. Limusa Wiley. 820 p.
- Norma ISO 9001-2015. Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos

- Olivieri, G. 2011. Control estadístico del proceso de elaboración de botellas PET NR para bebidas carbonatadas en una empresa de envases plásticos. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 158 p.
- Ortiz, M. & Felizzola, H. (2014). Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado. Prospect, v 12, número 2, p 73-81.
- Reina, D & Pire, E. 2012. Aplicación de control estadístico en el proceso de cobrizado de cilindros en una Empresa de Empaques Flexibles. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- Saaty, T. 1994. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic Hierarchy Process. Volumen 6 de AHP Series. New York. McGraw Hill. 478 p.
- SINAES. Manual para la elaboración de Planes de mejoramiento [en línea] <http://es.scribd.com/doc/254143256/Manual-Para-La-Elaboracion-de-Planes-de-Mejoramiento#scribd>. [Consultado: 16/02/ 2016]
- Villamarin, A. 2015. Control estadístico en una línea de Envases metálicos rectangulares de 5galones. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- (2008). Minitab Statistical (Versión 15) [Software]. State College, Pensilvania: Minitab Inc. Obtenido de www.minitab.com

ANEXOS

Anexo A. Formato de hoja de ruta de grabación de cilindro



Alimentos Polar
Planta Maracay

HOJA DE RUTA GRABACIÓN DE CILINDRO

TRABAJO: _____
CÓDIGO: _____

NIQUELADO

FECHA	OPERADOR	GRUPO	TIEMPO	LONGITUD	TEMP (°C)	VOLT	AMPERAJE
pH	CANT. NIQUEL	SULFATO NIQUEL	CLORURO NIQUEL	ACIDO BÓRICO	DENSIDAD (M)	CALIDAD	

OBSERVACIÓN: _____

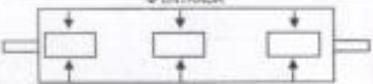
DESCROMADO

FECHA	OPERADOR	Nº	GRUPO	DESARROLLO	LONGITUD	TIEMPO	KAMP
OBSERVACIÓN: _____							

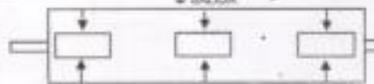
BORRADO

FECHA	OPERADOR	GRUPO	POS	DESARROLLO	LONGITUD	TIEMPO	
PROGRAMA		RUGOSIDAD	TEMP. MAQUINA		TEMP. REFRIGERACIÓN	CALIDAD	

◉ ENTRADA

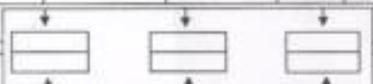


◉ SALIDA



OBSERVACIÓN: _____

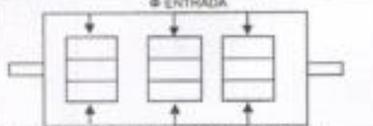
COBRIZADO

FECHA	OPERADOR	GRUPO	POS	DESARROLLO	LONGITUD	TIEMPO	A/m ²
MICRAS (µm)	SULFATO DE COBRE	◉ ACTUAL	ACIDO SULFURICO	TEMP. (°C)	VELOC.	DENSIDAD (M)	
◉ FINAL	CALIDAD		◉ DUREZA				
OBSERVACIÓN: _____							

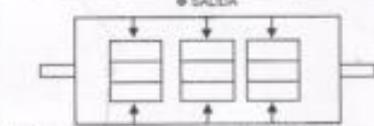
PULIDO

FECHA	OPERADOR	GRUPO	POS	DESARROLLO	LONGITUD	TIEMPO	DUREZA ENTR
PROGRAMA		ESPESOR ENTR.	ESPESOR SALD.	DUREZA SALD.	TEMPERATURA MAQUINA	RUGOSIDAD	

◉ ENTRADA



◉ SALIDA



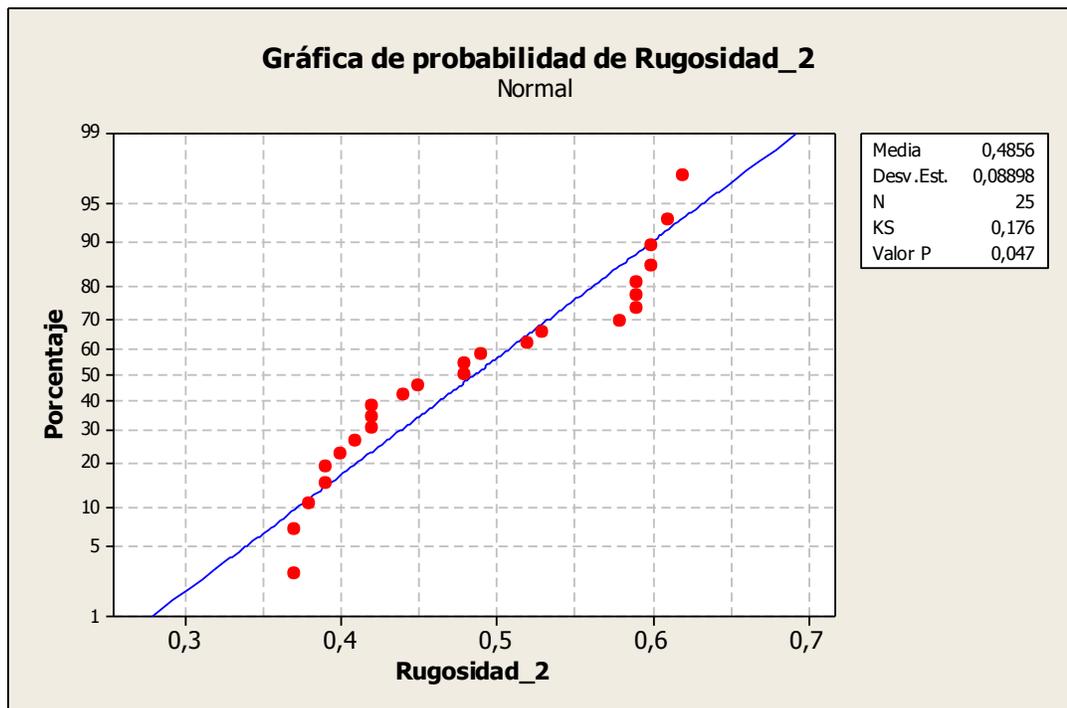
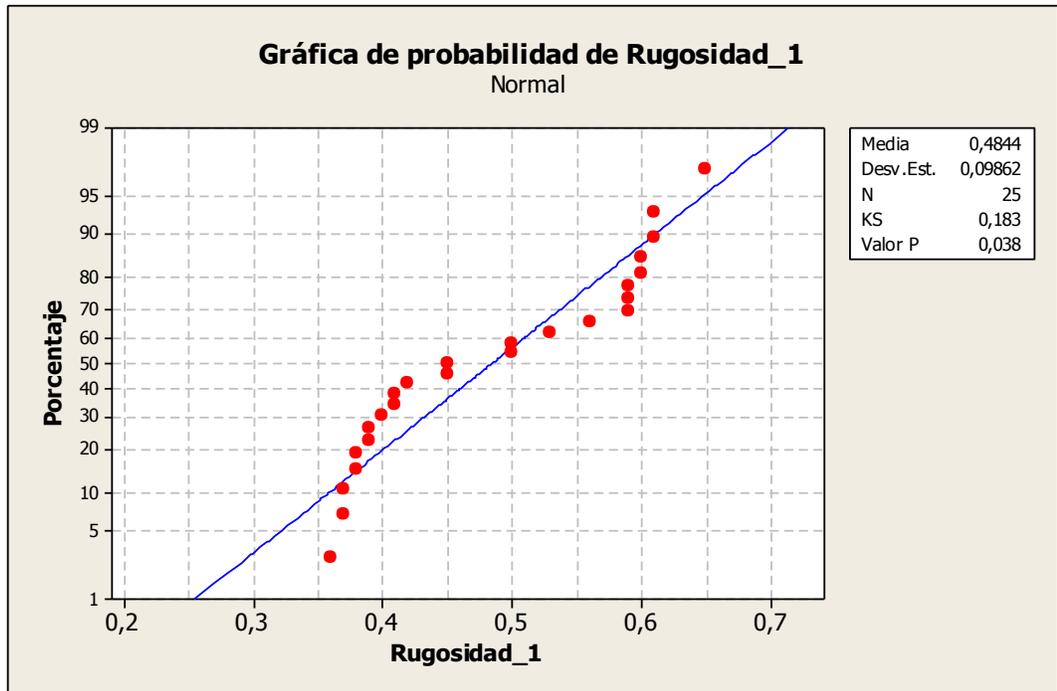
SUPERVISOR Y/O TÉCNICO DE PREMONTAJE	FECHA	CALIDAD
--------------------------------------	-------	---------

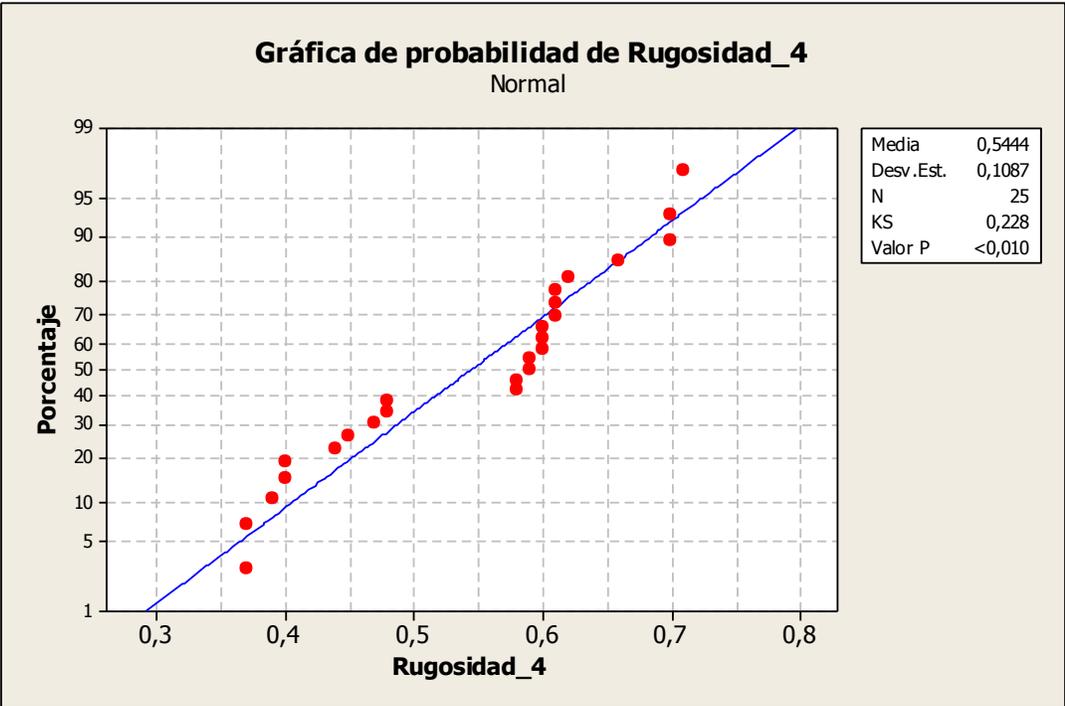
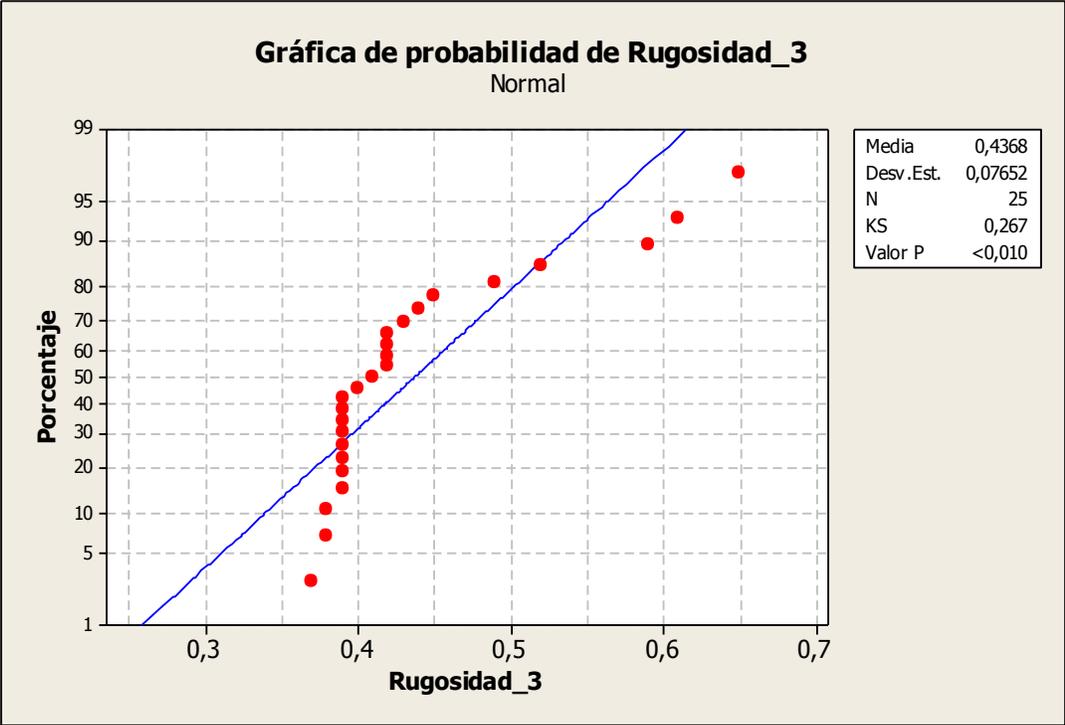
OBSERVACIÓN: _____

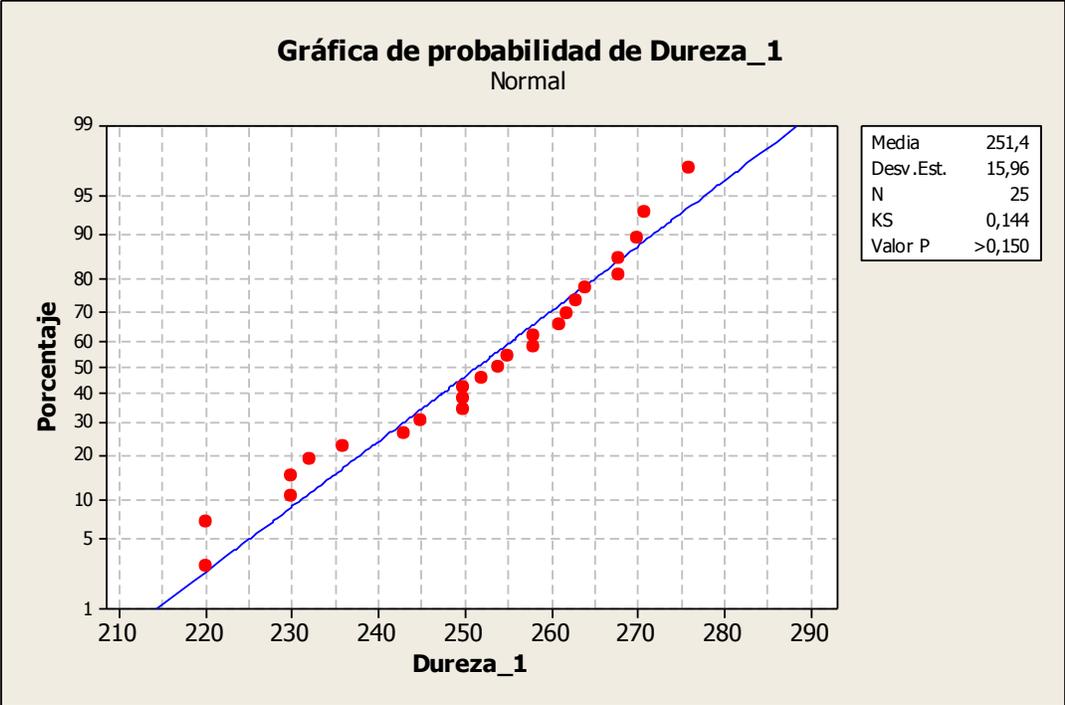
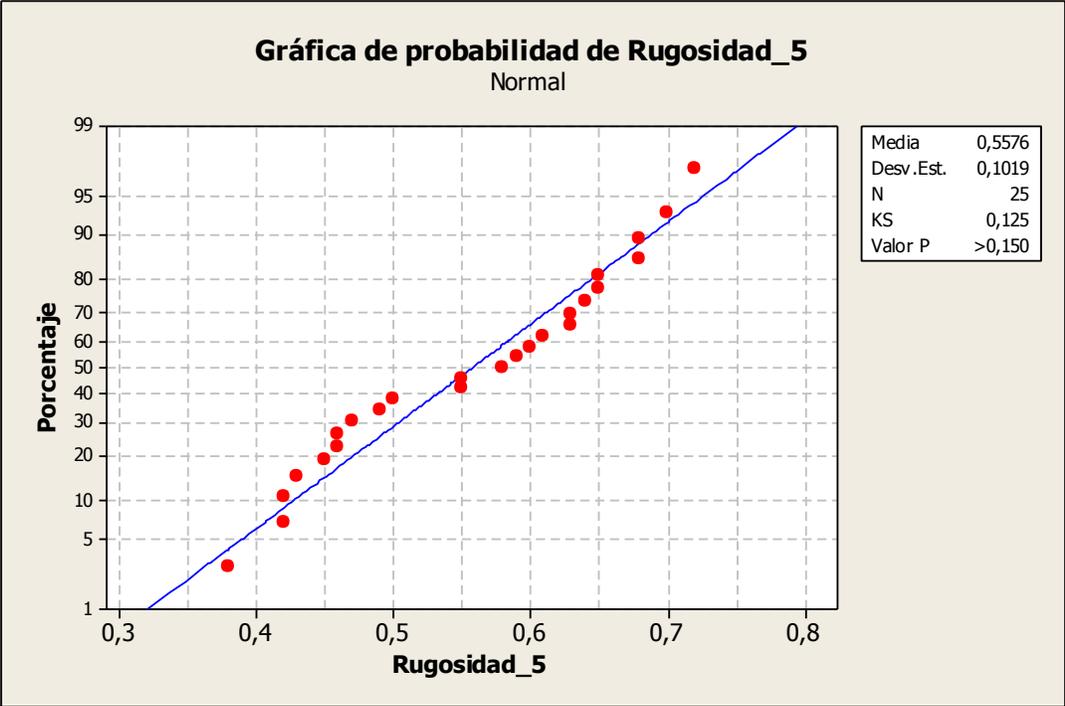
Anexo B. Formato de Hoja recolección de datos

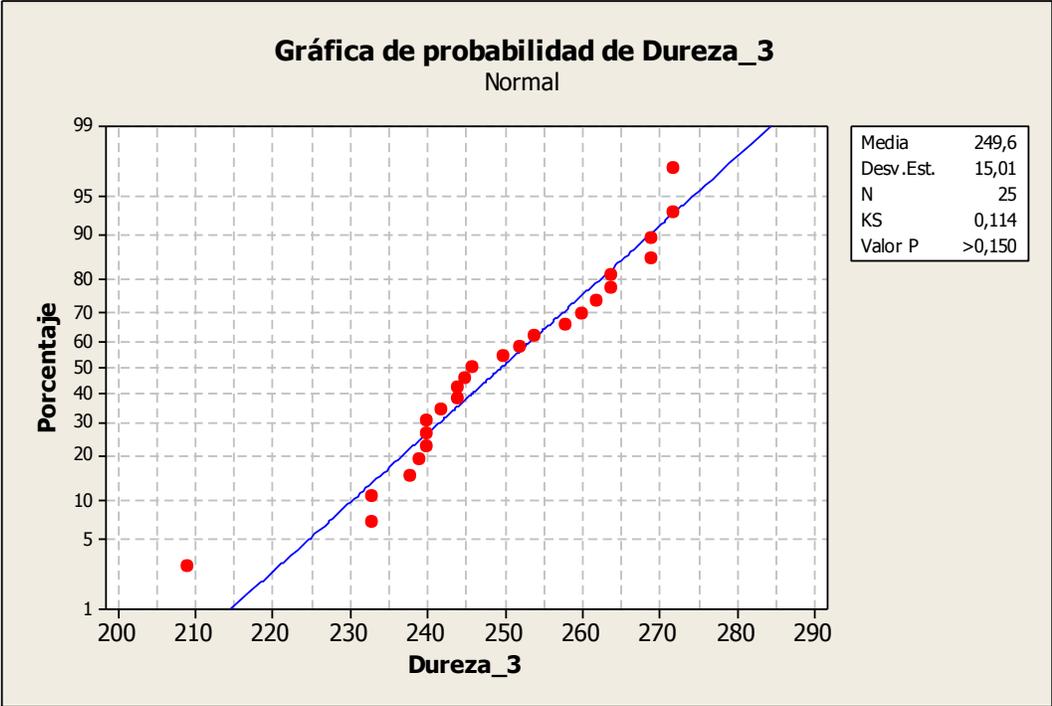
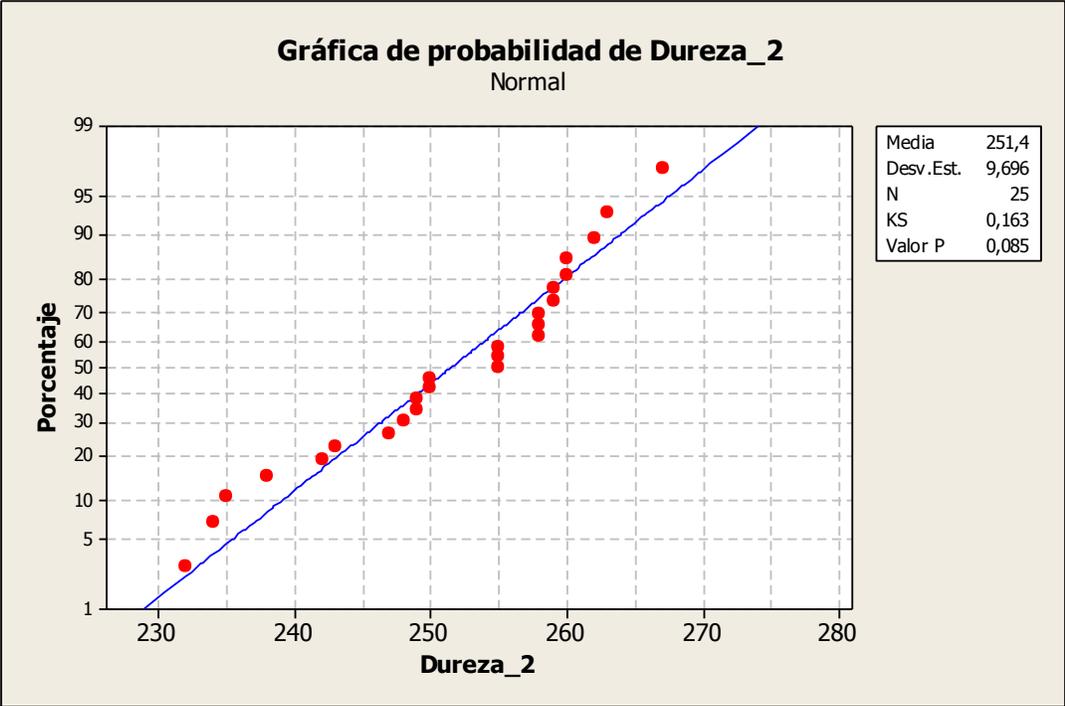
Nro	Fecha	Operador	Grupo	Posición del cilindro	Diámetro de entrada	Rugosidad	Dureza	Diámetro de salida	Temp de la máquina
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

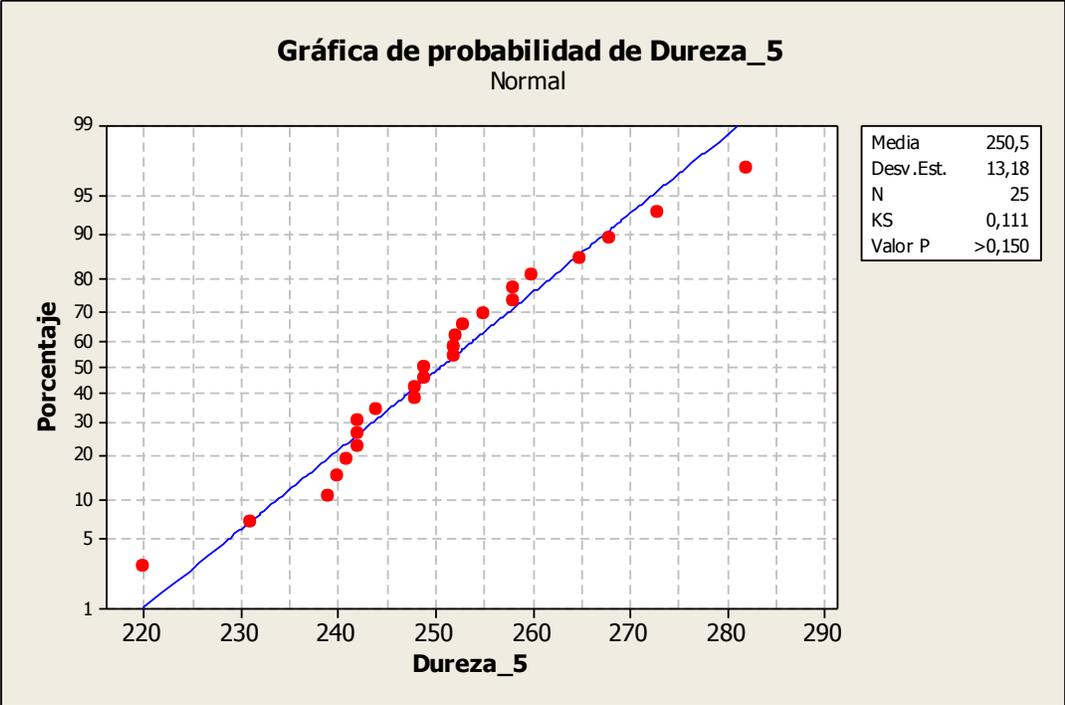
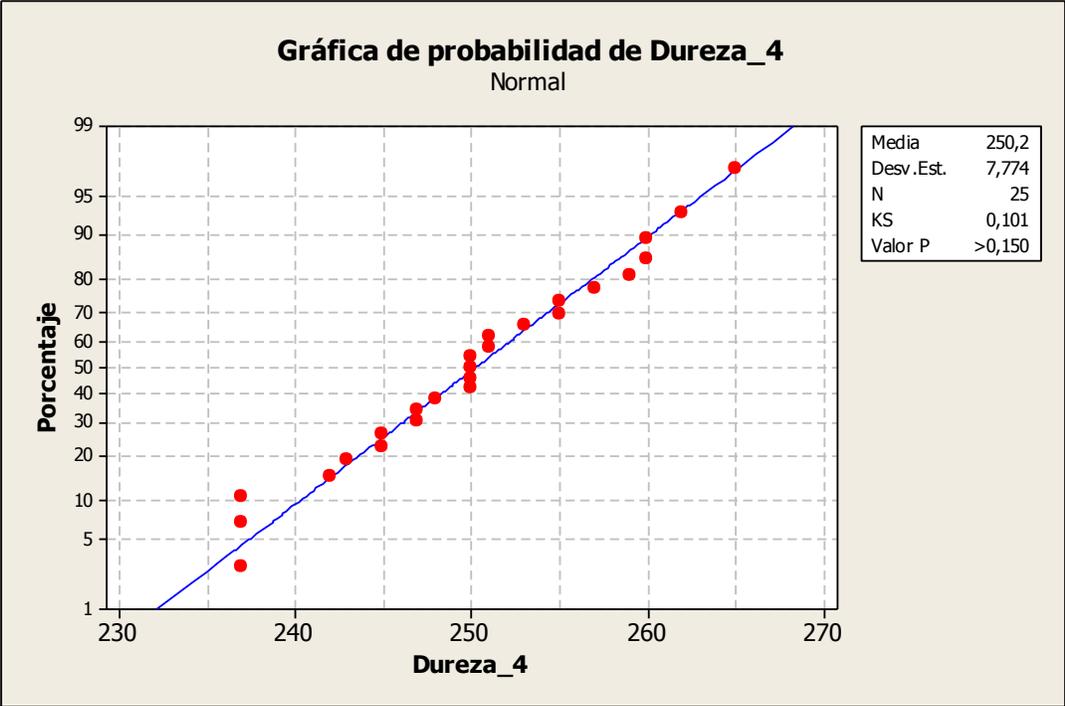
Anexo C. Graficas de Probabilidad







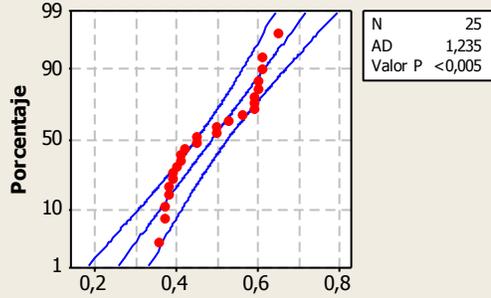




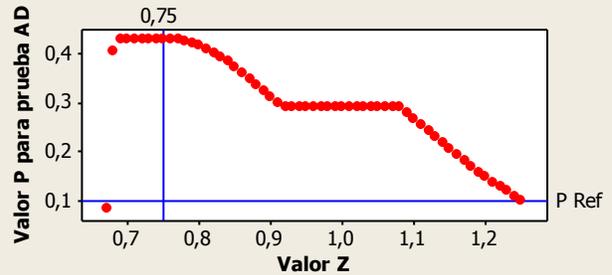
Anexo D. Transformación de los Datos

Transformación de Johnson para Rugosidad_1

Gráfica de prob. para datos originales

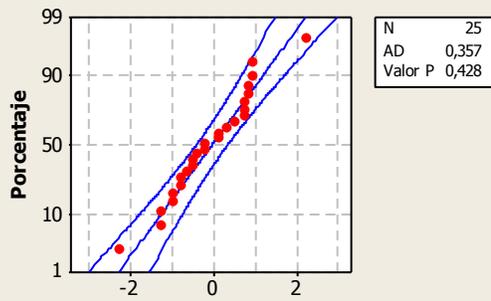


Seleccione una transformación



(Valor P = 0.005 means ≤ 0.005)

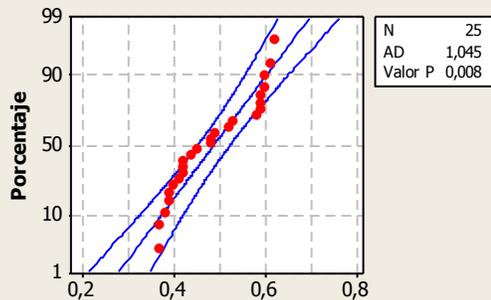
Gráfica de prob. para datos transformados



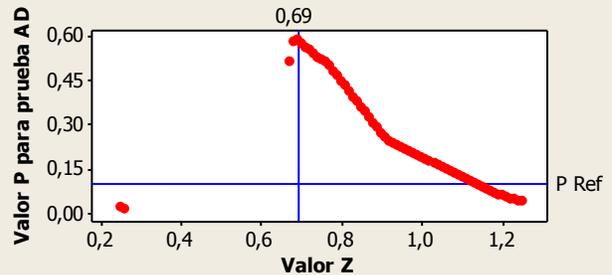
Valor P para mejor ajuste: 0,427661
 Z para mejor ajuste: 0,75
 Mejor tipo de transformación: SB
 Función de transformación iguales
 $0,179959 + 0,436033 * \ln((X - 0,358889) / (0,652525 - X))$

Transformación de Johnson para Rugosidad_2

Gráfica de prob. para datos originales

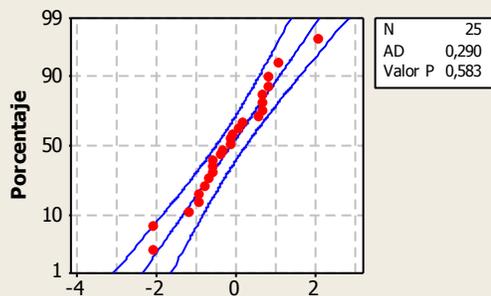


Seleccione una transformación



(Valor P = 0.005 means ≤ 0.005)

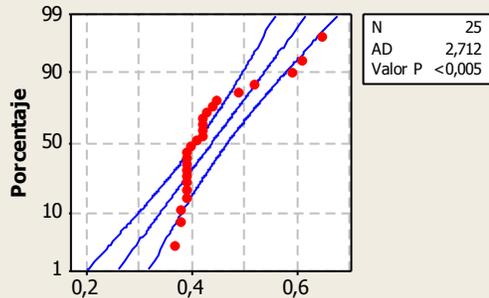
Gráfica de prob. para datos transformados



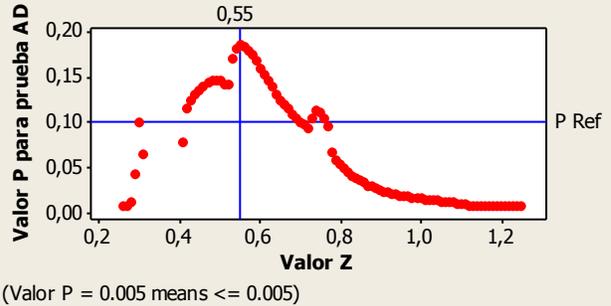
Valor P para mejor ajuste: 0,582763
 Z para mejor ajuste: 0,69
 Mejor tipo de transformación: SB
 Función de transformación iguales
 $-0,0409229 + 0,371164 * \ln((X - 0,368940) / (0,620851 - X))$

Transformación de Johnson para Rugosidad_3

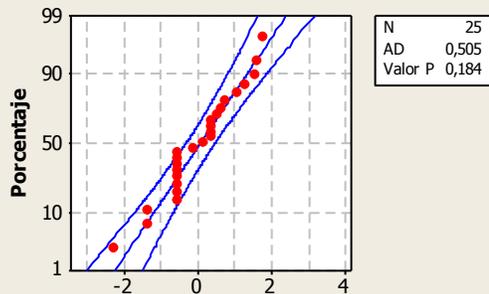
Gráfica de prob. para datos originales



Seleccione una transformación



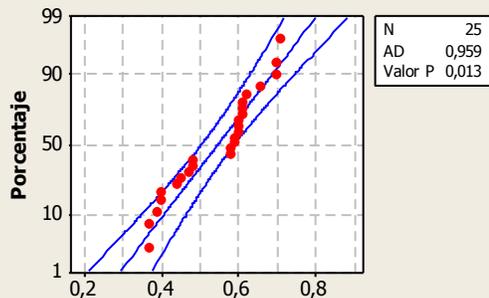
Gráfica de prob. para datos transformados



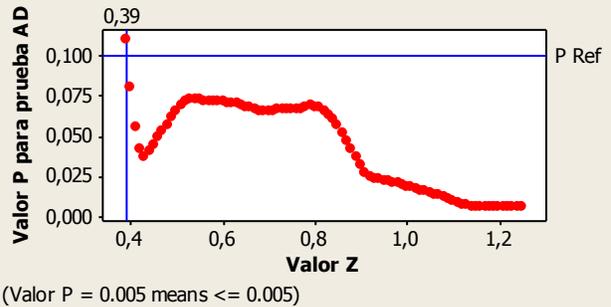
Valor P para mejor ajuste: 0,183807
 Z para mejor ajuste: 0,55
 Mejor tipo de transformación: SU
 Función de transformación iguales
 $-1,44778 + 0,727016 * A \operatorname{senh}((X - 0,379286) / 0,00680864)$

Transformación de Johnson para Rugosidad_4

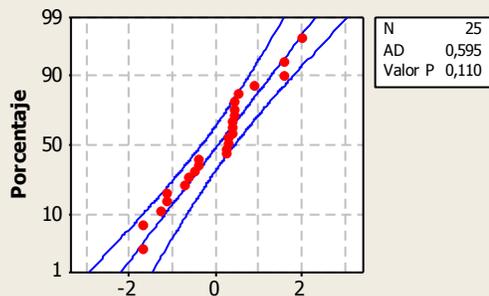
Gráfica de prob. para datos originales



Seleccione una transformación



Gráfica de prob. para datos transformados



Valor P para mejor ajuste: 0,109569
 Z para mejor ajuste: 0,39
 Mejor tipo de transformación: SB
 Función de transformación iguales
 $-0,0375804 + 0,581500 * \operatorname{Ln}((X - 0,348873) / (0,720380 - X))$

Anexo E. Tabla de frecuencias

Causas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Falta de control y seguimiento de las variables críticas. No registran los resultados	98	98	22	22
Calidad del agua o refrigerante del proceso	98	196	22	45
Conocimientos empíricos	97	293	22	67
Filtros sucios. Incumplimiento en el mantenimiento	56	349	13	80
Desgastes de la piedra de pulir. Calidad del material de las piedras	33	382	8	87
Proceso manual. Falla en la presión de las piedras	20	402	5	92
Procedimientos desactualizados o incompletos. Falta de estandarización del tiempo de pulido	13	415	3	95
Desactualización de la maquinaria	12	427	3	97
No siguen instrucciones. Poca habilidad	12	439	3	100