

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

EXAMEN COMPLEXIVO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGISTER EN GESTIÓN DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD”

TEMA

**“MEJORA DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN FLEXOGRAFICA MEDIANTE
ANALISIS ESTADÍSTICO”**

AUTORA

VANESSA ELIZABETH OJEDA FLORES

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2015

DEDICATORIA

A quien me acompañó en cada etapa de este proceso de graduación.

Lía, mi hija.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de culminar con éxito esta nueva etapa de formación.

A Gabriela por el apoyo incansable.

A mi esposo, Leonardo. Mi inspiración.

A mis padres: Rosa y Darío, por sus ejemplos de perseverancia.

A ESPOL y sus gladiadores, por los conocimientos adquiridos.

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio cultural de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Vanessa Elizabeth Ojeda Flores

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

FRANCISCO VERA ALCÍVAR, P.HD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

OMAR RUIZ BARZOLA, P.HD.

DIRECTOR DEL PROYECTO

FIRMA DE LA AUTORA DEL PROYECTO

Vanessa Elizabeth Ojeda Flores

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1. GENERALIDADES..... | 2 |
| 1.1 Antecedentes | 2 |
| 1.2 Alcance del proyecto | 2 |
| 1.3 Descripción del problema..... | 2 |
| 1.4 Objetivo general | 3 |
| 1.5 Objetivos específicos..... | 3 |

CAPÍTULO 2

| | |
|--|---|
| 2 METODOLOGIA | 5 |
| 2.1 Cartas de control para atributos | 5 |
| 2.2 Tormenta de ideas | 7 |
| 2.3 Diagrama Causa-Efecto..... | 8 |
| 2.4 Diagrama de Pareto | 9 |

CAPÍTULO 3

| | |
|---|----|
| 3. RESULTADOS OBTENIDOS..... | 12 |
| 3.1 Carta de Control para número de no conformidades..... | 12 |
| 3.2 Investigación de las Causas | 13 |

CAPÍTULO 4

| | |
|---------------------------|----|
| 4.1 CONCLUSIONES | 17 |
| 4.2 RECOMENDACIONES | 17 |

ANEXOS

| | |
|----------------------------|----|
| ANEXO 1: BIBLIOGRAFIA..... | 19 |
| ANEXO 2 | 20 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Ejemplo de carta de control c con límites..... | 6 |
| Figura 2 Esquema de un diagrama causa-efecto típico | 8 |
| Figura 3 Esquema de un diagrama de Pareto | 9 |
| Figura 4 Gráfica de Control \bar{c} | 12 |
| Figura 5 Diagrama Causa – Efecto de Defectos de Producción | 14 |
| Figura 6 Diagrama de Pareto | 14 |

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La empresa en estudio, es una compañía dedicada a la producción y comercialización de etiquetas termoencogibles, bandas de seguridad, y toda solución de empaque, impresas mediante flebograpía o en Rotograbado, lo que les permite brindar a sus clientes productos de excelente calidad en cuanto a la impresión como en funcionalidad.

Para seguir liderando el mercado anualmente deben emprender al menos un proyecto de mejora continua en sus líneas de producción; en esta ocasión se evaluará profundamente si el proceso de impresión se encuentra bajo control estadístico en función del número de defectos por producción en la impresora # 1.

1.2 Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como alcance desarrollar un análisis estadístico del indicador: Número de defectos por producción en la impresora # 1.

1.3 Descripción del problema

Las impresiones que se realizan en la máquina en estudio son consideradas “complicadas” debido a la mezcla de colores que deben hacerse para cumplir con el diseño que solicita el cliente, para llegar al tono que se requiere se pueden mezclar hasta 7 colores para la impresión en línea lo que hace que durante el proceso interactúen algunas variables que debemos controlar, las cuales pueden ir desde “control operativo” hasta “falla en raclas”, es decir existen variables que se pueden controlar de forma sencilla durante el proceso y otras que no se pueden controlar debido a la velocidad (200mts/min) con la cual se imprimen y que para el ojo humano es imposible ver en línea, por lo que obligatoriamente debemos parar la máquina cuando ya se ha impreso al menos 400mts para verificar la calidad de impresión. Si después de analizar la primera muestra se encuentran problemas de impresión esto representa tiempo y dinero perdido porque implica:

- Tiempo de Para, para realizar cambios en la máquina que corrijan el (los) defectos
- Material perdido

Estas pérdidas aparecerán por cada vez que se repita el proceso hasta lograr que la impresión sea la adecuada (sin defectos), por lo que se quiere analizar el problema más frecuente para enfocarnos de forma más directa en un correcto Plan de acción y así evitar pérdidas de material por defecto durante el primer muestreo.

1.4 Objetivo general

Evaluar las causas que conllevan a producir rollos con determinado número de defectos con la finalidad de reducir:

- Tiempo de Parada, para corregir defectos
- Material perdido por impresión defectuosa

1.5 Objetivos específicos

- Encontrar los problemas más frecuentes que representen más del 80% de desperdicio utilizando herramientas de la calidad y análisis estadístico.
- Sugerir un Plan de acción a corto plazo

CAPITULO II

2 METODOLOGIA

Es importante indicar que la metodología a seguir está enfocada a evaluar si el proceso se encuentra dentro de control o no y si no lo estuviese se plantearán oportunidades de mejora que serán analizadas por la Gerencia General.

2.1 Cartas de control para atributos

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

- ▶ Causas aleatorias de variación. Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso.
- ▶ Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas.

Las causas aleatorias son de difícil identificación y eliminación. Las causas específicas sí pueden ser descubiertas y eliminadas, para alcanzar el objetivo de estabilizar el proceso.

Los gráficos de control fueron ideados por Shewhart durante el desarrollo del control estadístico de la calidad. Han tenido una gran difusión siendo ampliamente utilizados en el control de procesos industriales. Sin embargo, con la reformulación del concepto de Calidad y su extensión a las empresas de servicios y a las unidades administrativas y auxiliares, se han convertido en métodos de control aplicables a procesos llevados a cabo en estos ámbitos.

Existen diferentes tipos de gráficos de control: Para media, para rangos, para proporciones y para atributos.

Es importante considerar los siguientes términos:

- ▶ Atributos: Característica de calidad para la cual no se especifica un valor numérico, se mide en escala nominal

- ▶ No conformidad: Característica de calidad que no cumple con ciertos estándares prescritos o especificaciones.
- ▶ Artículo no conforme: Un producto con una o más no conformidades, tal que no funciona como es requerido. (es posible tener un producto con varias no conformidades sin que este se clasifique como artículo no conforme)

En base a la Distribución de Poisson, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de no conformidades en el tiempo, y es posible diagramar cartas de control para el número total de no conformidades en una unidad o bien para el número promedio de no conformidades por unidad.

Se utilizará para el presente proyecto la Carta de Control para el número de no conformidades sin un valor estándar dado y los límites de control se consideran de prueba, a esta carta se la conoce como Carta C.

La carta c es una herramienta estadística usada para analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo. Las cartas c responden a la pregunta “¿Tiene una causa especial la variación causada en la tendencia central de este proceso para producir un número anormalmente grande o pequeño de ocurrencias durante el período de tiempo observado?”.

Los límites de control para las cartas c, son los siguientes:

- ▶ Línea Central

- $LC = \bar{c}$

- ▶ Línea de Control Superior

- $LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

- ▶ Línea de Control Inferior

- $LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

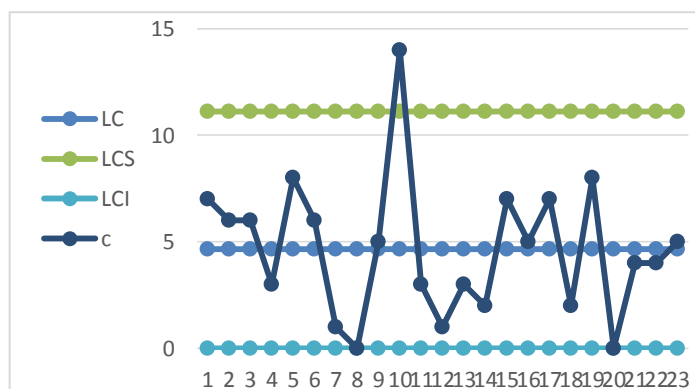


Figura 1 Ejemplo de carta de control c con límites

Para estimar \bar{c} , se realizará un muestreo preliminar de $n=100$ unidades de inspección. Los datos que utilizaremos en el análisis se recolectaron durante los últimos 3 meses, se utilizó un registro de control diario de todas las muestras impresas donde se anotan:

- ▶ Si las muestras fueron aprobadas o no en la primera parada de máquina
- ▶ Número de defectos encontrados
- ▶ Tipos de defectos encontrados en cada una de las muestras

En el caso que el proceso evaluado resulte fuera de control, la investigación de las causas se realizará en base a las herramientas de calidad tales como: Tormenta de ideas, Diagrama Causa-Efecto y Diagrama de Pareto.

2.2 Tormenta de ideas

Es una técnica de grupo que permite la generación de un gran número de ideas en torno a una problemática específica. Típicamente este grupo generador de ideas está compuesto por aquellos que se encuentran en contacto con el proceso y se encuentran en capacidad de aportar objetivamente desde diferentes perspectivas con posibles causas del problema, identificación de posibles soluciones etc.

Es importante determinar un moderador, respetar los turnos para aportar ideas y establecer las reglas del proceso al inicio de la actividad.

Tips para lluvias de ideas

- ▶ Dar la palabra uno a la vez, de uno en uno, en orden sucesivo hasta completar la ronda, si alguien no tiene idea puede pasar.
- ▶ Importa más la cantidad de ideas, que su calidad.
- ▶ No se aceptan las críticas a las ideas aportadas.
- ▶ Que todos puedan ver claramente el diagrama.

- ▶ Crear una atmósfera que favorezca el planteamiento de soluciones, no se trata de una sesión de tortura.
- ▶ De tiempo para la maduración de las ideas.

2.3 Diagrama Causa-Efecto

Conocido también como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa; ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado.

Las causas por lo general se dividen en las causas principales. Generalmente se clasifican las causas según: Máquina, Materia prima, Método de trabajo, Operador y Medio ambiente. La forma gráfica del diagrama causa-efecto permite entender fácilmente el flujo de información asociada al problema.

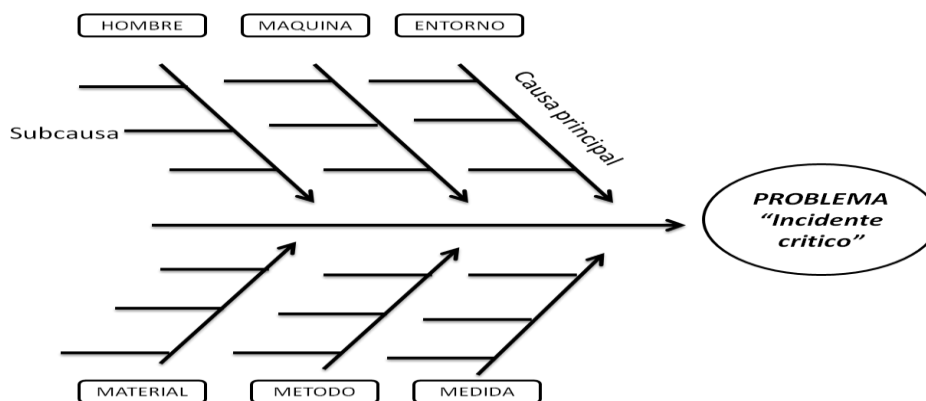


Figura 2 Esquema de un diagrama causa-efecto típico

2.4 Diagrama de Pareto

Otra herramienta utilizada para el análisis de problemas es el Diagrama de Pareto, cuyo término fue dado por el Dr. Juran en honor por el economista italiano Vilfredo Pareto, es un histograma especial, en el cual las frecuencias de ciertos eventos aparecen ordenadas de mayor a menor.

Pareto realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual obtuvo como resultado: Que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniendo lo que se conoce como la regla 80/20.

En este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas resuelven el 20% del problema.

Para el desarrollo de este histograma se sigue los siguientes pasos:

- Establecer categorías o causas en orden descendente de frecuencia de ocurrencia.
- Calcular los totales acumulados.
- Dibujar barras para cada causa o categoría
- Dibujar la líneas de la frecuencia total acumulada
- Aplicar regla 80/20.

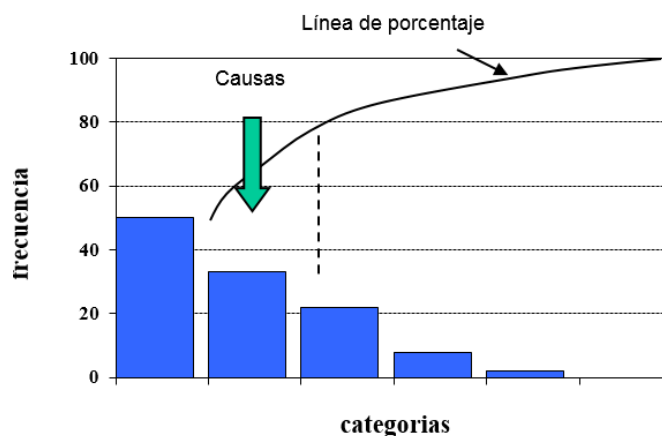


Figura 3 Esquema de un diagrama de Pareto

Beneficios:

- Es útil para el análisis de datos de defectos.
- Permite enfocar la atención en los defectos más críticos en un proceso o producto.
- Facilita la implementación de acciones correctivas, sobre un problema legítimo.

CAPITULO III

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 Carta de Control para número de no conformidades

Como se indicó en la metodología, para la aplicación de la Carta de control C, se estima \bar{c} en función de un muestreo inicial.

A continuación presentamos los resultados obtenidos del muestreo realizado a 100 lotes.

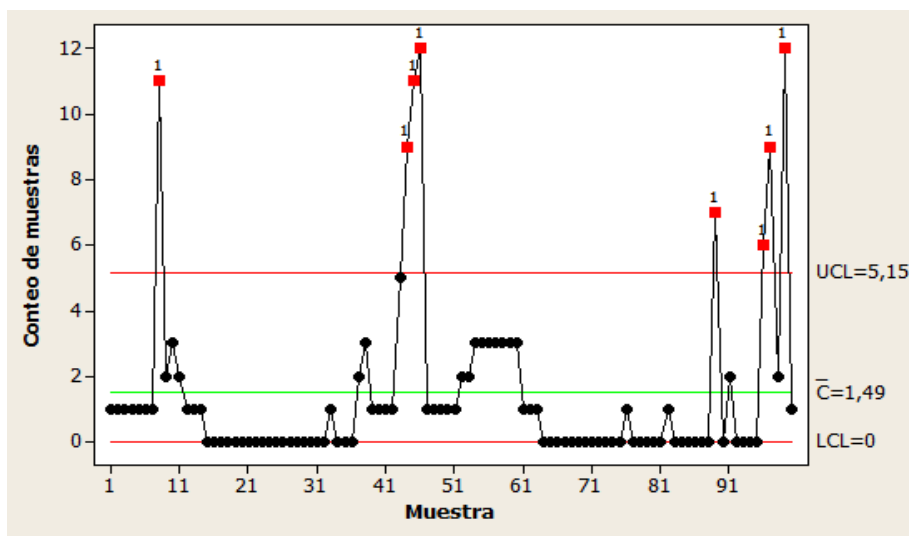


Figura 4 Gráfica de Control \bar{c}

Los datos muestreados en base al cuál se generó la figura 4, pueden ser consultados en el Anexo 2.

En función de los datos muestreados, se estima que el 60% de los rollos producidos tienen aproximadamente entre 0 y 1 No Conformidades en Impresión, el 32% de las producciones oscilan entre 2 y 5 No Conformidades por impresión y un 8% de los datos analizados superan las 5 No Conformidades por producción de la referencia impresa.

En la gráfica de control \bar{c} se observan 8 puntos que están fuera del límite de control superior el cual es 5,15; por lo cual amerita proceder con la investigación de las causas.

3.2 Investigación de las Causas

Luego de realizar un análisis de causa-efecto asociado a lluvia de ideas en conjunto con personal técnico y operadores, se concluye que las siguientes causas se encuentran asociadas al problema antes descrito:

▶ **Problemas de cireles:**

El cirel es el sustrato que tiene grabado el diseño y por el cual se transfiere la tinta y da el tono esperado de cada uno de los colores, se pueden encontrar un máximo de 7 cireles durante la impresión y estos se van desgastando según el uso y el tiraje.

▶ **Problemas de raclas:**

La racla es una lámina metálica que sirve para barrer de forma adecuada la tinta y no existan manchones en el sustrato por excesiva aplicación

▶ **Errores humanos en impresión:**

Colocación inadecuada de piezas o sustratos en la máquina así como un deficiente control en los mismos.

▶ **Ajuste de la prensa:**

Mal ajuste de las presiones que se ejercen en los anilox contra el cirel. Los anilox son cilindros con ventosidades especiales y microscópicas que permiten la transferencia de tinta al cirel.

▶ **Viscosidad de la Tinta de impresión:**

Las tintas deben cumplir con un estándar de liquidez la cual se controla durante todo el proceso de producción, especialmente en las tintas solubles, la exposición al medio ambiente permite su fácil evaporación

A continuación detallamos un diagrama de causa efecto para la esquematización de las posibles causas identificadas durante la lluvia de ideas.

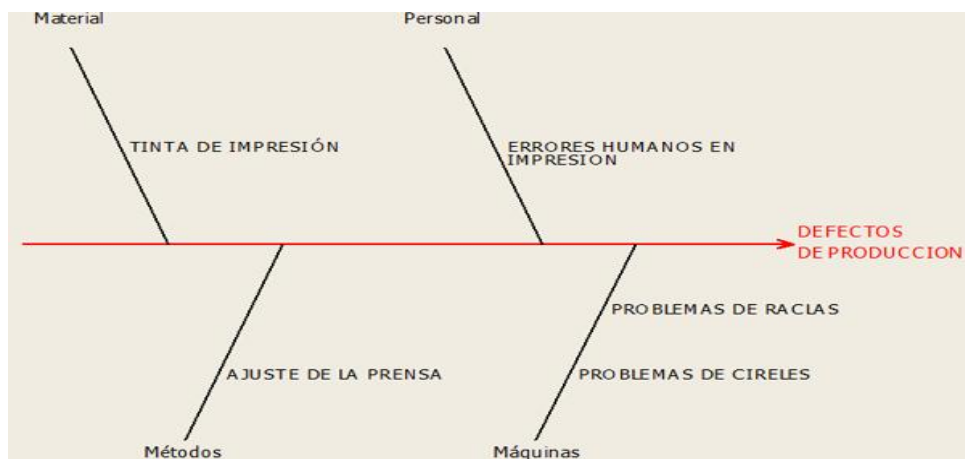


Figura 5 Diagrama Causa – Efecto de Defectos de Producción

Una vez determinadas las potenciales causas de los defectos en la producción, se procede a reevaluar los rollos que se encontraron con número de defectos fuera de los límites de control para realizar un Diagrama de Pareto con esta información, de tal manera que se pueda identificar la causa de mayor frecuencia y poder establecer acciones correctivas en función de ésta herramienta de calidad.

Por tanto haciendo uso de la información antes descrita, los datos quedaron distribuidos de la siguiente manera:

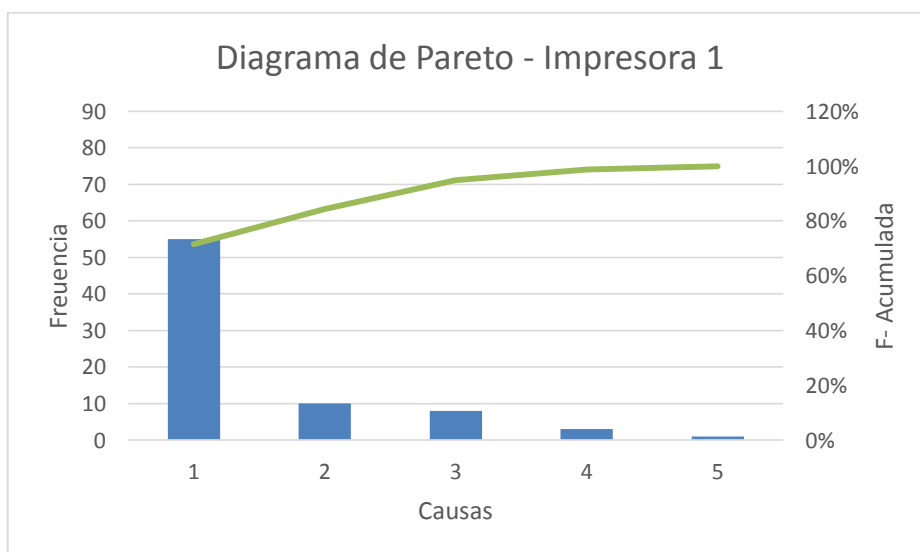


Figura 6 Diagrama de Pareto

En donde:

| | Causas | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Tinta de Impresión | 55 | 71% |
| 2 | Ajuste de la Prensa | 10 | 13% |
| 3 | Problema de Cireles | 8 | 10% |
| 4 | Errores Humanos de Impresión | 3 | 4% |
| 5 | Raclas | 1 | 1% |

Siguiendo la metodología del Pareto, al minimizar o eliminar la causa de mayor frecuencia, en este caso, los errores asociados a la tinta de impresión, podríamos obtener el más alto impacto en nuestro proceso, reduciendo así el desperdicio de material impreso y tiempos muertos en la línea para asegurar la calidad de impresión de los rollos subsecuentes.

Considerando que el 8% de los rollos analizados se encontraron fuera de los límites de control, el tiempo y costo que involucra este desperdicio se detalla a continuación:

- Material perdido promedio por impresión defectuosa por rollo: 2Kg. Total del desperdicio en el ensayo: 16Kg, equivalentes a \$800USD.
- Tiempo de parada promedio, para corrección de defectos al existir impresión defectuosa: 25min. Total del desperdicio en el ensayo: 200 min, equivalentes a \$405USD por persona involucrada en el proceso considerando un sueldo básico promedio.

En la sección siguiente se realizarán las recomendaciones que al criterio del autor se consideran necesarias de implementar para lograr la reducción de los tiempos de parada promedio y el desperdicio de material por impresión defectuosa en el 71% de los casos que son originados por defectos en las tintas de impresión.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

En función de los análisis estadísticos realizados y con ayuda de varias herramientas de calidad se puede concluir lo siguiente:

- ▶ La carta de control C, evidencia que el proceso ejecutado en la impresora # 1, no se encuentra bajo control estadístico.
- ▶ Al evaluar las causas que generan la mayor cantidad de errores de impresión, el 71% de los errores encontrados son adjudicados a las tintas utilizadas durante la producción en la impresora # 1.

4.2 RECOMENDACIONES

Como parte del presente proyecto se considera reemitir a la Gerencia las siguientes recomendaciones como plan de acción a corto plazo.

- Solicitar al proveedor actual pruebas de calidad que evidencien el cumplimiento de los requisitos antes de aceptar las tintas.
- Capacitar al personal de impresión en cuanto a los controles aplicables durante producción en referencia a las tintas.
- Capacitar al personal sobre los diferentes ajustes en la impresora #1 que se pueden implementar para reducir el desperdicio.
- Implementar un software de verificación de defectos en línea
- Implementar controles de viscosidad durante el proceso de impresión utilizando la Copa viscosidad
- Reevaluar la condición futura luego de implementar las mejoras.

Como resultados al presente plan de acción, se estima reducir los tiempos promedio de paradas y desperdicios por errores de impresión en el 71%.

ANEXOS

ANEXO 1: BIBLIOGRAFIA

ALLEN WEBSTER, Estadística Aplicada a los negocios y la economía, Tercera edición.

GAUDECIO ZURITA, Probabilidad y Estadística: fundamentos y Aplicaciones. 2008

ARTURO RUIZ-FALCÓ ROJAS, Apuntes de clase sobre Herramientas de la Calidad.
2009

ANEXO 2: Datos del número de no conformidades por producción

| <i>Muestra</i> | <i>Defectos</i> | <i>Muestra</i> | <i>Defectos</i> | <i>Muestra</i> | <i>Defectos</i> | <i>Muestra</i> | <i>Defectos</i> |
|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 1 | 26 | 0 | 51 | 1 | 76 | 1 |
| 2 | 1 | 27 | 0 | 52 | 2 | 77 | 0 |
| 3 | 1 | 28 | 0 | 53 | 2 | 78 | 0 |
| 4 | 1 | 29 | 0 | 54 | 3 | 79 | 0 |
| 5 | 1 | 30 | 0 | 55 | 3 | 80 | 0 |
| 6 | 1 | 31 | 0 | 56 | 3 | 81 | 0 |
| 7 | 1 | 32 | 0 | 57 | 3 | 82 | 1 |
| 8 | 11 | 33 | 1 | 58 | 3 | 83 | 0 |
| 9 | 2 | 34 | 0 | 59 | 3 | 84 | 0 |
| 10 | 3 | 35 | 0 | 60 | 3 | 85 | 0 |
| 11 | 2 | 36 | 0 | 61 | 1 | 86 | 0 |
| 12 | 1 | 37 | 2 | 62 | 1 | 87 | 0 |
| 13 | 1 | 38 | 3 | 63 | 1 | 88 | 0 |
| 14 | 1 | 39 | 1 | 64 | 0 | 89 | 7 |
| 15 | 0 | 40 | 1 | 65 | 0 | 90 | 0 |
| 16 | 0 | 41 | 1 | 66 | 0 | 91 | 2 |
| 17 | 0 | 42 | 1 | 67 | 0 | 92 | 0 |
| 18 | 0 | 43 | 5 | 68 | 0 | 93 | 0 |
| 19 | 0 | 44 | 9 | 69 | 0 | 94 | 0 |
| 20 | 0 | 45 | 11 | 70 | 0 | 95 | 0 |
| 21 | 0 | 46 | 12 | 71 | 0 | 96 | 6 |
| 22 | 0 | 47 | 1 | 72 | 0 | 97 | 9 |
| 23 | 0 | 48 | 1 | 73 | 0 | 98 | 2 |
| 24 | 0 | 49 | 1 | 74 | 0 | 99 | 12 |
| 25 | 0 | 50 | 1 | 75 | 0 | 100 | 1 |