



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>





**MEJORA DE PROCESOS EN UNA IMPRENTA QUE REALIZA  
TRABAJOS DE IMPRESIÓN OFFSET BASADOS EN LA  
EMPLEANDO SIX SIGMA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presenta el bachiller:

**Emilsen Pascual Calderón**

ASESOR: Luis A. Negrón Naldos

Lima, Marzo 2009

## RESUMEN DE LA TESIS

El presente trabajo nace con la necesidad de mejorar el proceso de impresión Offset, aplicando como herramienta de mejora la metodología Six Sigma.

El trabajo se inicia con una breve descripción de la organización, el producto que ofrece y las operaciones en el que está involucrado. Luego se ejecuta el ciclo DMAIC; Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve, en inglés) y Controlar.

En la fase de definición; identificamos las necesidades del cliente y los requerimientos críticos del producto, tales como la tonalidad de color, el formato del producto, la calidad de material, etc., para ello se utiliza la metodología de Kano. Obtenido los requerimientos, se identifica el proceso involucrado, dando como resultado el proceso de impresión Offset.

En la fase de medición; se identifica y cuantifica las variables más relevantes del proceso de impresión offset, herramientas de calidad como el estudio Gage R&R, gráficos de control, análisis de la capacidad del proceso y el nivel Six Sigma, todo ello nos ayuda a obtener la situación actual por la que atraviesa el proceso en estudio.

Actualmente el porcentaje promedio de productos no conformes por tonalidad de color es del 3.0% y el nivel Six Sigma del proceso de 4.45.

En la fase de análisis; se identifica las causas raíces que originan la problemática, para ello se aplica el diseño de experimentos que contribuye a mejorar los factores más importantes en la impresión offset. Luego se continúa con la fase de mejora, donde se determina los niveles adecuados de cada factor; para optimizar el proceso de impresión, se plantea planes de acción; donde se ejecuta el programa de capacitación para el personal y se elabora una instrucción de trabajo para el personal de la sección de impresión offset.

La fase de control; es la última de las fases y busca mantener los resultados obtenidos en la fase de mejora, se calcula la nueva capacidad del proceso y el nuevo nivel Six Sigma, obteniéndose los valores de 1.0% y 4.59 respectivamente.

Finalmente la evaluación económica; nos ofrece los beneficios económicos alcanzados luego se ejecutarse la fase de mejora.

Es importante que cuando se lleve a cabo un proyecto Six Sigma, se invierta la mayor cantidad de tiempo en la fase de definición, dado que es importante que esta etapa base quede sólida. Las consecuencias de no tener claro esta primera etapa traen consigo un proyecto redundante o que se tenga que realizar nuevos experimentos para corregir los experimentos ya realizados.

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR:	Titulo de Ingeniero Industrial
ALUMNO:	<b>EMILSEN PASCUAL CALDERÓN</b>
CÓDIGO:	20002108.8.12
PROPUESTO POR:	Ing. Luís Negrón Naldos
ASESOR:	Ing. Luís Negrón Naldos
TEMA:	Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la metodología Six Sigma
Nº TEMA:	405
FECHA:	San Miguel, 24 de Agosto de 2007.

### **JUSTIFICACION**

La industria gráfica es un rubro que realiza todo tipo de impresiones en toda clase de sustratos (papel, telas, cartones, plásticos, etc.)

El mercado de imprenta ofrece una variedad de productos, prueba de ello se aprecia en la incidencia o contribución el índice de volumen físico (IVF) manufacturero según la actividad productiva, que para el caso de los bienes intermedios, actividades de impresión para Mayo del 2006 fue de 314,000 y para Mayo del 2007 de 384,000, dando una variación porcentual de 15.9%<sup>1</sup>. Otras de las actividades que benefician a la industria gráfica, específicamente a la empresa en estudio es el incremento de las exportaciones de prendas de vestir, debido a que la organización produce con o sin código de barras, donde sus principales clientes son las organizaciones textiles exportadoras de prendas de vestir.

En el año 2006, se dio un comportamiento positivo de las exportaciones textil y confecciones llegando a alcanzar un aumento del 15.2% respecto al valor del año 2005<sup>2</sup>.

La organización optó por la búsqueda de la satisfacción de sus clientes. En la actualidad la satisfacción del cliente es considerado uno de los indicadores más importantes utilizados por las organizaciones para evaluar su desempeño.<sup>1</sup>

Es necesario precisar que, la calidad y la globalización son aportes esenciales para ser competitivos, para ello debemos exigir a nuestros proveedores de brindar productos de buena calidad, de tal manera que evitemos realizar evaluaciones a los productos para obtener impresiones nítidas, ya que la tecnología de las maquinas cada vez son mejores.

<sup>1</sup> Fuente: Boletín estadístico Mayo 2007, elaborado por la Sociedad Nacional de Industrias (SNI).

<sup>2</sup> Fuente: PROMPEX, Boletín sectorial trimestral 2006 y 2005, varios números, Elaborado por MTPE, programa de estadísticas y estudios laborales PELL.

La organización ha optado por brindar un producto de mejor calidad y así poder diferenciarse de sus competidores.

Dentro de la tendencia del mercado; la calidad se ha vuelto un punto muy importante dentro de toda organización e incluso se ha convertido en una forma de vida de la mayor parte de las empresas, debido al constante crecimiento de la competitividad, al permanente avance tecnológico y las exigencias por parte de los clientes que buscan productos y/o servicios de buena calidad.

En la actualidad, la organización involucra principalmente tres etapas: El input (Personal, materias primas, insumos, maquinarias, equipos, procedimientos y métodos de trabajo), la elaboración del producto (proceso) y el output (la culminación de un producto). En mencionadas etapas es común cometer errores que afectan a la calidad de los productos, tal es el caso que en el proceso de impresión offset ha aumentado las mermas de producción aproximadamente en un 30% en el primer trimestre del año.

Existen métodos que ayudan a la prevención de errores en los procesos, siendo una de ellas el Six Sigma, que es una metodología de clase mundial aplicada para ofrecer un mejor producto, más rápido y al más bajo costo. Debido a esto se decide trabajar con la metodología Six Sigma, para obtener procesos y productos eficientes.

Six Sigma utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir problemas; tomar datos, es decir, medir, analizar la información; emprender mejoras; controlar procesos; rediseñar procesos o productos o incluso hacer nuevos diseños, con la finalidad de alcanzar etapas mejores.

La Organización, buscara elevar sus índices de productividad, lograr mayor eficiencia, y brindar un servicio de calidad, para ello, he decidido optar por esta metodología debido a las diferencias que quizás reside en la forma de aplicar las herramientas y su integración con los propósitos y objetivos de la organización.

Six Sigma posee un enfoque preactivo, además hace un uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de problemas, se provee de toda una estructura de apoyo y capacitación al personal; para el empleo de las herramientas de mejora, realiza la toma de decisiones en base a datos precisos y objetivos, se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas y finalmente se enfoca hacia el control de las variables clave del proceso las cuales definen la calidad del producto.

## OBJETIVO GENERAL

Mejorar el proceso de una imprenta que realiza trabajos de impresión offset, utilizando la metodología Six Sigma.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los requerimientos críticos de los clientes
- Definir el proceso y sus requerimientos que debe cumplir.
- Identificar el nivel de desempeño actual del proceso.
- Analizar las variables de entrada y de proceso.
- Plantear acciones de mejora y ponerlas a prueba.
- Verificar las mejoras para asegurar que se cumplan los objetivos y que sean sostenibles en el tiempo.

### PUNTOS A TRATAR

a. Marco teórico

Se brindara los aspectos teóricos del control de la calidad y la industria gráfica, que son términos que serán considerados en el presente estudio.

b. Descripción y definición del proyecto.

Se revisara el aspecto organizacional, operacional de la empresa, los procesos productivos que se realizan en la organización, la infraestructura con la que cuenta, las maquinarias, los equipos que se utilizan, las materias primas que se utilizan y los controles de calidad que se realizan. Se identificara los requerimientos críticos del cliente. Su análisis llevara a condicionar el diseño y respuesta del proceso, producto y servicio. Para ello; modelos como el de Kano, nos ayudara a alcanzar esta primera fase.

c. Diagnostico del proceso.

Se cuantificara el rendimiento actual del proceso, En este acápite se identificara las variables más relevantes del proceso, además se validara los instrumentos de medición. Se buscara entender la relación entre los resultados del proceso y sus variables. En este punto se lograra mediante las técnicas estadísticas.

d. Propuesta de mejora.

Se planteara posibles soluciones y cambios necesarios para lograr la mejora del resultado. Se verificara y asegurara la permanencia de los resultados, además de un nuevo cálculo de la capacidad del proceso.

e. Evaluación Económica y Financiera

En este punto se evalúa el impacto económico para la organización antes y después de ejecutada la fase de mejora y control.

f. Conclusiones y Recomendaciones.



**INDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	12
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	
1.1 La impresión Offset	14
1.2 Terminología referente a las tintas.	14
1.3 Terminología referente al agua.	15
1.4 Terminología referente a la tinta – sustratos.	16
1.5 Terminología referente a la relación agua – tinta.	17
1.6 Terminología referente a los impresos.	17
1.7 Calidad.	17
1.8 Terminología referente a las herramientas estadísticas.	18
1.9 El Six Sigma.	26
1.10 Los costos de la Calidad	29
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN</b>	
2.1 La Organización.	31
2.2 Sector y actividad económica.	31
2.3 Perfil empresarial y principios organizacionales.	31
2.4 Entidades participantes en el modelo del negocio.	32
2.5 Instalaciones y medios operativos.	33
2.6 Recursos.	33
2.7 El producto.	33
2.8 El proceso productivo.	34
2.9 El Control de calidad.	34
<b>3. DESARROLLO DE LA FASE DE DEFINICIÓN</b>	
3.1 Mapa de respuestas.	36
3.2 Prueba estadística de los requerimientos clasificados	39
3.3 Clasificación de los requerimientos según los resultados de las encuestas.	40
3.4 Definición del problema.	41
3.5 Diagrama SIPOC de la Organización.	41
3.6 Mapa de Procesos de la Organización.	42
<b>4. DESARROLLO DE LA FASE DE MEDICIÓN</b>	
4.1 Determinación del proceso a mejorar.	47

4.2 Análisis Modal de Fallas y Efectos (A.M.F.E).	48
4.3 Key Performance Indicador (KPI).	49
<b>5. DESARROLLO DE LA FASE DE ANÁLISIS</b>	
5.1 Identificación de causas raíces o fuentes de variación.	76
5.2 Diseño de experimentos.	76
5.3 Metodología a emplear para el diseño de experimentos.	76
5.4 Los Experimentos.	77
5.5 Tabla de experimentos.	78
5.6 Análisis de resultados de los experimentos.	78
<b>6. DESARROLLO DE LA FASE DE MEJORA</b>	
6.1 Optimización de la respuesta	85
6.2 Planes de acción.	87
<b>7. DESARROLLO DE LA FASE DE CONTROL</b>	
7.1 Gráfico de control de la densidad después de la mejora.	89
7.2 Gráfico de control de la conductividad de la tinta después de la mejora.	90
7.3 Capacidad de proceso después de la mejora.	91
<b>8. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	94
<b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
9.1 Conclusiones.	100
9.2 Recomendaciones.	101
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA</b>	103



## INDICE DE FIGURAS

### 1. MARCO CONCEPTUAL

Figura 1.1. Proceso de impresión offset.	14
Figura 1.2. El modelo de Kano.	19
Figura 1.3. Formulas para un estudio Gage R&R.	21
Figura 1.4. Fórmula para de la capacidad de proceso.	23
Figura 1.5. Ejemplo de un diagrama de Causa-Efecto.	24
Figura 1.6. Fórmula para la transformación Box Cox.	26
Figura 1.7 Deducción e interpretación del Six Sigma.	27
Figura 1.8 Six Sigma integra los principios de la calidad total.	28
Figura 1.9 El concepto de costos de la calidad óptimos.	29

### 3. DESARROLLO DE LA FASE DE DEFINICIÓN

Figura 3.1 Fórmulas para la clasificación en “mejor que” y “peor que” y valores obtenidos para cada requerimiento.	38
Figura 3.2 Clasificación de los requerimientos de los clientes.	40

### 4. DESARROLLO DE LA FASE DE MEDICIÓN

Figura 4.1 Diagrama de Pareto por tipo de defectos.	47
Figura 4.2 Consumo de demasías.	48
Figura 4.3 Fórmula para el cálculo del Número Prioritario de Riesgo (RPN).	49
Figura 4.4 Gráfico del estudio Gage R&R para la densidad de la tinta.	53
Figura 4.5 Gráfico de corrida para los 3 operarios y la densidad de la tinta.	54
Figura 4.6 Evaluación acuerdo para la percepción del color.	57
Figura 4.7 Gráfico del estudio Gage R&R para la conductividad.	60
Figura 4.8 Gráfico de corrida para los 2 operarios y la conductividad.	61
Figura 4.9 Estudio Gage R&R para el grado de pH.	63
Figura 4.10 Gráfico de corrida para los 2 operarios y el grado de pH.	64
Figura 4.11 Evaluación acuerdo para la clasificación del tipo de material.	65
Figura 4.12 Gráfico de control para densidad de la tinta.	67
Figura 4.13 Gráfico de control para la conductividad.	68
Figura 4.14 Gráfico de las medias y desv., estándar para el pH.	69
Figura 4.15 Prueba de normalidad para la densidad de la tinta.	70
Figura 4.16 Capacidad de proceso para la densidad de la tinta.	71
Figura 4.17 Prueba de normalidad para la conductividad.	71
Figura 4.18 Capacidad de proceso para la conductividad.	72

Figura 4.19 Prueba de normalidad para el grado de pH.	72
Figura 4.20 Capacidad de proceso para el grado de pH.	73
Figura 4.21 Prueba de normalidad para los producto no conformes.	73
Figura 4.22 Capacidad de proceso para los productos no conformes.	74
<b>5. DESARROLLO DE LA FASE DE ANÁLISIS</b>	
Figura 5.1 Diagrama de Pareto para el diseño factorial completo.	78
Figura 5.2 Diagrama de probabilidad normal para los efectos.	79
Figura 5.3 Diagrama de los efectos principales para el diseño factorial Completo.	80
Figura 5.4 Diagrama de cubo que muestra los valores de las diferentes combinaciones para los valores bajos y altos de los factores.	81
Figura 5.5 Diagrama de las interacciones para el porcentajes de no conformes	82
Figura 5.6 Diagrama de la normalidad de los residuales.	82
Figura 5.7 Normalidad de los residuales.	82
Figura 5.8 Gráfico circular de la suma ajustada de cuadrados.	84
<b>6. DESARROLLO DE LA FASE DE MEJORA</b>	
Figura 6.1 Optimización de la respuesta.	85
Figura 6.2 Diagrama de contorno para el tipo de material +1.	86
Figura 6.3 Diagrama de contorno para el tipo de material -1.	86
<b>7. DESARROLLO DE FASE DE CONTROL</b>	
Figura 7.1 Gráfico de control para la densidad de tinta.	89
Figura 7.2 Gráfico de control para la conductividad .	90
Figura 7.3 Capacidad de proceso de la densidad de la tinta.	91
Figura 7.4 Capacidad de proceso de la conductividad.	92
Figura 7.5 Gráfico de control para los productos no conformes.	93

## INDICE DE TABLAS

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Tabla 2.1 Requisitos de calidad para un hang tag.	35
---------------------------------------------------	----

### 3. DESARROLLO DE LA FASE DE DEFINICIÓN

Tabla 3.1 Distribución de los resultados obtenidos para los requerimientos.	37
-----------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 3.2 Resultados concentrados para los requerimientos. Clasificación de su importancia promedio así como de su clasificación “Mejor que” y “Peor que”.	38
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 3.3. Fórmula del estadístico de Fong y valores obtenidos para Q.	39
------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 3.4 Clasificación de los requerimientos en base a los resultados.	40
-------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 3.5 Combinaciones necesarias de atributos para diferentes tipos de productos en base a los resultados obtenidos.	41
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### 4. DESARROLLO DE LA FASE DE MEDICIÓN

Tabla 4.1 Distribución de las variables del proceso.	50
------------------------------------------------------	----

Tabla 4.2 Evaluación individual de variables.	50
-----------------------------------------------	----

Tabla 4.3 Mediciones tomadas para el estudio Gage R&R de la densidad de la tinta.	51
-----------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.4 Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la densidad de la tinta.	53
----------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.5 Formulas e interpretación del estadístico de kappa.	54
---------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.6 Evaluación de operadores y de un experto para la clasificación de un hang tag.	55
------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.7 Reporte estadístico del estudio Gage R&R por atributos para la percepción del color.	57
------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.8 Mediciones para el estudio Gage R&R de la conductividad.	58
--------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.9 Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la conductividad.	60
---------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.10 Mediciones tomadas para el estudio Gage R&R del pH.	61
----------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.11 Reporte estadístico del estudio Gage R&R para el grado de pH.	62
--------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.12 Evaluación de operadores y de un experto para la clasificación de tipo de material.	65
------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.13 Reporte estadístico del estudio Gage R&R por atributos para el tipo de material.	66
---------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.14 Capacidad del proceso que se tiene dependiendo del nivel Cp.	70
-------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 4.15 Tipos de defectos en la impresión offset.	75
------------------------------------------------------	----

Tabla 4.16 Nivel Sigma del proceso.	75
<b>5. DESARROLLO DE LA FASE DE ANÁLISIS</b>	
Tabla 5.1 Características iniciales del patrón o muestra.	77
Tabla 5.2 Los factores y sus respectivos niveles.	77
Tabla 5.3 Cantidad de hang tags por experimento.	77
Tabla 5.4 Tabla de experimentos.	78
Tabla 5.5 Tabla del análisis anova para el diseño factorial completo.	79
Tabla 5.6 Ecuación de predicción para el modelo reducido	83
<b>7. DESARROLLO DE LA FASE DE CONTROL</b>	
Tabla 6.1 Nivel Sigma del proceso.	93
<b>8. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	
Tabla 7.1 Pedido semanal de hang tags antes de la fase de mejora.	94
Tabla 7.2 Cantidad de productos conformes antes de la fase de mejora	95
Tabla 7.3 Costo por pedido semanal de hang tags	95
Tabla 7.4 Ingresos por ventas antes de la fase de mejora.	95
Tabla 7.5 Utilidad neta semanal y anual del producto antes de la fase de mejora.	96
Tabla 7.6 Cantidad de productos conformes después de la fase de mejora.	96
Tabla 7.7 Ingresos por ventas después de la fase de mejora.	97
Tabla 7.8 Utilidad neta semanal y anual del producto después de la fase de mejora.	97
Tabla 7.9 Costo de inversión del proyecto	97
Tabla 7.10 Flujo neto del proyecto.	98

ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de materias primas, insumos y maquinarias.	01
Anexo 2: Distribución actual de la planta.	02
Anexo 3: Diagrama de operaciones de un hang tag.	03
Anexo 4: Organigrama de la organización.	04
Anexo 5: Diagrama SIPOC de la organización.	05
Anexo 6: Mapa de proceso de pre prensa.	06
Anexo 7: Mapa de proceso de prensa.	09
Anexo 8: Mapa de proceso de post prensa.	10
Anexo 9: Encuesta a los cliente.	12
Anexo 10: Criterios para el AMFE.	14
Anexo 11: Análisis Modal de Fallos y Efectos.	15
Anexo 12: Nivel Six Sigma.	17
Anexo 13: Diagrama de Causa-Efecto para el efecto de variabilidad de colores.	18
Anexo 14: Mapa detallado del proceso de impresión offset.	19
Anexo 15: Programa de capacitación.	21
Anexo 16: Instrucción de trabajo para la impresión offset.	24
Anexo 17: Especificación del instrumento de medición de pH y conductividad.	25
Anexo 18: Formato para el control y renovación de equipos.	26
Anexo 19: Máquina Heidelberg MO – 2 Cuerpos.	27

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo la calidad se ha ido convirtiendo en un factor relevante para el desarrollo de las empresas, lo cual ha hecho que muchas empresas se diferencien de sus competidores.

En el presente es necesario que las organizaciones mejoren sus procesos o cuenten con alguna certificación o norma de calidad, pues los competidores cada vez son más fuertes y el mercado más exigente, de lo contrario sería muy difícil para las empresas mantenerse en un nivel en el sector al cual pertenecen. La Organización, ha optado por mejorar su proceso de impresión Offset, mediante la metodología Six Sigma, es por ello que la presente tesis es un trabajo de investigación que tiene como objetivo mejorar el sistema de impresión Offset, mediante la evaluación de los diferentes factores tales como la conductividad, la densidad de la tinta y el tipo de material.

El presente trabajo de tesis contiene 9 puntos, los cuales se describen a continuación:

En el punto 1 el marco conceptual donde se presenta los diferentes conceptos teóricos referentes a la industria gráfica, temas de calidad y herramientas estadísticas.

En el punto 2 se presenta una breve descripción de la empresa, el sector al cual pertenece, los recursos que utiliza, el producto y el proceso productivo.

En el punto 3 se desarrolla la fase de definición, donde se obtiene una primera idea integral del proceso bajo análisis y fundamentalmente entender los requerimientos del cliente, para ello se utiliza la metodología de Kano.

En el punto 4 se desarrolla la fase de medición, se determina el proceso a mejorar, se identifica las variables a medir, se realiza un estudio Gage R&R de las variables del proceso, se calcula la capacidad del proceso y el nivel Six Sigma del proceso.

En el punto 5 se desarrolla la fase de análisis, se presenta las causas raíces del problema, se realiza el diseño de experimentos y su respectivo análisis a las



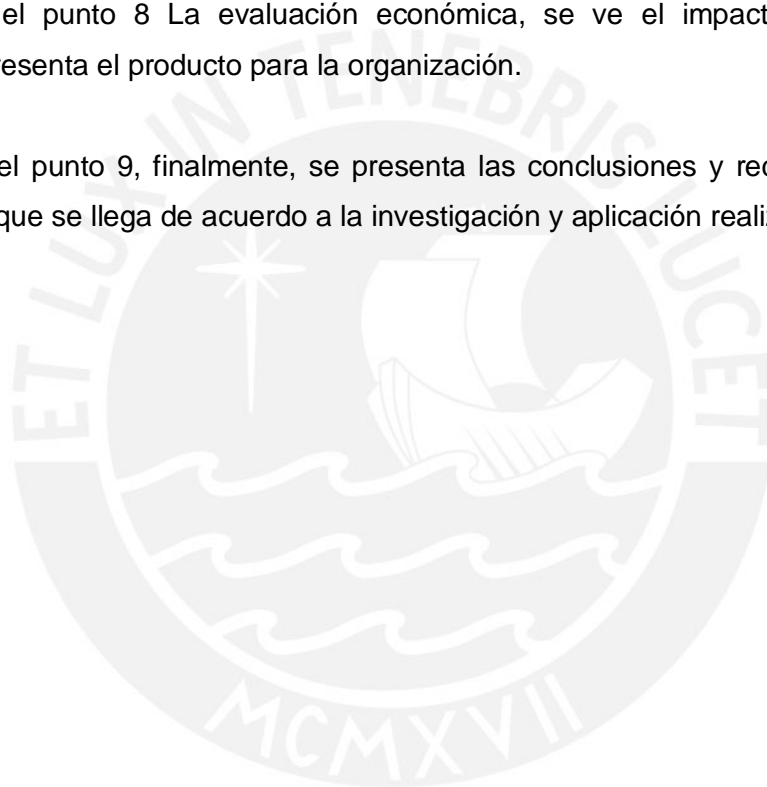
respuestas. Es una verdadera comprensión de los factores que inciden significativamente en la satisfacción del cliente.

En el punto 6 se desarrolla la fase de mejora, donde se optimiza los valores de las variables de proceso y se plantea planes de acción para la mejora del mismo.

En el punto 7 se desarrolla la fase de control donde se verifica que se hayan cumplido con los objetivos y sean sostenibles en el tiempo.

En el punto 8 La evaluación económica, se ve el impacto financiero que representa el producto para la organización.

En el punto 9, finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones a las que se llega de acuerdo a la investigación y aplicación realizada en campo.



## 1. MARCO TEÓRICO

En este primer punto se detalla los conceptos relacionados a las artes gráficas, los temas de calidad, las herramientas estadísticas, el Six Sigma y los costos de la calidad.

Los siguientes conceptos son extractos de diferentes bibliografías, paginas Web visitadas y documentos varios, los cuales se detallan al final del presente estudio (Pág. 103).

### 1.1 La Impresión Offset

La impresión Offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel, o materiales similares, que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica, compuesta generalmente de una aleación de aluminio. La plancha toma la tinta en las zonas donde hay un compuesto hidrófobo, el resto de la plancha se moja con agua para que repela la tinta; la imagen o el texto se trasfiere por presión a una mantilla de caucho, para pasarla, finalmente, al papel por presión. (Grafinal, 1993)

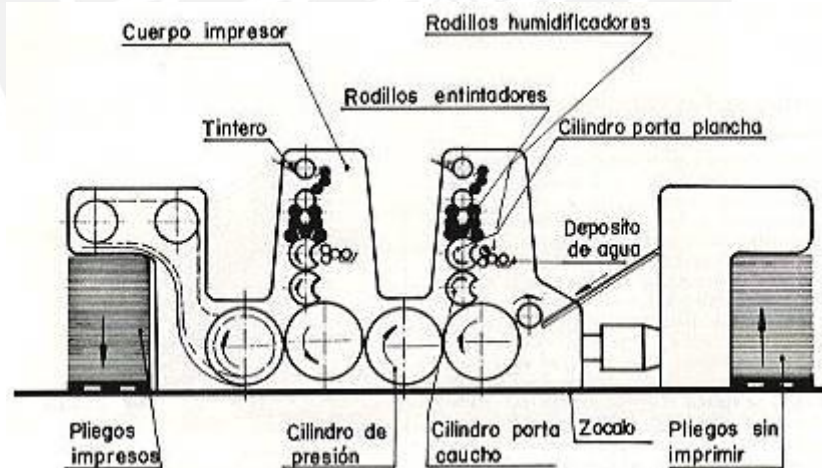


Figura 1.1. Proceso de impresión offset  
Fuente: <http://www.quebecorworld.com.pe/alimentadoras.htm>

### 1.2 Terminología referente a la tintas

#### 1.2.1 Reología

El conjunto de propiedades: viscosidad, tack, rigidez, tixotropía, definen la reología de una tinta y su condición para ser utilizada en la impresión. (Grafinal, 1993).

### 1.2.2 Viscosidad

Es la resistencia que ofrece la tinta a su manipuleo. La viscosidad, disminuye cuando aumenta la temperatura y viceversa. (Grafinal, 1993).

### 1.2.3 Tack

Es la resistencia que ofrece la tinta cuando tiene que “abrirse” o “separarse”. Es lo que sucede en la máquina cuando pasa de un rodillo a otro. Es una propiedad muy importante pues garantiza el transporte de la tinta hasta el sustrato que se desea imprimir. (Grafinal, 1993).

### 1.2.4 Rigidez

Es la medida del “cuerpo” de la tinta. Ella nos orienta sobre si la tinta, fluye bien o es compacta o “dura”. Cuanto más baja sea la rigidez de una tinta, más fluye. (Grafinal, 1993).

### 1.2.5 Concentración

La concentración indica la proporción de determinado ingrediente en un producto. En el caso de las tintas, generalmente se refiere al pigmento, considerándose que a mayor concentración de este, más intensa o más “fuerte” será la tinta y consecuentemente, mayor su rendimiento. (Grafinal, 1993).

### 1.2.6 Densidad de la tinta

La densidad de la tinta sólida es la medida de un parche sólido impreso en el papel, incluyendo la densidad del papel. Generalmente se refiere al grueso de la capa de tinta, sin embargo, una tinta con mayor carga de pigmento tendrá la misma densidad aun cuando el grueso de su capa no sea tan grande. Esto ayuda a controlar la ganancia de punto y logra los requerimientos de densidad. (Grafinal, 1993).

## 1.3 Terminología referente al agua.

### 1.3.1 Tensión Interfacial

Dos materiales que se tocan tienen una superficie en común de contacto, por ejemplo, el agua sobre la plancha. La fuerza que actúa sobre esta superficie, tendiendo a reducirla, se llama tensión interfacial. Para el ejemplo del agua, cuanto menor es la tensión interfacial, mayor será la humectación de la superficie. (Grafinal, 1993).

### 1.3.2 Dureza

La dureza es provocada por la presencia de ciertas sales, principalmente de calcio y magnesio, que se encuentran en la mayoría de las aguas naturales. De una forma muy sencilla se dice que el agua es blanda cuando forma fácilmente espuma con el jabón y se llama dura cuando se consume mucho jabón antes de lograr producir espuma. La dureza se mide en partes por millón de carbonato de calcio. La experiencia ha logrado mostrar que las aguas excesivamente blandas pueden tener a emulsionar las tintas y las excesivamente duras pueden provocar depósitos de impurezas en las planchas o rodillos. (Grafinal, 1993).

### 1.3.3 pH

Es la medida de la acidez o alcalinidad del agua, que va de 1 a 14. El pH 7 es neutro. Menos que 7 es ácido, cuanto más va bajando, mayor es la acidez. Más que 7 es alcalino, cuanto más va subiendo, mayor es la alcalinidad. Un rango propuesto para el control del pH es 4.5 - 5.5. (Levemente ácido). (Grafinal, 1993).

## 1.4 Terminología referente a Tinta - sustratos

### 1.4.1 Soporte o sustratos

Se llama así a todo lo que se imprime: papel, cartón, hojalata, hojas plásticas, laminados, etc. Los sustratos pueden ser muy absorbentes como por ej.: El papel para periódicos, o no absorbentes como la hojalata o las hojas plásticas. Entre los ambos extremos se sitúan todos los demás: papeles, cartones, con o sin recubrimiento. Cuando se imprimen sustratos absorbentes, como en el caso del papel de periódicos, las tintas se secan casi exclusivamente por penetración, al contrario de los no absorbentes, donde el secado es casi totalmente por oxidación. (Grafinal, 1993).

### 1.4.2 Set

Denominamos "Set" o "Setting", al tiempo en que la superficie de la tinta que acaba de ser impresa pierde pegajosidad, o también, al tiempo de fijación de una tinta desde el momento que se imprime hasta que no repinta más. (Grafinal, 1993).

### 1.4.3 Secado

Se denomina secado a la serie de procesos físicos-químicos por los cuales la tinta se transforma en un compuesto sólido y que adquiere

sus propiedades finales de color, brillo, resistencia, etc. (Grafinal, 1993).

#### 1.4.4 Repinte

Se llama repintar cuando la tinta aún no ha sido suficientemente fijada o absorbida por el sustrato y mancha o marca el reverso de la hoja que esta encima de la mesa de salida o en la pila. (Grafinal, 1993).

### 1.5 Terminología referente a la relación agua – tinta.

#### 1.5.1 Emulsión, Equilibrio agua – tinta

El proceso offset solo es posible porque la tinta offset acepta una razonable cantidad de agua sin perder sus características de printabilidad. Cuando la cantidad de agua aumenta, la emulsión deja de ser estable. La tinta se torna pastosa y opaca y ya no imprime correctamente, acumulándose en los rodillos y en la mantilla. (Grafinal, 1993).

#### 1.5.2 Solución de fuente

El objetivo de la solución de fuente es aumentar el poder humectante del agua y mojar más áreas con la menor cantidad posible. Grafinal, 1993).

### 1.6 Calidad

Al mencionar la palabra calidad de seguro cada uno de nosotros tiene una idea diferente y podría dar más de una definición. Es por ello que para sintetizar las diferentes ideas, se va a presentar dos definiciones. Las definiciones van a ser de:

- Joseph J. Juran
- La serie de Normas ISO 9000

#### 1.6.1 La Definición de Calidad por Joseph J. Juran

En el Manual de Control de Calidad, Juran define la Calidad en una frase “**la aptitud para el uso**”. Pues se basa en que la calidad no sucede por accidente. Juran atribuye la mayoría de los problemas de calidad a una mala dirección más que a los trabajadores. Por lo que menciona que la calidad debe ser planificada y esa planificación debe empezar por los más altos niveles de la organización.

### 1.6.2 La Definición de Calidad según la ISO 9000

En las Normas ISO 9000, se puede leer que la calidad es “el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas”.

## 1.7 Terminología referente a las herramientas estadísticas.

### 1.7.1 Modelo de Kano

La metodología Kano utiliza dos dimensiones para evaluar la calidad: el grado de rendimiento de un producto y grado de satisfacción del cliente. Con el plano bidimensional de satisfacción y funcionalidad, Noriaki Kano definió tres tipos de calidad: calidad obligatoria, calidad unidimensional y calidad atractiva.

El método mide la relación entre la funcionalidad de los productos y la satisfacción que esta funcionalidad les brinda a los clientes. La funcionalidad es una medida del grado en que un producto logra cumplir con sus propósitos. En la figura 1.2 se muestra los tres tipos ideales de atributos, en función de la relación entre funcionalidad y satisfacción.

Los requerimientos atractivos son aquellos que no son esperadas por el cliente, cuando no aparecen, no generan satisfacción ni insatisfacción, cuando aparecen, generan satisfacción, aun cuando el cumplimiento no sea completo. Estas características son las que generan la lealtad del cliente y las que producen la diferenciación.

Los requerimientos unidimensionales se caracterizan por que la satisfacción que producen aumenta de manera proporcional al nivel de funcionalidad, cuando se cumplen generan satisfacción; cuanto más o mejor se cumplen, mayor satisfacción produce. Por el contrario, cuanto menos o peor se cumple, mayor es la insatisfacción que se genera.

Los requerimientos obligatorios son aquellos que, son esperadas por el cliente y este intuye que las encontrara. Estas características no generan satisfacción en el cliente si se cumplen de manera adecuada; simplemente generan insatisfacción si se cumplen de manera inadecuada. El cliente podría no expresarlos dada su condición de “obvios”.



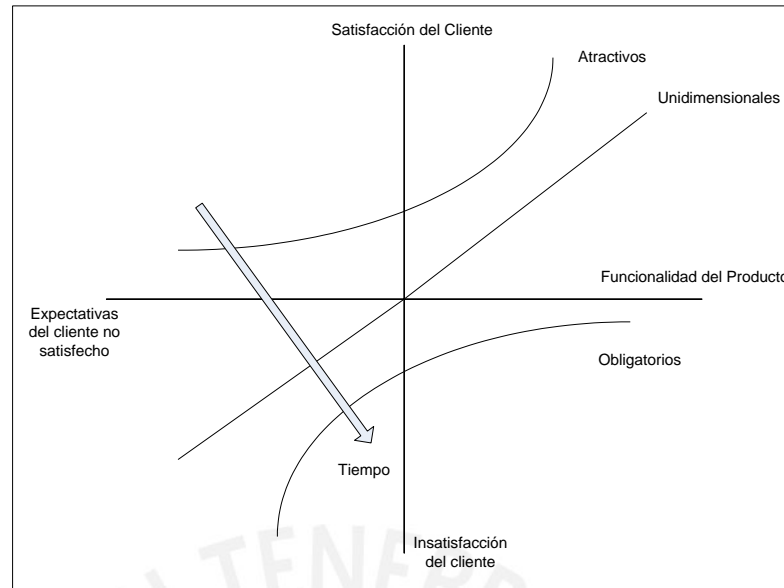


Figura 1.2. Modelo de kano  
Elaboración Propia  
Fuente: Customer Satisfaction Model Kano  
([www.12manage.com/methods\\_kano\\_customer\\_satisfaction\\_model\\_es.html](http://www.12manage.com/methods_kano_customer_satisfaction_model_es.html))

### 1.7.2 Diagrama SIPOC

Un diagrama de SIPOC es una herramienta usada por un equipo para identificar todos los elementos relevantes de un proyecto de la mejora de proceso antes de que comience su trabajo.

El nombre induce a la herramienta para examinar a los proveedores (la "S" en SIPOC), de su proceso, las entradas (la "I") para el proceso, el Proceso (la "P") que su equipo está mejorando, el Producto (La "O") del proceso, y los Clientes (la "C") que recibe el proceso de los productos.

### 1.7.3 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto consiste en una gráfica de barras ordenadas de mayor a menor, donde cada barra representa el peso que tiene cada uno de los factores que se analizan.

El objetivo del diagrama de Pareto es presentar información de manera que facilite la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar. (Escalante, 2003)

### 1.7.4 AMFE

El análisis de modo y efecto de falla (AMFE) es un grupo sistemático de actividades con el propósito de:

- Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dichas fallas.

- Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- Documentar todo el proceso.

Las características de AMFE son: minimizar la *probabilidad* de una falla o minimizar el *efecto* de la falla; se efectúa previamente al inicio de la producción (proceso); es un proceso interactivo sin fin, y es una manera de documentar el diseño del proceso. (Escalante, 2003)

### 1.7.5 Estudio GAGE R&R

Es una herramienta estadística que mide la cantidad de variación en el sistema de la medida que se presenta del dispositivo de la medida y de la gente que toman la medida. Los errores en los sistemas de medición pueden clasificarse en dos categorías: errores de exactitud y errores de precisión. La exactitud describe la diferencia entre el valor registrado y el real. La precisión describe la variación que se observa al medir el mismo elemento de forma repetida y usando el mismo método de medición. Podemos encontrarnos con sistemas de medición que se vean afectados sólo por alguno de estos tipos de errores y otros que sufran de falta de exactitud y de precisión:

Podemos descomponer la exactitud de un sistema de medida en tres componentes:

- a. Linealidad: Indica cómo varía el nivel de exactitud obtenido en la medición en función del tamaño del objeto medido. Da una idea de cómo el tamaño del elemento a medir afecta a la exactitud del sistema de medida.
- b. Exactitud: Es la diferencia entre la medición media observada y un “valor maestro”. Da una idea de lo “centrado” o “ajustado” que está el sistema de medida.
- c. Estabilidad: Es la variación total que se obtendría al medir el mismo elemento repetidas veces usando un mismo aparato de medición. Nos da una idea de cómo de exacto o estable es el sistema con el paso del tiempo.

Análogamente, podemos descomponer la precisión o medida de la variación en dos partes:

- a. Repetibilidad: Es la variación observada cuando el mismo operario mide el mismo elemento de forma repetida usando el mismo aparato. Da una idea de la variación debida a dicho aparato de medida.

- b. Reproducibilidad: Es la variación observada cuando distintos operarios miden el mismo elemento usando el mismo aparato. Nos da una idea de la variación debida al operario.

Entre las formulas más utilizadas en una prueba Gage R&R, se tiene:

$$\text{Número de categorías distintas} = \frac{\text{Variación de las piezas} * 1.414}{R\&R}$$

$$\% \text{variación del estudio} = \frac{\text{variación de los componentes del estudio} * 100}{\text{variación total del estudio}}$$

$$\%R\&R = \frac{R\&R^*}{\text{Variación total}} * 100$$

Figura 1.3. Fórmulas para el estudio Gage R&R  
Fuente: [www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC\\_2.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_2.pdf)

### 1.7.6 Tabla Anova

El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

Existen tres tipos de modelos:

- El modelo de efectos fijos asume que el experimentador ha considerado para el factor todos los posibles valores que éste puede tomar
- Los modelos de efectos aleatorios asumen que en un factor se ha considerado tan sólo una muestra de los posibles valores que éste puede tomar.

- Los modelos mixtos describen situaciones donde están presentes ambos tipos de factores: fijos y aleatorios.

#### 1.7.7 Estadístico Kappa

Para estudiar los análisis de congruencia de atributos, se utilizan los estadísticos Kappa; estos estadísticos se utilizan cuando los datos recolectados son de forma binaria o nominal; el estadístico trata a todas las mediciones clasificadas erróneamente de igual manera, sin importar su magnitud. Mientras mayor sea la congruencia entre mediciones, mayor será el valor del estadístico Kappa, por lo que si toma un valor de 1, significa que la congruencia es perfecta; si toma un valor de 0 entonces se interpreta como que la congruencia fue la misma que los resultados que se obtendrían basándose únicamente en la suerte; finalmente, si el estadístico Kappa presenta un valor menor que cero entonces la congruencia es menor que la que se esperaría si sólo estuviera influenciada por suerte.

#### 1.7.8 Gráfico de control por variables

A una característica de la calidad que se mide en una escala numérica se le llama **variable**. Ejemplos incluyen dimensiones tales como el largo y ancho, la temperatura y el volumen. En este trabajo se presenta las cartas de control de Shewhart para este tipo de características de la calidad. Las cartas de control  $\bar{x}$  y R se usan ampliamente para monitorear la media y la variabilidad de las variables. Se presenta asimismo algunas variantes de las cartas  $\bar{x}$  y R, incluyendo un procedimiento para adaptarlas a mediciones individuales. (Montgomery, 2005).

#### 1.7.9 Gráfico de control por atributos

Muchas características de la calidad no pueden representarse convenientemente con valores numéricos. En tales casos, cada artículo inspeccionado por lo general se clasifica conforme o disconforme respecto de las especificaciones para las características de la calidad. Es común usar la terminología “defectuoso” o “no defectuoso” para identificar estas dos clasificaciones del producto...A las características de calidad de este tipo se le llama **atributos**. Algunos ejemplos de las características de la calidad que son atributos son la ocurrencia de bielas torcidas para motores de automóviles la producción de un día y la proporción de chips de semiconductores no funcionales en una corrida de producción. [Existen] tres cartas de

control para atributos. La primera de ellas se relaciona con la fracción disconforme o de productos defectuosos...y se llama la carta de control para la fracción disconforme, o carta  $p$ . en algunas situaciones es más conveniente trabajar con el número de defectos o disconformidades observadas que usar la fracción disconforme. El segundo tipo de carta de control que se estudia, llamada la carta de control de disconformidades, o carta  $c$  está diseñada para tratar este caso. Por último, se presenta la carta de control para disconformidad por unidad, o carta  $u$ , que es útil en situaciones en las que el número promedio de disconformidades por unidad es una base más conveniente para controlar el proceso. (Montgomery, 2005).

#### 1.7.10 Capacidad de proceso

El índice de capacidad se define como que representa una comparación de anchos, sin tomaren cuenta la ubicación del proceso. Indica en número de veces en que el proceso “cabe” dentro de la especificación.

$$ICP = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

Donde:            ICP: Índice de capacidad del proceso  
                       LSE: Limite superior especificado  
                       LIE: Limite inferior especificado  
                        $\sigma$ : Desviación estándar de los datos individuales

Figura 1.4. Fórmula para la capacidad del proceso

Fuente: Escalante Vázquez, Edgardo J., 2003, Seis-Sigma: metodología y técnicas. Pág.222.

#### 1.7.11 Diagrama Causa – Efecto

Los diagrama de causa y efecto (CE) son dibujos que constan de líneas y símbolos que representan determinada relación entre un efecto y sus causas. Su creador fue el doctor Kaoru Ishikawa en 1943 y también se le conoce como el diagrama de Ishikawa.

Los diagramas de CE sirven para determinar que efecto es “es negativo” y así emprender las acciones necesarias para corregir las causas, o bien, para detectar un efecto “positivo” y saber cuales son

sus causas. Casi siempre por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo. (Besterfield, 1995).

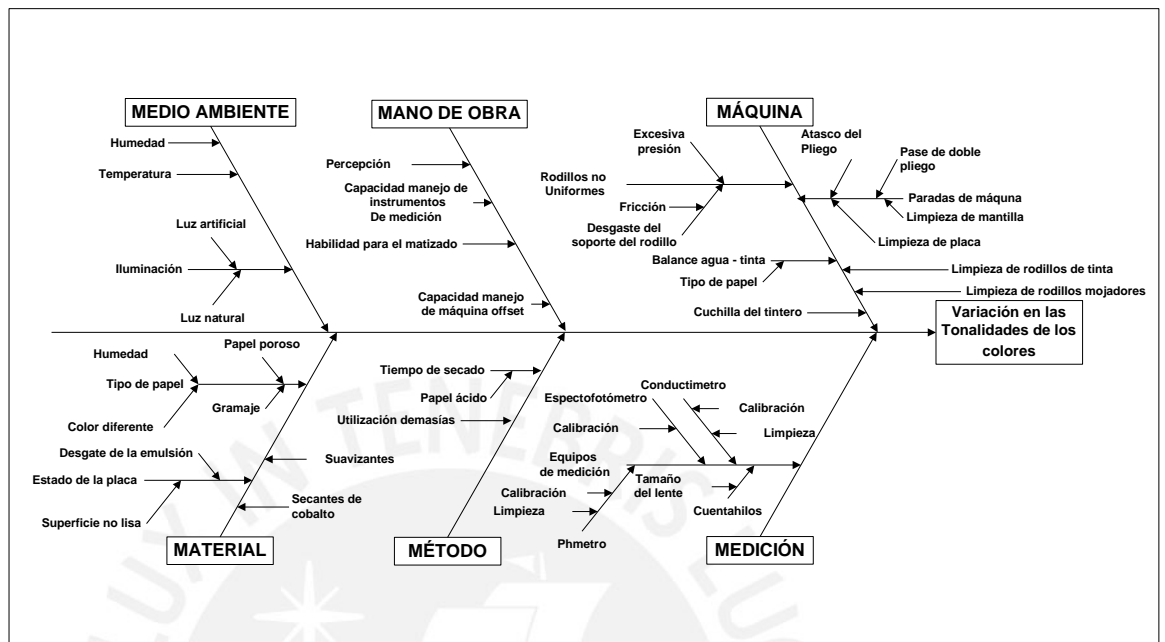


Figura 1.5. Ejemplo de un diagrama de causa - efecto  
Elaboración propia

### 1.7.12 Diseño de experimentos

El DOE se puede definir como un conjunto de técnicas estadísticas usadas para planear experimentos y analizar sus resultados, de manera ordenada y eficiente.

Existen tres principios básicos a ser considerados en todo diseño y análisis de un experimento:

- El *orden* de los experimentos debe ser aleatorio. Aleatorizar el orden de las pruebas neutraliza fuentes de variación que pueden estar presentes durante el experimento.
- Es recomendable *replicar* cada experimento. La razón es obtener un estimado del error, tanto para ver que tan bien el diseño representa el proceso, como para poder comparar los factores y determinar si con activos o no.
- Ocasionalmente puede existir variables presentes en un experimento, cuyo efecto no se desea probar y que incluso pueden afectar o encubrir la influencia de las variables con las que se desea experimentar. (Escalante, 2003).



Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes por que se usan ampliamente en el trabajo de investigación, y por que constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico, el caso más importante es el diseño factorial de  $2^k$ , en el cual se tiene  $k$  factores con dos niveles cada uno. El diseño resulta muy útil cuando tenemos varios factores por investigar ya que representa un número de menor corridas con las cuales se pueden estudiar  $k$  factores en un diseño factorial completo.

Debido a que solo hay dos niveles por cada factor, se debe suponer que la respuesta obtenida es aproximadamente lineal en el intervalo de los niveles elegidos de los factores.

#### **1.7.13 Diagrama de efectos principales**

Un efecto principal es una medida del cambio medio en la salida cuando un factor se cambia de su nivel bajo a su de alto nivel.

#### **1.7.14 Diagrama de interacción**

Se define **interacción** como una relación de dependencia entre el valor de la respuesta y los niveles de dos o más variables. (Escalante, 2003).

Una interacción ocurre cuando la respuesta alcanzada por un factor depende del nivel del otro factor. En el diagrama de interacción, cuando las líneas no son paralelas, hay una interacción.

#### **1.7.15 Pruebas de normalidad**

En estadística, la prueba de Kolmogorov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no paramétrica que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. Conviene tener en cuenta que la prueba Kolmogorov-Smirnov es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución. La prueba de Anderson-Darling proporciona igual sensibilidad con valores extremos.

#### **1.7.16 Gráficos multivariados**

Son un procedimiento gráfico de descomposición de fuentes de variación. Su objetivo es mostrar las fuentes de variación más importantes en un proceso.

Las fuentes de variación pueden clasificarse de la siguiente forma (Escalante, 2003):

- Interna (posición). Ocurre cuando existe variación en cierta característica de calidad. Por ejemplo el espesor, porosidad. El valor objetivo de estas características es cero.
- Entre piezas (cíclicas). Es la variación entre piezas o entre lotes fabricados en cierto periodo corto.
- Variación en el tiempo. Es la variación entre piezas o entre lotes fabricados en cierto periodo largo. Representa la variación en operadores, materia prima, medios y otros.
- Variación de fuente. Es la variación provocada por diferentes fuentes que elaboran el mismo producto.

### 1.7.17 Transformación de Box Cox

La familia de transformaciones más utilizada para resolver los problemas de falta de normalidad y de heterocedasticidad es la familia de Box-Cox, cuya definición es la siguiente. Se desea transformar la variable  $Y$ , cuyos valores muestrales se suponen positivos, en caso contrario se suma una cantidad fija  $M$  tal que  $Y + M > 0$ . La transformación de Box-Cox depende de un parámetro  $\lambda$  por determinar y viene dada por:

$$Z(\lambda) = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \lg(y) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

Figura 1.6. Fórmula para la transformación Box Cox  
Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Box-Cox\\_transformation](http://en.wikipedia.org/wiki/Box-Cox_transformation)

Si se quieren transformar los datos para conseguir normalidad, el mejor método para estimar el parámetro  $\lambda$  es el de máxima verosimilitud.

## 1.8 El Six Sigma

Fue iniciado en Motorola el año 1982 por el ingeniero Bill Smith, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, pero posteriormente mejorado y popularizado por General Electric.

El Six Sigma es una metodología de mejora continua que se enfoca en la reducción de defectos en todo tipo de procesos, para de esa forma reducir costos de mala calidad e incrementar la satisfacción de los clientes.

El propósito del Six Sigma es disminuir el número de defectos en un producto o servicios y llegar a un máximo de 3,4 “defectos” por millón de instancias u oportunidades, entendiéndose como “defecto”, cualquier instancia en que un producto o un servicio no logran cumplir los requerimientos del cliente.

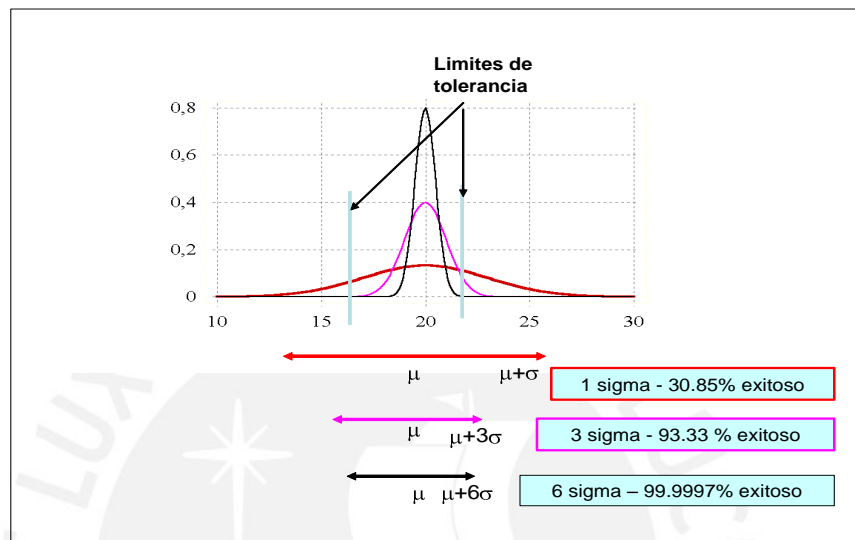


Figura 1.7 Deducción e interpretación del Six Sigma  
Fuente: [http://www.12manage.com/methods\\_six\\_sigma\\_es.html](http://www.12manage.com/methods_six_sigma_es.html)

El Six Sigma, integra el factor humano y las herramientas de mejora.

- El Factor Humano: crea una infraestructura humana (Champions, Master Black Belt, Black Belt y Green Belt) que lideran, despliegan y llevan a cabo las propuestas.
- Herramientas de mejora: Ordena y relaciona las herramientas (principalmente herramientas estadísticas) que han probado su efectividad en procesos de mejora.

Además, es una medida de rendimiento de los procesos, es una metodología de mejora del negocio, es una iniciativa de transformación empresarial y establece una metodología sistemática y ordenada de mejora de la calidad.

- Champion: Corresponde a la alta gerencia o ejecutivos.
- Master Black Belt: Pueden ser los gerentes o jefes con dominio de herramientas estadísticas.

- Black Belt : Pueden ser ingenieros, técnicos o personal con 5 o más años de experiencia. Un BB es la persona que tutoriza o dirige un equipo Six Sigma a tiempo
- Green Belt: Suelen ser empleados que han recibido suficiente formación Six Sigma. En general es el personal técnico o de soporte del área involucrada.

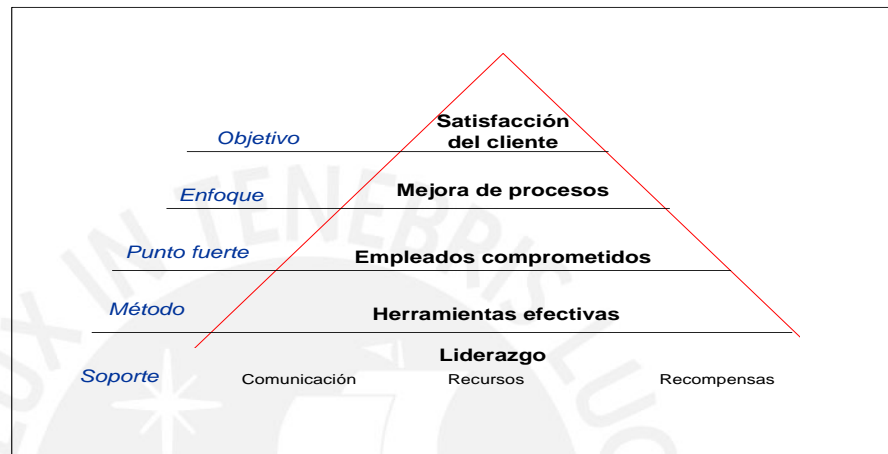


Figura 1.8 Six Sigma integra los principios de la calidad total  
Fuente: <http://www.grupo-novatech.com/noticia1050804.htm>

El proceso Six Sigma se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAIC (Definir el problema o el defecto, Medir y recopilar datos, Analizar datos, Mejorar y Controlar).

### 1.8.1 Definir

Es la primera etapa del DMAIC, definir es identificar de qué se trata el proceso y que debe lograr el proceso. Para ello el equipo revela y registra los requerimientos y expectativas de los clientes, además determina el alcance del proyecto.

### 1.8.2 Medir

Cuantificar el rendimiento actual del proceso es el segundo paso, el desarrollo de esta etapa es recolectar los datos y se identifican la fuente de los mismos. El equipo mide variables claves proceso, para cual valida sus sistemas de medición.

### 1.8.3 Analizar

Entender la relación entre los resultados del proceso y sus variables. En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información obtenida para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora, de acuerdo a la importancia del cliente.

#### 1.8.4 Mejorar

Diseñar, validar e implementar las soluciones que atacarán el problema raíz y lleve los resultados a las expectativas de los clientes.

#### 1.8.5 Controlar

Verificar, implementar y asegurar la permanencia de los resultados es el objetivo de esta fase.

#### 1.8.6 El Nivel Six Sigma

Los niveles de mejora del Six Sigma, es el valor de la cantidad de sigmas, correspondientes a la variación del proceso, que “entran” dentro de la mitad de las especificaciones.

### 1.9 Los Costos de la Calidad

Los costos de la calidad son un medio para detectar oportunidades para llevar a cabo mejoras en la calidad.

Mediante un análisis de Pareto se define y se da prioridad, este análisis permite al programa de mejora de la calidad en concentrarse en los procesos vitales.

Intentando una clasificación uniforme de los costos de la calidad, se ha podido clasificar dos tipos de costo de calidad.

- Los costos involucrados en fabricar productos de calidad y
- Los costos generados por no hacer las cosas correctamente llamados “costos de no calidad”.

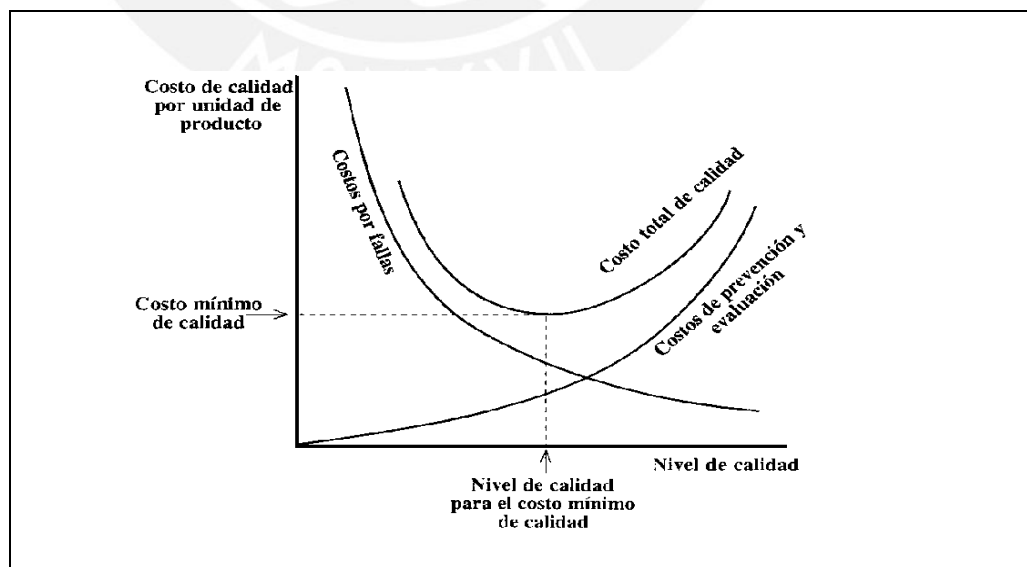


Figura 1.9 El concepto de costos de la calidad óptimos  
Fuente: <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s4p.gif>

### 1.9.1 Costos de prevención

Aquellos en los que se incurren buscando que la producción de productos se encuentre entre las especificaciones.

Representan el costo de todas las actividades llevadas a cabo para evitar los defectos. A manera de ejemplo para nuestro caso se puede mencionar:

- Revisión del diseño de la imagen y textos.
- Revisión de las especificaciones del producto.
- Entrenamiento y capacitación para la operación con calidad.

### 1.9.2 Costos de evaluación

Son aquellos costos incurridos en la búsqueda y detección de imperfecciones en los productos que por alguna razón no se apegaron a las especificaciones. Como ejemplo podemos mencionar:

- Inspección de los pliegos impresos en proceso
- Control del proceso e inspección del producto terminado.

### 1.9.3 Costos de fallas internas

Una vez que se han detectado las fallas internas y antes de ser enviado a los clientes es necesario eliminar las imperfecciones encontrados en los productos, esto incluye costos en materiales, mano de obra, etc. A manera de ejemplo se puede mencionar:

- Supervisión y control de operaciones de reproceso
- Costos adicionales de manejo de documentación e inventarios.
- Tiempos de parada de producción.

### 1.9.4 Costos de fallas externas

Son aquellos costos incurridos después de que el producto ha sido entregado al cliente, se detectan productos que no cumplían con las especificaciones. A manera de ejemplo se puede mencionar:

- Reembarque y costos de reparación
- Cumplimiento de garantías ofrecidas
- Aspectos relacionados con la posibilidad de la pérdida de una futura venta.



## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

### 2.1 La Organización

La organización pertenece a la industria gráfica con 25 años de experiencia en el mercado, dedicada al servicio de impresiones en sistemas, utilizando tecnología de punta y ofreciendo un eficiente servicio personalizado a todos sus clientes.

La organización ha logrado alcanzar el mercado internacional, en lugares como Ecuador, Colombia, México, USA, Venezuela, Guatemala, entre otros. Los clientes son organizaciones que buscan productos de buena calidad, que puedan satisfacer sus necesidades tanto de ellos como los de sus clientes, además de un servicio personalizado.

Dentro de la organización tenemos procesos como la impresión offset, la impresión flexográfica e impresión serigráfica. Además cuenta con una gran variedad de productos, tal es el caso de las etiquetas, hang tags, stickers etc.

### 2.2 Sector y actividad económica

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), el sector y actividad a la que pertenecen la industria manufacturera le correspondería la codificación del tipo 22214, que hace referencia a las Actividades de impresión.

### 2.3 Perfil empresarial y principios organizacionales

**Misión:** Somos una Organización Gráfica especializada en diseñar y producir etiquetas impresas (HANG TAG) y otros avíos para el sector de confecciones textiles de exportación.

Fabricamos otros productos como cartones de bingos para el sector de juegos. Contamos con stock de reposición inmediata, más de un ciento de colaboradores calificados y el know how de la experiencia fabril adquirida en el liderazgo de industrias en el Brasil y México hacen de nuestro conocimiento, una excelencia en la calidad de nuestros productos.

Compartimos una misma filosofía brindando un servicio personalizado y garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

**Visión:** Convertirnos en la mejor opción del mercado, manteniendo el mejoramiento continuo en la calidad de nuestros procesos y productos,

ofreciendo a todos nuestros Clientes oportunidad, facilidades y stock para las compras de sus productos.

Ampliar nuestra imagen a nivel nacional e internacional brindando tanto al mercado textil como a otros mercados en expansión, productos diversos para suplir sus necesidades con nuestra calidad comparada a nivel mundial

**Política de la Calidad:** En la organización estamos comprometidos con el desarrollo permanente de productos de calidad y la mejora continua del Sistema de Gestión. Ofrecemos un servicio personalizado en la Fabricación de HANG TAGS, con innovación y oportunidad, asegurándonos de la satisfacción de nuestros clientes y de contribuir al desarrollo profesional de nuestros colaboradores.

## 2.4 Entidades participantes en el modelo del negocio

### 2.4.1 Clientes

La organización tiene como sus principales clientes a las empresas textiles de la capital, además de clientes extranjeros.

### 2.4.2 Proveedores

- Convertidora del Pacífico S.R.L.
- Grafinal S.A.
- Sociedad Importadora S.A.
- Antalis Perú S.A.

### 2.4.3 Competidores

Las organizaciones con las cuales compite son básicamente todas las demás empresas dedicadas al rubro de la impresión, en su mayoría imprentas extranjeras, las cuales se encuentran aperturando nuevas plantas de producción en el Perú, y además las imprentas nacionales.

## 2.5 Instalaciones y medios operativos

### 2.5.1 Planta o fabrica

El área de terreno de la organización es de 1,812.1m<sup>2</sup>., en sus interiores cuenta con un área aproximadamente de 173.7m<sup>2</sup> exclusivamente para sus oficinas interiores, entre ellas encontramos en la primera planta a la gerencia financiera, la recepción de la empresa, las oficinas del área de compras, el comedor de los empleados, dos (2) servicios higiénicos y un deposito, mientras que en la segunda planta encontramos la gerencia general y la gerencia de

ventas. Además se cuenta con un almacén para las materias primas y otra para las bobinas (aproximadamente 172m<sup>2</sup>). En cuanto a la planta, es de 837.5m<sup>2</sup>, dentro de la misma se ubica la gerencia de producción (Ver el anexo 2: Distribución actual de la planta.)

### 2.5.2 Tipo de distribución

El tipo de distribución actual de la empresa es por lotes (batch), debido a las varias operaciones que se dan y a la existencia de mínimos inventarios (casi nulos). Algunas de las características para este tipo de distribución se dan a conocer a continuación:

- El trabajo se inicia por una orden de producción.
- La demanda es fluctuante.
- El volumen de producción es bajo a medio
- La variedad es alta
- El tipo de trabajo es de fabricación.
- Varios productos con operaciones similares.
- Calificación del trabajador deber ser intermedia

### 2.5.3 Maquinaria y Equipos

La descripción de la maquinaria utilizada en la empresa se detalla en el anexo 1: Cuadro maquinarias, materias primas e insumos.

## 2.6 Recursos

### 2.6.1 Recursos físicos: Materias primas e insumos

La descripción de las tintas, placas, pliegos de papel, bobinas de papel, canaletas para troqueladora se detallan en el anexo 1: Cuadro maquinarias, materias primas e insumos.

## 2.7 El Producto

Los hang tag y etiquetas son una parte complementaria en productos como prendas de vestir, envases, se dice que es complementaria debido a que contienen información acerca de mencionados productos.

Un hang tag debe ofrecer durabilidad, resistencia y ser atractivo para la vista de los clientes.

El producto que se encuentra en estudio, es un hang tag impreso mediante colores preparados (matizados) de mayor volumen de producción y perteneciente a uno de los principales clientes de la organización.

Todos estos productos están hechos de papel, es importante mencionar que los papeles existentes en el mercado peruano; son de diferentes calidades (gramaje, color, grosor, grado de satinado, grado de porosidad, etc.).

Los principales componentes de un hang tag son:

- La combinación y/o tonalidad de colores (imagen y/o textos)
- El tipo de papel
- El hilo o pita
- El ojallillo
- Imperdibles

## 2.8 El Proceso productivo

El proceso para fabricar un hang tag gira alrededor de tres procesos: pre prensa, prensa y post prensa, los cuales realizados conforman el producto final. Además cabe resaltar que durante algunos procesos se realizan inspecciones y un control de calidad al final del proceso.

Para visualizar una mejor idea sobre la fabricación de un hang tag ver el anexo 3: Diagrama de operaciones de un hang tag.

## 2.9 El Control de Calidad

Se realiza un control de calidad a las características del producto con relación a la calidad, se verifica que se encuentren dentro de los parámetros y estándares que el cliente desea.

Característica	Descripción	Medio de control
Densidad de la tinta impresa	Debe permanecer dentro un rango pre establecido $\pm 0.05$ D según las normas técnicas.	Muestreo aleatorio durante el tiraje utilizando el Espectrofotómetro
Conductividad de la solución de fuente	Debe permanecer dentro de un rango de 1400-2200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ .	Utilización del conductímetro.
Tonalidad del color	Realiza un muestreo de los pliegos durante el tiraje y verifica la tonalidad del color contrastando con la muestra del cliente.	Visual
Formato del hang tag	Debe ser de dimensiones semejantes a la muestra del cliente.	Una regla de medición.
Remache	Debe estar en optimas condiciones, sin abolladuras o deformaciones	Visual.
Altura del nudo de la pita	El nudo de la pita debe permanecer a la misma altura que la muestra	Visual. Sobreponiendo la muestra con el hang tag producido.
Calidad de la pita	La pita debe estar en buenas condiciones, sin hilos sueltos, etc.	Visual.
pH de la solución de fuente	Debe permanecer dentro de un rango de 4.5 – 5.5.	Utilización del pHmetro.

Tabla 2.1 Requisitos de calidad para un hang tag  
 Elaboración propia

### 3. DESARROLLO DE LA FASE DE DEFINICIÓN

#### 3.1 Mapa de respuestas

En este punto se detalla las respuestas de cada una de las preguntas del cuestionario realizado; el objetivo de ello es observar la dispersión de las respuestas.

Para ello se llevó a cabo una encuesta al cliente (ver anexo 9: Encuesta al cliente), en donde se le presentó una pregunta funcional y otra disfuncional, el encuestado seleccionaba un valor en una escala de importancia de 5 valores, donde el valor de 5 implica totalmente satisfacción y el valor de 1 la insatisfacción.

En la tabla 3.1 se muestra los resultados concentrados para los requerimientos, basados en el incremento de la satisfacción o el decremento de la misma debido a la inclusión o no de una de las características del producto. Como se puede apreciar para el primer requerimiento, “diseños acorde al pedido”, 15 clientes eligieron el valor de 1 para la pregunta funcional y el valor de 4 para el pregunta disfuncional, mencionados clientes son clasificados como “A” (atractivo) según el cuadro de clasificación, por otro lado 18 clientes dieron un valor de 1 para la pregunta funcional y un valor de 5 para la pregunta disfuncional, por lo que reciben la clasificación “U” (unidimensional) nuevamente según el cuadro de clasificación y un solo cliente dio un valor de 2 y 4, para la pregunta funcional y disfuncional respectivamente y según el cuadro de clasificación le corresponde “I” (indiferente). Esto nos conlleva a pensar que para la mayoría (53% de los encuestados) piensan que un hang tag con un diseño acorde les causaría una gran satisfacción y que un diseño no acorde con su pedido les generaría una gran insatisfacción, el 44% de los encuestados piensa que un diseño acorde al pedido es un requerimiento atractivo que causaría gran satisfacción si se le presenta. De manera similar se realiza un análisis de las respuestas para los requerimientos restantes y se agrupan en la tabla 3.2.



Req. Nro.		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1	D	A	A	A	U
	2	Inv.	I	I	I	O
	3	Inv.	I	I	I	O
	4	Inv.	I	I	I	O
	5	Inv.	Inv.	Inv.	Inv.	D
Req 1: Diseños acorde al pedido						

Req. 2		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1				10	24
	2					
	3					
	4					
	5					
Req 2: Calidad del material						

Req. 3:		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1				8	21
	2				2	3
	3					
	4					
	5					
Req 3: Calidad de impresión del producto						

Req. 4		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1			1	8	3
	2			1		14
	3			1		6
	4					
	5					
Req 4: Tonalidad de colores del producto						

Req. 5		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1				8	5
	2			3		12
	3					
	4	6				
	5					
Req 5: Formato del producto (Dimensiones)						

Req. 6		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1			1	16	11
	2		1			5
	3					
	4					
	5					
Req 6: Cantidad entregada por la empresa						

Req. 7		REQUERIMIENTOS DISFUNCIONALES				
		1	2	3	4	5
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	1				9	22
	2					3
	3					
	4					
	5					
Req 7: Tiempos de entrega						

Tabla 3.1 Distribución de los resultados obtenidos para los requerimientos 1 a 7

Elaboración propia

Fuente: Encuestas realizadas a los clientes

Requerimiento	A	O	U	I	Inv.	D	Imp.	Mejor	Peor	C1	C2
1	15	0	18	1	0	0	1	0.97	0.03	0.97	0.03
2	10	0	24	0	0	0	1	1.00	0.00	1.00	0.00
3	8	3	21	2	0	0	1	0.85	0.15	0.85	0.15
4	9	20	3	2	2	0	1	0.35	0.65	0.35	0.65
5	8	12	5	3	6	0	1	0.46	0.54	0.46	0.54
6	17	5	11	1	0	0	1	0.82	0.18	0.82	0.18
7	9	3	22	0	0	0	1	0.91	0.09	0.91	0.09

Tabla 3.2 Resultados concentrados para los requerimientos. Clasificación de su importancia promedio así como de su clasificación “Mejor que” y “Peor que”.

$$MEJOR = \frac{A + U}{A + O + U + I} \quad PEOR = \frac{O + U}{A + O + U + I}$$

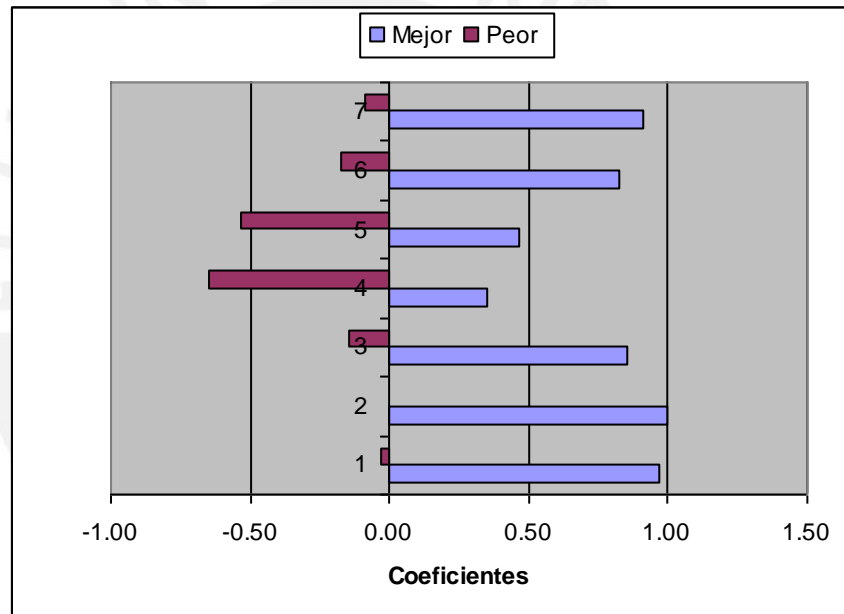


Figura 3.1 Fórmulas para la clasificación en “mejor que” y “peor que” y valores obtenidos para cada requerimiento  
Elaboración propia

En la figura 3.1 se puede apreciar las consecuencias que pudiera tener incluir una característica o no al producto, esas repercusiones pueden ser:

Positivas: La valoración de ofrecer un requerimiento que de al usuario, la sensación de una característica que no haya experimentado con otro tipo de producto.

Negativas: valoración de estar peor se relaciona con un requerimiento de tipo unidimensional u obligatorio, lo que da una sensación de no contar con una característica de producto que sea diferencial a un producto similar.

### 3.2 Prueba estadística de los requerimientos clasificados

Para demostrar la confiabilidad de las respuestas obtenidas en el cuestionario se realiza una prueba estadística, que permita evaluar lo significativo de la clasificación realizada. El estadístico de Fong, consiste en calcular la diferencia absoluta de las frecuencias de mayor grado de las alternativas (A, O, U, I, Inv, y D) y compararlo con el estadístico Q. Si la diferencia absoluta es mayor al estadístico Q, se puede llegar a la conclusión de que existe una diferencia significativa entre las dos clasificaciones más frecuentes de cada pregunta.

$$Q = \sqrt{(a+b) * (2*n-a-b) / (2*n)}$$

Donde:

a,b: Las frecuencias de las dos observaciones más frecuentes.

n: Número total de respuestas

Requerimiento	Q	ABS (a-b)
1	4.12	3
2	4.12	14
3	4.08	13
4	4.08	11
5	3.70	4
6	4.06	6
7	4.11	13

Tabla 3.3. Fórmula del estadístico de Fong y Valores obtenidos para Q  
Elaboración propia  
Fuente: Encuestas realizada a los clientes.

Como se puede apreciar en la tabla 3.3 en el requerimiento uno (1), la diferencia absoluta es menor que el estadístico, por lo que se puede concluir que NO existe una diferencia significativa entre las dos clasificaciones de mayor frecuencia de cada pregunta, al contrario sucede con el resto de requerimientos; donde el estadístico es menor a la diferencia absoluta, por lo que se llega a concluir que SI hay una diferencia significativa entre las dos clasificaciones más frecuentes de cada pregunta, es por ello, que podemos asumir que los resultados obtenidos son viables y confiables.

### 3.3 Clasificación de los requerimientos según las encuestas

Los Valores de C1 y C2, son llevados a la figura 3.2, donde se puede apreciar una concentración de requerimientos en el segundo cuadrante (atractivos) y dos (2) requerimientos en el cuarto cuadrante (obligatorios), con ello se elabora la tabla 3.4.

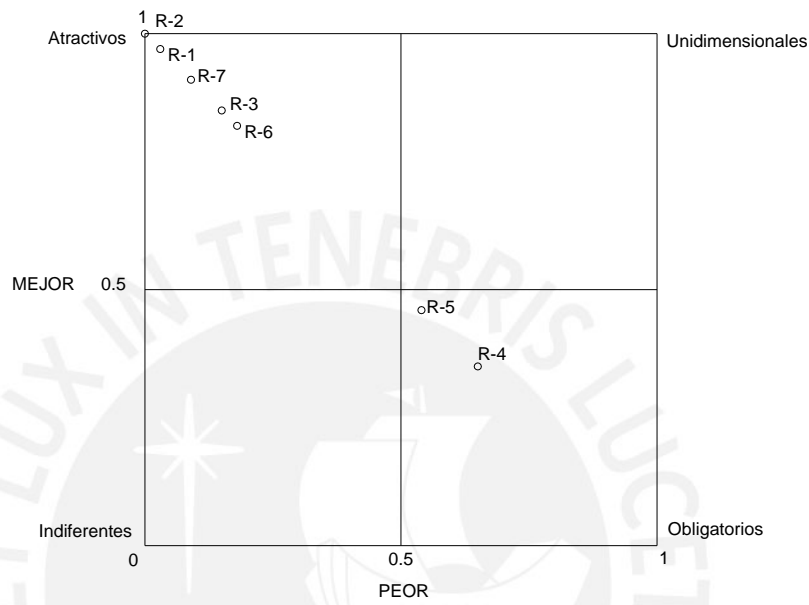


Figura 3.2 Clasificación de los requerimientos de los clientes  
Elaboración propia

Requerimiento	Clasificación
1. Diseños acorde al pedido	Atractivo
2. Calidad del material	Atractivo
3. Calidad de impresión	Atractivo
4. Tonalidad de los colores	Obligatorio
5. Formato del producto	Obligatorio
6. Cantidad entregada	Atractivo
7. Tiempos de entrega	Atractivo

Tabla 3.4 Clasificación de los requerimientos en base a los resultados  
Elaboración propia  
Fuente: Encuestas realizadas a los clientes.

Al finalizar el análisis de los resultados de la encuesta, pasa a la clasificación de cada uno de los requerimientos en donde 5 se catalogaron como atractivos, 2 como obligatorios y ninguno como unidimensional e indiferente. Obtenidas la distribución de los requerimientos se pasa elaborar la tabla 4.4, la cual consiste en una clasificación por tipo de producto, en base al

agrupamiento de las diferentes combinaciones de las características del producto.

Tipo de producto	Atributos requeridos en la clasificación de Kano
Producto Esperado	4. Tonalidad de los colores
	5. Formato del producto
Producto Ampliado	4. Tonalidad de los colores
	5. Formato del producto +
	6. Cantidad entregada
	3. Calidad de impresión
	7. Tiempos de entrega
	1. Diseño acorde al pedido
	2. Calidad del material

Tabla 3.5 Combinaciones necesarias de atributos para diferentes tipos de productos en base a los resultados obtenidos.

Elaboración propia

Fuente: Encuestas realizadas a los clientes

### 3.4 Definición del problema

En la empresa se incrementaron las devoluciones por parte del cliente. En el periodo Enero-Junio del 2006 se obtuvieron 27 devoluciones, mientras que para el año 2007, en el mismo periodo se obtuvieron 70, la mayoría de ellos generados por la tonalidad de colores.

Una nueva política dentro de la organización es que si invierte en calidad, el cliente comenzará a confiar en el producto de la organización.

Por medio de un proceso Six sigma, se busca minimizar la cantidad de hang tags rechazados por estar fuera de tono de color.

La restricción que se tiene es que no se puede cambiar ninguna de las características del hang tag, dado que estos son establecidos por el cliente.

### 3.5 Diagrama SIPOC de la organización

El diagrama SIPOC de la organización nos ayuda a identificar los elementos más relevantes dentro del proceso a mejorar (ver el anexo 5: Diagrama SIPOC de la organización).

- Suppliers: Se encuentra los proveedores que abastecen a la organización de las principales materias primas que se requieren para la elaboración de un hang tag.
- Inputs: Se listan las principales materias primas y máquinas necesarias para el proceso productivo del hang tag, entre ellas tenemos las tintas,

pliegos de papel, placas, insumos en general y las máquinas offset, insoladora de placas, convertidora de papel, guillotinas, troqueladoras, etc.

- Process: Se detalla brevemente los pasos a seguir para la elaboración de un hang tag (ver el anexo 6,7 y 8).
- Outputs: Se encuentra el resultado del proceso, que es el hang tag.
- Customers: Se ubican los distribuidores y clientes que reciben y dan uso al producto ya sea en prendas de vestir, envases, etc.

### 3.6 El mapa de procesos de la organización

Dentro de la empresa, en el área productiva encontramos 3 principales procesos:

- Proceso de Pre Prensa
- Proceso de Prensa
- Proceso de Post Prensa

En los procesos se realizan las diferentes actividades para la elaboración de los hang tags (ver el anexo 6: Mapa de proceso).

#### 3.6.1 Proceso de pre prensa

Dentro de este proceso se desarrolla las siguientes operaciones productivas:

##### 3.6.1.1 Diseño del hang tag

El diseñador con ayuda de una PC y un software Adobe Illustrator CS3, Corel Draw Graphics 2, Adobe Fotoshop CS3; va realizando cambios en el archivo digital de la muestra, en el archivo va variando el porcentaje de trama, la lineatura (número de puntos por cm.), etc.

Las medidas de control que se toma en el momento del diseño es realizar pequeños trapping para evitar la aparición de zonas blancas o de diferencias de colores entre objetos adyacentes.

##### 3.6.1.2 Filmación de fotolitos

Los fotolitos deben entregarse en negativo. Son necesarios los puntos elípticos en cada fotolito. Las marcas de corte, los cruces de registro, la identificación de los colores deben estar en cada fotolito fuera del área a imprimir. Finalmente no valdrán los fotolitos que tengan la emulsión gris, es decir, que el punto no este bien formado y sea totalmente opaco.

En nuestro caso este proceso es mediante outsourcing.



### 3.6.1.3 Montaje

En este primer proceso, la placa llega en un estado “virgen”, se realiza la operación de montaje, donde se utiliza una regla para verificar que la distancia de las pinzas sea la correcta y finalmente la película es “montada” sobre la placa.

### 3.6.1.4 Insolado

El proceso de Insolado, es uno de los procesos críticos. La preparación de las placas requiere de una nitidez excepcional, una correcta separación de los colores y un registro perfecto.

La placa “virgen”, es llevada hacia la máquina insoladora y se le coloca la barra de control o regla de Stouffer. Se establece los parámetros de insolado: tiempo exposición y la presión de vacío. Es necesario tener correctamente definidos estos parámetros, pues de ello, depende la calidad de “quemado”.

### 3.6.1.5 Revelado

Este proceso se encarga de revelar la emulsión generada por la insolación de placa, para ello se utiliza un líquido revelador preparado, a medida que el tiempo transcurra, aparecerá sobre la placa los pasos de la regla de control, según las normas técnicas de placa se recomienda el paso número 4, finalmente se verifica el estado de la emulsión.

### 3.6.1.6 Conversión de papel

La conversión de papel consiste en convertir la bobina de papel en hojas.

Se verifica el filo de las cuchillas, pues de ello depende el buen corte y que no existan rebabas. Se realiza una primera muestra para revisar que las dimensiones de la hoja sean las correctas. Finalmente inicia el tiraje según las cantidades determinadas en la orden de producción.

Terminado el tiraje el operario pasa a envolver con un plástico las hojas obtenidas y así evitar la penetración de la humedad, pues como consecuencia de ello, el papel tiende a dilatarse modificando sus dimensiones.

### 3.6.1.7 Corte

La operación consiste en realizar los cortes de las hojas para obtener los pliegos. Para iniciar el proceso el operario verifica el filo de las cuchillas, para un mejor corte, el sentido de la fibra del

papel. Al no tener las cuchillas con el filo requerido al momento del corte se genera rebabas y un corte en contra de la fibra; tiene una consecuencia al momento de realizar el tiraje en la impresión, pues el papel al absorber humedad tiende a olearse, por lo tanto, se produce grietas o arrugas.

### 3.6.2 Proceso de Prensa

El proceso de prensa es el proceso de impresión offset.

El proceso se inicia con el habilitado de la máquina offset colocando la placa en los cilindros, cargando el material en la mesa de entrada de la máquina y vertiendo la tinta en el tintero.

Un segundo paso a realizar es la medición del pH y conductividad de la solución de fuente con un phmetro y conductímetro respectivamente, la cual es una operación crítica dentro del proceso, pues de ello depende el equilibrio agua / tinta. Un pH menor de 7, nos indica que tenemos una solución de fuente ácida, la cual como consecuencia puede ligeramente oxidar la superficie de la placa y mantenerla hidrofílica, pues los ácidos actúan como detergentes benignos e impiden el depósito de la tinta.

Además un pH bajo, trae como resultado que el secado por oxidación de la tinta se retarde.

La conductividad es una herramienta para saber con cuanta concentración de fuente se está trabajando. Trabajar con una baja concentración resulta una lenta limpieza de las placas al momento de la impresión, ocasionando velos durante el tiraje y una alta concentración puede resultar en una emulsificación de la tinta, áreas de imagen que dejan de imprimir, rayado de la imagen, o una pobre calidad de impresión.

Otra de las inspecciones antes del tiraje es el tipo de papel que se está utilizando, pues este puede ser un papel ácido o alcalino, es necesario verificar pues al tener un papel ácido y una solución de fuente ácida, tiene como consecuencia el retraso en el secado.

Luego se realiza una primera impresión, para verificar el registro y/o topes de la máquina, de ello depende que las gotas de la tinta “caigan” sobre su posición predeterminada. Un mal registro tiene como consecuencia que la imagen impresa salga movida o desfasada.

Luego el operario compara visualmente la impresión con la muestra, según el resultado el operario regulará la caída de la tinta, la presión entre rodillos, etc. es necesario que la impresión sea lo más semejante a

la muestra, pues es uno de los requerimientos importantes para el cliente.

Obtenida la aprobación de la impresión el operario con ayuda del espectrofotómetro mide las densidades de la tinta, el cual le sirve como referencia al momento del tiraje, pues ya realiza la impresión bajo esos valores.

Para una mejor impresión es vital evitar las paradas de producción pues cuando la máquina corta el tiraje, la tinta se carga en el rodillo y al reiniciar el tiraje “cae” una capa más gruesa de tinta variando así la tonalidad del color.

Esta área es una de las más importantes de la empresa, debido que dentro de ella se genera la mayor cantidad de pérdidas de pliegos, ya sea por los primeros muestreos en el registro, la búsqueda del color (matizados) y los problemas de máquina.

### **3.6.3 El Proceso de post prensa**

Una vez impreso, los pliegos deben someterse casi siempre a las operaciones de acabado para terminar el ciclo productivo y quede listo para el uso a que se destine.

#### **3.6.3.1 Troquelado**

La operación de troquelado consiste en cortar los hang tag de los pliegos mediante la operación de corte.

La operación se inicia con la revisión del filo de las cuchillas de la matriz o troquel, el operario realiza unas pruebas; verificando que el corte se realice sobre la líneas guía, que la presión entre las cuchillas y el cilindro sea la adecuada pues una excesiva presión; revienta los puntos que mantienen al hang tag unido al pliego.

Se inicia el tiraje, el operario calcula la cantidad de pliegos a introducir en la máquina dado que el excesivo peso; hace que la mesa no suba adecuadamente y como consecuencia de ello existen las paradas de máquina. Constantemente el operario revisa los pliegos troquelados, para verificar que el corte siga siendo el mismo a través del tiempo y no varié las condiciones de trabajo. A medida que pasa el tiempo la cuchilla pierde filo, la presión disminuye, presentándose problemas de rebabas, un corte defectuoso, daños en el cilindro (abolladuras) y los pliegos se malogran debido a que se “atracan” al momento de pasar por la máquina.

### 3.6.3.2 Perforado

La operación de perforado consiste en realizar agujeros a los hang tag, para ello el operario verifica el estado de filo de la broca, pues una broca con “poco” filo, no realiza un buen perforado malogrando así los hang tag.

### 3.6.3.3 Revisado

La operación de revisado consiste en seleccionar los hang tags que no cumplan con los requisitos de calidad establecidos entre la organización y el cliente.



## 4. DESARROLLO DE LA FASE DE MEDICIÓN

### 4.1 Determinación del proceso a mejorar

Dentro de la organización en el proceso de post prensa se lleva una estadística por tipo de defectos, ello determina cual es el proceso que mayor problema origina a la empresa y su impacto hacia el cliente.

Dentro de los defectos que tienen mayor ocurrencia son:

- Tonalidad del color
- Repintes
- Puntos blancos
- Engrasados
- Registro
- Etc.

Este grupo de defectos son causados por el proceso de prensa (impresión offset), estos defectos en su totalidad se originan por diversas causas, las cuales serán detalladas más adelante.

Para detectar cual es el tipo de defecto que tiene una mayor relevancia se utiliza el diagrama de Pareto.

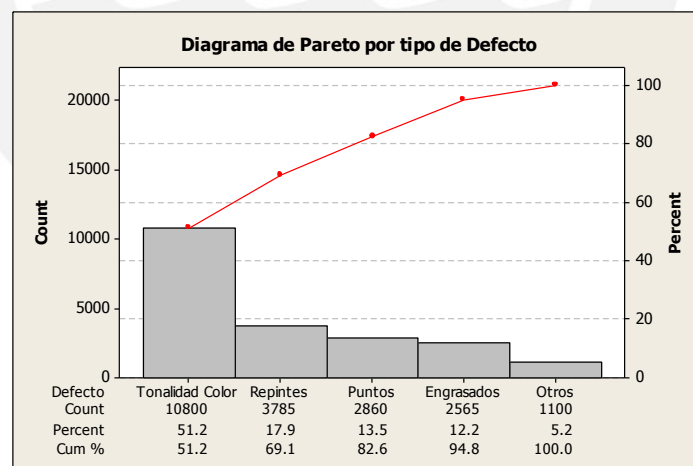


Figura 4.1 Diagrama de Pareto por tipo de defectos  
Elaboración Propia  
Fuente: Registro de estadísticas por tipo de defectos Marzo 2007

Como podemos apreciar en la figura 4.1 vemos que el defecto debido a la variedad en el tono de color es el que predomina, es decir, al comparar los hang tags de un mismo tiraje con el patrón (muestra entregada por el cliente) se encuentra diferencias significativas entre ellas.

La variabilidad del color no sólo se basa en una causa principal, al contrario, es la suma de varios factores.

Este tipo de defecto no es de fácil detección y/o percepción por el operario al momento de la revisión, por lo que un gran porcentaje de estos hang tags que pasan el control de calidad, es decir, llegan al cliente y al ser percibidos por él, le causa una gran insatisfacción según lo visto en el mapa de respuestas (Pág.37).

Al tener un problema de este tipo se genera las quejas y/o reclamos, la devolución del pedido, etc., y en busca de reparar el daño, pues se vuelve a producir nuevamente el lote, generando así pérdidas económicas para la empresa.

Dentro de la organización se tiene como modalidad de trabajo la utilización de “demasiás”, es decir, se añade una cantidad de pliegos adicionales a los necesarios para utilizarlos al momento de muestreos, pruebas de color, etc. Se estima que un 90% de la demasia se consume en el proceso de prensa y el 10% en los procesos restantes.

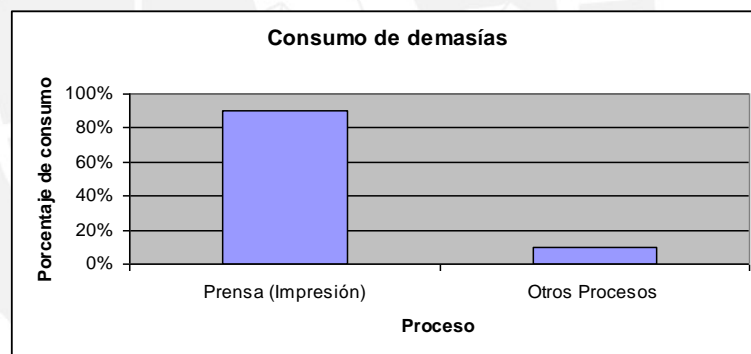


Figura 4.2 Consumo de demasías  
Elaboración propia.

#### 4.2 Análisis Modal de Fallas y Efectos (A.M.F.E)

El AMFE es una de las herramientas utilizadas para la determinación del modo de falla a atacar, con la aplicación del AMFE, se identificarán los puntos de fallos potenciales y se elaborará planes de acción para contrarrestarlos.

La metodología empleada para la ponderación de los indicadores del AMFE fue la siguiente:

- Entrevistar a los diferentes operarios, solicitando diferentes causas por las cuales existía la variabilidad de los colores, según ello, se ubicaron las causas más comunes.



- Luego se le asignó un valor según el cuadro de criterios mostrado. (Ver anexo 10: Criterios para el AMFE).
- Finalmente se pondero los diferentes resultados, para así obtener un valor que englobe lo valores asignados (RPN)

$$\text{RPN} = \text{SEV} \times \text{OCU} \times \text{DET.}$$

Figura 4.3 Fórmula para el cálculo del Número Prioritario de Riesgo (RPN)  
Fuente: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/Metodo%20AMFE.doc>

Como se ve en el anexo 11: Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), la causa que mayor valor de índice de prioridad de riesgo presenta fue a causa de un mal balance o equilibrio de agua – tinta, seguido por las constantes paradas de máquina.

El no tener un buen balance de agua – tinta, donde el agua predomina sobre la tinta, trae consigo como consecuencias una baja tonalidad de la tinta impresa, en cambio un predominio de la tinta sobre el agua, trae consigo como consecuencia una mala limpieza de la placa, es decir, que las áreas no emulsionadas transferirán la tinta a las zonas del pliego que no deberían.

Cuando ocurre una parada de máquina, los rodillos siguen activos “batiendo” la tinta, pero a medida que siguen girando se va formando una capa de tinta tras otra, es por ello que cuando reinician el tiraje, la densidad de la tinta sobre los primeros pliegos es mayor, variando así la tonalidad del color.

### 4.3 Key Performance Indicador (KPI)

Los indicadores dominantes del funcionamiento (KPI) es la medida cuantificable que utilizaremos, convenidas de antemano y que refleja el logro de los objetivos, entre ellos, reducir la cantidad de hang tag rechazados por el defecto de tono de color, en un periodo de tiempo establecido.

En la actualidad la organización maneja un valor promedio de 3.0% de productos no conformes por tonalidad de color en cada lote de producción y debido a la gran demanda del producto en estudio; se considera este índice como un valor alto.

#### 4.3.1 Variables a medir

En nuestro proceso se cuenta con una gran cantidad de variables que puede afectar la característica de calidad. En la tabla 5.0 se enumeran las principales variables presentes durante la impresión que definen el nivel de desempeño actual, las cuales fueron seleccionadas del

diagrama de Ichikawa. (Ver anexo 13: Diagrama de Causa-Efecto para la variabilidad de colores).

Variables del proceso
Conductividad del sol. fuente
pH de la solución de fuente
Estado de la placa
Densidad de la tinta
Tipo de papel
Cantidad de demasías
Velocidad de la máquina

Tabla 4.1 Distribución de las variables del proceso  
Elaboración propia.

Para verificar que variable a medir tiene mayor grado de importancia, se aplico la técnica de grupo nominal (TGN) a las variables del proceso de fabricación de hang tags y se consulto con el grupo de operadores que asignen un valor de acuerdo a su importancia, después se combinan las jerarquizaciones de todos los miembros y se suman. La variable de número mayor será la más importante.

Variables / Operador	1	2	3	4	5	6	Total
Densidad de la tinta	4	4	4	4	3	3	22
Percepción del color	3	3	3	3	4	4	20
Conductividad del sol. Fuente	3	3	3	3	4	4	20
pH del sol. fuente	3	3	3	2	3	3	17
Tipo de papel	2	3	2	3	3	4	17
Cantidad de demasías	2	3	2	3	3	1	14
Velocidad de la máquina	2	2	1	1	2	1	9

Tabla 4.2 Evaluación individual de variables 1= Menos importante, 5= Más importante  
Elaboración propia

La variable más importante según la clasificación es la densidad de la tinta, seguido por la percepción del color, la conductividad, el grado de pH de la solución de fuente y el tipo de papel que utilizan.

### 4.3.2 Estudio Gage R&R a las variables del proceso

#### 4.3.2.1 Estudio Gage R&R aplicado a la medición de la densidad de la tinta

Para la realización de este estudio, se utiliza un diseño cruzado donde se elige a tres operadores en forma aleatoria, los cuales con ayuda del espectrofotómetro medirán cinco (5) pliegos

impresos de un mismo tiraje. Cada operador mide la densidad de los 5 pliegos sin saber cual es el que estaba midiendo. En la tabla 4.3 se muestra los valores obtenidos.

Valores de densidad						
Muestra	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2
1	1.76	1.76	1.76	1.76	1.75	1.75
2	1.75	1.75	1.74	1.75	1.74	1.74
3	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
4	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.75
5	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.74

Tabla 4.3 Mediciones tomadas para el estudio Gage R&R de la densidad de la tinta  
Elaboración propia

Luego, se realiza el estudio Gage R&R, en el cual se puede observar en la tabla 4.4 que hay diferencia entre los pliegos, diferencia entre los operarios y que no hay una interacción entre muestra – operario. Al no ver una interacción, se recalcula los valores del factor muestra y operario, dando un valor tal que; aun se presentan diferencias entre los pliegos y entre los operadores. La variación proveniente de la repetibilidad es de 9.33%, mientras que el de reproducibilidad es de 8.18%, es por esto que la variabilidad debido a la diferencia de partes es de 82.49% de la variabilidad total. El porcentaje de contribución es de 17.51%, lo cual nos indica que el instrumento No podría aceptarse dado que es mayor al 10%, además el porcentaje de contribución de part to part es mayor al porcentaje de contribución del total Gage R&R, por lo que la variación surge debido a las diferencias entre muestras.

Dado que la medición de la densidad es muy importante para el trabajo diario es necesario tomar acciones correctivas tales como calibrar el instrumento o adquirir uno nuevo. El número de categoría distintas nos ayuda a ver si el instrumento es capaz de detectar la variación entre partes, para nuestro caso en número de categorías distintas (Distinct categories) es de 3 menor a 4, lo cual nos indica que de los 5 pliegos distintos que se a medido, el espectrofotómetro solo seria capaz de distinguir 3.

La desviación estándar de la variación total multiplicada por 5.15 (representa el 99% de la curva) es de 0.054, ahora podemos esperar que las mediciones individuales varíen en  $\pm 0.027$ , al cual añadiendo el valor medio de densidad 1.75, nos da un variación entre 1.72 – 1.77 D, el cual es aceptable dado que la probabilidad de que la densidad pertenezca a dicho rango es de 96.24%, y además que pertenece a los límites de especificación 1.70D – 1.80D.

Al revisar la figura 4.4. En la gráfica “R” vemos que la mayoría de los puntos se encuentran dentro de los límites de control, pero el operario 2 y 3 presenta mayor variabilidad en sus mediciones. En la gráfica de las medias vemos que la mayoría de los puntos están fuera de los límites de control, lo cual refuerza la idea que la variación se debe prioritariamente a diferencias entre muestras, además se puede interpretar como que el sistema de medición es capaz de identificar las diferencias entre pliegos. Esta misma conclusión podemos obtenerla a partir del diagrama de barras (components of variation).

En la gráfica densidad por muestra vemos que los puntos siguen un mismo patrón y que hay diferencias entre las muestras. En la gráfica de densidad por operario, hay mínimas diferencias entre los operarios y que el operario 3 da una media más baja.

En la gráfica de interacción de operario - muestra se aprecia una no divergencia de los puntos, además se visualiza la diferencia entre pliegos excepto por el pliego 3 y que el operario 3 da valores por debajo que los otros dos operarios. En la figura 4.5, existe diferencia entre los pliegos medidos, los pliegos 2 y 5 dan valores por debajo de la media, mientras que los pliegos 1,3 y 4 dan valores por encima de la media.

Finalmente, se concluye que los datos recolectados en el estudio presentan un problema de discriminación debido a que el espectrofotómetro que se utiliza para medir la densidad mide hasta centésimas de unidad, lo cual no es suficiente para la estimación más precisa de la desviación estándar y ello se puede comprobar en las muestras 2,4 y 5, donde los valores de densidad tienen una diferencia para una misma muestra.

### Gage R&R Study - ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Muestra	4	0.0022867	0.0005717	49.0000	0.000
Operario	2	0.0002067	0.0001033	8.8571	0.009
Muestra * Operario	8	0.0000933	0.0000117	1.1667	0.379
Repeatability	15	0.0001500	0.0000100		
Total	29	0.0027367			

#### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Muestra	4	0.0022867	0.0005717	54.0342	0.000
Operario	2	0.0002067	0.0001033	9.7671	0.001
Repeatability	23	0.0002433	0.0000106		
Total	29	0.0027367			

### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000199	17.51
Repeatability	0.0000106	9.33
Reproducibility	0.0000093	8.18
Operario	0.0000093	8.18
Part-To-Part	0.0000935	82.49
Total Variation	0.0001134	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0044559	0.0229479	41.85
Repeatability	0.0032526	0.0167511	30.55
Reproducibility	0.0030455	0.0156846	28.60
Operario	0.0030455	0.0156846	28.60
Part-To-Part	0.0096703	0.0498020	90.82
Total Variation	0.0106475	0.0548347	100.00

Number of Distinct Categories = 3

### Gage R&R for Densidad

Tabla 4.4 Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la densidad de la tinta  
Elaboración propia

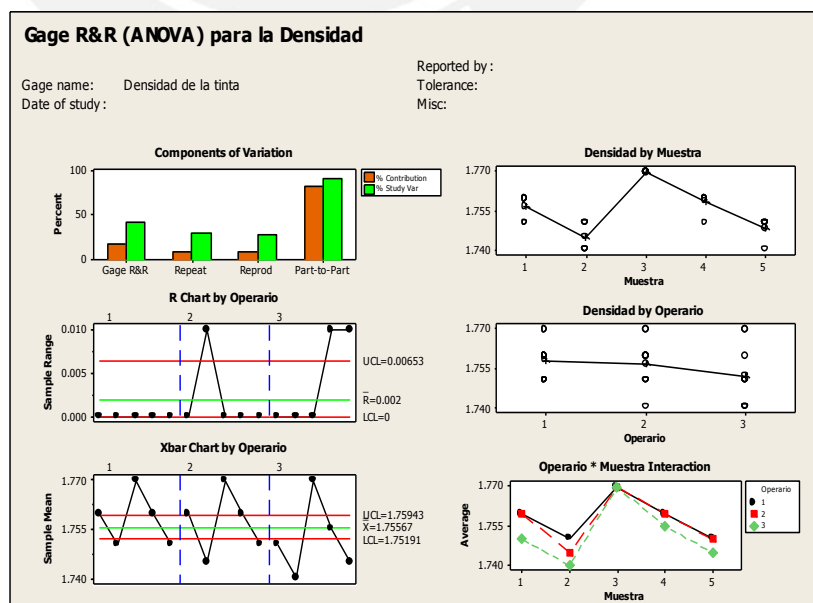


Figura 4.4 Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la densidad de la tinta  
Elaboración propia

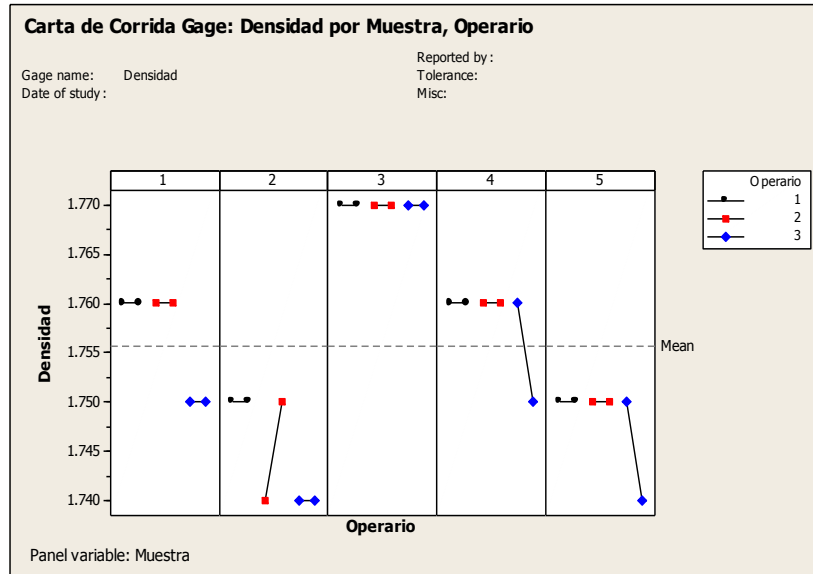


Figura 4.5 Gráfico de corrida para los tres operarios y la densidad de la tinta  
Elaboración propia

#### 4.3.2.2 Estudio Gage R&R aplicado a la percepción del color

Para estudiar los análisis de congruencia de los atributos se utilizó el estadístico de Kappa, este tipo de estadísticos son utilizados cuando la variable es del tipo nominal. Mientras sea mayor la congruencia entre mediciones, mayor será el estadístico de Kappa.

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad P_{j.} = 1 / Nn * \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad P_e = \sum P_j^2$$

$$P_o = 1 / Nn(n-1) * \left( \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^K N_{ij}^2 - Nn \right)$$

Valor del estadístico de Kappa	Interpretación del estadístico
< 0.2	Pobre
0.21 – 0.4	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1	Muy buena

Tabla 4.5 Fórmulas e Interpretación del estadístico de kappa  
Fuente: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa.htm>



Donde:

Po: la proporción de tasadores que están  $k$  veces de acuerdo

N: número de operadores

n: número de calificadores

k: número de categorías de la escala

$n_{ij}$ : El número de calificadores que asignó la  $i$  sujeto a la  $j$  categoría.

Pe: La proporción esperada de tasadores que están  $k$  veces de acuerdo

Pj: la proporción de acuerdo a cada categoría.

Ahora para la realización de este estudio se tomó a cinco operadores al azar y un experto. El experto se encargó de seleccionar 15 hang tags, de los cuales cinco (5) se utilizaron como parámetros y los otros 10 para la prueba, de estos diez (10) últimos, cinco (5) pertenecían al rango de los parámetros de color y cinco (5) no pertenecen. El operario desconociendo los hang tags que pertenecen al rango, clasificó cada uno de ellos. Las respuestas de cada uno de los operarios se presentan en la tabla 4.5

Muestra	Operador					Experto
	1	2	3	4	5	
1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	2	2	1	2
3	1	2	2	2	1	2
4	1	2	2	2	2	2
5	1	1	1	2	2	1
6	1	1	2	2	2	2
7	1	1	1	1	2	1
8	1	1	2	2	2	2
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Tabla 4.6 Evaluación de operadores y de un experto para la clasificación de hang tag.

Elaboración propia

La figura 4.6 muestra los resultados obtenidos de las mediciones por los operadores comparados con la de un experto, se observa que el porcentaje más alto de congruencia entre la clasificación del experto con la de un

operador es del operador 3 y 4, llegando al 100% y 90%, respectivamente mientras que el más bajo es el operador 1 y 5, estos dos últimos son los más bajos debido a su permanencia dentro de la organización.

En la tabla 4.7 se presenta las clasificaciones que los operarios consideraron al hang tag “dentro” de los parámetros, cuando el experto indicaba que deberían estar “fuera” de los parámetros y se observa que el operario con menor congruencia comparándolo con el experto fue el número 5. En cuanto a los hang tag que se clasificaron como “fuera” de parámetros cuando deberían ser considerados “dentro” se observa un leve aumento para el operario 4, aunque se esperaba que estas fueran todas cero.

El estadístico de Kappa para el operario 1 y 5 son considerados como “pobre”, para el operario 2 “débil”, para el operario 4 “buena” y el operario 3 “muy buena”. Esto nos indica que en su mayoría los resultados obtenidos son medianamente mejores que los que se observarían si los operarios realizarán la clasificación al azar.

Tanto el operario 1 y 5, aún no son lo suficientemente buenos como para considerarlos un buen sistema de medición.

Revisando el cuadro estadístico, verificamos que el operario 1,5 y 2, son los de menor valor Kappa, por lo que mencionados operarios no deben tomar ningún tipo de decisión con respecto a las tonalidades de color antes de un tiraje, deberán esperar la aprobación del color de una persona mejor calificada.

Una acción de mejora es ejecutar el programa de capacitación desarrollando el tema el uso de tintas y sus posibles combinaciones. (Ver anexo 15: Programa de capacitación)

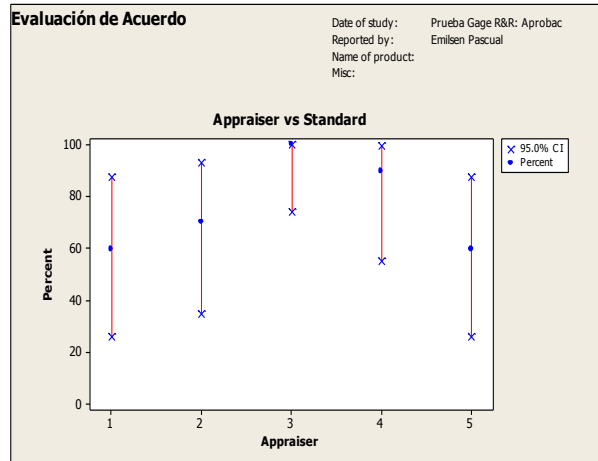


Figura 4.6 Evaluación acuerdo para la percepción del color  
Elaboración propia

**Atributo Acuerdo de análisis para Rspta**

**Each Appraiser vs Standard**

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	10	6	60.00	(26.24, 87.84)
2	10	7	70.00	(34.75, 93.33)
3	10	10	100.00	(74.11, 100.00)
4	10	9	90.00	(55.50, 99.75)
5	10	6	60.00	(26.24, 87.84)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# 2 / 1	Percent	# 1 / 2	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	4	80.00	0	0.00
2	0	0.00	3	60.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	1	20.00	0	0.00	0	0.00
5	2	40.00	2	40.00	0	0.00

# 2 / 1: Assessments across trials = 2 / standard = 1.  
# 1 / 2: Assessments across trials = 1 / standard = 2.  
# Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	1	0.04762	0.316228	0.15058	0.4402
	2	0.04762	0.316228	0.15058	0.4402
2	1	0.34066	0.316228	1.07726	0.1407
	2	0.34066	0.316228	1.07726	0.1407
3	1	1.00000	0.316228	3.16228	0.0008
	2	1.00000	0.316228	3.16228	0.0008
4	1	0.79798	0.316228	2.52343	0.0058
	2	0.79798	0.316228	2.52343	0.0058
5	1	0.20000	0.316228	0.63246	0.2635
	2	0.20000	0.316228	0.63246	0.2635

Tabla 4.7 Reporte estadístico del estudio Gage R&R por atributos para la percepción del color.  
Elaboración propia

#### 4.3.2.3 Estudio Gage R&R aplicado a la Conductividad de la Solución de fuente.

Para la realización de este estudio, se seleccionó a dos operadores en forma aleatoria, los cuales con ayuda del conductímetro realizan 3 mediciones por muestra. Cada muestra consistió en que los operadores por separado midieran la conductividad, el muestreo se realizó en intervalos de una hora. En la tabla 4.8 se muestra las medidas presentadas por cada uno de los operadores.

Valores de Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm.}$ )						
Muestra	Operador 1			Operador 2		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	2,270	2,270	2,270	2,270	2,260	2,260
2	2,280	2,280	2,280	2,280	2,270	2,270
3	2,290	2,290	2,280	2,290	2,290	2,290
4	2,290	2,280	2,280	2,290	2,300	2,300
5	2,360	2,360	2,350	2,360	2,360	2,360
6	2,290	2,280	2,280	2,290	2,290	2,300
7	2,410	2,400	2,400	2,410	2,400	2,400
8	2,400	2,410	2,410	2,400	2,410	2,400
9	2,390	2,400	2,390	2,380	2,400	2,390
10	2,290	2,290	2,300	2,290	2,300	2,300

Tabla 4.8 Mediciones tomadas para el estudio Gage R&R de la Conductividad  
Elaboración propia

Después de tomar las medidas de conductividad, se realiza el estudio Gage R&R, en el cual se puede observar en la tabla 4.9 que hay diferencias entre las muestras, no hay diferencia entre los operarios y que hay una interacción entre la muestra-operador.

La variación proveniente de la repetibilidad es de 0.93%, mientras que el de reproducibilidad es de 0.39%, es por esto que la variabilidad debido a la diferencia de partes es de 98.68% de la variabilidad total.

El porcentaje de contribución es del 1.32% lo cual nos indica que el instrumento es satisfactorio dado que es menor a 10%, el porcentaje de contribución de part to part es mayor al porcentaje de contribución del total Gage R&R, por lo que la variación surge debido a la diferencias entre las muestras.

El Distinct categories es de 12 mayor a 4.

La desviación estándar de la variación total multiplicada por 5.15, es de 291.873, ahora podemos esperar que las mediciones individuales varíen en  $\pm 145.936$ , al cual añadiendo el valor medio de conductividad 1800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , nos da un variación entre 1,654 – 1,945  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , el cual es aceptable dado que la probabilidad de que la conductividad pertenezca a dicho rango es de 98.99% y además que pertenece a los límites de especificación 1,400 – 2,200  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . En la figura 4.7, gráfica de rangos vemos la mayoría de los puntos se encuentran dentro de los límites de control, en la gráfica de las medias vemos que la mayoría de los puntos están fuera de los límites de control, lo cual indica que el instrumento es capaz de identificar las diferencia entre mediciones.

En la gráfica conductividad por muestra vemos que hay variación entre mediciones. En la gráfica conductividad por operador vemos que no hay diferencias entre operarios.

En la gráfica de interacción se aprecia una mínima diferencia entre mediciones y que existe una interacción dado a la convergencia de los puntos.

En la figura 4.8 se aprecia que el operador 1 mide con menor variabilidad que el operador 2 y que las mediciones 1, 2, 3, 4 6 y 10 están por debajo de la media tanto para el operador 1 y 2.

**Estudio Gage R&R - Metodo ANOVA**

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
Muestra	9	171760	19084.4	283.121	0.000
Operador	1	27	26.7	0.396	0.545
Muestra * Operador	9	607	67.4	2.247	0.039
Repeatability	40	1200	30.0		
Total	59	173593			

**Gage R&R**

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	42.47	1.32
Repeatability	30.00	0.93
Reproducibility	12.47	0.39
Operador	0.00	0.00
Operador*Muestra	12.47	0.39
Part-To-Part	3169.51	98.68
Total Variation	3211.98	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	6.5168	33.562	11.50
Repeatability	5.4772	28.208	9.66
Reproducibility	3.5312	18.186	6.23
Operador	0.0000	0.000	0.00
Operador*Muestra	3.5312	18.186	6.23
Part-To-Part	56.2984	289.937	99.34
Total Variation	56.6743	291.873	100.00

Number of Distinct Categories = 12  
**Gage R&R for Conductividad**

Tabla 4.9 Reporte estadístico del estudio Gage R&R para la conductividad  
Elaboración propia

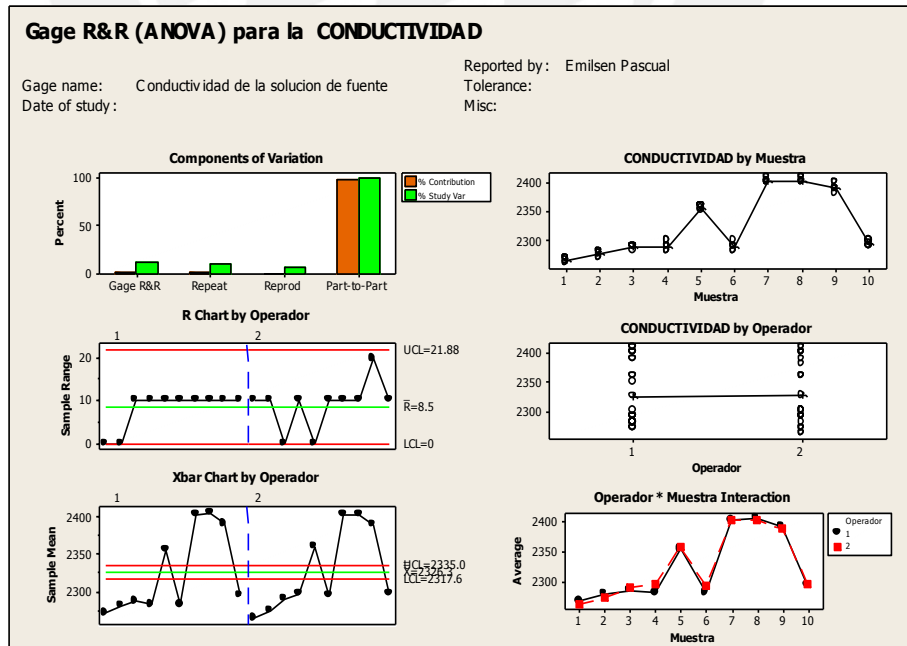


Figura 4.7 Reporte gráfico del estudio Gage R&R para la Conductividad  
Elaboración propia



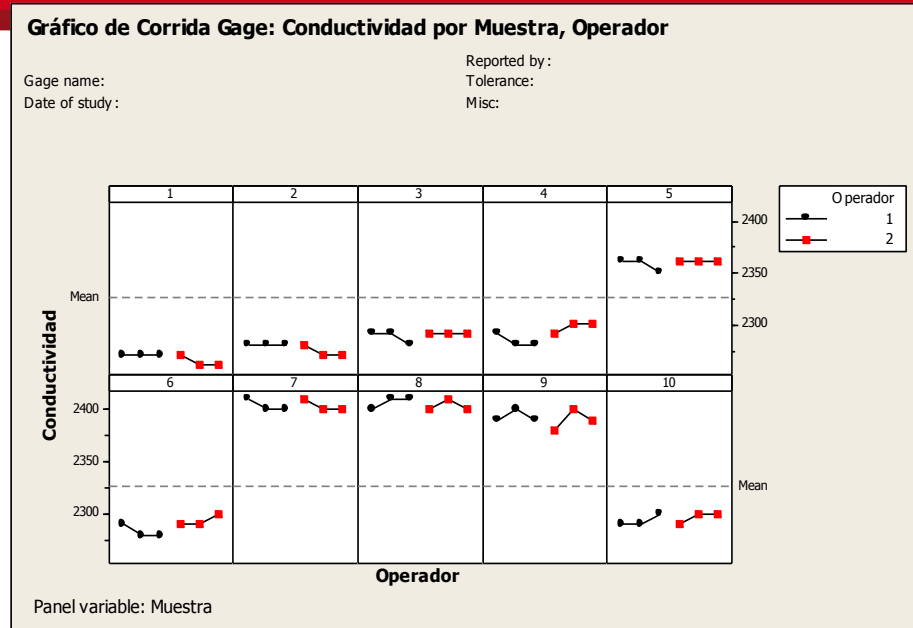


Figura 4.8 Gráfico de corrida para los dos operarios y la conductividad  
 Elaboración propia

#### 4.3.2.4 Estudio Gage R&R aplicado al grado de pH

Para la realización de este estudio, se selecciono a dos operadores en forma aleatoria, los cuales con ayuda del pHmetro realizaron 3 mediciones por muestra. Cada muestra consistió en que los operadores por separado midieran el pH. En la tabla 4.10 se muestra las medidas presentadas por cada uno de lo operadores.

Valores de pH						
Muestra	Operador 1			Operador 2		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9
2	5.0	4.9	5.0	5.0	4.8	4.9
3	5.0	5.0	4.9	5.0	4.9	4.9
4	5.0	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9
5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.9
6	5.1	4.9	4.9	5.0	4.9	4.8
7	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.8
8	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9
9	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8
10	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8

Tabla 4.10 Mediciones tomadas para el estudio Gage R&R del pH  
 Elaboración propia

Estudio Gage R&R Study - Metodo ANOVA					
Two-Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Muestra	9	0.127333	0.0141481	7.34615	0.003
Operador	1	0.002667	0.0026667	1.38462	0.269
Muestra * Operador	9	0.017333	0.0019259	0.42798	0.912
Repeatability	40	0.180000	0.0045000		
Total	59	0.327333			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Muestra	9	0.127333	0.0141481	3.51314	0.002
Operador	1	0.002667	0.0026667	0.66216	0.420
Repeatability	49	0.197333	0.0040272		
Total	59	0.327333			

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0040272	70.48
Repeatability	0.0040272	70.48
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operator	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0016868	29.52
Total Variation	0.0057140	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0634603	0.326821	83.95
Repeatability	0.0634603	0.326821	83.95
Reproducibility	0.0000000	0.000000	0.00
Operator	0.0000000	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.0410709	0.211515	54.33
Total Variation	0.0755912	0.389295	100.00

Number of Distinct Categories = 1

**Gage R&R for PH**

Tabla 4.11. Reporte estadístico del estudio Gage R&R para el grado de pH  
Elaboración propia.

Después de tomar las medidas de pH, se realiza el estudio Gage R&R, en el cual se puede observar en la tabla 4.11, que hay diferencia entre las muestras, no hay diferencia entre los operarios y que no hay una interacción entre la muestra-operador, al no ver una interacción se recalcula los valores del factor muestra y operario, donde se presenta diferencias entre las muestras y que no hay diferencias entre los operarios

La variación proveniente de la repetibilidad es de 70.48%, mientras que el de reproducibilidad es de 0.0%, es por esto que la variabilidad, debido a la diferencia de partes es de 29.52% de la variabilidad total.

El porcentaje de contribución es del 70.48% lo cual nos indica que el instrumento no es satisfactorio y es necesario tomar acciones correctivas, como la calibración del equipo.

El porcentaje de contribución part to part es menor al porcentaje de contribución total Gage R&R, por lo que la mayor parte de la variación surge de la medición del sistema y es muy poco debido a la diferencia en muestras.

La desviación estándar de la variación total multiplicada por 5.15, es de 0.3892, ahora podemos esperar que las mediciones individuales varíen en  $\pm 0.194$ , al cual añadiendo el valor medio de pH 4.5, nos da un variación entre 4.30 – 4.69, el cual es aceptable dado que la probabilidad de que el grado de pH pertenezca a dicho rango es de 99.01% y además que dicho rango pertenece a los límites de especificación 4.5 – 5.5.

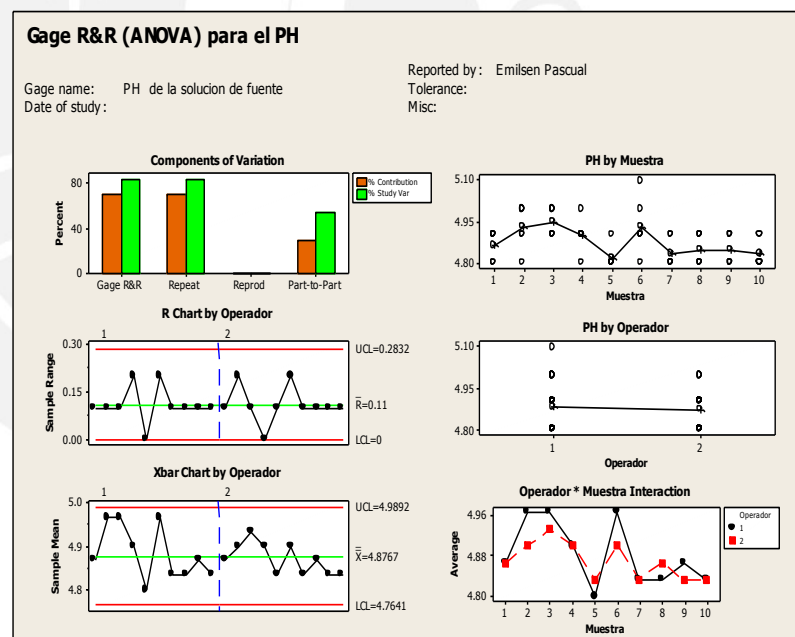


Figura 4.9 Gráfico del estudio Gage R&R para el grado de pH  
Elaboración propia

En la figura 4.9 en la gráfica de medias los puntos se encuentran dentro de los límites de control, lo que nos indica que el instrumento no es capaz de identificar la diferencia entre mediciones.

La gráfica por operador hay una diferencia entre el operador 1 y 2, dado que el primero tiene una medida ligeramente superior a la media del operador 2.

En la gráfica de interacción entre la muestra y el operador no se aprecia una interacción debido a que los puntos no son divergentes.

Finalmente en la figura 4.10, se aprecia las diferencias que hay entre las mediciones por los operarios en las 10 muestras, se aprecia un problema de repetibilidad dado a que hay una variabilidad cuando un mismo operario realiza mediciones sobre la misma muestra.

En el punto 4.3.3.3 Gráfico de control para el grado de pH de la solución de fuente se detalla el motivo del descarte de esta variable.

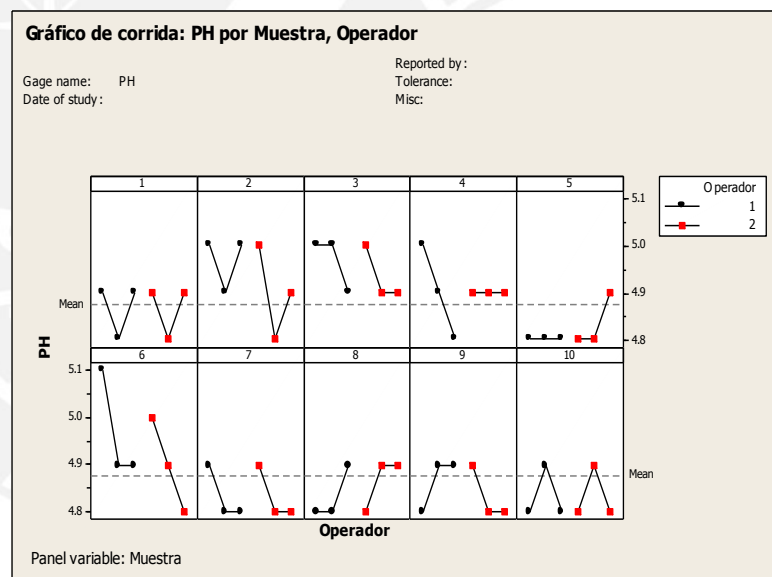


Figura 4.10 Gráfico de corridas para los dos operarios y el grado de pH.  
Elaboración propia

#### 4.3.2.5 Estudio Gage R&R aplicado al tipo de papel

Para realizar este estudio se tomaron a tres (3) operarios aleatoriamente, se tenía 6 pliegos de papel sin imprimir (3 pliegos satinados amarillentos y 3 pliegos satinados azulados) calificados por un experto, a cada operario independientemente uno del otro se le entregó los pliegos de forma aleatoria y el operario se encargó de identificar que tipo de sustrato estaba manipulando. La tabla 4.12 nos indica las

respuestas de los operarios comparadas con la de un experto.

Tipo de Papel				
Muestra	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Experto
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	2	2	2	2
4	1	1	1	1
5	2	2	2	2
6	1	1	1	1

Tabla 4.12 Evaluación de operadores y de un experto para el tipo de material.  
Elaboración propia.

En la tabla 4.13 el porcentaje más alto de congruencia entre la clasificación del experto con la de los operadores es del 100%. Luego se presenta las clasificaciones que los operarios consideraron al pliego azulado, cuando el experto indicaba que se trataba de un pliego amarillento y se observa que los operarios sin excepción tienen una gran congruencia comparándolo con el experto. Finalmente al ver el estadístico de Kappa vemos que es de 1 en todos los casos, lo cual nos indica que el sistema de medición es muy confiable.

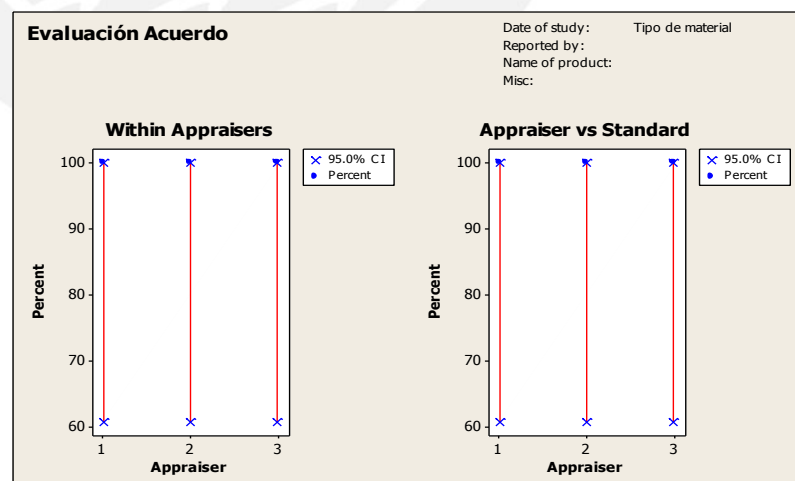


Figura 4.11 Evaluación acuerdo para la clasificación del material.  
Elaboración propia.

**Atributo Acuerdo de análisis para Rspta**

**Each Appraiser vs Standard**

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	6	6	100.00	(60.70, 100.00)
2	6	6	100.00	(60.70, 100.00)
3	6	6	100.00	(60.70, 100.00)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# 2 / 1	Percent	# 1 / 2	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00

# 2 / 1: Assessments across trials = 2 / standard = 1.  
 # 1 / 2: Assessments across trials = 1 / standard = 2.  
 # Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	1	1	0.288675	3.46410	0.0003
	2	1	0.288675	3.46410	0.0003
2	1	1	0.288675	3.46410	0.0003
	2	1	0.288675	3.46410	0.0003
3	1	1	0.288675	3.46410	0.0003
	2	1	0.288675	3.46410	0.0003

Tabla 4.13 Reporte estadístico del estudio Gage R&R por atributos para el tipo de material  
 Elaboración propia

### 4.3.3 Gráficos de control de las variables cuantitativas.

#### 4.3.3.1 Gráfico de control para la densidad de la tinta

Para nuestro caso se utiliza los gráficos de la media y desviación estándar.

Para ello se tomaron medidas de densidad del color verde escarlata del producto en estudio para un tiraje 2,000 pliegos, en la maquinas offset Heidelberg MO-2.

Se tomaron 25 muestras y como se aprecia en el figura 4.12, se encuentra 6 puntos fuera de control (muestras: 10, 11, 16, 19, 20 y 24), por lo que se concluye que el proceso no esta bajo control. Una explicación a los puntos fuera de control puede ser al deficiente control que realiza el operador, dado que la frecuencia con la que la realiza la inspección de pliegos es de forma aleatoria, a la amplia frecuencia con la que realizan las inspecciones y debido a las paradas de maquina.

En la gráfica se aprecia tendencias ascendentes de la tinta debido a que esta tiende a acumularse sobre los rodillos, es por ello que aumenta el valor de densidad y se presenta los descensos dado que el maquinista disminuye la carga.



Finalmente los puntos fuera de control están tanto fuera de los límites de control y los límites de especificación (1.80D-1.90D), por lo que se esta produciendo hang tags no conformes.

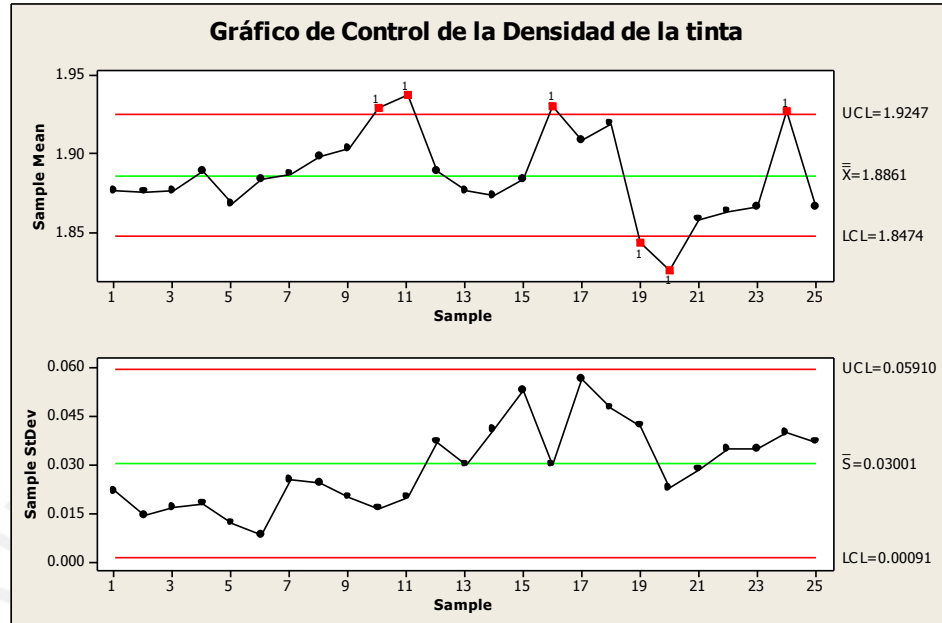


Figura 4.12 Gráfico de control para la densidad de la tinta  
Elaboración propia

#### 4.3.3.2 Gráfico de control para la conductividad de la solución de fuente.

Para nuestro caso se utiliza los gráficos de control para el rango móvil, las observaciones individuales y rangos, debido a que la desviación estándar tiene mínima variabilidad.

Para ello se utilizó la solución de fuente Grafinal, dado a su gran uso en la organización. Se realizaron 12 lecturas durante el tiraje, con tres replicas por muestra.

Como se puede apreciar en la figura 4.13, puesto que un punto excede el límite de control superior, se concluye que el proceso esta fuera de control.

En la gráfica de la media (Subgroup mean) se aprecia un ascenso entre los puntos 1 y 4, luego hay un descenso de la conductividad y luego una estabilidad, el crecimiento es debido a la contaminación generada por el papel al expulsar polvillo y el decrecimiento dado a que el operador agrega solución de fuente para reducir la conductividad.

El punto se encuentra fuera de control, pero no fuera de especificación (1,400-2,200  $\mu\text{s}/\text{cm}.$ )

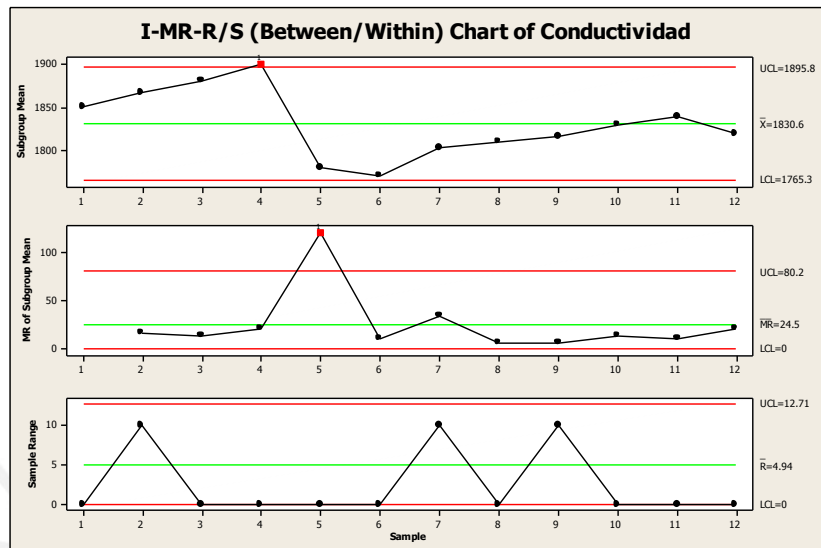


Figura 4.13 Gráfico de Control para la conductividad  
Elaboración propia

#### 4.3.3.3 Gráfico de control para el grado de pH de la solución de fuente

Para nuestro caso se utiliza los gráficos de control de las medias, rango móvil y rangos.

Para el beneficio del proceso se realiza un cambio en la solución de fuente utilizado por la organización, se pasa a utilizar una solución de fuente estabilizada.

Una solución de fuente estabilizada resiste cambios en el pH ocasionados por los efectos del cambio en la alcalinidad del agua, los cambios de concentración de la solución o contaminantes, es decir, una solución de fuente estabilizada es mejor ya que tienden a estabilizar el pH, a pesar de los cambios en las condiciones.

A continuación se detalla cuatro (4) razones importantes para mantener un pH constante.

- Los cambios moderados en la cantidad de concentración de fuente utilizada, no producirán cambios radicales en el pH.

- b. Estas soluciones tienden a resistir los efectos de una contaminación acida o alcalina derivada del papel, la tinta o limpiadores de placa.
- c. Requieren una menor atención por parte del operario mantener un pH estable.
- d. Reducirá la oxidación de la superficie de la plancha.
- e. Se reducirá el problema de secado de pliegos, dado que el pH ya no tiende a disminuir (menor a 3.5).
- f. Un pH constante, resultara en la insensibilización óptima de las placas.

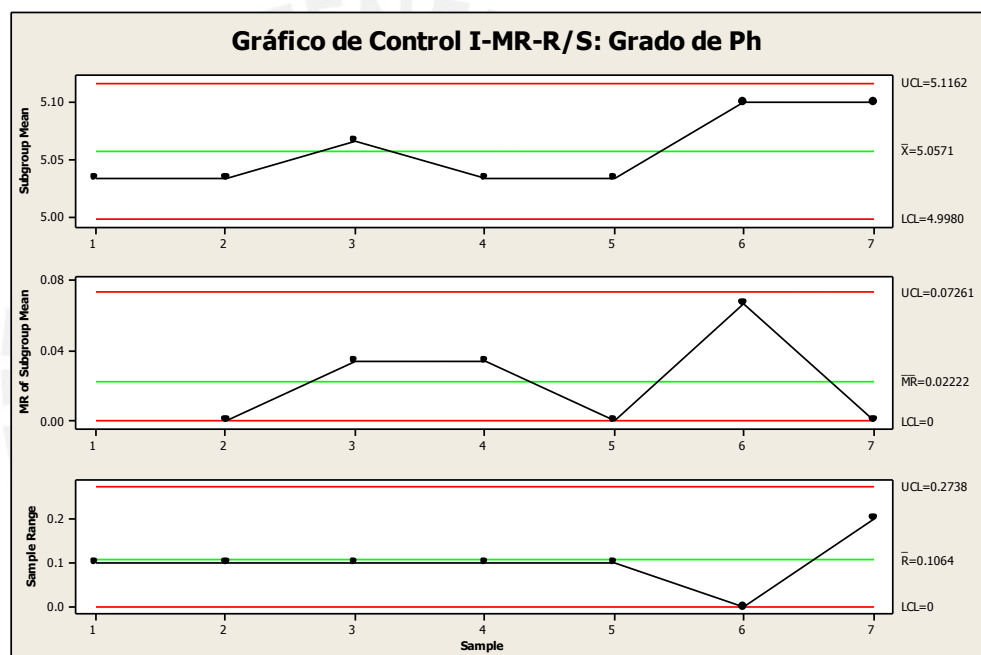


Figura 4.14 Gráfico de las medias y desv., estándar para el pH  
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 4.14, se comprueba que la variable pH se encuentra bajo control, debido a que los puntos se encuentran dentro de los límites de control y especificación (4.5 - 5.5.), se puede visualizar una estabilidad en el tiempo y una mínima variabilidad, es por ello; que el grupo considera a la variable no relevante por tal motivo se descarta el grado de pH del presente estudio.

4.3.4 Capacidad del proceso

4.3.4.1 Capacidad del proceso para la densidad de la tinta

a. Prueba de normalidad

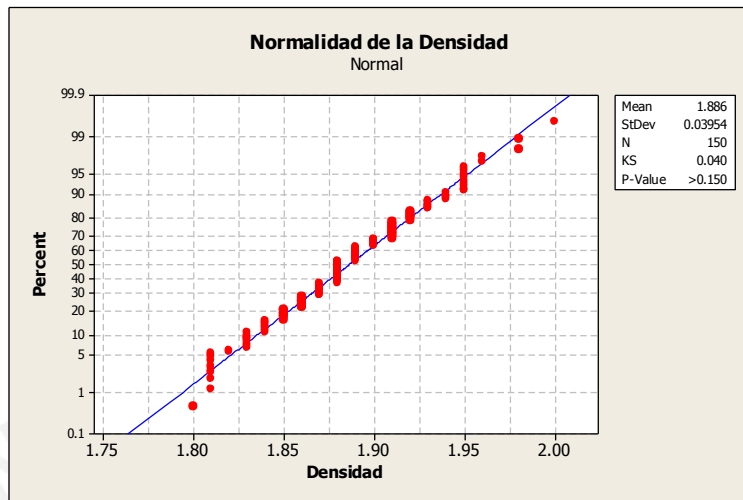


Figura 4.15 Prueba de normalidad para la densidad de la tinta.  
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 4.15, vemos que los valores de la densidad de la tinta siguen una distribución normal, dada que el P-val. Es mayor al nivel de significación.

b. Valor de Cp

Para el caso de capacidad de proceso por variables tenemos un valor de Cp de 0.53, el cual nos indica según la tabla 4.14, que nuestro proceso no es capaz, por lo tanto se considera un proceso para someterlo a mejoras.

Se puede visualizar la cola derecha de la gráfica de la figura 4.16 cae fuera de los límites de especificación, esto significa que veremos ocasionalmente productos que no cumplen con las especificaciones del cliente.

Por ultimo el valor de PPM total es 377,398.51, lo que nos indica que de cada millón de hang tags que se producen, esta cantidad estará por fuera de los límites de especificación.

Valor	Interpretación del índice Cp.
<1.0	Proceso Incapaz
Entre 1.0 – 1.33	Proceso apenas capaz
> 1.33	Proceso de capaz

Tabla 4.14 Capacidad del proceso que se tiene dependiendo del nivel Cp.  
Fuente: Control de calidad, Dale H. Besterfield.

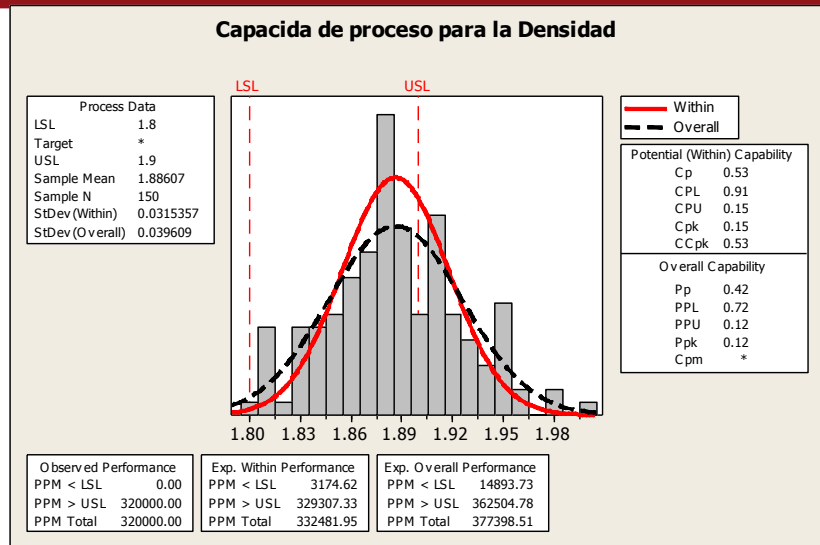


Figura 4.16 Capacidad de proceso para la densidad de la tinta  
Elaboración propia

#### 4.3.4.2 Capacidad de proceso para la conductividad de la solución de fuente

##### a. Prueba de normalidad

Para este estudio se utiliza los mismos valores tomados en los gráficos de control. Como podemos apreciar en la figura 4.17, vemos la conductividad sigue una distribución normal dado que el valor del P-Val es mayor a 0.05.

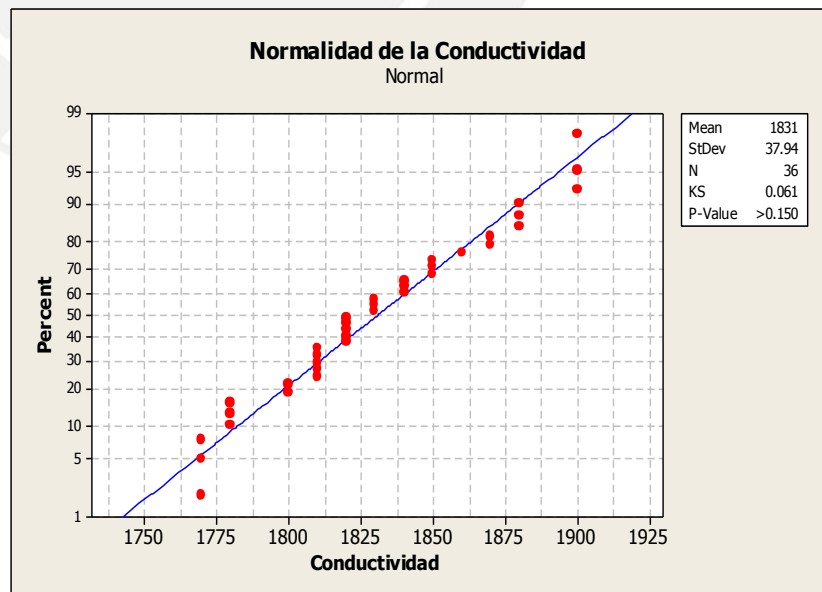


Figura 4.17 Prueba de Normalidad para la conductividad  
Elaboración propia

**b. Valor de Cp**

El valor de Cp, lo vemos en la figura 4.18, el cual nos indica que el proceso si es capaz ( $Cp=45.71$ ).

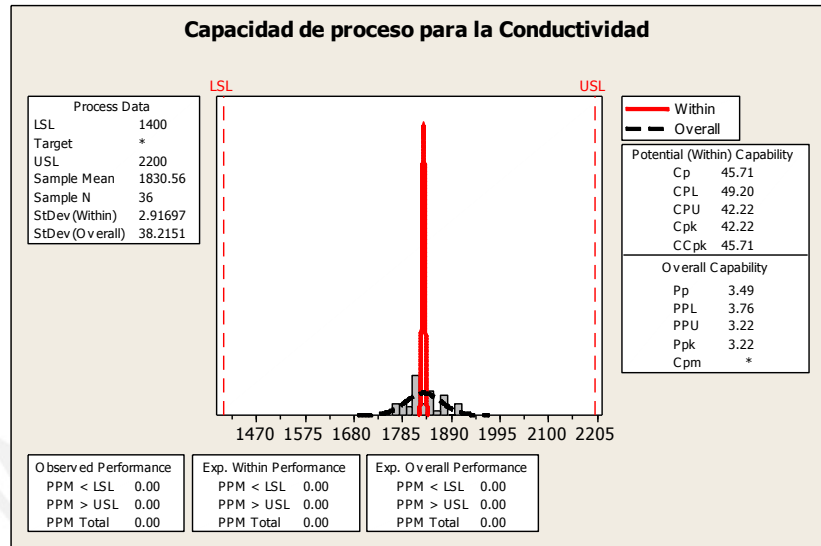


Figura 4.18 Capacidad de proceso de la conductividad.  
Elaboración propia

**4.3.4.3 Capacidad de proceso para el grado de pH.**

**a. Prueba de normalidad**

Para este estudio se utiliza los mismos valores tomados en los gráficos de control.

Como podemos apreciar en la figura 4.19, vemos que el grado de pH presenta valores discretos, pero se aproxima a la distribución normal debido a la aproximación del teorema del límite central (TLC) por otra parte el valor del P-Val es mayor a 0.05 y el tamaño de muestra es grande.

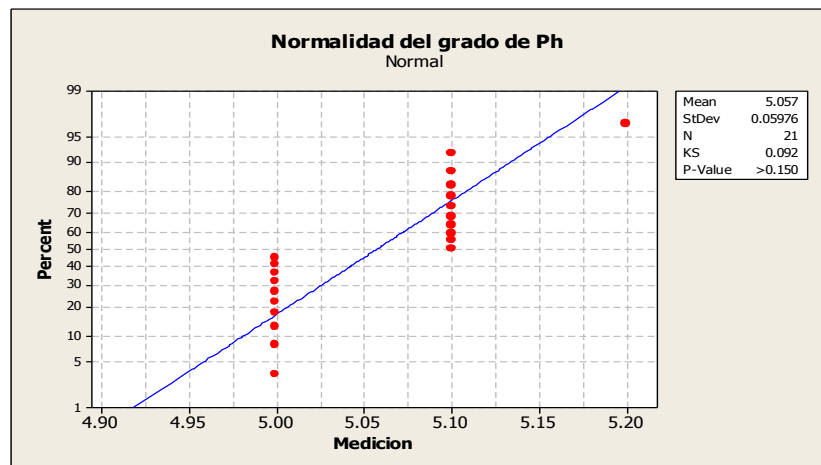


Figura 4.19 Prueba de normalidad para el grado de pH  
Elaboración propia



**b. Valor de Cp**

El valor de Cp, lo hallamos en la figura 4.20, el cual nos indica que el proceso si es capaz ( $Cp=2.65$ )

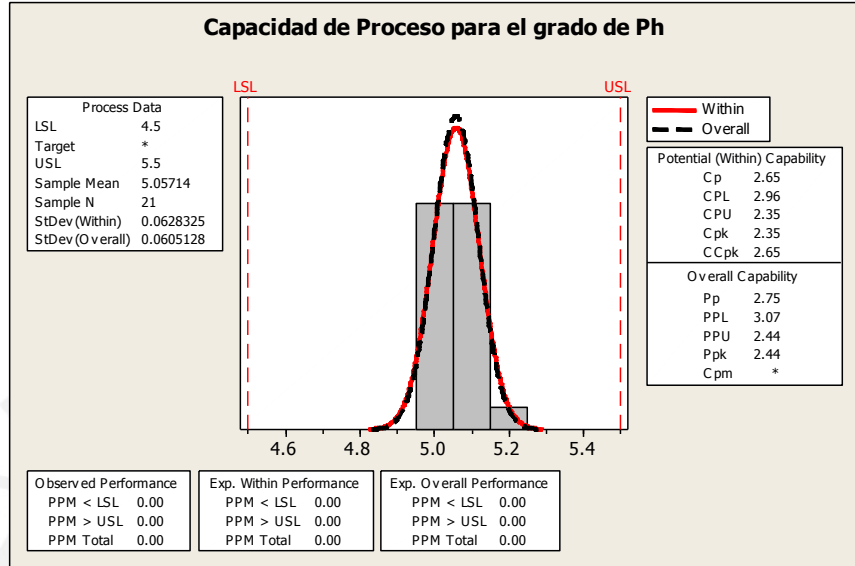


Figura 4.20 Capacidad de proceso para el grado de pH.  
Elaboración propia

**4.3.4.3 Capacidad de proceso para los productos no conformes**

Se diseñó una prueba de normalidad para verificar si los datos se ajustan a una distribución hipotética basada en un examen visual.

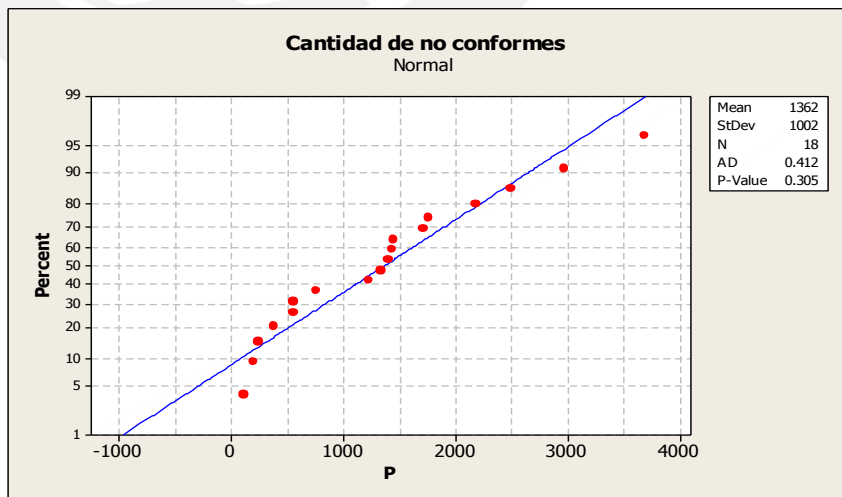


Figura 4.21 Prueba de normalidad para los no conformes  
Elaboración propia.

Se analiza el gráfico 4.21, los puntos se aproximan sobre la línea de probabilidad de la gráfica y obtiene un valor de P-val.,

mayor al nivel de significación, por lo tanto el modelo se aproxima a la distribución normal.

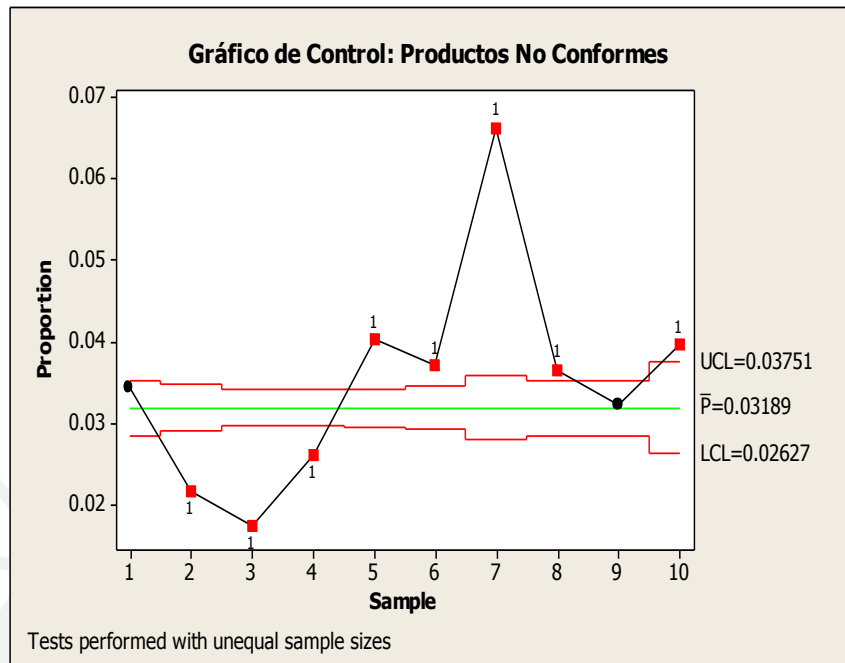


Figura 4.22 Capacidad de proceso para los productos no conformes  
Elaboración propia.

Para el caso de capacidad de proceso por atributos, el procedimiento es más sencillo dado que la capacidad del proceso es la línea central de la gráfica de control, la cual podemos apreciar en la figura 4.22, se tiene un valor de 0.03, esto significa que el 3% de los productos en promedio son no conformes y el proceso se encuentra fuera de control, es por ello que se considera que el proceso es un buen candidato a mejorar.

#### 4.3.5 Nivel Six Sigma

El nivel Six Sigma evalúa el proceso basado en el nivel sigma, con la finalidad de estandarizar dicha evaluación, para ello se toma un valor de 20, para la oportunidad por unidad, dado que son estos los tipos de defectos que se pueden presentar en la impresión offset.

Num.	Defecto	Num.	Defecto
01	Tonalidad de color	11	Vetas
02	Repintes	12	Franjas
03	Engrase	13	Manchas
04	Registro	14	Impresión incompleta
05	Descentrados	15	Excesiva ganancia de punto
06	Impresión borrosa	16	Color equivocado
07	Arrugado	17	Impresión no resistente a la fricción
08	Arañados por la pinza	18	Transferencia de tinta
09	Puntos o Poros	19	Roturas
10	“Ojitos”	20	Impresión en áreas de no imagen

Tabla 4.15 Tipos de defectos en la impresión offset  
Elaboración propia

El estudio se realiza en un periodo de corto plazo.

Descripción	
Unidades	33,864
Oportunidades por Unidad	20
Defectos	1080
Sigma Shift	1.5
DPU	0.03
DPMO	1595
Defectos (%)	0.16
Yiel (%)	99.84%
Nivel Sigma	4.45

Tabla 4.16 Nivel Sigma del proceso  
Elaboración propia

El proceso tiene un nivel sigma de 4.45.

## 5. DESARROLLO DE LA FASE DE ANALISIS

### 5.1 Identificación de causas raíces o fuentes de variación

En el punto 4.3.1 variables a medir, se identificó las variables del proceso las cuales además son las causas por las cuales surgen las variaciones en las tonalidades del color, es decir, la densidad de la tinta, la conductividad de la solución de la fuente, el grado de pH de la solución de fuente y el tipo de material, tienen un grado de significación (los cuales se demostrará en puntos posteriores) en el producto final, en nuestro caso la tonalidad del color.

Las fuentes de variación podemos apreciarlas en el anexo 13: Diagrama de Causa-Efecto para el efecto de la variabilidad de colores.

El pH de la solución de fuente fue descartada de los factores, debido a que se llevo a comprobar que el grado pH sufre una mínima variabilidad dentro de los rangos estándares (4.5 – 5.5), es decir, el grado de pH se mantiene “taponeado”.

### 5.2 El Diseño de experimentos

En el presente trabajo se realizó un diseño de experimentos como parte del método científico - estadístico y una de las formas en que se aprende acerca de cómo funciona el proceso de producción de hang tags.

En el diseño de experimento se realizó una serie de pruebas en las cuales se induce cambios en las variables de entrada del proceso, de manera que sea posible observar e identificar las causas de las variaciones en la variable de salida.

El objetivo que se busca lograr con el diseño de experimento es mejorar el rendimiento y reducir la variabilidad del proceso.

### 5.3 Metodología a emplear para el diseño de experimentos

- Como primer punto se identificó el principal problema por el cual atraviesa la empresa el aumento de considerable de los hang tags fuera de tono de color, los cuales son rechazados por el control de calidad de la organización y el cliente.
- Como segundo punto se tiene elegido que factores se van a utilizar para el diseño de experimentos y sus respectivos niveles específicos de cada uno de ellos.
- Como tercer punto se tiene enfocado la variable de respuesta o variable dependiente, los hang tags fuera de tono de color.

- La elección del diseño experimental. Este cuarto punto se puede simplificar si los anteriores puntos se identificaron de manera adecuada. En nuestro caso se empleará un diseño de experimentos factoriales completo, con 3 factores ( $k=3$ ), 2 niveles para cada factor y 2 replicas para cada experimento.
- Al realizarse el experimento se verifica que todo este según lo planeado para así evitar los errores.
- Para el análisis de datos se utilizará herramientas estadísticas.

#### 5.4 Los Experimentos

Para realizar los experimentos primero se realizó un producto patrón, el cual nos servirá como guía para la identificación de los productos no conformes. Este producto patrón fue producido bajo las siguientes características:

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Densidad de la tinta	1.85 D
Conductividad del sol. de fuente	1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
Tipo de material	Blanco - Amarillo (+1)

Tabla 5.1 Características iniciales del patrón o muestra.  
Elaboración propia

Los experimentos se basarán de:

Factores	Nivel 1	Nivel 2
Densidad de la tinta	1.8 D	1.9 D
Conductividad del sol. de fuente	1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .	2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
Tipo de material	Blanco – Azulino (-1)	Blanco –Amarillo (+1)

Tabla 5.2 Los factores y sus respectivos niveles  
Elaboración propia

Para todos los experimentos se utilizó el mismo universo de hang tag:

Cantidad de pliegos por experimento	5 pliegos
Panon (número de hang tag por pliego)	30 HT/pliego
Total de hang tags por experimento	150 HT

Tabla 5.3 Cantidad de hang tags por experimento  
Elaboración propia

### 5.5 Tabla de experimentos

EXP.	FACTORES			INTERACCIÓN DE FACTORES				Comb	% NO CONFORMES	
	D	C	M	DC	DM	CM	DCM		REPLICA 1	REPLICA 2
1	-	+	+	-	-	+	-	(1)	5%	4%
2	-	+	-	-	+	-	+	a	41%	47%
3	+	+	+	+	+	+	+	b	19%	17%
4	+	+	-	+	-	-	-	ab	61%	69%
5	-	-	+	+	-	-	+	c	15%	11%
6	-	-	-	+	+	+	-	ac	51%	45%
7	+	-	+	-	+	-	-	bc	15%	17%
8	+	-	-	-	-	+	+	abc	77%	83%

Tabla 5.4 Tabla de experimentos  
Elaboración propia

En el presente cuadro se muestra los diferentes experimentos que se realizaron, con sus respectivas características y resultados, es decir, el porcentaje de productos no conformes.

### 5.6 Análisis de resultados de los experimentos

Al finalizar cada uno de los experimentos se analizó la variable porcentaje de no conformes.

#### 5.6.1 El Diagrama de Pareto

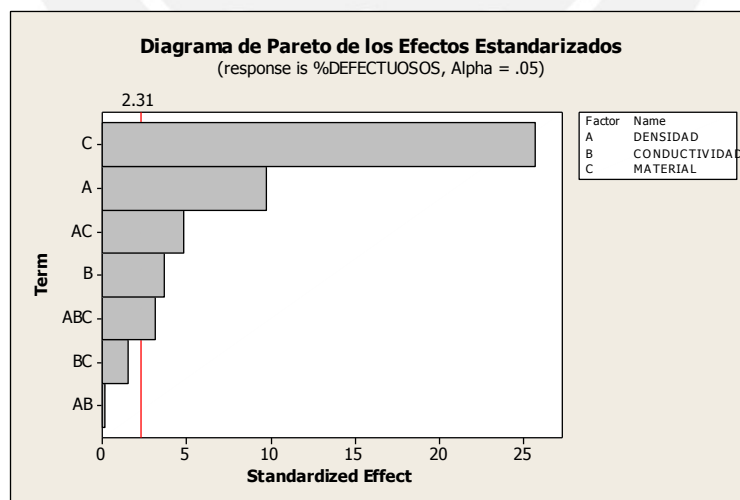


Figura 5.1 Diagrama de Pareto para el diseño factorial completo  
Elaboración propia.



Al ver el diagrama de Pareto, vemos que el factor Material, la densidad, la interacción material-densidad, la conductividad y la interacción de los tres factores son significativos estadísticamente.

### 5.6.2 Gráfico de probabilidad normal

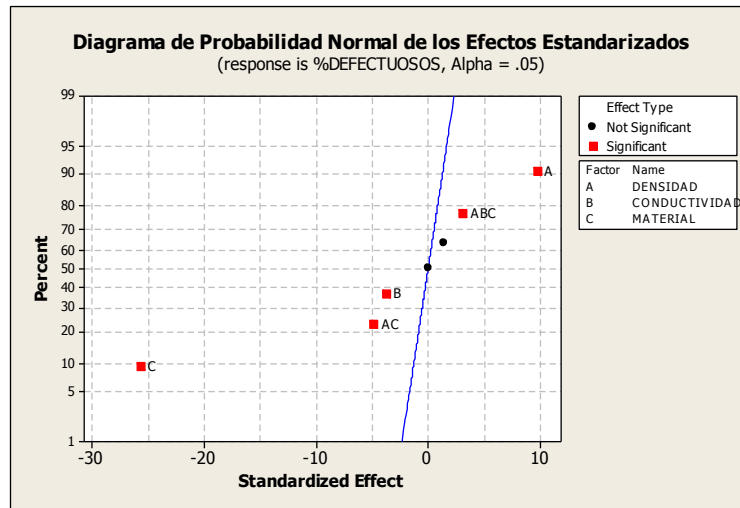


Figura 5.2 Diagrama de probabilidad normal para los efectos.  
Elaboración propia

Revisando la figura 5.2, los factores densidad, material, conductividad, la interacción densidad material, la interacción densidad – conductividad y material, son todos ellos importantes.

### 5.6.3 Análisis estadístico

Términos	Efecto	Coef.	SE Coef	T	P
Constant	0.3588	0.0091	39.420	0.00	0.000
DENSIDAD	0.1775	0.0887	0.0091	9.75	0.000
CONDUCTIVIDAD	-0.0675	-0.0338	0.0091	-3.71	0.006
MATERIAL	-0.4675	-0.2338	0.0091	-25.69	0.000
DENSIDAD*CONDUCTIVIDAD	0.0025	0.0013	0.0091	0.14	0.894
DENSIDAD*MATERIAL	-0.0875	-0.0437	0.0091	-4.81	0.001
CONDUCTIVIDAD*MATERIAL	0.0275	0.0138	0.0091	1.51	0.169
DENSIDAD*CONDUCTIVIDAD*MATERIAL	0.0575	0.0288	0.0091	3.16	0.013

S = 0.0364005 R-Sq = 99.01% R-Sq(adj) = 98.15%

Tabla 5.5 Tabla del análisis Anova para el diseño factorial completo  
Elaboración propia

Al ver la tabla 5.5, el valor de P definido como el mínimo valor de rechazo, se utiliza para ver si un factor tiene efecto alguno sobre la variable de salida (Y), si el valor de alfa ( $\alpha$ ) es mayor o igual que el valor P de un factor, se puede llegar a la conclusión de que dicho factor tiene influencia en la

variable de salida. Para nuestro caso el alfa es de 0.05 y que la densidad, la conductividad, el material, la interacción de la densidad – material y la interacción de los tres factores son estadísticamente significativas, es decir, se llega a la misma conclusión que el diagrama de Pareto. El valor de R-Sq (adj) de 98.15 %, indica el porcentaje de variación de la respuesta explicada por el modelo.

#### 5.6.4 El Diagrama de Efectos Principales

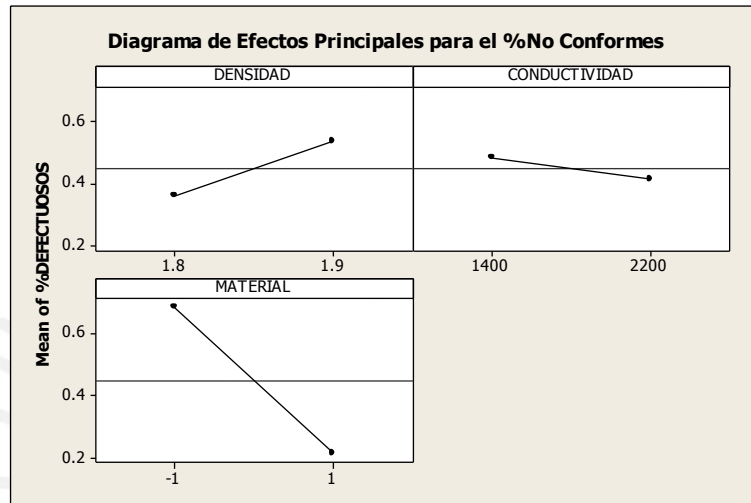


Figura 5.3 Diagrama de los efectos principales para el diseño factorial completo  
Elaboración propia

Al ver el primer diagrama de la densidad, se llega a la conclusión de que a medida que la densidad aumenta el porcentaje de no conformes lo hace de igual manera. Al ver el segundo diagrama de la conductividad tiene un menor efecto. Finalmente al ver el tercer diagrama de material, vemos que si utilizamos un material igual al patrón el porcentaje de no conformes es menor en un gran margen a que si se utiliza un material diferente.

En conclusión el tipo de material tiene un efecto más grande que la densidad y la conductividad.

### 5.6.5 El Diagrama cúbico

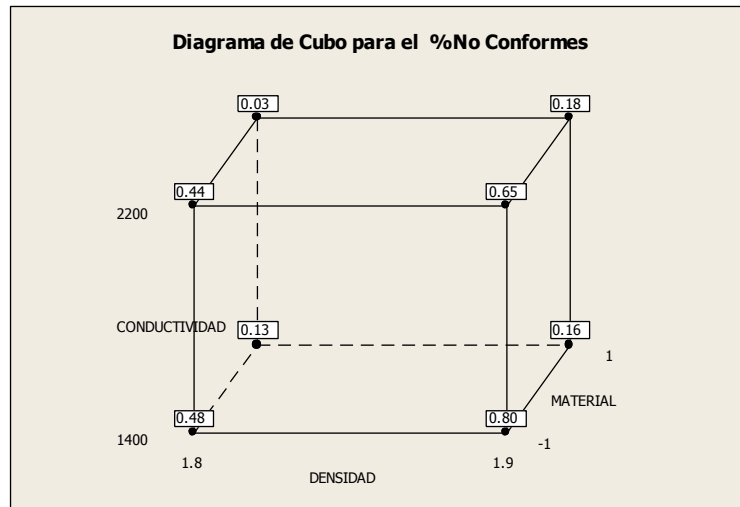


Figura 5.4 Diagrama de cubo que muestra los valores de las diferentes combinaciones para los valores bajos y altos de los factores. Elaboración propia.

El Diagrama cúbico muestra la combinación de los niveles de los diferentes factores, como podemos apreciar la menor cantidad de productos no conformes se presenta cuando se utiliza un mismo material al patrón (del tipo 1), con una conductividad por encima del que fue producido el patrón (2000  $\mu\text{s}/\text{cm}.$ ) y una densidad por debajo del patrón (1.8), ello nos da un valor de 0.03.

### 5.6.6 El Diagrama de interacción

Al ver la figura 5.5 el no paralelismo densidad y el tipo de material, nos indica una interacción y según el diagrama de Pareto, este es estadísticamente significativo. De igual modo sucede para el caso de conductividad y tipo de material pero a diferencia de que no es estadísticamente significativa.

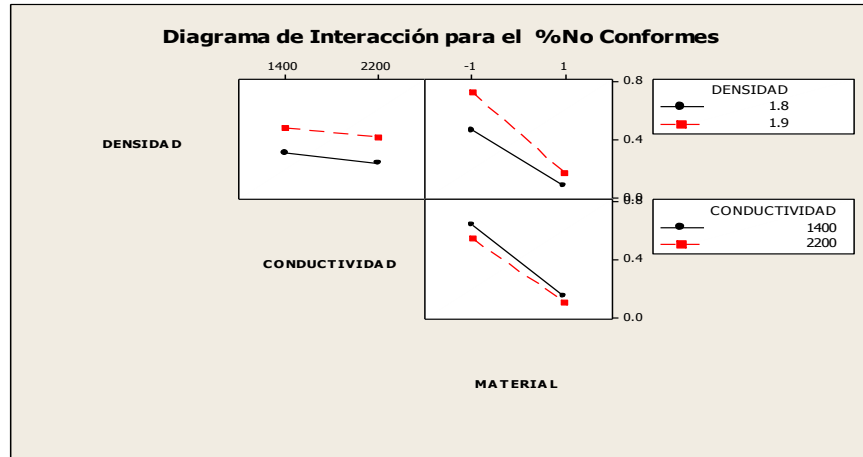


Figura 5.5 Diagrama de las interacciones para el porcentaje de no conformes  
Elaboración propia.

### 5.6.7 Análisis de los Valores Residuales y Ajustes

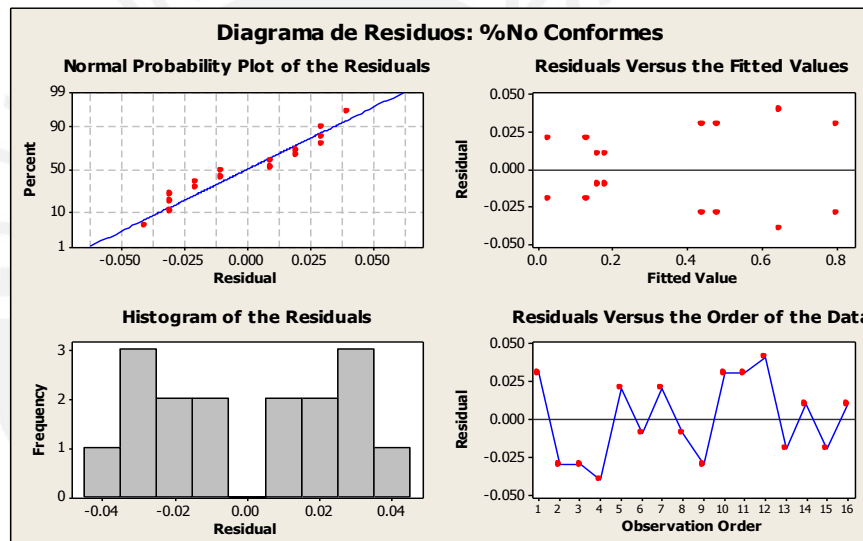


Figura 5.6 Diagrama de la normalidad de los residuales.  
Elaboración propia

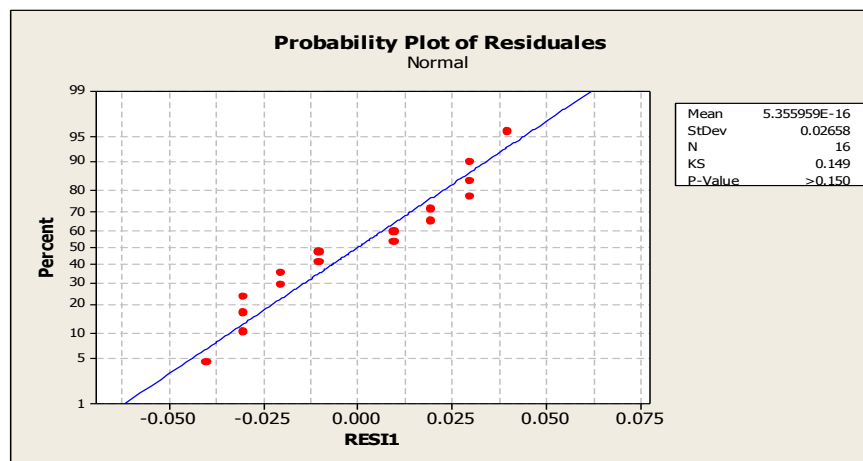


Figura 5.7 Normalidad de los residuales  
Elaboración propia

Al ver la figura 5.6 y 5.7 de los valores residuales, se identificó una normalidad de los residuales dado que el Pval es mayor a 0.05, esto apoya la conclusión de que los factores son los únicos de efecto significativo, se verificó además que los residuos son independientes, por otra parte, en el histograma de los residuales no se aprecia una curva normal, esto posiblemente debido a que el tamaño de muestra es pequeño. La gráfica de residuales-estimados, la utilizamos para verificar que no se omite ningún término cuadrático y demostrar que la variación es constante a través de todos los valores ajustados, además se observa que las longitudes de las “líneas” verticales no son iguales, sus diferencias son mínimas, por lo tanto se acepta la suposición de varianza constante.

En la gráfica de independencia se observa aproximadamente una simetría debido posible a la mínima diferencias entre los valores obtenidos en las replicas del experimento, por otra parte las fluctuaciones aleatorias en la banda horizontal (sobre el cero) apoya la independencia.

#### 5.6.8 Ecuación de predicción para el modelo reducido

Se descarta los factores que no son significativos, densidad – conductividad y conductividad-material, se realiza nuevamente la corrida en el programa estadístico; dando como resultado los factores restantes como significativos, con ello se calcula la ecuación de predicción para un modelo reducido que viene determinada por:

$$\begin{aligned} \% \text{ No conformes} = & -2.77313 + \text{DENSIDAD} * 1.77500 + \text{CONDUCTIVIDAD} * \\ & 8.4375\text{E-}05 + \text{MATERIAL} * 1.38500 + \text{DENSIDAD} * \text{MATERIAL} * -0.910310 + \\ & \text{DENSIDAD} * \text{CONDUCTIVIDAD} * \text{MATERIAL} * 1.96168\text{E-}05. \end{aligned}$$

Tabla 5.6 Ecuación de predicción para el modelo reducido  
Elaboración propia

#### 5.6.9 El Gráfico circular de la suma ajustada de cuadrados

Al visualizar la figura 5.8 se aprecia que el porcentaje de error es irrelevante, lo que nos indica que no cabe otro factor en el análisis.

El factor con mayor porcentaje es el material seguido por el factor densidad.

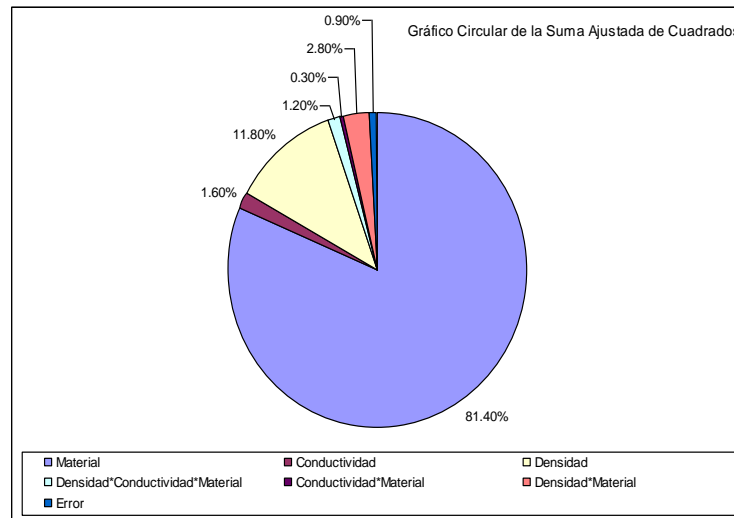


Figura 5.8 Gráfico circular de la suma ajustada de cuadrados  
Elaboración propia.





## 6. DESARROLLO DE LA FASE DE MEJORA

Se determinó en el punto 4 de la presente tesis, que la tonalidad de color, es un requerimiento del tipo obligatorio y según la definición del problema (punto 3.4) se detalló que las quejas y reclamos en el periodo de Enero-Junio han sido exclusivamente por este tipo de defecto, es decir, la Organización no está cumpliendo con un requerimiento que es obligatorio para el cliente, causándole así una insatisfacción.

Una vez definida la situación actual, se comienza a mejorarla, en este caso a minimizar las cantidades de productos no conformes, para ello se buscará optimizar los valores de los principales factores.

### 6.1 Optimización de la respuesta

Se definieron los tres principales factores: densidad, conductividad y el tipo de material.

Optimización de la Respuesta						
Parameters						
Goal		Lower	Target	Upper	Weight	Import
%DEFECTUOSOS	Minimum	0.01	0.01	0.05	1	1
Global Solution						
DENSIDAD	=	1.8				
CONDUCTIVIDAD	=	2200.0				
MATERIAL	=	1.0				
Predicted Responses						
%DEFECTUOSOS	=	0.03,	desirability =	0.5		
Composite Desirability = 0.50000						

Figura 6.1 Optimización de la Respuesta  
Elaboración propia

Al ver la figura 6.1, se aprecia que para minimizar el porcentaje de no conformes a un 1.0%, se debe fijar la densidad a un valor de 1.8 D, la conductividad a un valor de 2200  $\mu\text{S}/\text{Cm.}$ , y utilizar el material de tipo 1.

Si la deseabilidad tiene un valor de cero (0) indica que no hay conformidad con la meta deseada, mientras que si la deseabilidad alcanza un valor de 1, se dice que se tiene una conformidad total, para nuestro caso vemos que la deseabilidad tiene un valor de 0.5.

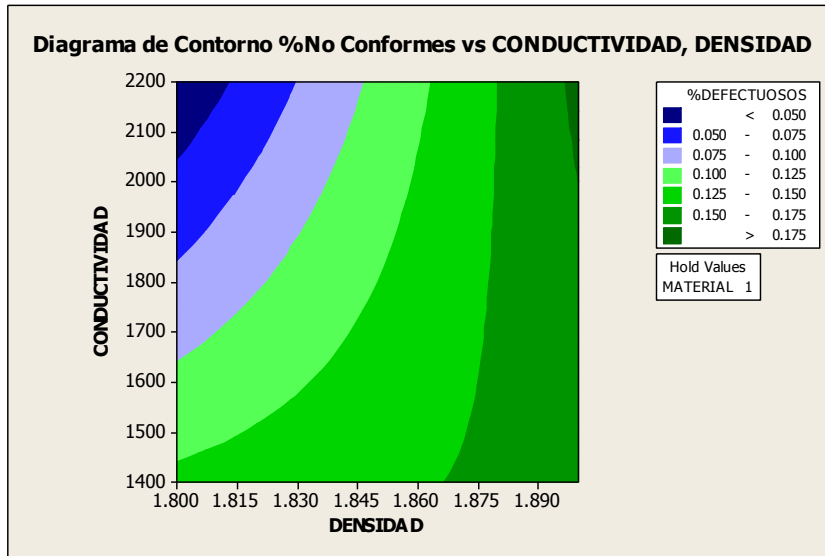


Figura 6.2 Diagrama de contorno para el tipo de material 1  
Elaboración propia

Al analizar la figura 6.2, nos indica las áreas de porcentaje de no conformes esperados según los valores de conductividad y densidad.

Para alcanzar el menor valor de porcentaje de no conformes (0.14%) se debe trabajar dentro del área señalada.

Pero en el trabajo diario se presentara situaciones en donde se tendrá que utilizar un tipo de material diferente, es decir, del tipo -1 y manteniendo los valores óptimos de densidad y conductividad se obtiene:

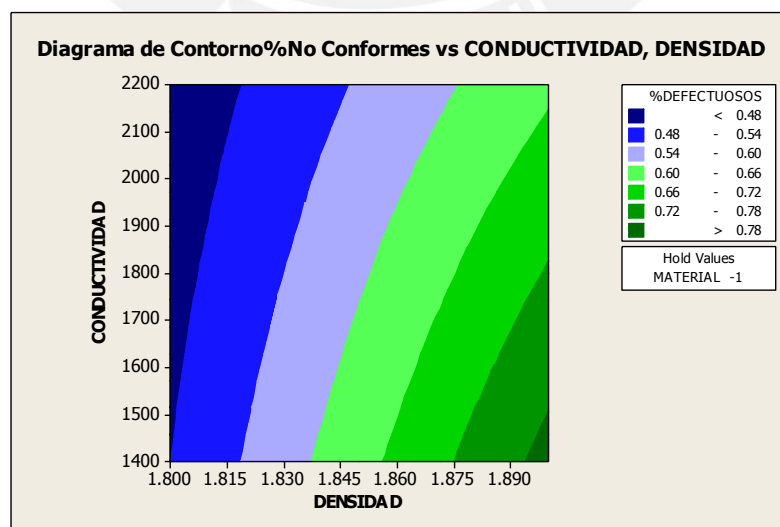


Figura 6.3 Diagrama de contorno para el tipo de material -1  
Elaboración propia

En este caso para la figura 6.3, se puede apreciar que el porcentaje de no conformes es mayor al caso anterior. Esto nos quiere decir que es de suma importancia realizar un control del material antes de impresión.

Si el material a imprimir no es semejante al patrón, es recomendable no realizar la impresión, pues como consecuencia se obtendrá un alto porcentaje de productos no conformes.

En conclusión:

- Aumentar la conductividad a un valor mayor a 2200  $\mu\text{s/cm.}$ , y mantener la densidad a 1.80D, estamos utilizando un agua muy dura, como consecuencia presenta una emulsificación de la tinta (la tinta recibe mucha agua) se presenta problemas como áreas de imagen sin imprimir, rayado de imagen, problemas en el secado de pliegos, en general una pobre calidad de impresión.
- Disminuyendo la conductividad a un valor menor de 1400  $\mu\text{s/cm.}$ , y manteniendo una densidad de 1.80 D, estamos utilizando una agua muy blanda, como consecuencia presenta una contaminación de la placa y la batería de la máquina offset, dado que la limpieza es muy lenta a falta de agua, se ocasiona “velo” durante la impresión y entonamiento, es decir, las áreas de no imagen toman tinta.
- Al modificar el valor de la densidad y manteniendo una conductividad de 2200  $\mu\text{s/cm.}$ , se obtienen productos con tonalidades diferentes a las muestras o parámetros.

## 6.2 Planes de acción

### 6.2.1 Capacitaciones al personal.

En la presente tesis no sólo basta plantear los valores óptimos a los cuales debe trabajar el proceso de impresión offset; sino además se tiene que tener en cuenta el factor humano, ya que, tal como se vio en el punto 4: La fase de medición, los operarios arrojaron índices de deficiencias en lo relacionado a la percepción de color, es por ello que se plantea capacitar al personal con la finalidad de corregir estas deficiencias y reforzar sus conocimientos teóricos y así obtener óptimos resultados. En ese sentido, la capacitación sería en base a temas relacionados:

- Densitometría y medición
- La Solución de fuente
- Teoría del color

- Uso de tintas y posibles combinaciones.

Es por ello que se plantea un programa de capacitación al personal, el cual deberá programarse trimestralmente, dado que el personal se renueva en este periodo (ver anexo 15: Programa de capacitación).

### 6.2.2 Elaboración de instrucciones de trabajo.

La documentación es un punto también importante a la hora de realizar los trabajos, pues sirven como apoyo. La incorporación de una instrucción de trabajo que se adapte a la realidad del proceso, de útil y de fácil entendimiento nos ayudará a estandarizar el trabajo. (Ver el anexo 16: Instrucción de trabajo para la impresión offset).

### 6.2.3 Calibración de equipos.

La calibración de los equipos de medición que se utiliza en la parte operativa es un punto relevante a la hora de realizar los trabajos y tal como se vio en el punto 5: Desarrollo de la fase de medición, el espectrofotómetro y el conductímetro son instrumentos de gran importancia al momento de la impresión y habilitado de la máquina offset, es por ello; que los resultados obtenidos en el estudio Gage R&R, sirvieron para realizar la calibración de los equipos, pero las calibraciones deben realizarse periódicamente para así operar en condiciones óptimas.

#### a. Calibración del conductímetro / pHmetro

Los instrumentos deberán ser calibrados:

- Cuando el electrodo es reemplazado.
- Al menos una vez al mes.
- Después de medir soluciones químicas.
- Cuando una extrema precisión es requerida.

Las especificaciones del instrumento se pueden visualizar en el anexo 17: Especificaciones del instrumento de medición de pH y conductividad.

#### b. Calibración del espectrofotómetro

El instrumento es calibrado por el proveedor del equipo, el cual recomienda realizar las calibraciones bajo el método de comparación directa a través de MRC (caracterización de materiales de referencia), en un periodo trimestral.

Finalmente para mantener un control de las calibraciones se plantea un formato de calibración y renovación de equipos. Ver anexo 18: formato de calibración y renovación de equipos.

## 7. DESARROLLO DE LA FASE DE CONTROL

La fase de control verifica las mejoras para asegurar que se haya cumplido con los objetivos y que sean sostenidas en el tiempo. Se encarga de investigar el estado del proceso una vez más con un gráfico de control, con el fin de determinar la calidad de la mejora.

En nuestro caso, debido a que se reduce el porcentaje de hang tags rechazados por la tonalidad de color; es necesario mantener este índice de mejora para futuras producciones.

### 7.1 Gráfico de control para la densidad de la tinta después de la mejora

Para llevar el control de la densidad de la tinta, el operario mantiene un control permanente tomando una muestra aleatoria durante la producción, el objetivo es mantener la densidad en 1.80D.

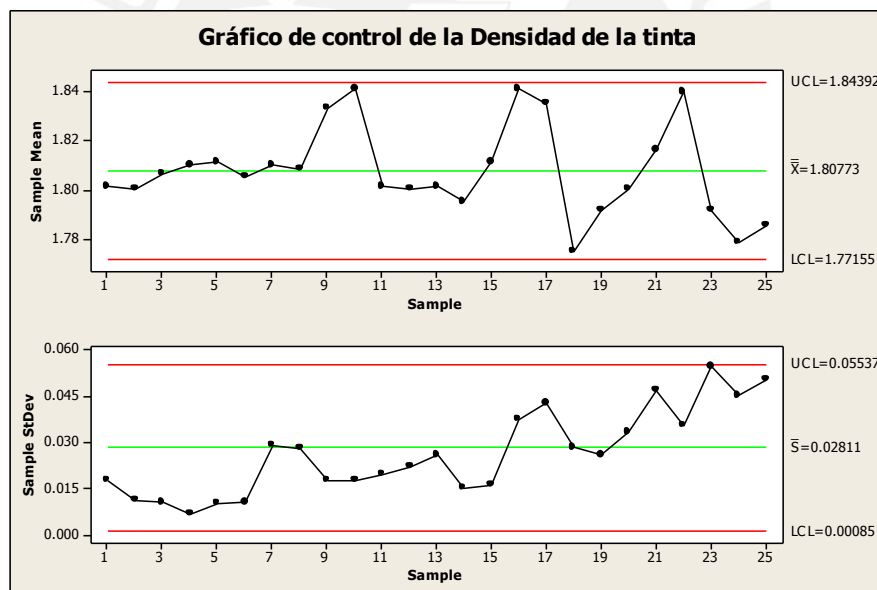


Figura 7.1 Gráfico de control para la densidad de tinta  
Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 7.1 la densidad de la tinta se mantiene dentro de los límites de control y los nuevos límites de especificación (1.75D-1.85D), además se logra observar un patrón de corrida de la densidad, debido a que la tinta tiende a acumularse en los rodillos y para mantener la tinta estable, el operador debe limpiar la placa o regular la caída de la tinta.

### 7.2 Gráfico de control de la conductividad después de la mejora.

El objetivo es mantener la conductividad en 2,200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , los límites de especificación se han reducido debido a que no es viable tener una conductividad muy por encima de los 2,300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ., dado a que se produce otro tipo de defecto, es por ello que el equipo definió los nuevos límites de especificación (2,100 – 2,300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .)

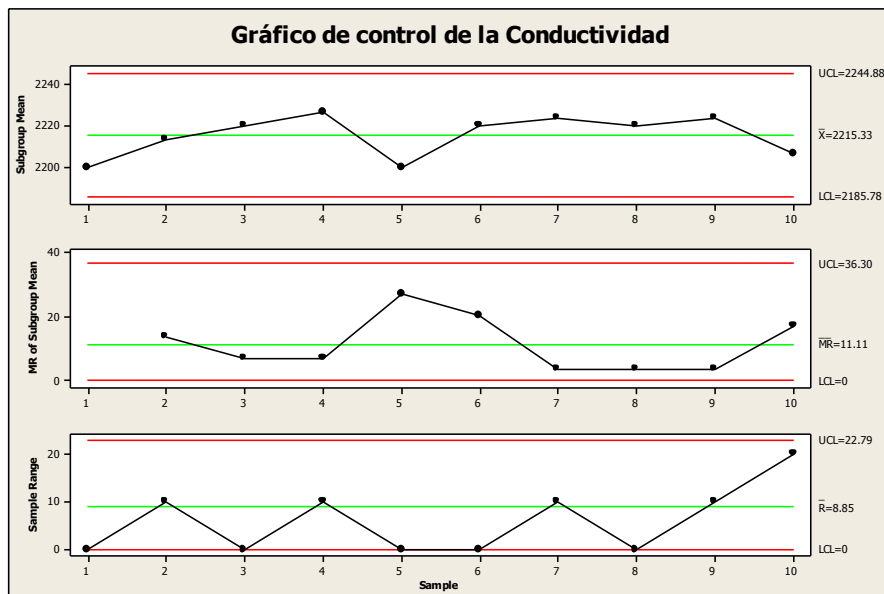


Figura 7.2 Gráfico de control para la conductividad  
Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 7.2 no se tiene puntos fuera de los límites de control, ni de los nuevos límites de especificación.

La tendencia de la conductividad se mantiene en el tiempo dado que el operario añade alcohol isopropílico al ver que la conductividad aumenta

La conductividad tiende a aumentar debido a la contaminación que se genera por los residuos del papel.



### 7.3 Capacidad de proceso después de la mejora.

#### 7.3.1 Capacidad de proceso de la densidad de tinta.

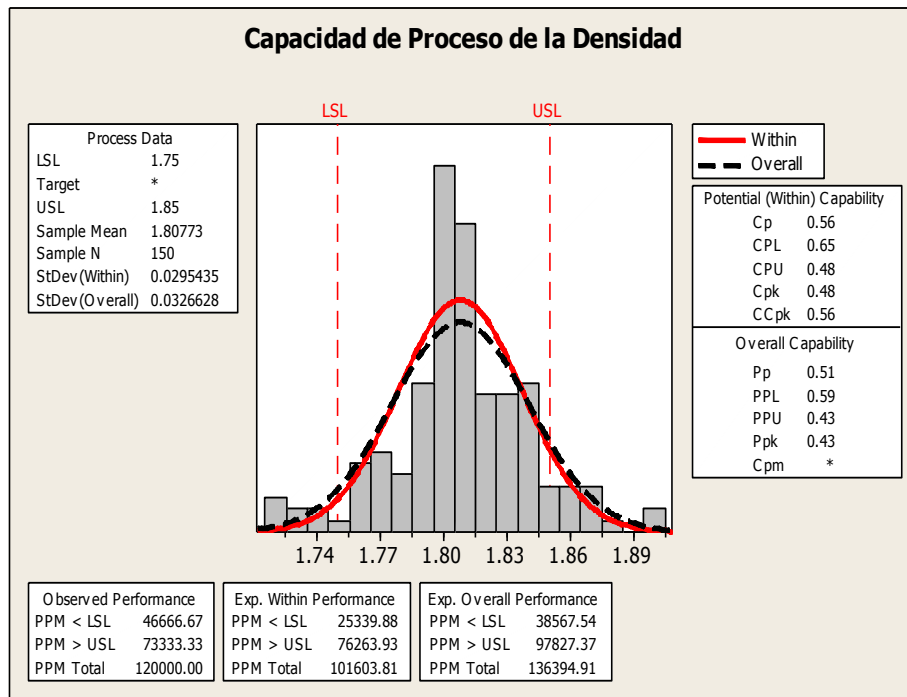


Figura 7.3 Capacidad de proceso de la densidad de la tinta  
Elaboración propia

Al revisar la figura 7.3, se aprecia un valor de Cp de 0.56, mejorando en un 5.7%, pero aun siendo un proceso No capaz, además la media del proceso es algo inferior al objetivo y que la cola izquierda y derecha de la gráfica caen fuera de los límites de especificación, esto significa que veremos ocasionalmente productos que no cumplen con las especificaciones del cliente. El índice Cpk nos sirve para determinar si el proceso generará unidades que verifiquen las especificaciones, en nuestro caso es de 0.48 el cual ha mejorado en un 220%.

Por último el valor de PPM es de 136,394.91 el cual ha reducido en un 64%.

### 7.3.2 Capacidad de proceso de la conductividad

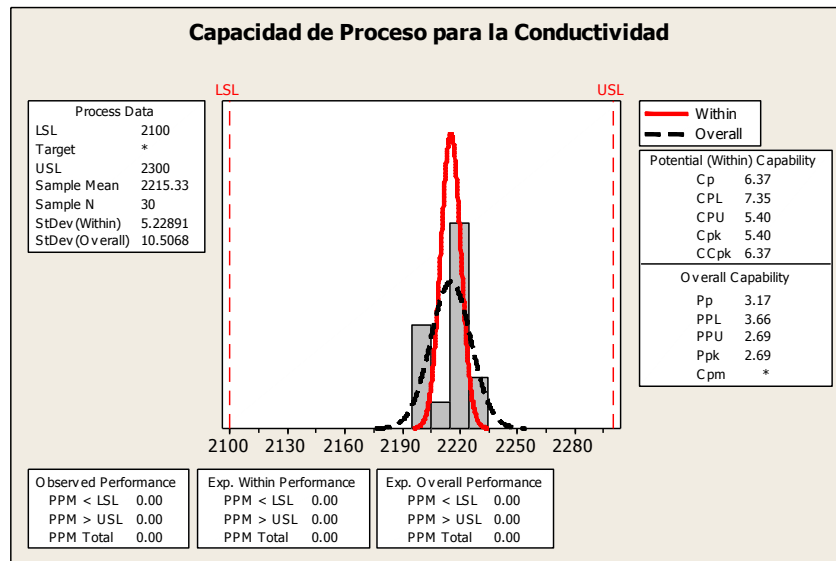


Figura 7.4 Capacidad de proceso para la conductividad.  
Elaboración propia

Al revisar la figura 7.4, se aprecia un valor de Cp de 6.37, siendo un proceso capaz, pero ha disminuido en valor debido a que los límites de especificación se han reducido (2,100 – 2,300  $\mu\text{s/cm}$ ).

Se aprecia además que la media del proceso es algo inferior al objetivo y que la cola izquierda y derecha de la gráfica caen dentro de los límites de especificación.

### 7.3.3 Capacidad de proceso para los productos no conformes

Según la figura 7.5, la capacidad de proceso es de 0.01, lo cual indica que después de la mejora el proporcional de no conformes por tonalidad de color ha disminuido de  $p=3\%$  a  $p=1\%$ .

El gráfico de control se encuentra en control estadístico, pero todavía no presenta una estabilidad en el tiempo, aun se presenta variabilidad entre lotes de producción, esto es debido a que aun se utiliza en producciones materiales con una mínima diferencia de color, dado que se tiene que consumir los stocks de almacén.

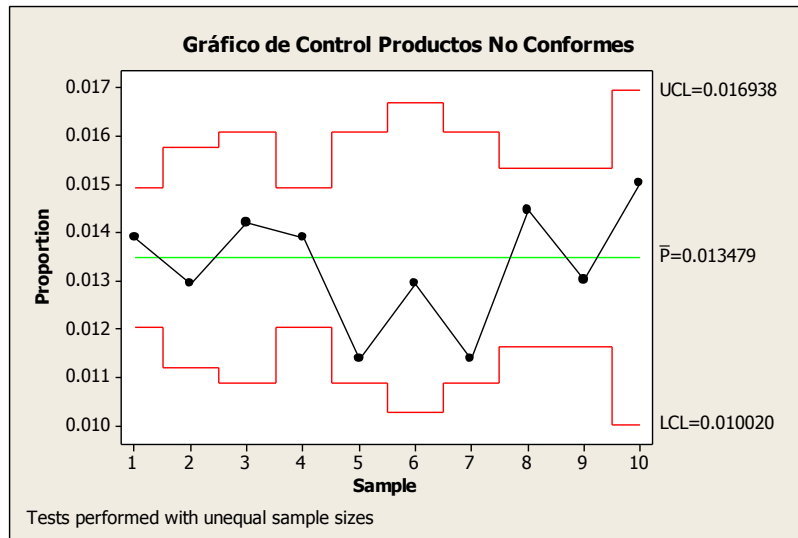


Figura 7.5 Gráfico de control para los productos no conformes  
Elaboración propia

### 7.3.4 Nivel Six Sigma después de la mejora

Descripción	
Unidades	28192
Oportunidades por Unidad	20
Defectos	554
Sigma Shift	1.5
DPU	0.02
DPMO	983
Defectos (%)	0.10
Yiel (%)	99.9%
Nivel Sigma	4.59

Tabla 6.1 Nivel Sigma del Proceso

Elaboración propia.

Fuente: [http://www.isixsigma.com/sixsigma/six\\_sigma\\_calculator.asp?m=advanced](http://www.isixsigma.com/sixsigma/six_sigma_calculator.asp?m=advanced)

Para nuestro proceso de impresión, al tomar una muestra promedio de 10 lotes, se llega a la conclusión que el nivel sigma ha mejorado de 4.45 a 4.59, es decir mejoró en aproximadamente 3.0%.

## 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica es una manera de medir y comparar los diversos beneficios de los recursos que se utilizan en la organización.

El proceso de impresión offset realiza una producción continua del producto, para ello se estima la capacidad de producción del proceso.

Producción Semanal			
Velocidad de la máquina	7500	Pliegos / hora	
Tiempo disponible	40	Horas / Semana	
Capacidad de impresión	300,000	Pliegos / Semana	
Secuencia de impresión	Nro. Pases	Pliegos	Horas
Verde + Rojo	2	150,000	20
Negro	2	150,000	20
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>300,000</b>	<b>40</b>

Tabla 7.1 Producción semanal de impresión antes de la fase de mejora.  
Elaboración propia.

La máquina Offset, que para nuestro caso es una Heidelberg MO de 2 cuerpos tiene en promedio una disponibilidad de 40 horas semanales efectivas de producción, utilizando las 8 horas semanales restantes a los habilitados de maquina, mantenimiento preventivo o correctivo, etc., además trabaja aproximadamente a una velocidad de 7,500 pliegos por hora, ello nos da una capacidad de impresión de 300,000 pliegos por semana.

El producto en estudio es un hang tag de 3 colores (verde, rojo y negro) impreso por la tira (cara principal del hang tag) y retira (reverso del hang tag). La secuencia de impresión para el producto es verde y rojo de la tira en un primer pase, el color negro en un segundo pase, luego se imprime la retira; el color negro en un tercer pase y finalmente el cuarto pase el color rojo y verde. Por tal motivo, al realizar 4 pases de 75,000 pliegos, equivale a decir que se esta produciendo 300,000 pliegos, en un tiempo aproximado de 40 horas.

De los 75,000 pliegos a producir, el 15% es utilizado como demasía, es decir, pliegos que son utilizados para pruebas de color, pliegos que van a tener algún tipo de defecto, etc.

Cantidad de productos conformes		
	Unidades	Pliegos
Capacidad de producción	900,000	75,000
Demasía (15%)	135,000	11,250
Total productos conformes	765,000	63,750

Tabla 7.2 Cantidad de productos conformes antes de la fase de mejora  
Elaboración propia.

Según la tabla 7.2, se produce de 765,000 hang tags conformes por semana. Un siguiente paso es elaborar y revisar los costos de producción en las secciones, pero para nuestro caso; se evalúa los costos generados en la sección de impresión.

Costo por Pedido Semanal en la sección de impresión					
Descripción	Precio Unitario	U.M	Cantidad	U.M	Total
Mano de Obra	3.5	\$/hora	48.0	Hora	\$ 168.0
Placa Ultraplate	2.5	\$/placa	4.0	placa	\$ 10.0
Verde Escarlata Ecolcart	10.0	\$/kg.	21.0	Kg.	\$ 210.0
Rojo Sangre Ecolcart	8.0	\$/kg.	11.0	Kg.	\$ 88.0
Negro Infinito	9.0	\$/kg.	11.0	Kg.	\$ 99.0
Sol. Fuente Grafinal	3.0	\$/L.	2.5	L	\$ 7.5
Costo H-M MO-2 Heidelberg	23.0	\$/hora	48.0	hora	\$ 1,104.0
Folcote cal. 12 80 x 75 cm.	25.0	\$/Resma	75.0	Resma	\$ 1,593.8
				<b>Costo total</b>	<b>\$ 3,280.3</b>

Tabla 7.3 Costo por pedido semanal de hang tags.  
Elaboración propia.

El costo de impresión es de aproximadamente US \$ 3,280 dólares.

Ahora se analiza los ingresos por ventas generados al producir el producto, y verificar si es o no rentable.

Ingresos por Ventas		
Precio venta	\$ 15	\$ / Millar
Ingreso por ventas semanal	\$ 11,475	\$ / Semanal
Ingreso por ventas anual	\$ 550,800	\$ / Año

Tabla 7.4 Ingresos por ventas antes de la fase de mejora.  
Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 7.4 el ingreso anual por 765, 000 hang tags es de US \$ 11,475 dólares o equivalentemente a US \$ 550,800 dólares anuales. El ingreso por venta anual del producto representa el aproximadamente el 31% de la facturación anual de la organización.

El costo de las secciones restantes es aproximadamente US \$ 1,500.0 dólares/semana, en donde se toma en cuenta los costos de mano de obra para el acabado final (revisado, conteo, empaquetado, etc.), horas máquina (troqueladora Heildelberg), etc., por lo tanto el costo de venta del producto asciende a US \$ 4,780 dólares.

Utilidad Neta Semanal		
Ingreso por ventas	\$ 11,475	
Costo de ventas	\$ 4,780	
Utilidad bruta	\$ 6,695	
Otros gastos	\$ 900	
Utilidad neta	\$ 5,795	
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 278,148</b>	<b>anual</b>

Tabla 7.5 Utilidad neta semanal y anual del producto antes de fase de mejora. Elaboración propia.

Ejecutada la fase de mejora y control, se llego a minimizar la cantidad de hang tags rechazados por tonalidad de color, llegando utilizar como demasía un 13%, logrando así poder ofrecer al cliente una mayor cantidad de hang tags conformes semanal. Ahora se realiza la evaluación económica después de la fase de mejora y control.

Cantidad de Productos Conformes		
	Unidades	Pliegos
Capacidad de producción	900,000	75,000
Demasía (13%)	117,000	11,250
Total producto conformes	783,000	63,750

Tabla 7.6 Cantidad de productos conformes después de fase de mejora. Elaboración propia.

La organización ahora esta en la capacidad de entregar un pedido semanal de 783,000 hang tags.

Finalmente se elabora el ingreso por ventas generadas después de la mejora.



Facturación		
Precio venta	\$ 15	\$ / Millar
Ingreso por ventas semanal	\$ 11,745	\$ / Semanal
Ingreso por ventas anual	\$ 563,760	\$ / Año

Tabla 7.7 Ingresos por ventas después de la Fase de Mejora.  
Elaboración propia.

En la tabla 7.7, se puede apreciar que el ingreso por ventas anuales ascendió a US \$ 563,760 dólares/año, dando un incremento de US \$ 12,960 dólares anuales.

Los nuevos ingresos por ventas anuales del producto representan ahora el 32% de la facturación anual de la organización.

Utilidad Neta Semanal		
Ingreso por ventas	\$ 11,745	
Costo de ventas	\$ 4,780	
Utilidad bruta	\$ 6,965	
Otros gastos	\$ 900	
Utilidad neta	\$ 6,065	
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 291,108</b>	<b>anual</b>

Tabla 7.8 Utilidad neta semanal y anual del producto después de la fase de mejora  
Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 7.8, las utilidades netas anuales es de US \$ 291,108 dólares., por lo tanto comparando con las utilidades antes de la fase de mejora y control de la tabla 9.4., la organización obtendrá un aumento estimado de 4.5% de sus utilidades.

### 8.1 Indicadores económicos

El objetivo será identificar los criterios necesarios para tomar las decisiones referentes a la ejecución del proyecto.

Para nuestro caso se evalúa los costos incurridos en el proyecto tales como:

- Costo de capacitación al personal, se acordó con el equipo de trabajo los 10 temas de los cursos a dictarse dentro de las instalaciones de la organización. (ver anexo 15: Programa de capacitación).
- Costo de la prueba clínica del test de de Farnsworth – Munsell, en donde asistieron el jefe de producción, supervisor de producción y 7 impresores offset.
- El costo de un nuevo instrumento de medición, se adquirió un SpectroEye, el cual es utilizado para medir la densidad.

Nro.	Inversión	Nro. Horas	Nro. personas	Costo Unitario	Costo total	Mes
1	Densitometría y medición	3.0			S/. 240.00	3
2	La solución de fuente - conductividad y dureza	2.5			S/. 200.00	3
3	Teoría del color	2.5			S/. 175.00	3
4	El Uso de tintas y posibles combinaciones	1.5			S/. 112.50	6
5	Uso de instrumentos de medición y tablas de control	3.0			S/. 150.00	6
6	El correcto insolado y procesado de una placa	2.0			S/. 100.00	6
7	Estabilidad Tinta - Agua	2.0			S/. 100.00	9
8	La Calidad y su importancia	3.0			S/. 150.00	9
9	Círculos de la Calidad	3.0			S/. 150.00	9
10	Control de atributos y especificaciones y gráficos de control	4.0		S/. 50.00	S/. 200.00	9
	Costo Test Farnsworth – Munsell.		9	S/. 30.00	S/. 270.00	0
	Costo de Espectrofotómetro SpectroEye				S/. 17,917.00	0

Tabla 7.9 Costos de inversión del proyecto

Fuente: Registro de capacitación e inducción al personal-RRHH

Elaboración propia.

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso		S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240
Egreso	S/. 18,187			S/. 615			S/. 363			S/. 600			
Flujo neto	-S/. 18,187	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 2,625	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 2,878	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 2,640	S/. 3,240	S/. 3,240	S/. 3,240
<b>TIR</b>	<b>13.23%</b>												

Tabla 7.10 Flujo neto del proyecto

Elaboración propia.

El valor de la tasa interna de retorno (TIR), es el método que introduce el valor del dinero en el tiempo, su tasa de descuento iguala al valor actual de los beneficios y al valor actual de los costos previstos, además el valor de TIR, es la tasa de interés que hace cero el Valor Presente Neto. Como se puede apreciar en la tabla 9.9, nuestro valor TIR es de 13.23%, lo cual nos indica que mientras el inversionista tenga un valor de Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) menor al TIR, el proyecto es aceptado.



## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

Al finalizar la revisión de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores se puede detallar las siguientes conclusiones:

- a. El trabajo en equipo con el personal de la empresa es indispensable para poder desarrollar cada fase del Six Sigma, ya que aportan un conocimiento interno que permite obtener la situación actual de la organización y una visión más amplia del proceso de la empresa.
- b. El estudio de la “voz del cliente”, fue un trabajo de campo que se realizó con el apoyo del área de ventas, que a pesar de ser una tarea difícil se logró obtener los requerimientos del cliente. En base a lo experimentado es importante que el instrumento de medición sea de fácil uso y comprensión para el cliente, dado que una mala interpretación puede ocasionar errores en la medición de las variables.
- c. En la fase de definición se identifica el principal problema, para ello se realizó un estudio de los datos históricos con los que contaba la empresa; entre ellas las quejas y reclamos de los clientes.
- d. En la fase de medición fueron varias las herramientas estadísticas que se utilizaron para aplicar la metodología del Six Sigma, dentro del estudio se dieron buenos resultados y facilitaron el análisis de datos de las variables. Se identificó el tipo de defecto más frecuente por el que atraviesa el proceso de impresión offset.  
Se determina que tanto los instrumentos de medición espectrofotómetro y pHmetro fueran calibrados, caso contrario sucedió con el conductímetro que opera en condiciones normales. Además se identificó a los operarios que requieren de un apoyo en el tema de percepción de color. Por otra parte al trazar los gráficos de control se aprecia que tanto la densidad y la conductividad son variables que requieren de un constante monitoreo en el tiempo.
- e. La fase de análisis es una etapa delicada dado a que se tiene que diseñar los experimentos a realizar y se busca obtener resultados con un alto grado de confiabilidad, lo cual involucra precisión, delicadeza y paciencia al momento de realizar los experimentos.
- f. El apoyo de los gráficos permiten un mejor entendimiento visual de los factores y sus interacciones, es por ello que se concluye que los tres factores contribuyen a explicar la variable de respuesta (productos no conformes por tonalidad de color).

- g. Después de analizar los datos obtenidos de los experimentos se concluye que los tres factores densidad, conductividad y material, la interacción densidad-material, la interacción de la densidad-conductividad-material, influyen directamente en la tonalidad de color.
- h. En esta fase de mejora se establece los valores de los factores a los cuales debe trabajar el proceso de impresión offset; la combinación de los factores que minimizan la cantidad de productos no conformes por tonalidad de color:
- La densidad a un nivel de 1.8 D
  - La conductividad a un nivel 2200  $\mu\text{s/cm}$ .
  - El tipo de material similar a la muestra física.
- Estos valores hacen que el porcentaje de productos no conformes por tonalidad de color se mantenga en un promedio del 1.0% de la producción.
- i. En la fase control se asegura que los factores controlables se mantengan estables durante el tiempo, después de analizar la capacidad del proceso, utilizando los índices de capacidad, el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente.
- Además se logra incrementar en un 3.0% el nivel Six Sigma del proceso.
- j. Ejecutar anualmente al personal de impresión offset, el Test de Farnsworth – Munsell.
- El test es una evaluación clínica de la visión del color, el cual consiste en la que una serie de losetas coloreadas se disponen en cuatro bandejas separadas. La diferencia entre las losetas se gradúa, de forma que entre ellas existe una unidad de <<diferencia apreciable>>. Cada una de las cuatro bandejas cubre un intervalo diferente del espectro color. Las bandejas de losetas se cogen de una en una y se mezclan; el paciente las contempla con una luz blanca estándar y las vuelve a colocar en la bandeja.
- k. Finalmente implementando la mejora con la metodología Six Sigma, se logra reducir el porcentaje de productos no conformes por tonalidad de color e incrementar la productividad de la organización.

## 9.2 Recomendaciones

- a. Lo primero que se debe realizar dentro de la organización es comunicar e informar al personal de impresión offset los motivos de los cambios y así generar la confianza necesaria para obtener su colaboración y participación.
- b. Se recomienda realizar experimentos similares con otros tipos de producto y así poder corroborar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

- c. Se debe de analizar las otras causas identificadas en el diagrama de Ichikawa, un factor que salió a resaltar a fines del presente estudio fue el tipo de iluminación que se utiliza dentro de la organización, la utilización de la mesa de control de impresión es una manera de estandarizar la percepción del color, además de realizar el cambio de fluorescentes según el tiempo de vida útil del mismo según el proveedor.
- d. Actualizar las guías pantones. Una guía pantone son tiras de papel-cartón de determinado gramaje y textura, con la impresión de una muestra de color, su nombre y formulas para obtenerlo (en porcentajes, gramos, etc.). Estas guías, permiten, independientemente del sistema operativo que se usa en la organización, monitor o pantalla y programa de edición de imágenes, tomando en cuenta que las pantallas muestran el color en modo RGB y que el color de salida en impresión en offset que es en CMYK sea similar.
- e. Definir el uso de insumos de impresión, dado que en ocasiones se observo la utilización de diferentes tipos de marca en insumos, tal es el caso; como la goma arábica y secantes.
- f. Realizar un seguimiento al programa de mantenimiento, sobre todo en el recubrimiento de los rodillos entintadores, el personal de mantenimiento recomienda realizarlo en un periodo trimestral, dado a la rutina de operación de la máquina offset.
- g. Se recomienda con continuar con los cursos de capacitación al personal para crear un ambiente de confianza y una mejor comunicación entre los colaboradores de la empresa.
- h. Se recomienda realizar periódicamente encuestas a los clientes, así poder conocer sobre sus necesidades y obtener oportunidades de mejora.



## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Alejandro Antonioli Delucchi, Carmen Quiroz Fernández. (2004). Control de Gestión Industrial. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Besterfield, Dale H. (1995) Control de calidad. México: Prentice-Hall.
- Escalante Vázquez, Edgardo J. (2003) Seis-Sigma: metodología y técnicas. México: Limusa.
- Fermín Gómez Fraile, José Francisco Vilar Barrio, Miguel Tejero Monzón. Seis Sigma. Madrid, España: Fundación Confometal.
- Grafinal. (1993). Manual Técnico. Lima, Perú.
- Gitlow, Howard S. (2005) Six sigma for green belts and champions: foundations, DMAIC, tools, cases, and certification. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Gutiérrez Pulido Humberto. (2004). Control estadístico y Six Sigma. México: Mc Graw Hill.
- Joglekar, Anand. (2003). Statistical methods for Six Sigma in R&D and Manufacturing. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman. (2000). Administración de Operaciones: Estrategia y Análisis 5ta. Edición. Prentice Hall.
- Lowenthal, Jeffrey. (2002). Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Madrid: Fundación Confemetal.
- Luís Hilmar Valdivieso Serrano. (2003). Estadística Aplicada-notas de clase. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lowenthal, Jeffrey N. (2002) Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma. Madrid: Fundación Confemetal.
- Manuel Córdova Zamora. (2001). Estadística descriptiva e inferencial. Lima-Perú: Edit. Libros Mosherira.
- Montgomery, Douglas C. (2002) Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa Wiley.
- Montgomery, Douglas. (2005) Control estadístico de la calidad. México, D.F: Limusa Wiley.
- Raúl Molteni y Oscar Carchi. (2005). El Liderazgo del Lean Six Sigma., para entender como se implementa paso por paso. Buenos Aires: Ediciones Macchi.
- Wheat, Barbara. (2004) Seis Sigma: una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una "empresa esbelta". Bogota: Norma.

## PÁGINAS WEB VISITADAS

- Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián. (2004, Septiembre). Guía de Minitab 14. Recuperado de:  
[http://www.tecnun.es/asignaturas/Estad\\_ii/Archivos/Practica/ManualdeMinitab](http://www.tecnun.es/asignaturas/Estad_ii/Archivos/Practica/ManualdeMinitab)
- Luís M. Molinero. (2001, Diciembre). Medidas de Concordancia para variables Cualitativas. Recuperado de <http://www.seh-lelha.org/concor2.htm>  
12Manage. (s.f). Customer Satisfaction Model (Medida de Satisfacción del Cliente).  
Recuperado de:  
[http://www.12manage.com/methods\\_kano\\_customer\\_satisfaction\\_model\\_es](http://www.12manage.com/methods_kano_customer_satisfaction_model_es).
- Jhon Carder. (2003). Análisis de Kano. Recuperado de:  
[http://www.isixsigma.com/dictionary/Kano\\_Analysis-263.htm](http://www.isixsigma.com/dictionary/Kano_Analysis-263.htm)
- Kerri Simon (2000). Diagrama de SIPOC. Recuperado de:  
<http://www.isixsigma.com/library/content/c010429a.asp>
- Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad. (2007). Análisis Modal de Fallos y Efectos. Recuperado de  
<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>
- Wikipedia Foundation, Inc. (2007). Indicadores clave de rendimiento. Recuperado de:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/KPI>
- R. K. Shankar. (2005). Key Perfomace Indicator (KPI). Recuperado de:  
<http://www.isixsigma.com/dictionary/KPI-880.htm>
- Universitat Oberta de Catalunya. (s.f). Análisis de Sistema de Medición. Recuperado de:  
[http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC\\_2.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_2.pdf)
- Southwest Test Conference. (s.f). Introduction to Gage R&R Studies. Recuperado de:  
[http://www.swtest.org/swtw\\_library/1998proc/PDF/T1\\_Hank.PDF](http://www.swtest.org/swtw_library/1998proc/PDF/T1_Hank.PDF)
- Donna T. (2003). Gage R&R. Recuperado de  
[http://finance.isixsigma.com/dictionary/Gage\\_R&R-147.htm](http://finance.isixsigma.com/dictionary/Gage_R&R-147.htm)
- Fisterra.com. (2001). Índices de concordancia: El índice de Kappa. Recuperado de:  
<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa.asp>
- M. Smith (2003). Definición del índice de Kappa. Recuperado de:  
<http://www.isixsigma.com/dictionary/Kappa-531.htm>
- Minitab Inc. (2007). Guía de Minitab Meet Minitab 15 for. Recuperado de:  
<http://www.minitab.com/support/docs/rel15/MeetMinitabEs.pdf>
- Universitat Oberta de Catalunya. (s.f). Gráfico de Control por Atributos. Recuperado de:  
[http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC\\_4.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_4.pdf)

- Universitat Oberta de Catalunya. (s.f). Capacidad de Procesos. Recuperado de:  
[http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC\\_6.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/SPC_6.pdf)
- Isixsigma.com. (2000). Process Sigma Calculator. Recuperado de:  
[http://www.isixsigma.com/sixsigma/six\\_sigma\\_calculator.asp](http://www.isixsigma.com/sixsigma/six_sigma_calculator.asp)
- Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad. (2007). Diseño de:  
Experimentos. Recuperado de:  
[http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/disenio\\_de\\_experimento](http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/disenio_de_experimento)
- Gestipolis.com (2005). Manual de Minitab 14 Capitulo 3. Recuperado de:  
<http://www.gestipolis.com/recursos7/Docs/ger/software-aplicado-en-calidad-con-fines-estadisticos.htm>
- Philip Croaby Associates Latinoamérica. (2006, Octubre). El Quinto Absoluto de la  
Calidad: El Éxito de los Clientes. Recuperado de:  
[www.asq1429.org/images/JuarezCalidad2006/QuintoAbsolutoCal.ppt](http://www.asq1429.org/images/JuarezCalidad2006/QuintoAbsolutoCal.ppt)

