



EUPG

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MEJORA DE LA GESTIÓN DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET EMPLEANDO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA EDITORA Y COMERCIALIZADORA CARTOLÁN E.I.R.L. DE LA CIUDAD DE LIMA

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Industrial con mención en gestión de la calidad y la productividad

AUTOR (A)

Ramos Julian, Aldán

ASESOR (A)

Zárate Navarro, Herbert Emilio

JURADO

Gamboa Cruzado, Javier Arturo

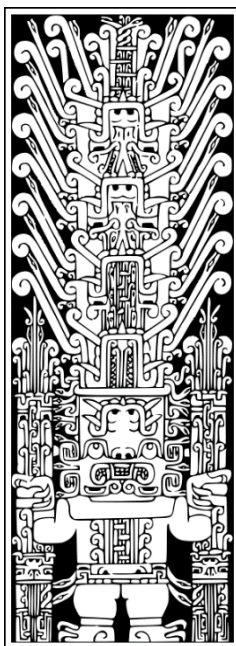
Wong Lau, Carlos

Bazán Briceño, José Luis

Lima - Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO**



TESIS

**MEJORA DE LA GESTIÓN DE CALIDAD EN EL PROCESO
DE IMPRESIÓN OFFSET EMPLEANDO EL CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA EDITORA
Y COMERCIALIZADORA CARTOLÁN E.I.R.L. DE LA
CIUDAD DE LIMA**

Presentado por:

Bach. ALDÁN RAMOS JULIÁN

Para optar el grado académico de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN
EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD**

LIMA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a:

DIOS Y LA VIRGEN MARIA

Por iluminar mi camino, darme las fuerzas suficientes para seguir adelante y por permitirme llegar a este momento bendiciendo mi vida.

MIS PADRES

Danitze Elizabeth Julián Henderson y Alfredo Ramos Julián, por su esfuerzo y sacrificio hecho por mí y enseñarme a nunca darme por vencido.

MI ESPOSA

Jacqueline Angélica Mendo Vizconde, por su apoyo, amor y comprensión.

MIS HIJOS

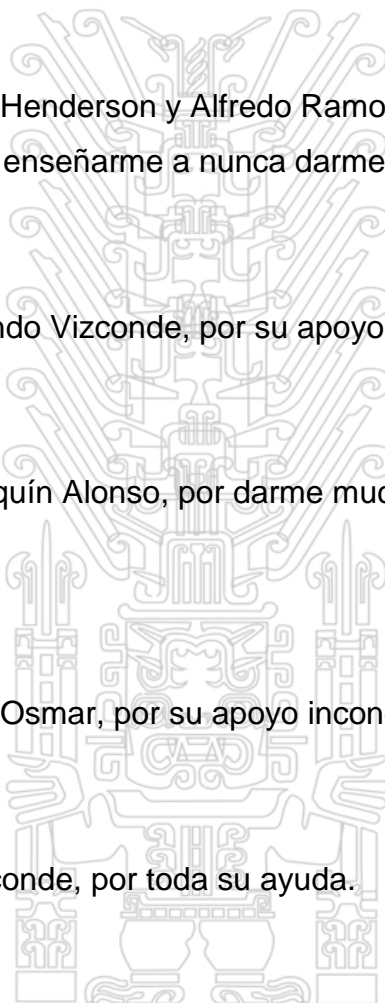
Ariana Antuanette y Joaquín Alonso, por darme mucha alegría y valor y ser mi inspiración.

MIS HERMANOS

Melissa Elizabeth y Joel Osmar, por su apoyo incondicional en todo momento.

MI CUÑADA

Ruth Gladys Mendo Vizconde, por toda su ayuda.



AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios por cada día de vida y por la hermosa familia que me ha dado.

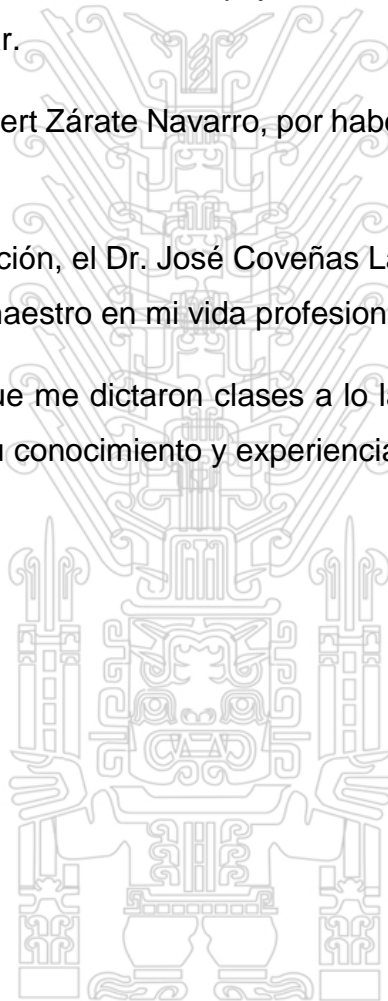
A mis esposa e hijos, por la paciencia y el apoyo incondicional que me dan a diario.

A mis padres, por haberme dado el empuje necesario y porque me inculcaron valores para mi bienestar.

A mi asesor, el Mg. Herbert Zárate Navarro, por haberme guiado en el desarrollo de este trabajo.

A mi Padrino de Graduación, el Dr. José Coveñas Lalupu, por su ayuda y apoyo constante y por ser mi maestro en mi vida profesional.

A todos los Docentes que me dictaron clases a lo largo de la Maestría, porque me dieron un poco de su conocimiento y experiencia.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, Mejora de la Gestión de Calidad en el proceso de impresión offset empleando el Control Estadístico de Procesos, se desarrolló con la finalidad de ayudar a la Empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L. a encontrar respuestas y soluciones a los constantes reclamos y devoluciones de productos elaborados en sus instalaciones, que les provocó reprocesos e incluso pérdida de clientes, algunos de ellos importantes para la economía de la empresa. Cabe indicar que dicha empresa cuenta con certificación ISO 9001:2008 vigente a la fecha; asimismo tiene un Área de Control de Calidad encargada de supervisar las actividades productivas y de mantener la documentación relacionada con el sistema de gestión de la calidad.

Las empresas necesitan ofrecer mejores productos a sus clientes debido a la gran competencia que hay en el mercado pero también por las altas exigencias de los clientes, por eso es importante para cualquier empresa lograr la mejor calidad posible de manera que le permita subsistir en el mercado.

Se plantea como objetivo de estudio mejorar la Gestión de Calidad de la empresa, de manera que nos permita reducir los reprocesos y a la vez identificar problemas paralelos, aplicando el Control Estadístico de Procesos, obteniendo con esto, la ventaja de asegurar la calidad del producto y satisfacer a los clientes.

Se analizó cuáles eran los factores que afectaban la calidad del producto y se encontraron los siguientes: elemento humano, materia prima, ambiente laboral y mantenimiento de la maquinaria. Después del análisis se propuso una metodología de control estadístico que abarca desde la recepción de materia prima, el proceso de producción y la entrega del producto al cliente.

Como resultado, al aplicar la nueva metodología, se mejoró la calidad del producto ayudando a bajar el costo de producción y la pérdida de tiempo.

Palabras clave: Impresión, Calidad, Control Estadístico de Procesos, Gráficas

ABSTRACT

The present research, Improvement of Quality Management in the offset printing process using Statistical Process Control, was developed with the purpose to help the “Empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L.” to find answers and solutions to its constant complaints and returns of products made in its facilities that caused them reprocessing and even loss of customers some of them important for the company’s economy. It is important to mention that this company has ISO 9001: 2008 certification currently valid; and It also has a Quality Control Area in charge of supervising production activities and maintaining documentation related to the quality management system.

Companies need to offer better products to their customers, because of the great competition that exists in the market, but also because of the high demands of the customers, that is why it is important for any company to achieve the best possible quality in a way that allows it to survive in the market.

The objective of this research is to improve the Quality Management of the company to allow us to reduce reprocessing and at the same time identify parallel issues, applying the Statistical Process Control, obtaining with this, the advantage of ensuring the quality of the product and satisfy customers.

We analyzed the factors affecting the quality of the product and we found the following: human element, raw material, work environment and maintenance of machinery. After the analysis, a methodology of statistical control was proposed, from the reception of raw material, the production process and the delivery of the product to the customer.

As a result, applying the new methodology improves the quality of the product helping to lower the cost of production and reduced the waste of time.

Keywords: Print, Quality, Statistical Process Control, Control Charts, Capacity

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad, lo importante para las empresas era la generación de ingresos, pero actualmente la importancia radica en conservar a los clientes, es decir fidelizarlos, y para lograr dicho objetivo, es necesario ofrecer un producto de calidad, porque los clientes ahora son más exigentes con la satisfacción de sus necesidades.

Asimismo, la competencia por el mercado, hace que las empresas deban optimizar sus recursos, así como sus procesos; una empresa que no optimiza recursos y mejora sus procesos está encaminada al fracaso.

Por este motivo, es evidente que las empresas modernas se preocupan mucho por dar a sus clientes productos de calidad e internamente están constantemente efectuando una mejora continua a sus procesos de manera que les permita reducir costos sin la necesidad de sacrificar la calidad del producto, a la vez que emplean sólo los recursos necesarios evitando así incurrir en sobrecostos de producción.

En un mercado en crecimiento como el nuestro, con una competencia cada vez más dura en el rubro gráfico, debido a la proliferación de imprentas pequeñas, es necesario efectuar un constante mejoramiento continuo de los procesos y para eso se debe emplear herramientas adecuadas como el Control Estadístico de Procesos; en tal sentido, a lo largo del desarrollo del presente trabajo se ha empleado dicha herramienta.

A futuro, el desarrollo de la industria gráfica en el Perú, va a estar asociada a la alta calidad del producto y a procesos optimizados, por lo que es importante que se implementen herramientas de control, de manera que facilite la Gestión de la Calidad.

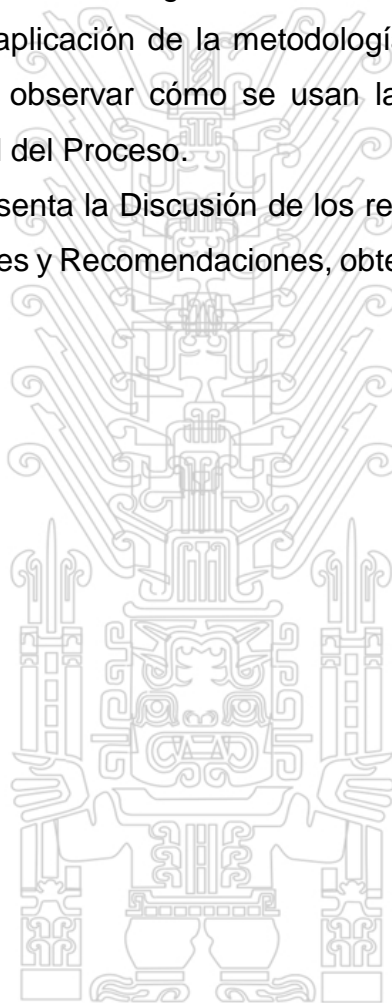
En el Capítulo 1, se plantean los antecedentes del problema teniendo como base las características de la empresa y su situación en el mercado local, con esta información se plantean los objetivos, la justificación, la importancia y las limitaciones de esta investigación.

En el Capítulo 2, se presenta la teoría relacionada con los conceptos de Calidad, Control Estadístico de Procesos, Impresión Offset y Costos de Calidad, asimismo se plantea la Hipótesis de investigación.

En el Capítulo 3, se detalla lo relacionado con el tipo y la metodología la investigación desarrollada.

El Capítulo 4, se divide en dos etapas, en la primera se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de los factores previo a la aplicación del Control Estadístico de Procesos; en la segunda se muestran los resultados que se obtuvieron luego de la aplicación de la metodología de esta investigación. En este capítulo se puede observar cómo se usan las Gráficas de Control y el análisis de la Capacidad del Proceso.

En el Capítulo 5, se presenta la Discusión de los resultados que se obtuvieron, así como las Conclusiones y Recomendaciones, obtenidas en el presente trabajo de investigación.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.3.1 Problema Principal	9
1.3.2 Problemas Secundarios	9
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.4.1 Objetivo General	9
1.4.2 Objetivos Específicos.....	9
1.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.5.1 Justificación de la Investigación	10
1.5.1.1 <i>Justificación Teórica</i>	10
1.5.1.2 <i>Justificación Práctica</i>	11
1.5.1.3 <i>Justificación Metodológica</i>	11
1.5.1.4 <i>Justificación Social</i>	11
1.5.2 Importancia de la Investigación.....	11
1.5.3 Limitaciones de la Investigación.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	16
2.2.1 Concepto de Calidad.....	16
2.2.2 Gestión de la Calidad.....	17
2.2.3 Concepto de Proceso.....	18
2.2.3.1 <i>Eficiencia</i>	20
2.2.3.2 <i>Productividad</i>	20
2.2.4 Control Estadístico de Procesos	21
2.2.4.1 <i>Six Sigma</i>	23
2.2.4.2 <i>Minitab</i>	24
2.2.5 Impresión Offset.....	25
2.2.5.1 <i>Principio de medición del Densitómetro</i>	27
2.2.5.2 <i>Densidad de la Tinta</i>	29
2.2.5.3 <i>Viscosidad</i>	29
2.2.5.4 <i>Tack</i>	30
2.2.5.5 <i>Tensión Superficial</i>	30

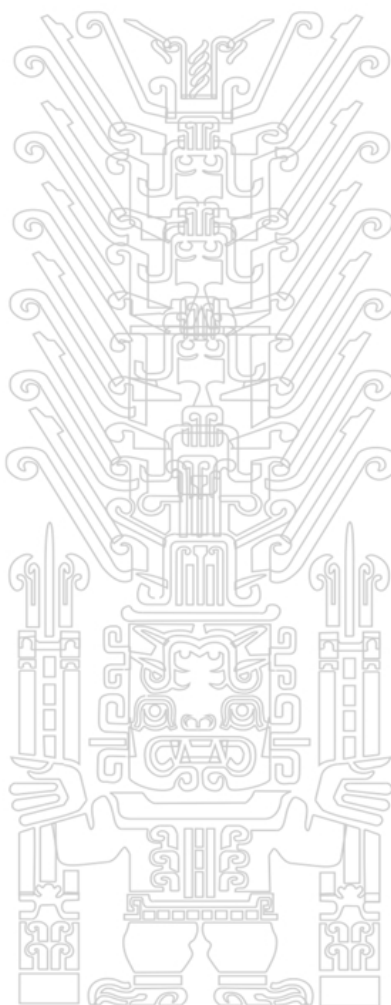
2.2.5.6	Dureza.....	31
2.2.5.7	pH.....	31
2.2.5.8	Conductividad.....	32
2.2.5.9	Soporte o Sustrato.....	33
2.2.5.10	Equilibrio Tinta - Agua.....	33
2.2.5.11	Solución Fuente.....	33
2.2.5.12	Alcohol Isopropílico.....	33
2.2.6	Costos de Calidad.....	34
2.2.6.1	Costos de Prevención.....	35
2.2.6.2	Costos de Evaluación o de Detección.....	36
2.2.6.3	Costos por Fallas Internas.....	37
2.2.6.4	Costos por Fallas Externas.....	38
2.3	HIPÓTESIS.....	39
2.3.1	Hipótesis General.....	39
2.3.2	Hipótesis Secundarias.....	40
2.4	VARIABLES.....	40
2.4.1	Variable Independiente.....	40
2.4.2	Variable Dependiente.....	40
2.4.3	Indicadores.....	40
2.4.3.1	Indicadores de Satisfacción del Cliente.....	40
2.4.3.2	Indicadores de Calidad.....	41
2.4.3.3	Indicadores de Seguridad y Capacitación.....	42
2.4.3.4	Indicadores del Proceso de Impresión Offset.....	43
CAPÍTULO III: MÉTODO.....		47
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.1	Tipo de Investigación.....	48
3.1.2	Nivel de Investigación.....	48
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	48
3.3	ESTRATEGIA DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	49
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.4.1	Población.....	50
3.4.2	Muestra.....	50
3.5	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.5.1	Instrumentos y/o fuentes de recolección de datos.....	51
3.5.2	Validación de los instrumentos por juicio de expertos.....	51
3.5.3	Técnicas de Procesamiento de Datos.....	52
3.5.4	Técnicas de análisis e interpretación de la información.....	52
3.5.5	Operacionalización de Variables.....	48
3.5.6	Diseño Estadístico.....	48
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		54
4.1	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	55
4.2	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	56
4.2.1	Diagnóstico del proceso.....	56
4.2.1.1	Diagrama de Pareto.....	58
4.2.1.2	Diagrama Causa - Efecto.....	59
4.2.1.3	Determinación del parámetro a medir.....	60

4.2.1.4	<i>Impacto económico</i>	62
4.2.2	Cartas de Control.....	64
4.2.2.1	<i>Cyan</i>	64
4.2.2.2	<i>Magenta</i>	67
4.2.2.3	<i>Amarillo</i>	70
4.2.2.4	<i>Negro</i>	72
4.2.2.5	<i>Conductividad de la Solución Fuente</i>	75
4.2.2.6	<i>pH de la Solución Fuente</i>	77
4.2.2.7	<i>% Alcohol de la Solución Fuente</i>	79
4.2.3	Prueba de Normalidad.....	82
4.2.4	Análisis de Capacidad de Datos Normales.....	86
4.2.5	Nivel Sigma del Proceso.....	104
4.2.6	Costos Relevantes.....	106
4.2.7	Indicadores.....	107
4.2.8	Diseño de Experimentos.....	108
4.3	CORRIDA EXPERIMENTAL	118
4.3.1	Cartas de Control.....	118
4.3.1.1	<i>Cyan</i>	119
4.3.1.2	<i>Magenta</i>	121
4.3.1.3	<i>Amarillo</i>	123
4.3.1.4	<i>Negro</i>	125
4.3.1.5	<i>Conductividad de la Solución Fuente</i>	127
4.3.1.6	<i>pH de la Solución Fuente</i>	128
4.3.1.7	<i>% Alcohol de la Solución Fuente</i>	130
4.3.2	Prueba de Normalidad.....	131
4.3.3	Análisis de Capacidad de Datos Normales.....	136
4.3.4	Nivel Sigma del Proceso.....	153
4.3.5	Costos Relevantes.....	153
4.3.6	Indicadores.....	154
	CAPÍTULO V : DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	148
5.1	DISCUSIÓN.....	149
5.2	CONCLUSIONES.....	150
5.3	RECOMENDACIONES.....	151
	BIBLIOGRAFÍA	152
	ANEXOS	154

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: IMPRENTAS CON CERTIFICACIÓN ISO 9001 HASTA EL AÑO 2010.....	3
TABLA N° 2: IMPRENTAS CON CERTIFICACIÓN ISO 9001 EN LA ACTUALIDAD	3
TABLA N° 3: MERMA Y DESPERDICIO DE LAS IMPRENTAS EN LIMA	4
TABLA N° 4: COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE MÁQUINA EN EL PERÍODO ENERO - JULIO DE LOS AÑOS 2015 Y 2016	7
TABLA N° 5: COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL TIEMPO PROGRAMADO EN EL PERÍODO ENERO - JULIO DE LOS AÑOS 2015 Y 2016.....	7
TABLA N° 6: RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS.....	51
TABLA N° 7: CUADRO DE MUESTRAS DE PERCEPCIÓN DE CALIDAD DE IMPRESIÓN	55
TABLA N° 8: CANTIDAD DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN GENERADAS EN EL PERIODO ENERO-JULIO DE LOS AÑOS 2012 AL 2016.....	57
TABLA N° 9: FRECUENCIA DE LAS CAUSAS QUE ORIGINAN DEVOLUCIÓN DE PRODUCTOS EN EL PERIODO ENERO-JULIO 2016.....	58
TABLA N° 10: FRECUENCIA DE DEVOLUCIONES POR DEFECTO EN EL PERIODO ENERO-JULIO 2016.....	61
TABLA N° 11: MEDIDA DE PARÁMETROS DE IMPRESIÓN	61
TABLA N° 12: VALORES ESTÁNDAR RECOMENDADOS DE DENSIDAD ABSOLUTA (PAPEL INCLUIDO) PARA DIFERENTES TIPOS DE PAPEL A NIVEL INTERNACIONAL	62
TABLA N° 13: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR CYAN	65
TABLA N° 14: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA	68
TABLA N° 15: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO	70
TABLA N° 16: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR NEGRO	73
TABLA N° 17: VALORES MEDIDOS DE CONDUCTIVIDAD DE SOLUCIÓN FUENTE.....	75
TABLA N° 18: VALORES MEDIDOS DE PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE	78
TABLA N° 19: VALORES MEDIDOS DE % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE.....	80
TABLA N° 20: RANGO DE VALORES DEL CP Y SU INTERPRETACIÓN.....	87
TABLA N° 21: LISTA DE DEFECTOS COMUNES EN IMPRESIÓN OFFSET	105
TABLA N° 22: NIVEL SIGMA DEL PROCESO	105
TABLA N° 23: COSTOS RELEVANTES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	107
TABLA N° 24: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES.....	107
TABLA N° 25: RESUMEN DE INDICADORES.....	108
TABLA N° 26: PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN.....	108
TABLA N° 27: CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO.....	109
TABLA N° 28: MATRIZ DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN ORDEN ESTÁNDAR.....	110
TABLA N° 29: MATRIZ DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS INCLUYENDO LA VARIABLE RESPUESTA CALIDAD DEL PRODUCTO.....	111
TABLA N° 30: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	119
TABLA N° 31: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	121
TABLA N° 32: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	123
TABLA N° 33: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	125
TABLA N° 34: VALORES MEDIDOS DE CONDUCTIVIDAD DE SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	127
TABLA N° 35: VALORES MEDIDOS DE PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	129


TABLA N° 36: VALORES MEDIDOS DE % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	130
TABLA N° 37: NIVEL SIGMA DEL PROCESO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	153
TABLA N° 38: COSTOS RELEVANTES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL	154
TABLA N° 39: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL	154
TABLA N° 40: RESUMEN DE INDICADORES LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL	155
TABLA N° 41: RESUMEN COMPARATIVO DE INDICADORES	149



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA N° 1: EL PROCESO Y SUS COMPONENTES.....	18
FIGURA N° 2: MODELO CONCEPTUAL DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.....	21
FIGURA N° 3: ESQUEMA DE UNA IMPRENTA OFFSET.....	26
FIGURA N° 4: PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE UN DENSITÓMETRO.....	28
FIGURA N° 5: DENSITÓMETRO DE REFLEXIÓN PARA MEDIR LA DENSIDAD DE LA TINTA.....	29
FIGURA N° 6: COPA ZAHN PARA MEDIR LA VISCOSIDAD DE LA TINTA.....	29
FIGURA N° 7: TACKMETRO, INSTRUMENTO PARA MEDIR EL TACK DE LA TINTA.....	30
FIGURA N° 8: COMPARACIÓN VISUAL DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL AGUA Y LA SOLUCIÓN FUENTE.....	31
FIGURA N° 9: PHMETRO PARA MEDIR EL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	32
FIGURA N° 10: CONDUCTÍMETRO PARA MEDIR LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	32
FIGURA N° 11: CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD.....	35
FIGURA N° 12: CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA Y DEL P-VALUE.....	56
FIGURA N° 13: EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE DEVOLUCIONES EN EL PERIODO ENERO-JULIO DE LOS AÑOS 2012 AL 2016.....	57
FIGURA N° 14: DIAGRAMA DE PARETO CON LAS CAUSAS FRECUENTES DE DEVOLUCIÓN DE PRODUCTOS.....	59
FIGURA N° 15: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL PROBLEMA DE LAS DEVOLUCIONES.....	60
FIGURA N° 16: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR CYAN.....	66
FIGURA N° 17: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR MAGENTA.....	69
FIGURA N° 18: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR AMARILLO.....	71
FIGURA N° 19: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR NEGRO.....	74
FIGURA N° 20: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	77
FIGURA N° 21: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	79
FIGURA N° 22: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE.....	81
FIGURA N° 23: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN.....	82
FIGURA N° 24: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA.....	83
FIGURA N° 25: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO.....	84
FIGURA N° 26: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO.....	84
FIGURA N° 27: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE CONDUCTIVIDAD.....	85
FIGURA N° 28: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PH.....	85
FIGURA N° 29: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE % DE ALCOHOL.....	86
FIGURA N° 30: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN.....	87
FIGURA N° 31: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA.....	90
FIGURA N° 32: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO.....	93
FIGURA N° 33: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO.....	95
FIGURA N° 34: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	98
FIGURA N° 35: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE.....	100
FIGURA N° 36: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE.....	102
FIGURA N° 37: PRUEBA DE VARIANZAS IGUALES.....	112
FIGURA N° 38: ALEATORIEDAD DE DATOS.....	112
FIGURA N° 39: GRÁFICA DE DANIEL.....	113
FIGURA N° 40: EFECTO DE LA INTERACCIÓN DE LOS FACTORES CONDUCTIVIDAD Y ALCOHOL.....	114
FIGURA N° 41: EFECTOS ESTIMADOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO.....	115

FIGURA N° 42: GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES	116
FIGURA N° 43: INFORME DE PREDICCIÓN PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO.....	117
FIGURA N° 44: GRÁFICA DE CUBO DE CALIDAD.....	118
FIGURA N° 45: GRÁFICA DE CONTROL $X - R$ DE LA DENSIDAD DE COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	120
FIGURA N° 46: GRÁFICA DE CONTROL $X - R$ DE LA DENSIDAD DE COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	122
FIGURA N° 47: GRÁFICA DE CONTROL $X - R$ DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	124
FIGURA N° 48: GRÁFICA DE CONTROL $X - R$ DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	126
FIGURA N° 49: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	128
FIGURA N° 50: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	129
FIGURA N° 51: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	131
FIGURA N° 52: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	132
FIGURA N° 53: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	133
FIGURA N° 54: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	133
FIGURA N° 55: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	134
FIGURA N° 56: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE CONDUCTIVIDAD EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	135
FIGURA N° 57: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PH EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	135
FIGURA N° 58: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE % DE ALCOHOL EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	136
FIGURA N° 59: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	137
FIGURA N° 60: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	139
FIGURA N° 61: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	142
FIGURA N° 62: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL	144
FIGURA N° 63: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	147
FIGURA N° 64: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL..	149
FIGURA N° 65: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL.....	151



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Perú, en la década de los 90, se encontraba en una etapa en la que intentaba superar una época marcada por la hiperinflación y el caos que se vivía en el país.

Una consecuencia de esto, fue que se incrementó la migración de los habitantes de provincia a la capital, con la finalidad de buscar oportunidades para progresar, pero al darse cuenta de que la realidad les era adversa, surgió la creatividad del peruano para subsistir.

Es en este contexto que un joven llamado Cirilo Arias Arnica, llega a Lima proveniente de su natal Ambo (Huánuco); y buscando trabajo, lo contratan como operador de limpieza en una imprenta pequeña del centro de Lima.

Contando su historia, el Sr. Arias, explica que habitualmente su horario de trabajo era en el turno noche, pero cuando tenía la oportunidad observaba detenidamente el trabajo que hacían en la máquina troqueladora, y ocasionalmente, se acercaba al operador de turno a consultarle acerca del trabajo que realizaba. Con el correr de los meses tuvo la oportunidad de ser ayudante del operador de la troqueladora, y en una ocasión en que el operador no asistió a laborar, fue él quien realizó el trabajo; al día siguiente el dueño de la imprenta lo felicitó por haber realizado un excelente trabajo. Recuerda con claridad que desde aquella ocasión soñó con tener su propia imprenta.

Luego de algunos años nace la Empresa Editora y Comercializadora Cartolán que es una empresa familiar, dedicada al rubro de servicios gráficos, que se inicia hace 24 años gracias al emprendimiento del Sr. Cirilo Arias Arnica, en asociación con el Sr. Tomas Landavere, de quienes de sus nombres sale el nombre de la Empresa (CAR: Cirilo ARIAs / TOLAN: TOMas LANdavere), cuya sede se ubicó inicialmente en Jr. Huiracocha 1733-1735 Jesús María. Posteriormente dicha sociedad se disuelve y la patente de la razón social queda a nombre del Sr. Cirilo Arias quien traslada la nueva planta a Pasaje Atlántida 113 Cercado de Lima, en donde funciona actualmente y la planta dispone de las Áreas de: Pre-Prensa, Producción, Post-Prensa, Acabados manuales, Control de Calidad, Administración y Ventas.

La Empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L., cuenta con

su última recertificación data de Abril del 2016 con vigencia hasta Setiembre del 2018.

Cabe indicar que hasta el año 2010, las empresas que contaban con Certificación ISO 9001, eran muy pocas:

Tipo	Empresa	Certificación ISO 9001
Imprentas Grandes	Impresiones Amauta (Empresa Editora El Comercio)	No
	Quad Graphics Peru	ISO 9001:2008
	Metrocolor	No
	Enotria	No
	Navarrete	No
Imprentas Medianas	Cimagraf	ISO 9001:2008
	Azagraphics	No
	Perú Offset	No
	Grambs	No
	Editora y Comercializadora Cartolán	No

TABLA N° 1: IMPRENTAS CON CERTIFICACIÓN ISO 9001 HASTA EL AÑO 2010

(Fuente : Elaboración propia)

Actualmente la mayor parte de empresas del rubro gráfico entre imprentas grandes y medianas ya cuentan con Certificación ISO 9001:

Tipo	Empresa	Certificación ISO 9001
Imprentas Grandes	Impresiones Amauta (Empresa Editora El Comercio)	ISO 9001:2008
	Quad Graphics Peru	ISO 9001:2000
	Metrocolor	ISO 9001:2008
	Enotria	ISO 9001:2008
	Navarrete	No
Imprentas Medianas	Cimagraf	ISO 9001:2008
	Azagraphics	ISO 9001:2008
	Perú Offset	No
	Grambs	No
	Editora y Comercializadora Cartolán	ISO 9001:2008

TABLA N° 2: IMPRENTAS CON CERTIFICACIÓN ISO 9001 EN LA ACTUALIDAD

(Fuente : Elaboración propia)

El rubro gráfico, es una parte de la industria peruana que se pensaba era reducido, pero contrario a eso podemos ver que hay mucha competencia pues hay muchas imprentas pequeñas, una variedad de imprentas medianas y algunas pocas que son grandes, tal es así que este rubro representa aproximadamente el 6.7% de la producción manufacturera nacional (Ver Anexo

Hace pocos meses retiraron gran cantidad de imprentas pequeñas del Centro Histórico de Lima, las cuales se reubicaron en locales como Centro Gráfico Unicentro ubicado en la Plaza Castilla y en los locales de Guizado Record Plaza y Centro Comercial Guizado Industriales, estos últimos ubicados en Breña. Con este panorama en el mercado local, la competencia y la rivalidad es muy complicada porque ya no solo es competir en precio sino también en calidad y evidentemente las imprentas grandes parten con gran ventaja en ambos puntos, dado que al tener producción por volumen sus costos bajan y siendo su maquinaria más moderna su calidad es mucho mejor. Adicionalmente, considerando que las empresas grandes ya tienen algún tipo de control en sus desperdicios, pueden proyectar sus mermas y son consideradas dentro de sus presupuestos, pero en el caso de las imprentas medianas esto aún no es posible por la falta de control en sus desperdicios o por el poco control que tienen.

Tipo	Empresa	Merma		Desperdicio	Total
		de arranque	de proceso		
Imprentas Grandes	Impresiones Amauta (Empresa Editora El Comercio)	2%	2%	1%	5%
	Quad Graphics Peru	2%	2%	1%	5%
	Metrocolor	2%	3%	2%	7%
	Enotria	2%	3%	2%	7%
	Navarrete	3%	3%	3%	9%
Imprentas Medianas	Cimagraf	3%	3%	5%	11%
	Azagraphics	3%	3%	5%	11%
	Perú Offset	3%	4%	6%	13%
	Grambs	3%	4%	6%	13%
	Editora y Comercializadora Cartolán	3%	4%	12%	19%

TABLA N° 3: MERMA Y DESPERDICIO DE LAS IMPRENTAS EN LIMA

(Fuente : *Elaboración propia*)

Siendo así, las imprentas que pertenecen al grupo de las imprentas medianas deben encontrar una alternativa que les permita igualar la competencia con las imprentas grandes, por tal motivo en la parte de costos han optado por disminuir su margen de utilidad la cual ya está en su punto de equilibrio, por lo que bajar sus precios aún más los pondría en una situación poco ventajosa; pero en la parte de calidad aún no han logrado el objetivo por lo cual están optando por

certificarse en la Norma ISO 9001, pero no es suficiente debido a que, al tener en muchos casos, problemas de devoluciones por calidad deficiente, siguen sacrificando su cada vez más pequeño margen de utilidad debido a los reprocesos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las empresas, ya sea de servicio o de manufactura, es común hablar de mejorar la calidad; por lo cual es necesario desarrollar una cultura de aprendizaje en todo el personal; para ello es importante hacer capacitaciones, así como fidelizar al personal, es decir que el personal que labora dentro de la empresa se sienta a gusto de trabajar donde está, evitando de esta forma el constante cambio de personal en cada puesto de trabajo.

A medida que las empresas crecen, deben administrarse en forma cada vez más científica, dado que los ejecutivos encuentran sus problemas cada vez más complejos y grandes, teniendo así, una mayor presión en la toma de las decisiones.

La gestión de la calidad es una de las actividades más complejas, su planeación y ejecución implica la participación integral y comprometida de varios segmentos de la organización.

En la actualidad, la calidad es un elemento fundamental en la gestión empresarial debido a que les permite ganar una imagen en el mercado; por ejemplo, uno de los factores que se tiene en cuenta para seleccionar un proveedor es el grado de calidad que este posee. Las empresas encontraron en la gestión de la calidad una manera de mejorar sus productos, los servicios ligados a su producción e incrementar la satisfacción de clientes tanto internos como externos; de tal manera que muchas empresas han empezado un proceso de mejora continua a partir de estándares y sistemas de calidad definidos, los cuales están basados en la gestión por procesos y en el empleo de metodologías para la mejora continua.

De esta manera, el ejecutivo tendrá a su alcance herramientas para la toma de decisiones racionales con riesgo pre-calculado, de forma que maximice su éxito y el de la empresa.

En la empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L, en donde se realizó la investigación, se observó que, se incrementaron las devoluciones de productos (12.4% en el periodo Enero - Julio del año 2016 frente a un 8.3% que se tuvo durante el mismo período del año 2015), provocando la pérdida de algunos clientes, los cuales son mayormente Laboratorios Farmacéuticos, lo que ha preocupado a la Gerencia General, considerando que tienen Certificación ISO 9001 desde el año 2013 y la utilizan como carta de presentación ante los nuevos clientes.

Muchos de los operadores de máquina (aprox. 70%) de la empresa tienen algún tipo de parentesco con el dueño y el grado de conocimiento que tienen del proceso ha sido aprendido de manera empírica, es decir no tienen formación adecuada, por lo que están limitados en aspectos técnicos. En cuanto al personal que no tiene parentesco con el dueño, a pesar de tener algo de formación técnica o de ser estudiantes del Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI), el sueldo que ganan es bajo (entre S/. 750 y S/. 1200) por lo que no se sienten cómodos en la empresa y esta situación genera una alta rotación de personal (en promedio se tiene 10.5% de renuncias al año).

Asimismo, se ha observado que los mantenimientos de máquina se están reprogramando continuamente (42% de reprogramaciones del mantenimiento en un año) con la finalidad de usar ese tiempo en la impresión de algunos trabajos atrasados o en la reposición de trabajos malogrados, por lo que los mantenimientos dejan de ser de tipo preventivo y pasan a ser de tipo correctivo una vez que la máquina falla por la rotura o deterioro de alguna pieza, provocando un mayor desgaste en la máquina y a la vez incumplimiento en la entrega puntual de los trabajos ya comprometidos.

A continuación, se muestra la Tabla N° 4, donde se presenta una comparación de la Productividad en función de la Velocidad de Máquina en el período Enero

– Julio de los años 2015 y 2016 y se puede observar claramente que en el año 2016 la productividad es más baja que en el año 2015:

AÑO 2015	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Velocidad Nominal	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Velocidad Planificada	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Velocidad Real	5,800	5,600	5,700	5,000	5,500	5,900	5,600
Productividad	64%	62%	63%	56%	61%	66%	62%

AÑO 2016	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Velocidad Nominal	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Velocidad Planificada	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Velocidad Real	5,500	5,300	4,800	4,300	4,200	4,500	4,400
Productividad	61%	59%	53%	48%	47%	50%	49%

TABLA N° 4: COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE MÁQUINA EN EL PERÍODO ENERO - JULIO DE LOS AÑOS 2015 Y 2016

(Fuente: Elaboración propia)

Asimismo, la Eficiencia en el uso de las horas productivas programadas, ha tenido una considerable disminución:

AÑO 2015	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Horas Planificadas	648	552	600	552	576	600	576
Horas Paradas Programadas	201	173	187	173	180	187	180
Horas Paradas No Programadas	54	46	25	23	60	50	36
Eficiencia	61%	60%	65%	64%	58%	61%	63%

AÑO 2016	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Horas Planificadas	600	576	552	624	600	600	552
Horas Paradas Programadas	181	174	167	188	181	181	167
Horas Paradas No Programadas	100	120	138	104	150	125	115
Eficiencia	53%	49%	45%	53%	45%	49%	49%

TABLA N° 5: COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL TIEMPO PROGRAMADO EN EL PERÍODO ENERO - JULIO DE LOS AÑOS 2015 Y 2016

(Fuente: Elaboración propia)

Anteriormente se mencionó que la empresa nació producto de un emprendimiento del dueño de la empresa, quien aprendió el proceso de manera empírica. El crecimiento de la empresa se dio de manera paulatina, pasando incluso por la disolución de la sociedad inicial, por lo que la empresa se tuvo que reestructurar; posteriormente tuvo un crecimiento acelerado y continuo que obligó a ampliar la capacidad de la planta con la compra de una máquina offset de segunda y dos troqueladoras cilíndricas.

Asimismo, la competencia y rivalidad con otras empresas del rubro está obligando a la empresa a bajar su margen de utilidad, quedando prácticamente en su punto de equilibrio (donde no se gana ni se pierde), sólo en el caso de sus clientes grandes y antiguos es que no llegan a este extremo pero en clientes nuevos es casi una obligación hacerlo. Como producto de la competencia misma, la empresa se ha visto estancada algunos años debido a que no lograba captar nuevos clientes en la medida en que mantenía su margen de utilidad en un punto superior al actual. Se puede decir incluso que actualmente la empresa se encuentra en la línea divisoria entre el crecimiento y el cierre definitivo (por no poder mantener un margen de utilidad adecuado), pero el dueño está apostando nuevamente por el crecimiento, razón por la cual están evaluando la compra de otra máquina impresora, pero esta vez nueva y de primera generación, lo cual aumentará su capacidad de planta.

Si bien es cierto se puede incrementar la capacidad de la planta, no se debe dejar de lado el aspecto de la calidad, debiéndose considerar que se dispone de un Área de Control de Calidad en donde se toman datos de los parámetros de impresión pero los cuales no son evaluados o usados para una mejora en su proceso, por lo cual se tiene una oportunidad de mejora.

Finalmente, organizar adecuadamente a la empresa y controlar los procesos, sobre todo el de impresión que es el proceso principal, originará que en poco tiempo haya un impacto en los resultados del negocio, como consecuencia de una disminución de los reprocesos y de las mermas; así como un impacto en la satisfacción de los clientes puesto que recibirán sus pedidos a tiempo (ya no habrán demoras en la producción, ni por reproceso ni por mantenimiento de

máquina) y además los productos que adquieran tendrán una calidad mucho mayor que la actual, mejorando de esta forma la imagen de la empresa ante sus clientes, asimismo esto repercutirá en que podrán tener nuevos clientes de manera más fácil e intercambiando el factor precio por el factor calidad, permitiendo que su margen de utilidad sea mayor que el actual y no necesiten estar operando en su punto de equilibrio que es bastante arriesgado para cualquier empresa que desea crecer y mantenerse en el mercado.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema Principal

¿La implantación de un sistema de control en el proceso de impresión offset aplicando el Control Estadístico de Procesos, incide en la mejora de la Gestión de Calidad del proceso de impresión?

1.3.2 Problemas Secundarios

- a) ¿Se podrá alcanzar una meta de 5% de desperdicio por productos defectuosos?
- b) ¿Se cumplirá con la programación del mantenimiento preventivo para alcanzar la eficiencia de máquina?
- c) ¿La capacitación de los operadores de máquina reducirá la cantidad de defectos y mejorará la calidad de los productos?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

- Implantar un sistema de control en base a parámetros del proceso de impresión offset, empleando el Control Estadístico de Procesos para la mejora de la Gestión de Calidad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Minimizar la cantidad de desperdicio por productos defectuosos que permita mejorar la productividad.

- Optimizar la programación de los mantenimientos de máquina que permita mejorar la eficiencia de los recursos de la empresa.
- Capacitar a los operadores de máquina para lograr la reducción de los costos y la mejora de la calidad.

1.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Justificación de la Investigación

El presente estudio se justifica en que actualmente las empresas están cada vez más receptivas a los temas de calidad, esta toma de conciencia, exige estrategias más fuertes que orienten los actos de quienes participan en ellas para que efectivamente reconozcan la importancia del cliente y la necesidad de brindarles productos y/o servicios de valor.

Esto lleva a las empresas a entregar un producto en óptimas condiciones, de manera que se cumplan con los estándares internacionales y los requerimientos propios y del cliente, encontrándose en la gestión de la calidad una forma de mejorar los productos, los servicios asociados a los mismos, los costos de producción, la planificación estratégica y la satisfacción de los clientes internos y externos que impacten favorablemente en los resultados de la empresa y valor al cliente.

Muchas empresas están en un proceso de mejora, basados en la gestión por procesos y en la aplicación de metodologías de mejora continua con el objetivo de dar buen uso a los recursos y eliminar los desperdicios como consecuencia de errores de los procesos productivos, resultando en una mejora en la calidad del producto y en una reducción de costos, de manera que se incremente la utilidad y los beneficios para la empresa.

1.5.1.1 Justificación Teórica

Se aportará un estudio de un sistema de control de parámetros que controle y mejore el proceso de impresión, la calidad del producto terminado y además disminuirá los costos de producción, en una imprenta mediana de administración familiar.

1.5.1.2 Justificación Práctica

La implantación de este trabajo de tesis para una imprenta generará cambios en la productividad de los procesos, métodos de trabajo y de control de los métodos ya establecidos.

1.5.1.3 Justificación Metodológica

Este proyecto aplica el Control Estadístico de Procesos, una herramienta que no es aplicada a los procesos productivos del rubro gráfico local, por lo que servirá para mejorar los procesos, la eficiencia, la productividad, la rentabilidad de la empresa y ayudará a generar productos con valor.

1.5.1.4 Justificación Social

Con este proyecto se beneficiarán 45 empleados directos, como consecuencia de que, al incrementar la calidad del producto terminado, se disminuirá los costos de producción; por lo tanto, habrá una rentabilidad más conveniente para la empresa, la que redundará en beneficios para el personal como son el pago puntual de sus sueldos, sus beneficios sociales y el pago de impuestos por parte de la empresa que también beneficiará a la comunidad.

1.5.2 Importancia de la Investigación

En esta época, la calidad es el respaldo que tienen los clientes de que los productos y/o servicios que reciben satisfacen sus expectativas, y a su vez representa el esfuerzo hecho por el proveedor para satisfacer dichas expectativas.

La importancia del presente proyecto está fundamentado en lograr que los productos obtenidos cumplan con las características exigidas por los clientes, es decir, con la mejor calidad, debido a que esto influye en la imagen y economía de la empresa; es importante que los clientes vean a la empresa como un aliado de confianza que cumplirá con sus expectativas en todo momento; cabe indicar que el no cumplir con los

requerimientos de calidad de los clientes, ocasionará la pérdida de los mismos generando grandes perjuicios a la empresa.

El proyecto se encuentra orientado a analizar el impacto de los resultados del proceso productivo, establecer un control permanente de parámetros en el proceso de impresión con el objetivo de mejorar la calidad del producto producido.

1.5.3 Limitaciones de la Investigación

El proyecto tiene las siguientes limitaciones:

- a) En tiempo, el proyecto se desarrollará en un lapso de 7 meses.
- b) En espacio, el proyecto está enfocado en el área producción.
- c) En temática, el proyecto está orientado a mejorar la gestión de calidad en al área de producción de la empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L.





CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según la Tesis “Diseño de un Sistema de Gestión de la Calidad para la empresa Corporación Mundo Grafic de la ciudad de Quito bajo los estándares ISO 9001:2008” del Ing. Rómulo Patricio Torres Gonzáles, presentada en la Universidad Técnica Particular de Loja en Ecuador en el año 2012, la adopción de un sistema de gestión de la calidad constituye una decisión estratégica de la alta dirección de la empresa, por lo que este proceso implica crear una nueva realidad organizacional, desarrollando nuevas ideas como un esfuerzo deliberado para mejorar el sistema, permitiendo generar nuevas posibilidades de acción, sobre la base de nuevos conceptos para el funcionamiento de la organización; asimismo el crecimiento de una empresa, la creciente demanda de trabajos y el elevado nivel de competencia hace necesario mejorar continuamente los procesos de diseño, producción y entrega, convirtiendo a la calidad en una estrategia para alcanzar el mayor posicionamiento en el mercado; por este motivo, es importante contar con un sistema de gestión de la calidad que ayude a la organización a incrementar la satisfacción de los clientes y reducir costos y desperdicios.

Según la Tesis “Incremento de Productividad y Calidad en una prensa offset; mediante la aplicación del Sistema Kaizen” del Bach. Carlos Arnoldo Montenegro González, presentada en la Universidad San Carlos de Guatemala, en el año 2006, los desperdicios y despilfarros son factores generadores de improductividad, así como los altos costos, el desaprovechamiento adecuado de los recursos, la pérdida de clientes, y la deficiencia de calidad; por tal motivo plantea el uso del Sistema Kaizen, el cual es una teoría japonesa de mejoramiento continuo, que resalta la identificación de problemas, facilitando indicios para su identificación y una técnica para su solución. Sin lugar a dudas adoptar la decisión de implementar el Sistema Kaizen en una empresa ayuda a detectar, prevenir y eliminar sistemáticamente los diversos tipos de desperdicios y despilfarros que afectan a la organización. Entre las principales ventajas de la implantación del Sistema Kaizen se tienen: disminución en el número de accidentes, reducción de fallas en el equipo, reducción en tiempos

Tesis publicada con autorización del autor
de reparación, aumentos en los niveles de satisfacción de los clientes.
No olvide citar esta tesis

UNFV

mejoramiento de la autoestima y motivación personal, incremento en la productividad, reducción de los costos, menores niveles de desperdicios, entre otros.

Según la Tesis “Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina impresora KBA con base en el proceso productivo de la imprenta nacional de Colombia”, del Ing. Tulio Alfredo Arias Páez y del Ing. Pedro Nel Núñez Forero, presentada en la Universidad Industrial de Santander, en Colombia en el año 2007, el mantenimiento en las empresas es visto generalmente como un gasto y no como una inversión que garantiza el apropiado funcionamiento de las máquinas y equipos, sin darse cuenta que las paradas constantes, imprevistas y repetitivas retrasan la función del proceso productivo, a la vez que influencia en la calidad de los productos obtenidos. Las constantes paradas implican un costo de no calidad, además que al no ejecutarse los mantenimientos preventivos programados o ejecutarse mantenimientos parciales se propicia el desgaste adicional de las piezas y periféricos de la máquina. La aplicación de un programa de mantenimiento consciente implica un incremento del 20% en el costo de la inversión de repuestos y mano de obra contratada.

De acuerdo a la Tesis “Control de las No Conformidades en la impresión offset mediante el diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en el Área de Prensas Pliegos de la Empresa Offset Abad de Guayaquil”, del Bach. Billy Daniel Santamaría Mero, presentada en la Universidad de Guayaquil, en el año 2014, los principales problemas de impresión que afectan la productividad de la empresa generalmente son: materia prima defectuosa, devoluciones por la no conformidad del producto terminado, paralización de los procesos por fallos de las máquinas y el retraso en el inicio de la producción. Para poder conseguir efectos favorables en la aplicación de un sistema de gestión de la calidad, es indispensable que toda la empresa, es decir, la gerencia general y el personal de la empresa, se comprometa en la obtención de la solución de los problemas que se presenten. Habitualmente una de las mayores causas de estos problemas es por los paros imprevistos que se dan por las maquinarias, ya que no se cumple a cabalidad con el plan de

mantenimiento preventivo, dificultando la entrega del producto y ocasionando demoras o incumplimientos.

Asimismo, es necesario hacer una selección y evaluación de los proveedores para evitar problemas de baja calidad de los materiales e insumos y debe considerarse que parte de la problemática también es el ambiente laboral y el estado de ánimo de los operadores de máquina, así como su grado de capacitación.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Concepto de Calidad

Con el paso del tiempo, ha evolucionado la definición de calidad. Primeramente, se inicia por el entendimiento de las necesidades de los clientes, lográndose a través de la puesta a disposición de los productos y/o servicios para la satisfacción de estas necesidades y se extiende hasta la asistencia al cliente y el servicio post venta.

Según la Real Academia de la Lengua Española (2014), la calidad es una “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor”.

Según Deming (1989), la calidad es la satisfacción de las necesidades del cliente y no es otra cosa más que una sucesión de cuestionamientos encaminados hacia una mejora continua; mientras que para Crosby (1991), calidad es únicamente el cumplimiento de requisitos.

Asimismo, Taguchi (2004) menciona que la calidad es la menor pérdida admisible para la sociedad; mientras que Juran (1990) indica que una descripción simple de calidad es adecuación al uso, pero que esa definición hay que profundizarla porque se tienen muchos usos y usuarios, esto lo describe a través de una espiral de progreso de la calidad que demuestra convenientemente los diversos usos y usuarios de un producto.

Cantú (2006) define la calidad como adecuación al uso del cliente refiriéndose a Juran, y cuando menciona que la calidad es el producto de

la interacción de la dimensión objetiva y subjetiva (lo que se ofrece y lo que quiere el cliente, respectivamente), hace alusión a Shewhart (1939). Según la norma ISO 9000:2015, la calidad es “el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos”.

Todos los autores concuerdan en que la calidad conlleva a que el producto tendrá que cumplir con las funciones y especificaciones para los que fue diseñado y deberá adecuarse a los requisitos dados por el cliente. Los enfoques y pasos para lograr la calidad varían, pero los objetivos que se desean alcanzar son los mismos.

Estos autores influenciaron directa y notoriamente en el desarrollo del actual concepto de calidad, así como en el desarrollo e implantación de estrategias e instrumentos en organizaciones cuya meta es obtener clientes satisfechos, brindando mejores servicios y sobre todo a bajos costos.

2.2.2 Gestión de la Calidad

La gestión de calidad está vinculada a la estructuración, el diseño y la elaboración de productos y procesos, así como la apropiada implementación, control y certificación final, es decir está asociada a todo el proceso productivo. Según Cuatrecasas (2010), todo ello supondrá una gestión de la empresa, sus productos y procesos, basada en la calidad, y orientará a la misma a conseguir el máximo de ventajas competitivas y la satisfacción completa de los clientes a través de la identificación, aceptación y satisfacción de sus expectativas y necesidades a través de los procesos, productos y servicios. Las expectativas de los clientes no se refieren únicamente a los requerimientos especificados explícitamente por el cliente, sino a todos aquellos que se le pueda satisfacer.

Cuando hay un incremento de la calidad se consigue un aumento de la productividad. La calidad y la productividad no están desvinculadas, por el contrario, si se aumenta la productividad se incrementa la rentabilidad, debido a que disminuye la recuperación de productos defectuosos los

cuales deben enviarse a una etapa adicional que solucione el problema, con los consecuentes costos (en tiempo y dinero).

Para que se logre desarrollar una verdadera Gestión de la Calidad es necesario que los principios estén arraigados en el trabajo que se desarrolla diariamente en todos los niveles la empresa, y además se debe sumar a esto, que los sistemas y los procesos deben funcionar de acuerdo a las necesidades de los clientes internos y externos.

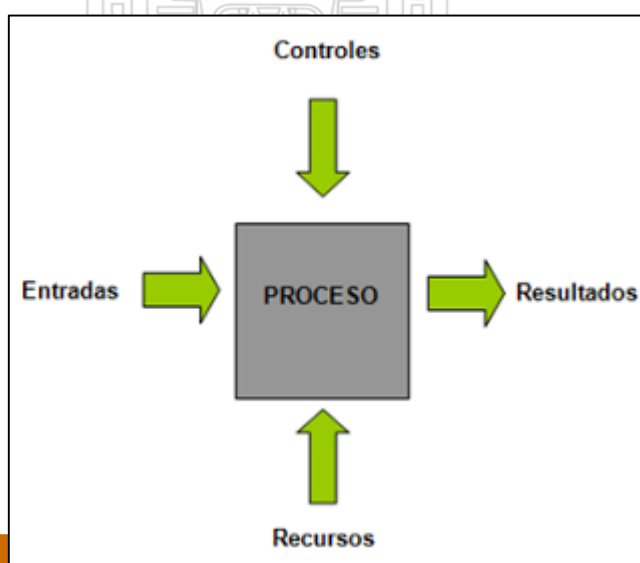
Por ende, la participación y satisfacción son elementos necesarios para la Gestión de la Calidad, así como la variación y la necesidad de la medición.

2.2.3 Concepto de Proceso

Según la norma ISO 9000:2015, proceso es el “conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto”.

Juran (1951), en su libro Manual de Control de Calidad, dice que “siempre existe un vínculo en la cadena entrada-salida, en cualquier etapa del proceso, la salida (producto) se transforma en la entrada (insumo) de la siguiente etapa”.

Para que una empresa logre alcanzar la excelencia en producción tendrá que tener una alta calidad en sus procesos, lo cual determinará finalmente la calidad de sus productos.



Esto a su vez significa, que es importante mantener un control sobre los procesos productivos, debido a que solo los procesos con alta calidad, dan productos con calidad con el mínimo costo y en corto plazo.

Controlar y mejorar procesos no es únicamente cumplir con estándares, también implica tener el personal competente, con la maquinaria adecuada y en buen estado, teniéndose como resultado un producto final con las características requeridas por el cliente.

Asimismo, es necesario disminuir la variabilidad que exista en cada actividad, para que cuando se haya disminuido, se proceda a mejorar el proceso, obteniéndose así, los resultados esperados; por lo tanto, el control de procesos es una técnica que involucra totalmente a los ejecutivos quienes deben decidir si se hacen nuevas inversiones, o rediseños, con el fin de alcanzar los objetivos deseados.

Es necesario considerar que, para disminuir los costos de las operaciones, es necesario incrementar la productividad, es decir, minimizar la cantidad de errores, minimizar la cantidad de productos defectuosos, porque así se evita repetir el trabajo, se acorta tiempo de ciclo y se reduce el empleo de mano de obra y de insumos.

Mejorar la calidad implica mejorar el rendimiento, por lo que es indispensable implantar tecnologías que ayuden a diagnosticar problemas, y que, conociendo las causas, éstas se puedan evaluar y analizar, para conseguir soluciones y mejoras.

Ishikawa (1994) en su libro *¿Qué es Control Total de Calidad?*, indica que “el control de calidad requiere de la utilización de métodos estadísticos, que los divide en tres categorías: elemental, intermedios y avanzados; de los cuales, el método estadístico elemental es indispensable para el control de calidad, y debe ser usado por todo el personal de la organización, desde los directores hasta el personal operativo”.

El método estadístico elemental está constituido por siete herramientas, las cuales son: Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa – Efecto, Estratificación, Hoja de verificación, Histograma, Diagrama de Dispersión,

Gráficas y Cuadros de Control, de las cuales, las más utilizadas para

analizar los problemas son: el Diagrama Causa – Efecto y el Diagrama de Pareto.

El Diagrama Causa-Efecto, es un diagrama, al cual por su estructura también se le llama Diagrama de Espina de Pescado, es una descripción de las causas de un problema, y que sirve para analizar los problemas.

El Diagrama de Pareto, es una herramienta mediante la cual se organizan los datos en orden descendente, ubicando al inicio los que son más relevantes, teniendo en consideración el concepto de “pocos vitales, muchos triviales”, lo cual significa que hay muchos problemas de poca importancia frente a unos pocos que son muy importantes.

2.2.3.1 Eficiencia

Significa hacer algo al costo más bajo posible, pero en términos generales, la meta de una actividad o proceso eficiente es elaborar un bien o prestar un servicio empleando la menor cantidad posible de insumos.

Asimismo, consiste en medir el trabajo hecho para alcanzar los objetivos, por lo tanto, esto también involucra el tiempo empleado, el costo relacionado al producto o servicio y el uso racional de la mano de obra e insumos; de tal forma que, si se hace un adecuado uso de estos factores al menor costo posible y con la calidad deseada por el cliente, se logrará obtener un resultado muy eficiente.

2.2.3.2 Productividad

Es la forma en la que una industria o un país mide el empleo de los recursos (llámense mano de obra o insumos), es decir es el cociente entre los productos obtenidos y la cantidad de insumos utilizados para dicha producción. Por este motivo, para mejorar la productividad es necesario emplear la menor cantidad de insumos para una misma producción.

En líneas generales la productividad estima que tan capaz es un sistema para producir bienes o servicios que son requeridos, así como

el aprovechamiento de los recursos empleados, es decir el valor agregado.

2.2.4 Control Estadístico de Procesos

De acuerdo con Shewhart (1986), es un instrumento o herramienta que se emplea con el objetivo de minimizar la producción de unidades defectuosas, teniendo como base la reducción del tiempo transcurrido entre la ocurrencia y la detección de alguna perturbación durante el proceso de fabricación.

Tomando en cuenta lo mencionado por Shewhart, se puede concluir que es necesario efectuar un control estadístico a lo largo del proceso, dado que una de las causas de problemas de calidad en el producto terminado es la falta de control; donde no es únicamente importante la recolección de datos, sino el análisis de su comportamiento, para así poder encontrar las causas del suceso y poder elaborar y sugerir un plan de acción para minimizar dicha variabilidad.

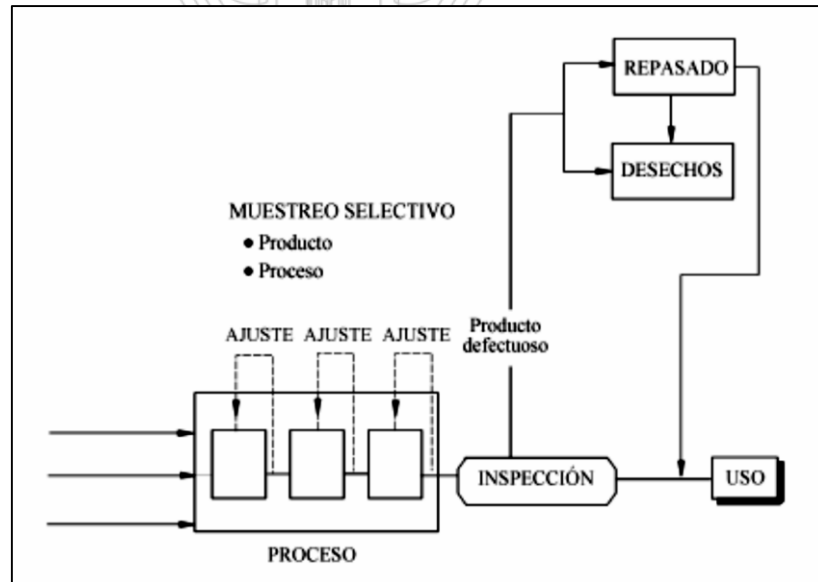


FIGURA N° 2: MODELO CONCEPTUAL DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Todos los procesos están sujetos a variabilidad de manera natural, por lo que es importante distinguir entre dos tipos de variaciones: las causas

comunes y las causas especiales. Esto se puede lograr mediante el empleo de la Gráfica de Control, la cual es una herramienta sencilla, pero que mediante su empleo se logra discriminar entre ambos tipos de causas. Es importante considerar que, las variaciones originadas por las causas comunes son inevitables. Normalmente las causas especiales se originan por las fallas en el equipo o por errores del personal operativo, pero aún así sólo representan entre el 14% y el 16% de la variación total, siendo esencial que los factores que la generan sean investigados y corregidos de manera inmediata, debido a que pueden deberse a la aplicación de procedimientos o estándares inadecuados.

De esta manera, si las causas de variación del proceso son exclusivamente por causas comunes, se puede decir que el proceso está funcionando bajo control estadístico, significando que las mediciones de los parámetros están dentro de los límites de variación normal, las cuales, por teoría, se obtienen sumando y restando tres desviaciones estándar al promedio de dichas mediciones.

Para lograr satisfacer las expectativas de los clientes, es necesario primero controlar los procesos estadísticamente, para poder detectar y eliminar las causas especiales de variación que afecta la calidad del producto.

La ventaja de la aplicación de un sistema de control de procesos es que, ante alguna variación por causas especiales, aparecerá un signo estadístico que permitirá tomar una decisión oportuna y adecuada para eliminar estas causas, permitiendo así que los productos obtenidos y los que se obtengan en el futuro, se ajusten a las especificaciones del cliente. Para lograrlo, se miden los parámetros adecuados de una muestra de productos obtenidos del proceso en marcha, la cual se tomará a intervalos definidos de acuerdo al proceso.

Es así, que el Control Estadístico de Procesos es una herramienta preventiva del proceso productivo, permitiendo el ahorro de recursos económicos y humanos, creándole una imagen a la empresa, dado que, no se espera a que el producto termine el proceso para luego

inspeccionarlo y clasificarlo, sino que la calidad de la producción se centra en la operación, de manera que se reduce el tiempo perdido y el uso excesivo de materiales e insumos, así como las inspecciones.

2.2.4.1 Six Sigma

En los años 80, el Ingeniero Bill Smith de la División de Comunicaciones de la empresa Motorola, al estar estudiando la relación entre la ocurrencia de defectos y el tiempo promedio de fallas, creó esta metodología, que se concentra en la reducción de la variabilidad con la finalidad de reducir o eliminar los defectos en los productos o servicios entregados a los clientes. Logró demostrar que era muy posible que hubieran fallas que pasan desapercibidas si es que se encontraba un producto con defectos durante el proceso.

Partiendo de esta situación, se realizaron cálculos estadísticos con el objetivo de dar mayor satisfacción a los clientes y reducir costos, llegando a la conclusión que con 3.4 defectos por millón se podrían lograr dichos objetivos.

Esta metodología está basada en la curva de distribución normal para poder conocer el grado de variación del proceso; mayormente los procesos siguen una distribución normal, tienen una distribución de frecuencia de acuerdo a la campana de Gauss y una probabilidad de defecto basada en que algunos valores estarán fuera de los límites de control.

De acuerdo a esto, cuando el proceso esté más centrado con respecto a los límites y cuando la campana sea más estrecha y alta, será más confiable. Una campana achatada y descentrada significa que hay grandes probabilidades de tener defectos.

Six Sigma es un conjunto de métodos que se aplican con la finalidad de reducir costos, eliminando desperdicios y errores en los procesos, ya sean técnicos (de fabricación) o no técnicos (administrativos o de servicios); atacando los motivos que los generan, para lo cual se miden y analizan las operaciones para poder determinar el cómo y el por qué

se ocasionan los defectos y posteriormente tomar decisiones para eliminar dichas causas.

2.2.4.2 Minitab

De acuerdo con la página oficial del software MINITAB, este software no fue la primera de las herramientas estadísticas, a mediados de la década de los 60, los programas estadísticos que estaban en el mercado no eran muy adecuados para el uso en la enseñanza a nivel universitario. Existía un software elaborado por el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos, llamado OMNITAB, el cual era poderoso, pero de uso complejo; con la finalidad de que el aprendizaje de la estadística fuese más fácil, los profesores de estadística de Penn State University, Tom Ryan, Brian Joiner y Barbara Ryan, adaptaron la versión vigente en ese momento del OMNITAB y la convirtieron en la primera versión de MINITAB, haciéndolo un software más accesible y simple de usar.

Al reducir la cantidad de tediosos cálculos necesarios para hacer inferencias estadísticas, Minitab da más tiempo para pensar sobre el significado de sus análisis.

Sus creadores definieron algunas ventajas inmediatas:

- 1) La eliminación del pesado trabajo de cálculo ayuda a comprender los conceptos importantes sin perderse en una maraña de detalles.
- 2) Se puede estudiar una gran cantidad de datos reales, con lo cual se mejora la capacidad de analizar situaciones prácticas.
- 3) La representación gráfica de los datos en una variedad de formas se convierte en el procedimiento de operación estándar.
- 4) La simulación se puede emplear como un instrumento predictivo.
- 5) Es la mejor alternativa para hacer análisis estadísticos.
- 6) En una sola página se tiene todos los gráficos y datos.
- 7) La hoja de reporte explica todos los datos necesarios para preparar un análisis.

Asimismo, se tiene las siguientes desventajas:

- 1) Es complicado al usarlo por primera vez.
- 2) Es necesario tener conocimientos de estadística.
- 3) La página de ingreso de datos no puede manipularse con facilidad.

2.2.5 Impresión Offset

Según Puig (1996), la impresión offset es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o materiales similares.

Este proceso de impresión se basa en el principio químico de la inmiscibilidad entre el agua y el aceite, por tal motivo, emplea placas de superficie plana y tintas hechas a base de aceite, además de una solución de mojado durante en el proceso. Las tintas usadas en el proceso de impresión offset son grasosas y traslúcidas, esto quiere decir que, no son opacas, por lo que cuando se imprime la tinta sobre otra, los colores se suman (mezcla de colores sustractivos).

La plancha está dividida en dos zonas, las cuales se llaman Zona Hidrófila y Zona Hidrófoba. La característica principal de la zona hidrófila es que tiene un compuesto químico que tiene afinidad con el agua, por lo que repele la tinta; mientras que, en el caso de la zona hidrófoba, tiene un compuesto químico oleófilo, por lo que tiene afinidad con la tinta y rechaza al agua.

El proceso en sí, consiste en que el diseño que se encuentra grabado en la plancha metálica se transfiere a una mantilla de caucho, para luego pasarla al papel.

El término “offset” traducido del inglés significa “indirecto”, y se generó en oposición a otro sistema de impresión denominado litografía que consiste en pasar la tinta directamente de la plancha al papel.

La propiedad elástica de la mantilla ayuda a otorgar una muy buena calidad al impreso, dado que la mantilla puede impregnar la tinta que le fue transferida desde la placa en superficies con rugosidad y textura irregular.

La impresión offset emplea planchas metálicas de aluminio, que han sido tratadas químicamente, las cuales se fijan sobre los cilindros portaplacas

de la máquina, de forma que hay una placa por cada color de impresión (en el caso de la cuatricromía, los colores básicos son el cian, el magenta, el amarillo y el negro), la tinta que retuvo cada placa es transferida por presión a la mantilla de caucho que se encuentra colocada en el cilindro portamantilla, para posteriormente trasladarla al papel o sustrato, por el efecto de la presión ejercida entre el cilindro portamantilla y el cilindro de presión o también llamado cilindro de impresión o de contrapresión. Es de esta forma que se obtiene papel impreso con imágenes y textos a todo color con un buen degradado de tonos, por el efecto de la superposición de las tintas sobre el papel o sustrato, siendo necesario aplicar la proporción o cantidad suficiente de tinta para alcanzar la tonalidad de color adecuado. Para impresión de grandes volúmenes de papel es más ventajoso usar este tipo de impresión, debido a su gran calidad, su bajo costo y su rapidez.

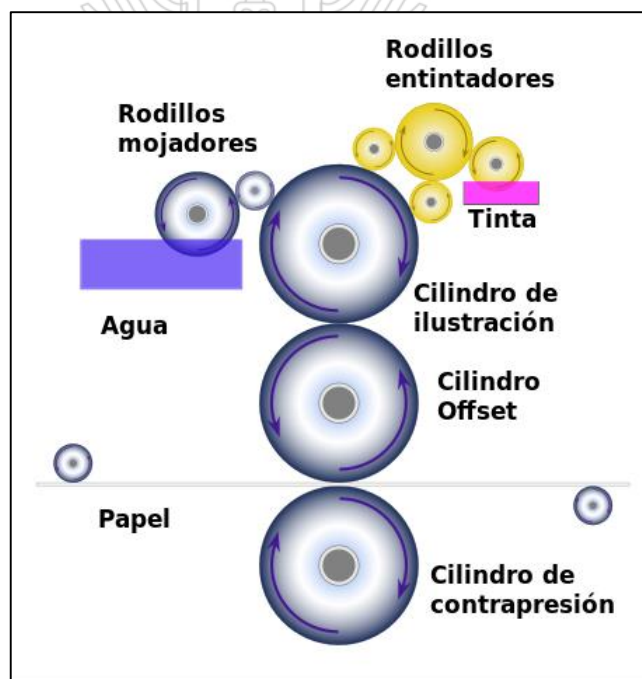


FIGURA N° 3: ESQUEMA DE UNA IMPRENTA OFFSET

Actualmente existe otro tipo de impresión que es llamada Impresión Digital, la cual tiene una relación costo/beneficio similar a la impresión

offset, pero a diferencia de esta última, no es capaz de producir grandes cantidades de producción tal como es el caso de un periódico.

Antiguamente, los diseños a imprimir se grababan en películas o fotolitos para luego pasarlos a la plancha, pero actualmente existe la tecnología CTP (Computer to Plate), la cual envía el diseño directamente a la plancha metálica por intermedio de un equipo basado en un sistema de rayos láser, lo cual incrementa más la calidad del proceso.

2.2.5.1 Principio de medición del Densitómetro

Para obtener una buena calidad de los impresos es necesario e indispensable mantener constante el color del impreso a lo largo del tiraje, y para lograrlo es necesario emplear herramientas que eviten que usemos sólo nuestra percepción visual.

El uso de la percepción visual es relativa a cada persona considerando que puede tener defectos en la visión, también puede variar en función de las condiciones de iluminación y del color circundante.

Dado que para el control del proceso de impresión las mediciones son sumamente importantes, debido a que minimizan cualquier apreciación subjetiva y alertan sobre cualquier perturbación en el entintado antes de que pueda ser percibido por el ojo del operador, es necesario emplear un instrumento que sea preciso con respecto a la medición del color y que, además lo pueda distinguir de los demás colores.

El densitómetro de reflexión es un instrumento fotoelectrónico y es uno de los más empleados en el control del color y se usa conjuntamente con las tiras o barras de control.

Las tiras o barras de control son una serie de cajones o cuadrados (parches) de color y de tramas variadas que se colocan en los márgenes del impreso, de manera que cuando se recorta, éstos son eliminados.

El principio del densitómetro se basa en la medición del valor de la luz reflejada sobre la superficie del material o sustrato, permitiendo determinar, por ejemplo, el espesor de la capa de tinta o densidad, la

ganancia de punto o también llamado valor tonal y el detalle en las sombras o contraste.

El funcionamiento de un densitómetro es de la siguiente forma:

La luz de una fuente luminosa **(1)** entra a través de un conjunto de lentes **(2)**, traspasa dos tipos de filtro que son los filtros de polarización **(3)** y los filtros de color **(4)**, para caer sobre la superficie impresa. De acuerdo al espesor de la capa de tinta y de la pigmentación del objeto de medición **(5)** se absorbe cierta cantidad de luz. La cantidad de luz que no es absorbida es reflejada por la superficie del sustrato o material impreso.

Los rayos luminosos que salen de la capa de tinta en un ángulo de 45° en relación al rayo de medición, son recogidos por un sistema de lentes **(6)** y los conduce a través de un filtro de polarización **(7)** hacia un fotodiodo (receptor) **(8)**. La función del receptor es transformar la luz que recibe en energía eléctrica. El equipo electrónico **(9)** compara el valor medido de la corriente eléctrica con un valor referencial ("blanco absoluto").

Esta diferencia es la que se emplea como base para el cálculo de la absorción de la capa de tinta que se está midiendo, por lo que en la pantalla **(10)** se indica como resultado la densidad del color medido.

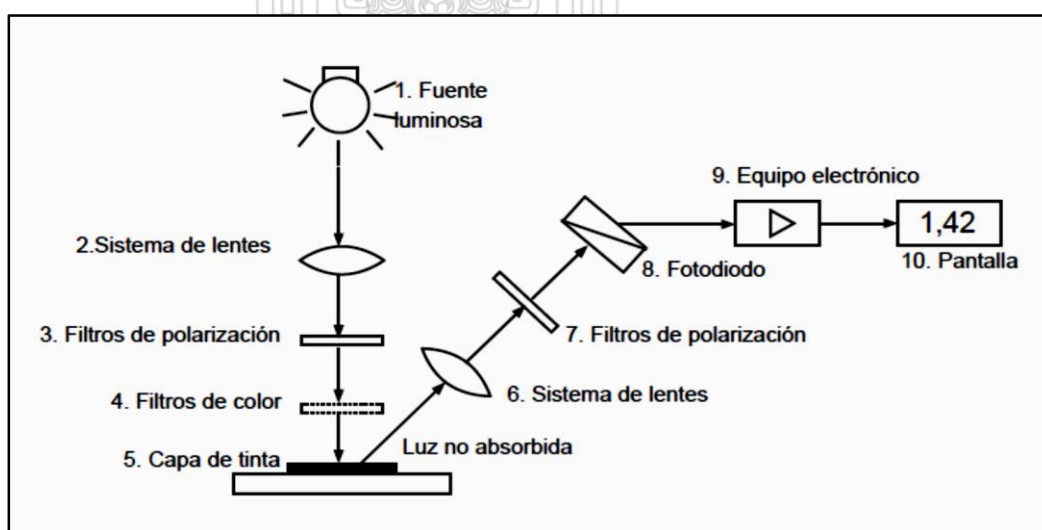


FIGURA N° 4: PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE UN DENSITÓMETRO

2.2.5.2 Densidad de la Tinta

De acuerdo al Manual Técnico de Grafinal (1993), la densidad de la tinta está referida básicamente al grosor de la capa de tinta, sin embargo, una tinta que contenga una mayor carga de pigmento podrá tener la misma densidad a pesar que el grosor de la capa no sea tan grande.



FIGURA N° 5: DENSITÓMETRO DE REFLEXIÓN PARA MEDIR LA DENSIDAD DE LA TINTA

2.2.5.3 Viscosidad

Según Gómez (2013), la viscosidad de una tinta es la resistencia que ofrece a fluir cuando se aplica una determinada fuerza y es el factor principal que caracteriza su comportamiento reológico. La viscosidad disminuye cuando aumenta la temperatura y viceversa.



FIGURA N° 6: COPA ZAHN PARA MEDIR LA VISCOCIDAD DE LA TINTA

2.2.5.4 Tack

De acuerdo con Gómez (2013), el tack de una tinta es la resistencia que ofrece una película de tinta impresa al romperse entre las dos superficies que la contienen. Dicho de otra forma, el tack es la expresión del grado de pegajosidad de una tinta.



FIGURA N° 7: TACKMETRO, INSTRUMENTO PARA MEDIR EL TACK DE LA TINTA

Esta propiedad resulta importante en la impresión offset, debido a que influye de esta manera:

- Dispersión de la tinta a lo largo y entre los rodillos de cada unidad de impresión la máquina.
- Emulsión de la tinta con el agua.
- Ganancia de punto en las tramas.
- Transferencia de la tinta al sustrato (papel), debido a la fuerza que hace el sustrato (papel) para liberar la tinta que hay en la mantilla, pudiendo ocasionar algunos inconvenientes.

2.2.5.5 Tensión Superficial

Por naturaleza, las moléculas de agua se atraídas entre sí, por tal motivo, las gotas de agua tienen tendencia a formar pequeños charcos muy compactos al estar en contacto con una superficie.

La medida de esta característica en un líquido es su tensión superficial, para el proceso de impresión tipo offset se considera necesario que el

agua tenga la capacidad de crear una fina capa homogénea y regular a lo largo y ancho de toda la superficie de la plancha. (Torres, 2013).

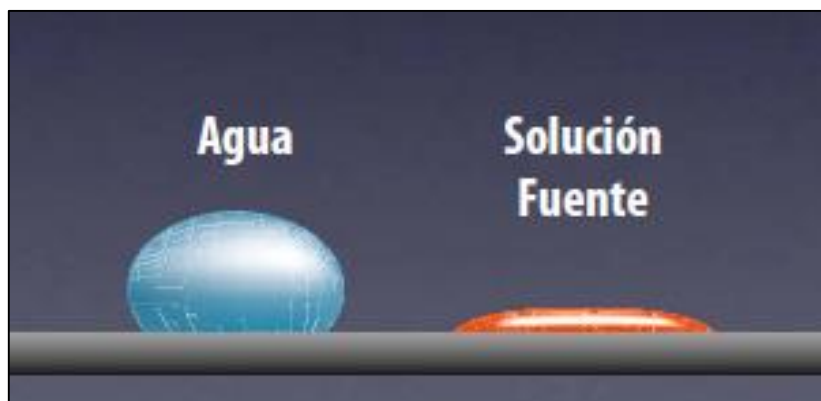


FIGURA N° 8: COMPARACIÓN VISUAL DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL AGUA Y LA SOLUCIÓN FUENTE

2.2.5.6 Dureza

Se denomina dureza del agua a la cantidad de sales minerales que puede portar en su composición un tipo de agua en concreto. Este grado de dureza representado en la cantidad de sales minerales, generalmente sales de calcio y magnesio, puede crear jabones de cal o calcáreos, generando problemas de impregnación de la tinta sobre el soporte frente al mojado y repulsión del agua y las tintas que fundamentan el proceso. En otras palabras, las aguas blandas tienden a emulsionar las tintas, mientras que las aguas duras provocarán depósito de impurezas en las planchas o rodillos. (Torres, 2013).

2.2.5.7 pH

Según Millán (2014), el agua utilizada para la impresión en máquinas offset debe carecer de aditivos, ya sean alcalinos o ácidos. Lo ideal es que el agua mantenga un pH neutro. La escala de pH va de 0 a 14, siendo de 0 a 6 ácido, 7 neutro y de 8 a 14 básico. Es preferible que el agua usada para el mojado en máquinas de impresión offset sea ácida,

de forma ligera (5,5 máximo). El instrumento que se emplea para medir el pH se llama pHmetro.



FIGURA N° 9: PHMETRO PARA MEDIR EL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE

2.2.5.8 Conductividad

Es la capacidad que tiene una solución para transportar partículas con carga eléctrica, llamadas iones, las cuales son originadas por los ácidos y sales de la solución fuente.

La conductividad se incrementa junto con el incremento del número de iones. (Torres, 2013).



FIGURA N° 10: CONDUCTÍMETRO PARA MEDIR LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE

2.2.5.9 Soporte o Sustrato

De acuerdo al Manual Técnico de Grafinal (1993), 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. 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.

2.2.5.10 Equilibrio Tinta - Agua

Según el Manual Técnico de Grafinal (1993), el proceso de impresión offset se da en función de que las tintas empleadas en el proceso aceptan una mínima cantidad de agua sin dejar de lado sus características físicas. En el caso de que se adicionara una cantidad excesiva de agua, la emulsión (mezcla tinta-agua) ya no es estable, por lo que la tinta pierde sus características, no ayuda en la impresión y se acumula en exceso en los rodillos y en la mantilla.

2.2.5.11 Solución 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).

2.2.5.12 Alcohol Isopropílico

El alcohol isopropílico no conduce la electricidad, por este motivo al adicionarse a la solución de fuente, la diluye y además reduce la conductividad de la solución, debido a que el grado de conductividad es directamente proporcional con respecto a la concentración de iones. Además, se emplea como tensoactivo, es decir, para reducir la tensión superficial del agua que es alta, por lo que humecta de manera irregular. Los productos humectantes tienen la capacidad de disminuir

la tensión superficial, siendo el alcohol isopropílico uno de ellos, el cual se adiciona a la solución de mojado entre un 10% y un 15%, teniendo como función principal la de mejorar la transferencia de agua en una capa muy fina y delgada.

Es necesario cuidar que la cantidad de alcohol en la solución de mojado sea la necesaria, porque en el caso que sea excesiva, la tensión superficial sería muy baja y el contenido de agua en la tinta aumenta y provocaría que la tinta se emulsione. (Torres, 2013).

2.2.6 Costos de Calidad

A medida que las empresas implementan programas de mejoramiento de la calidad, surge la necesidad de vigilar y de hacer reportes sobre el progreso de estos programas. Los administradores necesitan saber cuáles son los costos de la calidad y cómo están cambiando a través del tiempo.

Los costos de la calidad son aquellos costos que existen debido a la presencia de una calidad deficiente en el producto o servicio ofrecido. Esto significa que los costos de calidad se dividen en dos grupos vinculados a la calidad: actividades de control y actividades por fallas. Las actividades de control las realiza la organización para prevenir o para detectar una calidad deficiente (porque puede existir una calidad deficiente). Por lo tanto, consisten en tareas de prevención y evaluación. Los costos de control son aquellos que se derivan del desempeño de las actividades de control. Las actividades por fallas son desempeñadas por una organización o por sus clientes en respuesta a una calidad deficiente (una calidad deficiente en realidad existe). Si la respuesta a una calidad deficiente ocurre antes de la entrega de un producto deficiente a un cliente (que no cumple con las especificaciones, que no es confiable, que no es duradero y así sucesivamente), las actividades se clasifican como actividades de fallas internas; de lo contrario, se pueden clasificar como actividades de fallas externas. Los costos por fallas son aquellos en los

que incurre una organización como resultado de la ejecución de actividades para subsanar las fallas, ya sean éstas internas o externas.

Según Amat (2007), también podemos definir como costos de calidad, a la parte de los aspectos económicos de la calidad que considera todos los gastos en los que se incurre para obtener y asegurar una calidad satisfactoria, además de las pérdidas generadas cuando no se logra obtener ésta.

Joseph Juran clasifica los costos de calidad en cuatro categorías:

- a) Prevención
- b) Evaluación
- c) Falla interna
- d) Falla Externa

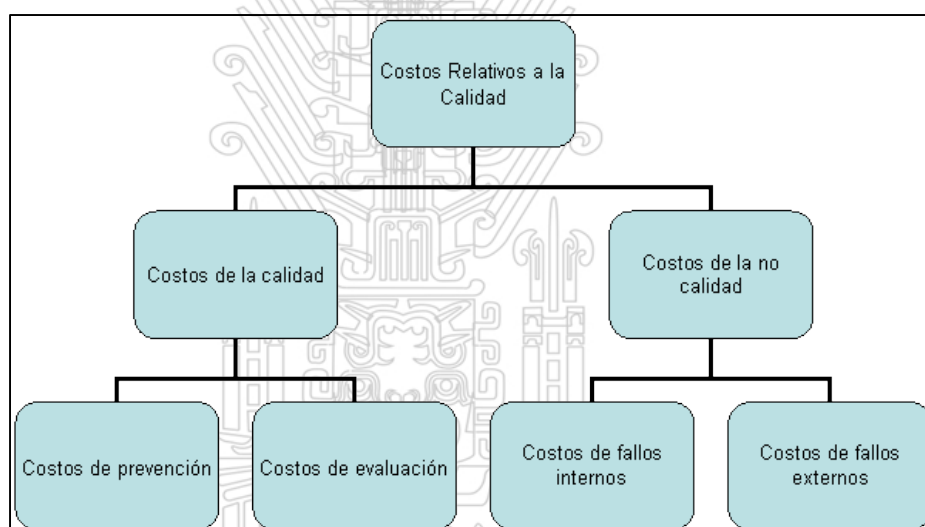


FIGURA N° 11: CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS DE CALIDAD

Fuente: Amat, 2007

2.2.6.1 Costos de Prevención

Son aquellos costos que asumen las organizaciones con la finalidad de evitar y prevenir fallas, errores, defectos y/o desviaciones del proceso, a lo largo de la producción. Conforme estos costos de prevención aumentan, se reduce el número de unidades defectuosas, por lo que se espera que los sobrecostos de producción disminuyan.

Los costos asociados a la prevención habitualmente son los costos de:

- Planificar, implantar y mantener el Sistema de Gestión de Calidad.
- Elaborar, revisar y aprobar las especificaciones técnicas, procedimientos e instrucciones de trabajo.
- Controlar los procesos.
- Planificar la producción.
- Instruir y capacitar al personal.
- Realizar auditorías internas del Sistema de Gestión de Calidad.
- Instalar, calibrar y hacer mantenimiento, reparación e inspección de maquinaria y equipos utilizados durante el proceso de producción.

Actualmente las empresas optan por invertir en costos de prevención como una opción de lograr la mejora de la calidad de sus productos y servicios

2.2.6.2 Costos de Evaluación o de Detección

Estos son costos que están orientados a la medición, verificación y evaluación de la calidad de los insumos, piezas, productos y/o procesos, para poder controlar la producción con la finalidad de que los productos obtenidos estén dentro de los niveles y especificaciones de calidad deseados y determinados por el Sistema de Gestión de Calidad de la empresa.

Estos costos están presentes durante y después del proceso productivo, pero antes de la venta al cliente.

Uno de los objetivos de los costos de evaluación es identificar productos con defectos y verificar que las unidades producidas cumplan o excedan los requisitos especificados por el cliente.

Estos costos no reducen los errores ni previene que se vuelvan a presentar, si no que están relacionados con la detección de los productos con defectos antes de que estos le sean proporcionados a los clientes.

Los siguientes son algunos costos de evaluación:

- Costos de inspección y evaluación de materiales, productos en proceso y productos terminados.
- Inspecciones y ensayos finales.
- Evaluaciones externas (auditorías externas).
- Evaluaciones de diseño.
- Análisis e informes de inspección.
- Actividades de evaluación de la supervisión.
- Verificación de proveedores.
- Pruebas de campo.

2.2.6.3 Costos por Fallas Internas

Se originan debido a las fallas, defectos o incumplimiento de las características establecidas de los insumos, partes, productos y/o servicios, pero que es detectado en la empresa, antes de efectuar la entrega del producto y/o servicio. Este tipo de costo es resultado de las actividades de inspección durante el proceso productivo, por ende, no es considerado como generador de valor agregado. Es de vital importancia que no se incurran en estos costos debido a que no son considerados una inversión sino un gasto, por lo que no es recuperable.

Los costos asociados a las fallas internas son:

- Costos debido a acciones correctivas, donde se emplea tiempo buscando el origen de la falla para corregirlo.
- Costos por desperdicios (materiales, insumos y recursos humanos) originados por fallas o defectos.
- Costos por reprocesos y reinspecciones.
- Costos por reparaciones.
- Costos por rediseño del producto o proceso, realizando ajustes o arreglos a la maquinaria que no estaban previstos.
- Costos por producción perdida, como consecuencia de una parada de máquina o del proceso por reparaciones o reprocesos.
- Costos por consultas técnicas, ya sea con personal de la empresa o con consultores especializados.

- Costos por rechazos.

Los costos por fallas internas se pueden evitar dado que solo se presentarán si es que existieran defectos en el proceso de producción. Aproximadamente el 95% de los costos de calidad corresponden a gastos de prevención, evaluación y a costos por fallos en el proceso.

2.2.6.4 Costos por Fallas Externas

Estos son los costos en los que se incurre para corregir las fallas o defectos de calidad y los que surgen por no cumplir con las características de calidad requeridas por los clientes y que se presentan después de efectuarse la entrega al cliente. En estos costos se incluyen las ventas perdidas y devoluciones de productos defectuosos, así como las pérdidas por servicios deficientes y que no satisfacen las expectativas del cliente.

Algunos ejemplos de estos costos son:

- Costos por atención y solución de quejas o reclamos de los clientes.
- Costos por ventas perdidas.
- Costos de imagen.
- Costos por devoluciones de productos defectuosos
- Costos por servicio de garantías.
- Costos por reparaciones y/o reemplazos.
- Costos legales: juicios y demandas.
- Costos de seguros.

Según Philip Crosby, no hay problemas de calidad, pero si hay problemas de diseño del producto, de materiales y de proceso, lo cuales generan un producto con calidad deficiente.

Asimismo, sostiene que los costos de calidad se dividen en costos de conformidad y costos de no conformidad; siendo el costo de prevención y el costo de evaluación o detección, costos de conformidad, mientras

que el costo por fallas internas y el costo por fallas externas, son costos de no conformidad.

De esta forma, se puede decir que el costo total de calidad es la suma de los costos de conformidad y los costos de no conformidad.

De acuerdo a la teoría de los costos de calidad, se sabe que resulta más caro los costos por fallas internas y por fallas externas que los costos de prevención y los costos de evaluación, por lo que estos últimos resultan más fáciles de controlar.

Si las empresas optan por implementar actividades para prevenir la obtención de productos defectuosos, reducirán los costos generados por la no conformidad de productos, además teniendo pocos problemas de calidad, se requerirá de menos actividades de evaluación, lo que generará que los costos por fallas internas y por fallas externas se reduzcan al mínimo.

Es necesario acotar que, a medida que la calidad de los productos aumenta, el porcentaje de inversión referido a los costos de no conformidad disminuye en mayor proporción que el porcentaje de aumento de los costos de prevención.

Para que las empresas puedan tener un mayor margen de utilidades, se deben reducir los costos de no conformidad, por tal motivo algunos expertos sugieren que el nivel óptimo de los costos de calidad debe ser el 2.5% de las ventas.

2.3 HIPÓTESIS

2.3.1 Hipótesis General

El empleo del Control Estadístico de Procesos en los parámetros de impresión offset favorece la mejora de la Gestión de Calidad en la empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L.

2.3.2 Hipótesis Secundarias

- a. Es posible alcanzar la meta de 5% de desperdicio por productos defectuosos.
- b. El cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo permitirá alcanzar una mayor eficiencia en los procesos de producción.
- c. Capacitar a los operadores de máquina, optimizará el buen uso de los recursos y la productividad operativa del área de producción.

2.4 VARIABLES

Para poder entender y establecer una mejora observable es necesario tener variables e indicadores que nos muestren las variaciones del proceso de manera que se pueda tomar medidas correctivas, previniendo así que el producto final salga con defectos, con lo cual se mejorará el sistema de gestión de la calidad de la empresa.

2.4.1 Variable Independiente

Control Estadístico de Procesos basado en los parámetros del proceso de Impresión Offset.

2.4.2 Variable Dependiente

Gestión de Calidad en el proceso de producción de impresión offset.

2.4.3 Indicadores

2.4.3.1 Indicadores de Satisfacción del Cliente

a) **Nº de Devoluciones**, es la cantidad de devoluciones por el cliente a razón de alguna disconformidad de su parte, se contabiliza como una unidad cada devolución, no siendo la cantidad física de productos devueltos.

$$N^{\circ} \text{ de Devoluciones por mes} = \text{Cantidad de devoluciones/mes}$$

b) N° de Reclamos, es la cantidad de reclamos realizados por el cliente a razón de una insatisfacción con respecto al producto solicitado

$$N^{\circ} \text{ de Reclamos por mes} = \text{Cantidad de Reclamos/mes}$$

c) % Devoluciones, es la cantidad de devoluciones registradas en un mes con respecto a la cantidad total de Órdenes de Producción generadas y producidas en el mismo mes.

$$\% \text{ Devoluciones} = \frac{N^{\circ} \text{ de Devoluciones/mes}}{N^{\circ} \text{ de Órdenes de Producción producidas/mes}} \times 100\%$$

d) % Reclamos, es la cantidad de reclamos registrados en un mes con respecto a la cantidad total de Órdenes de Producción generadas y producidas en el mismo mes.

$$\% \text{ Reclamos} = \frac{N^{\circ} \text{ de Reclamos/mes}}{N^{\circ} \text{ de Órdenes de Producción producidas/mes}} \times 100\%$$

2.4.3.2 Indicadores de Calidad

a) % de Producto No Conforme, es la relación entre la cantidad de Productos Devueltos y la cantidad total de Producto Final.

$$\% \text{ de Productos No Conforme} = \frac{\text{Cantidad de Productos Devueltos}}{\text{Cantidad Total de Productos}} \times 100\%$$

b) Índice de Calidad, es la relación entre la cantidad de Producto Conforme y la cantidad total de Producto Final.

$$\text{Índice de Calidad} = \frac{\text{Cantidad de Productos Conformes}}{\text{Cantidad Total de Productos}} \times 100\%$$

c) **% Merma**, es la relación de la diferencia del Material Utilizado y Producto Obtenido entre el Material Total utilizado.

$$\% \text{ de Merma} = \frac{\text{Material utilizado} - \text{Producto Obtenido}}{\text{Material utilizado}} \times 100\%$$

d) **% Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo**, es la relación de la cantidad de equipos a los que se ha hecho el Mantenimiento Preventivo entre la cantidad de equipos con Mantenimiento Preventivo Programado en un periodo de tiempo.

$$\% \text{ Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo} = \frac{\text{Equipos con Mantenimiento Preventivo Realizado}}{\text{Equipos con Mantenimiento Preventivo Programado}} \times 100\%$$

2.4.3.3 Indicadores de Seguridad y Capacitación

a) **Nº de Accidentes Laborales**, es la cantidad de accidentes sufridos por los trabajadores de la empresa en un periodo de tiempo.

$$\text{Nº de Accidentes Laborales por mes} = \text{Cantidad de Accidentes Laborales/mes}$$

b) **Índice de Incidencia**, este índice representa el número de accidentes ocurridos por cada mil trabajadores expuestos a los riesgos laborales.

$$\text{Índice de Incidencia} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Número de Trabajadores}} \times 1000$$

c) **Ratio de Capacitación**, este índice representa la relación entre la cantidad de trabajadores capacitados y el número total de trabajadores de la empresa.

$$\text{Ratio de Capacitación} = \frac{\text{Número de Trabajadores Capacitados}}{\text{Número Total de Trabajadores}} \times 100\%$$

2.4.3.4 Indicadores del Proceso de Impresión Offset

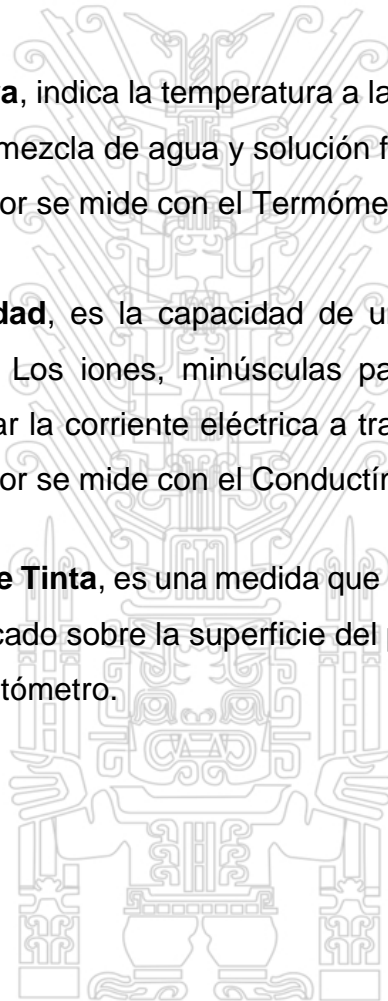
- a) **pH**, indica la concentración del ión hidronio en una solución, Este indicador se mide con el pHmetro.

- b) **% Alcohol**, indica la cantidad de Alcohol Isopropílico disuelto en la solución fuente, la cual es la sustancia que modifica la tensión superficial de la mezcla entre el agua y solución fuente. Este indicador se mide con el Alcoholímetro.

- c) **Temperatura**, indica la temperatura a la que se encuentra la solución de mojado (mezcla de agua y solución fuente). Este indicador se mide con el Termómetro.

- d) **Conductividad**, es la capacidad de una solución para conducir la electricidad. Los iones, minúsculas partículas con carga eléctrica, pueden llevar la corriente eléctrica a través de una solución acuosa. Este indicador se mide con el Conductímetro.

- e) **Densidad de Tinta**, es una medida que expresa el espesor de la capa de tinta aplicado sobre la superficie del papel. Este indicador se mide con el Densitómetro.





CAPÍTULO III: MÉTODO

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo, por el tipo de investigación, es una investigación básica, debido a que tiene como objetivo profundizar el conocimiento de la realidad; asimismo, es una investigación aplicada, debido a que se usaron conocimientos de la Teoría de las Artes Gráficas, a fin de aplicarlas en el Control Estadístico del proceso.

3.1.2 Nivel de Investigación

El presente trabajo tiene características que corresponden a una investigación del tipo descriptivo y correlacional.

Tiene un nivel de investigación descriptivo porque refiere la situación actual de la gestión de calidad de la empresa, además tiene un nivel de investigación correlacional porque se busca encontrar el grado en el que se vinculan las variables entre sí y que se están estudiando.

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Balestrini (2002) señala que: "Un diseño de investigación se define como el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correcto, técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos... el diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua, las respuestas a las preguntas planteadas en la misma." (p.118).

En este sentido, el diseño de la investigación es de campo ya que la información correspondiente a la investigación se obtuvo de fuente primaria, y posteriormente se evaluaron y se analizaron los resultados.

Para el desarrollo de esta investigación, se empleará el "Diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo, el cual es generalmente útil como primer acercamiento al problema de investigación en la realidad" (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.137), cuyo esquema es el siguiente:

G: O1 - X - O2

Donde:

O1: Pre-Test

X: Tratamiento

O2: Post-Test

Se tuvieron varias etapas en el proceso de investigación:

Etapa 1: Evaluación de la situación actual de la empresa, donde se tomó en cuenta los reclamos presentados por los clientes de manera que la información recopilada sirvió para la siguiente etapa.

Etapa 2: Elaboración del Diagrama de Causa-Efecto, que sirvió para poder determinar las posibles causas que generaron los reclamos de los clientes.

Etapa 3: Recopilación de datos de los diferentes parámetros que influyeron en las posibles causas de los reclamos.

Etapa 4: Evaluación y análisis de los datos de los parámetros con influencia directa sobre las causas de los problemas que generaron de los reclamos.

Etapa 5: Con los resultados obtenidos, se demuestra que la aplicación del Control Estadístico de Procesos ayudó a mejorar la Gestión de Calidad de la empresa.

3.3 ESTRATEGIA DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para cumplir con los objetivos propuestos se utilizaron herramientas tales como plantillas de registro para recopilar datos de los valores de densidad de los 4 colores usados, así como datos de los valores de conductividad, pH y % de alcohol; con estos datos se procedió a hacer un análisis empleando el diagrama causa-efecto, a fin de conocer las causas principales que inciden en la generación del problema, y también se realizó un análisis mediante el diagrama de Pareto.

Se utilizaron los Gráficos de Control \bar{X} -R e I-MR para analizar gráficamente la variabilidad durante el proceso y se realizó un diseño de experimentos, para determinar la incidencia de los diferentes factores en la variable respuesta.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

Una población o universo es el conjunto o totalidad de unidades elementales que poseen una cualidad en común acerca de las cuales se quiere investigar.

Para el caso de este trabajo de investigación la población estuvo definida por el área de impresión de la organización, la cual está compuesta por dos máquinas impresoras (SM-52 Pila Alta y SM-52 Pila Baja) que hay en el área de impresión de la empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L.

3.4.2 Muestra

La muestra que se estudió fue el proceso de impresión de la máquina SM-52 Pila Alta, debido a que es la máquina de mayor producción.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

n: Tamaño óptimo de muestra.

N: Tamaño de la Población

p: Proporción de aceptación (0.5)

q: Proporción de rechazo (0.5)

Z: Es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

Para este caso se usará un Nivel de Confianza del 95% por lo que el valor es $Z = 1.96$

e: Margen de error (0.09)

Considerando que se tomaron muestras cada hora y se trabajan 24 horas

$$n = \frac{24 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.09^2 \times (24 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 20.1 \cong 20 \text{ muestras}$$

3.5 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.5.1 Instrumentos y/o fuentes de recolección de datos

Para la presente investigación, se usaron instrumentos tales como: Encuesta de Satisfacción a los Clientes (Ver Anexo 3) para poder saber cuáles son las principales causas de las devoluciones de los productos por parte de los clientes, Hoja de Recogida de datos (o de Registro) (Ver Anexo 4) donde se tomaron nota de los valores de cada uno de los parámetros del proceso de impresión, asimismo se empleó un equipo llamado Densitómetro que ayudó a medir la densidad de la tinta en los impresos. Las fuentes de recolección de datos fueron los pliegos impresos (de donde se obtuvo los datos de la densidad de tinta de los colores) y la solución fuente (de donde se obtuvo los datos de la conductividad, pH y % de alcohol) de la máquina en estudio (SM-52 Pila Alta).

3.5.2 Validación de los instrumentos por juicio de expertos

La validación es el nivel de veracidad de los instrumentos que mide las 3 variables de acuerdo a los indicadores (Ver Anexos 5 y 6).

La validación por juicio de expertos fue dada por profesionales con experiencia en el rubro gráfico, los cuales tienen capacidad y expertis en la validación. El resultado indicó que los jueces califican como adecuada la aplicación de los indicadores de todas las dimensiones, por lo tanto, el instrumento está bien estructurado con ítems válidos y es confiable para su aplicación.

Experto	INDICADORES			
	Pertinencia	Relevancia	Claridad	Aplicabilidad
	SI o NO	SI o NO	SI o NO	SI o NO
Ing. Nicanor Sulca Quispe	SI	SI	SI	SI
Ing. Juan Antonio Cuzzi Cuadros	SI	SI	SI	SI
Ing. Camilo Rodríguez Figueroa	No	SI	No	SI
Resultado	SI	SI	SI	SI

TABLA N° 6: RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

3.5.3 Técnicas de Procesamiento de Datos

Los métodos de procesamiento que se utilizaron para el análisis de la información en el desarrollo de este proyecto fueron:

- Entrevistas a los Clientes y Diagrama Causa-Efecto: Se usaron para saber acerca de la opinión de los clientes sobre las causas de la devolución de productos y para vincularlos con los problemas de producción de la empresa.
- Diagrama de Pareto: Se usó para determinar cuáles eran los problemas que tienen mayor incidencia en la devolución de productos.
- Gráfica de Control: Se empleó para poder describir el comportamiento de los parámetros a controlar.
- Análisis de Capacidad: Se empleó para determinar si el proceso está en la capacidad de cumplir con las especificaciones del producto.

3.5.4 Técnicas de análisis e interpretación de la información

Para el desarrollo de esta Tesis, se empleó el Control Estadístico de Procesos, por lo que se determinó que el proceso está sujeto a desviaciones inevitables. Lo importante de estas variaciones es reconocer cuáles pueden deberse a causas comunes o al azar y cuáles a causas especiales.

A partir de la información que generaron las herramientas de calidad, como el Diagrama Causa-Efecto y el Diagrama de Pareto, se identificaron las causas que influyeron mayormente en las devoluciones del producto terminado, produciendo reprocesos y como consecuencia, mayores costos de producción.

Asimismo, para el análisis de los datos estadísticos se empleó el software Minitab, el cual ayudó mucho para la interpretación de los gráficos y los reportes estadísticos.

3.5.5 Operacionalización de Variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

OBJETIVO GENERAL : Implantar un sistema de control en base a parámetros del proceso de impresión offset, empleando el Control Estadístico de Procesos para la mejora de la Gestión de Calidad.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	VALOR FINAL
INDEPENDIENTE: Control Estadístico de Procesos basado en los parámetros del proceso de Impresión Offset	Conjunto de métodos y herramientas necesarios para medir y regular los parámetros que afectan al proceso de impresión offset.	Control de los principales parámetros relacionados con la impresión offset tales como pH, Conductividad eléctrica temperatura y cantidad de alcohol, logrando que estén dentro del rango correspondiente.	Contenido de alcohol en la solución fuente	% Alcohol	%	Intervalo	[8 - 12]
			Acidez de la solución fuente	pH		Intervalo	[4.5 - 5.5]
			Conductividad eléctrica de la solución fuente	Conductividad	Ohmios	Intervalo	[1200 - 1400]
			Temperatura de la solución fuente	Temperatura	Grados centigrados	Intervalo	[8 - 10]
DEPENDIENTE: Gestión de Calidad en los procesos de producción de impresión offset	Conjunto de acciones aplicadas para incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción del cliente así como disminuir la cantidad de defectos durante el proceso.	Para lograr la satisfacción del cliente es necesario minimizar los defectos y los tiempos muertos, es decir que la cantidad de reclamos y devoluciones debe ser el mínimo posible así como las paradas imprevistas también deben ser la menor cantidad posible	Devoluciones	% de Devoluciones	%	Razón	< 5 %
			Reclamos	% de Reclamos	%	Razón	< 5 %
			Producto No Conforme	% Producto No Conforme	%	Razón	< 5 %
			Calidad	Índice de Calidad	%	Razón	> 95%
			Merma	% Merma	%	Razón	<7%
			Mantenimiento Preventivo	% Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	%	Razón	>95%
			Capacitación	Ratio de Capacitación	%	Razón	30%

3.5.6 Diseño Estadístico

Una vez recopilada toda la información y con los datos obtenidos de las mediciones de la densidad de la tinta y los parámetros del proceso de impresión, se procedió a aplicar la metodología Six Sigma para la evaluación del proceso. Como se mencionó anteriormente el problema más crítico es la variación de la tonalidad del color, por lo que el parámetro Densidad de Tinta fue monitoreado mediante el uso de las Gráficas de Control, se calcularon los límites de control de cada uno de los cuatro colores del proceso, luego fue necesario hacer una prueba de normalidad, y posteriormente se hizo un análisis de capacidad para verificar si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas.

También fue necesario trabajar en la mejora del proceso, para esto se debió reducir la variabilidad de la densidad de color y para lograrlo, la herramienta empleada fue el Diseño de Experimentos.

Cabe indicar que la parte estadística se manejó con el software Minitab.





CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la Contrastación Hipótesis se tomó de referencia la percepción de la calidad del producto durante su producción, a través de una escala de calificación, la cual va desde 1 que significa el nivel de calidad más bajo, hasta 10 que significa el nivel de calidad más alto.

Por lo tanto, la hipótesis nula es si el empleo del Control Estadístico de Procesos en los parámetros de impresión offset no favorecerá la mejora de la Gestión de la Calidad, obteniéndose productos con una media de percepción de calidad menor o igual a 5.

Mientras que la hipótesis alterna es si el empleo del Control Estadístico de Procesos en los parámetros de impresión offset favorecerá la mejora de la Gestión de Calidad obteniéndose productos con percepción de calidad mayor a 5. De esta forma se tiene:

$$H_0: \mu \leq 5$$

$$H_a: \mu > 5$$

Se asumió un Nivel de Significancia de $\alpha = 0.05$

N° Muestra	Calificación de Calidad
1	9
2	9
3	9
4	8
5	8
6	8
7	7
8	8
9	5
10	2
11	6
12	3
13	4
14	3
15	5
16	2
17	8
18	7
19	3
20	8

TABLA N° 7: CUADRO DE MUESTRAS DE PERCEPCIÓN DE CALIDAD DE IMPRESIÓN

Tesis publicada con autorización del autor
(Fuente: Elaboración propia)
No olvide citar esta tesis

UNFV

Con esta información se procedió a calcular el estadístico de prueba y el p-value:

T de una muestra: Calidad							
Prueba de $\mu = 5$ vs. > 5							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95%	T	p-value
Calidad	20	6.100	2.490	0.557	5.137	1.98	0.031

FIGURA N° 12: CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA Y DEL P-VALUE

(Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo al método empleado la regla de rechazo es la siguiente:

Rechazar H_0 si $p\text{-value} \leq \alpha$

Finalmente, el p-value obtenido (0.031), se comparó con el valor del nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), lo cual dió como resultado que el $p\text{-value} \leq \alpha$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Siendo así, se aceptó la hipótesis alterna:

El empleo del Control Estadístico de Procesos en los parámetros de impresión offset favorecerá la mejora de la Gestión de Calidad obteniéndose productos con percepción de calidad mayor a 5.

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

4.2.1 Diagnóstico del proceso

Para poder cuantificar la magnitud del problema, se procedió al levantamiento de datos, además de usar los datos recopilados durante el último año por el área de Control de Calidad, a fin de determinar los errores que provocan los reprocesos que a su vez generan los incrementos de los costos de producción.

La empresa ha recibido por parte de sus clientes constantes reclamos por la calidad del producto terminado, llegando en algunos casos a generar devoluciones, insatisfacción del cliente y pérdida de recursos financieros, que son asumidos por la empresa.

A continuación, en la Figura N° 13, se muestra la evolución de las devoluciones hechas por los clientes por no estar conformes con sus productos, tomando como escala de tiempo los meses de Enero a Julio de los años del 2012 al 2016:

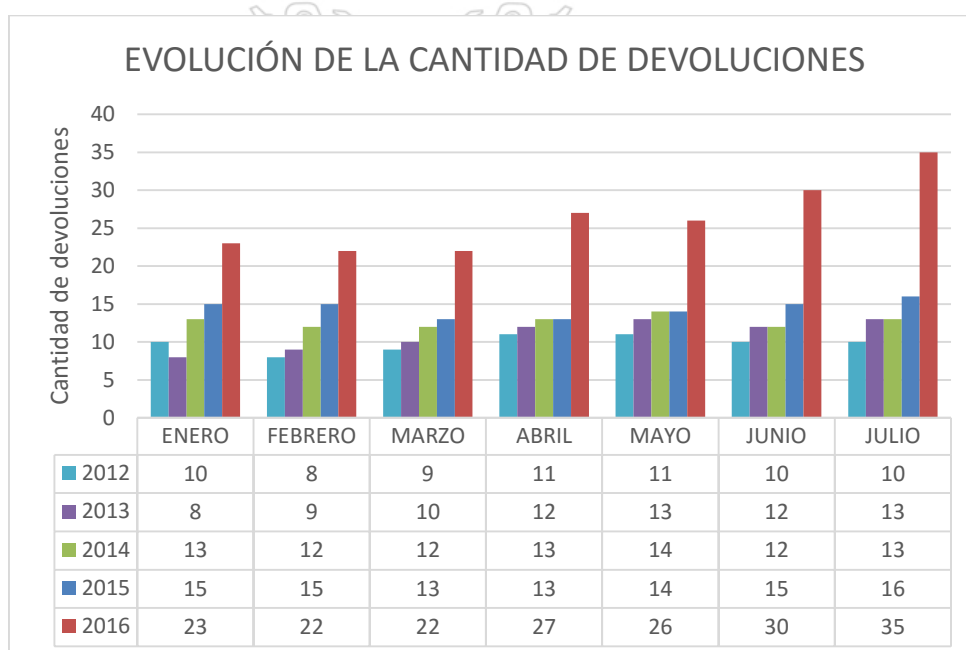


FIGURA N° 13: EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE DEVOLUCIONES EN EL PERIODO ENERO-JULIO DE LOS AÑOS 2012 AL 2016

(Fuente: Elaboración propia)

CANTIDAD DE ÓRDENES DE PRODUCCION GENERADAS

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	Promedio
2012	108	115	109	100	113	125	139	116
2013	128	132	135	115	128	142	155	134
2014	142	155	131	129	160	175	178	153
2015	165	190	158	151	204	187	202	180
2016	188	212	181	171	255	250	260	217

TABLA N° 8: CANTIDAD DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN GENERADAS EN EL PERIODO ENERO-JULIO DE LOS AÑOS 2012 AL 2016

Tesis publicada con autorización del autor *(Fuente: Elaboración propia)*
No olvide citar esta tesis

UNFV

Asimismo, se presenta la Tabla N° 8 donde se muestra la cantidad de Órdenes de Producción emitidas en el mismo período de tiempo.

4.2.1.1 Diagrama de Pareto

Se procedió a revisar la información disponible de las Encuestas de Satisfacción del Cliente del período Enero – Julio 2016, que dio lugar a una Tabla de Frecuencias (Tabla N° 9) y al Diagrama de Pareto (Figura N° 15), que se muestran a continuación:

Causa de los problemas	Frecuencia (Fi)	Frec. Acum. (%Fi)	Frec. Relativa (Hi)	Frec. Acum. Relativa (%Hi)
Falta de control durante la impresión	77	77	0.4162	42%
Rodillos en mal estado	36	113	0.1946	61%
Personal no calificado	36	149	0.1946	81%
Paradas frecuentes	6	155	0.0324	84%
No se cumple con los procedimientos	6	161	0.0324	87%
Descuido del operador	4	165	0.0216	89%
Problemas de troquelado	4	169	0.0216	91%
Mal lavado de unidades	4	173	0.0216	94%
Problemas de barnizado	3	176	0.0162	95%
Problemas de pegado	3	179	0.0162	97%
Iluminación inadecuada	3	182	0.0162	98%
Materia prima mal refileada	2	184	0.0108	99%
Temperatura no adecuada	1	185	0.0054	100%
	185		100	

TABLA N° 9: FRECUENCIA DE LAS CAUSAS QUE ORIGINAN DEVOLUCIÓN DE PRODUCTOS EN EL PERIODO ENERO-JULIO 2016

(Fuente: Elaboración propia)

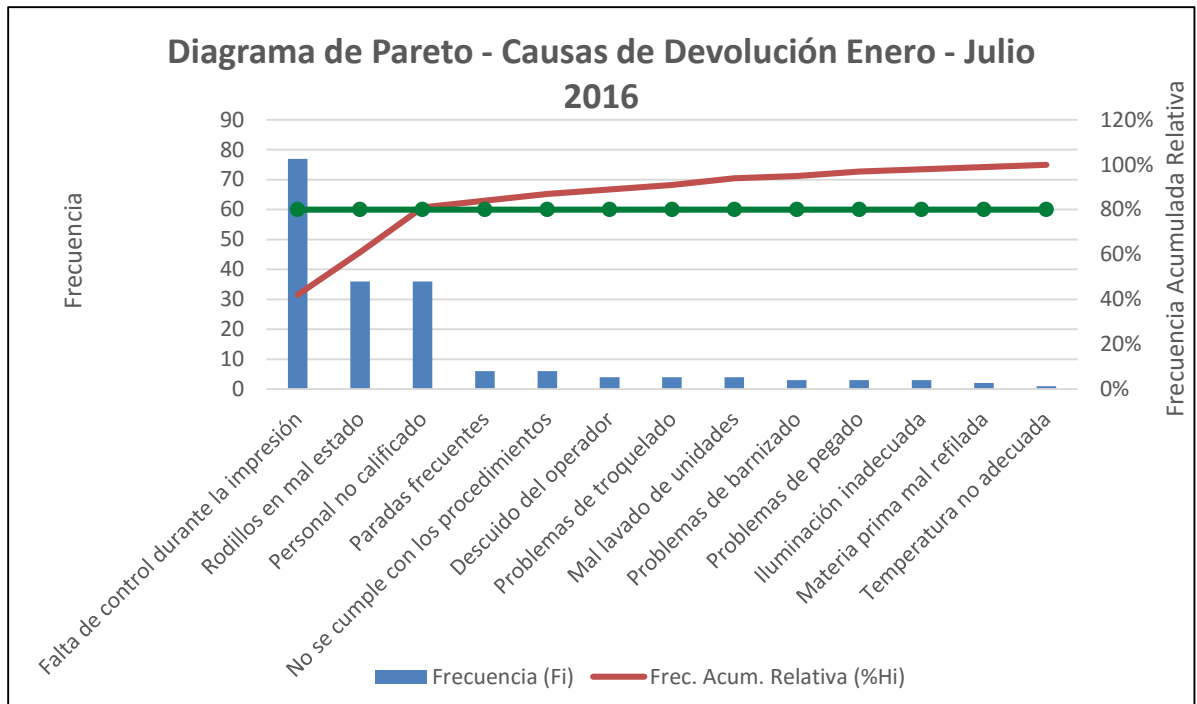


FIGURA N° 14: DIAGRAMA DE PARETO CON LAS CAUSAS FRECUENTES DE DEVOLUCIÓN DE PRODUCTOS

(FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

4.2.1.2 Diagrama Causa - Efecto

Teniendo como punto de partida que los problemas se originan en el área de producción, se aplicó la herramienta del Diagrama Causa – Efecto para determinar cuáles son las posibles causas que generan la devolución de los productos por parte de los clientes.

Para lograr obtener este diagrama se realizó una reunión con el personal de Control de Calidad, los operadores de máquina y con el Jefe de Producción, para revisar el flujo del proceso de impresión offset (Ver Anexo 8) y evaluar los resultados de la Encuesta de Satisfacción del Cliente y así poder conocer los motivos de las no conformidades detectadas y su influencia en el proceso, para que de esta forma se pueda buscar, identificar y analizar las causas principales que provocan el problema, y se actúe sobre dichas causas.

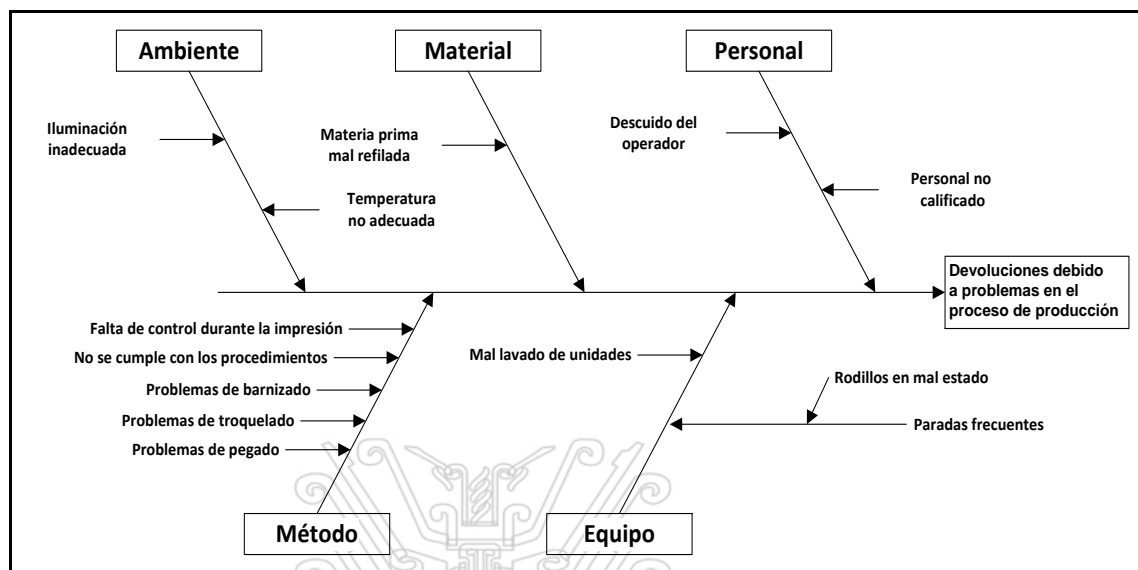


FIGURA N° 15: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL PROBLEMA DE LAS DEVOLUCIONES

(Fuente: Elaboración propia)

4.2.1.3 Determinación del parámetro a medir

De acuerdo al resultado obtenido en el Diagrama de Pareto, se observa que los tres principales motivos por los que se reciben devoluciones son:

- a) Falta de control durante la impresión.
- b) Rodillos en mal estado.
- c) Personal no calificado.

Con esto, se elaboró el Diagrama Causa-Efecto y se observa que se asoció cada uno de los motivos anteriores a una causa específica respectivamente:

- a) Método.
- b) Equipo.
- c) Personal.

Por este motivo se procedió a recopilar información acerca de todas las devoluciones que se tuvieron en el período Enero-Julio 2016 y se realizó la clasificación en el siguiente cuadro:

Motivo de devolución	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total
Ciente no realizó pedido	0	0	0	1	0	0	0	1
Error de digitación en archivo	0	2	1	1	0	0	1	5
Inconformidad con el diseño	1	1	1	1	0	1	1	6
Materia prima incorrecta	2	1	2	2	2	1	1	11
Medidas incorrectas	1	2	1	1	1	2	1	9
Manchas en la impresión	4	4	5	4	4	5	5	31
Desprendimiento de la tinta	0	2	1	1	3	3	3	13
Variación de tonalidad	7	5	7	6	6	9	10	50
Falla en el barnizado	3	2	2	2	2	3	3	17
Falla en el troquelado	2	1	1	2	3	2	2	13
Falla en el pegado de las cajas	3	1	1	3	1	1	4	14
Excedente de producción	0	1	0	2	2	1	2	8
Problemas de embalaje	0	0	0	1	1	1	1	4
Orden incompleta	0	0	0	0	1	1	1	3
Sub Total	23	22	22	27	26	30	35	
Total	185							

TABLA N° 10: FRECUENCIA DE DEVOLUCIONES POR DEFECTO EN EL PERIODO ENERO-JULIO 2016

(Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo a la Tabla N° 10, se puede observar que el motivo por el cual se tuvo la mayor cantidad de devoluciones es el problema de la variación de la tonalidad del color, el cual es un problema muy común en muchas imprentas.

Es necesario precisar que en el proceso de impresión hay parámetros, tales como el pH, la conductividad, el % de alcohol y la densidad de la tinta; este último parámetro varía de acuerdo al color (relacionado con la cantidad de pigmento que hay en la tinta) y también de acuerdo al sustrato o papel sobre el que se imprimirá.

Parámetros	Objetivo
% Alcohol	11
pH	5
K (μ S/cm)	1800

TABLA N° 11: MEDIDA DE PARÁMETROS DE IMPRESIÓN

(Fuente: Estándar de la Empresa)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNFV

De todos los parámetros mencionados anteriormente, el que más se debe controlar es la densidad de tinta, considerando que en cada cambio de trabajo no se cambia la solución fuente (donde se mide el pH, la conductividad y el % de alcohol), pero al cambiar las placas, la distribución de la tinta, por ende, la densidad de la tinta, si cambia.

Si la densidad de tinta durante la impresión no está en su punto óptimo, provocará que los trabajos deban reprocesarse, incrementando los costos de la empresa y además retraso en la entrega de los pedidos a los clientes.

Se debe tener en cuenta que el problema de la variación de la tonalidad del color está completamente vinculado al parámetro de la densidad de tinta, con lo que se verifica que el parámetro crítico del proceso de impresión offset es la densidad de la tinta.

A continuación, se muestra una tabla con las Densidades Estándar por cada color para 5 tipos de papel, en donde la tolerancia es de ± 0.05 :

Tipo de Papel	Cyan (C)	Magenta (M)	Amarillo (Y)	Negro (K)
Estucado de Alto Brillo	1.40	1.50	1.05	1.70
Estucado Brillante y Mate	1.30	1.40	1.00	1.60
Super Calandrado	1.10	1.15	0.95	1.40
Offset	1.00	1.12	0.95	1.05
Prensa	0.90	0.90	0.85	1.05

TABLA N° 12: VALORES ESTÁNDAR RECOMENDADOS DE DENSIDAD ABSOLUTA (PAPEL INCLUIDO) PARA DIFERENTES TIPOS DE PAPEL A NIVEL INTERNACIONAL

(Fuente: <http://www.portalgraf.com>)

Para la elaboración de cajas para medicinas, se suelen usar Cartón Duplex o Cartulina Foldcote, ambos materiales son Papel con estucado brillo.

4.2.1.4 Impacto económico

Teniendo en cuenta el motivo de las devoluciones por parte de los clientes, fue factible hacer una valorización de dichos costos por tipo de

motivo, de manera que se aprecie el impacto económico de cada devolución.

De esta manera se pudo ratificar que los trabajos impresos en la máquina SM-52 Pila Alta son aquellos que tienen mayor predominancia en las devoluciones, de los cuales se aprecia que el mayor impacto económico está asociado a la variación de la tonalidad (\$ 96,576.05 en el periodo Enero-Julio 2016), cuyo valor que representa el 36.6% del costo total de las devoluciones recepcionadas de parte de los clientes. (Ver anexo 9)

Con esto, se concluyó que es muy importante que se implementen controles en el proceso de impresión, dado que a pesar de que la empresa cuenta con la certificación ISO 9001:2008, esto no puede asegurar que se puedan cometer errores en dicho proceso.

Considerando que la empresa carece de estándares establecidos que ayuden a controlar el proceso de impresión y que además se ha ido incrementando la cantidad de órdenes de producción, se puede afirmar que esto ha contribuido al incremento de la cantidad de productos defectuosos, lo cual puede apreciarse en los diagramas comparativos, donde se puede ver que las devoluciones se han incrementado en el mismo periodo de tiempo que el año anterior.

La tonalidad de color es un factor fundamental para los clientes, por lo tanto, puede ser el motivo de gran cantidad de devoluciones, es por eso que durante el proceso de impresión los controles deben ser lo más exhaustivos y exigentes posibles, de manera que se asegure la calidad del producto.

Implantar el control estadístico de procesos en el proceso de impresión contribuirá a la mejora de la gestión de calidad, dado que se controlará la densidad de la tinta, y además se atacará el problema que tiene el mayor impacto económico, permitiendo que los costos de producción se reduzcan al no incurrir en reprocesos para corregir los defectos que presentan los productos, generándose así que la imagen de la empresa mejore y además que se incrementen los beneficios.

4.2.2 Cartas de Control

Dado que el proceso de impresión offset es un proceso de producción masiva porque se produce gran cantidad de productos en un determinado intervalo de tiempo, y además porque es un proceso de tipo continuo, es conveniente emplear la Carta de Control \bar{X} -R.

Sabiendo el tipo de Carta o Gráfico de Control a usar, se procedió a hacer el cálculo de los Límites de Control de cada uno de los colores de la cuatricromía, los cuales son: Cyan (C), Magenta (M), Amarillo (Y) y Negro (K).

4.2.2.1 Cyan

Para poder realizar el cálculo de los límites de control para el color cyan, se hicieron las mediciones de la densidad de tinta de dicho color, las cuales se muestran en la Tabla N° 13. Es necesario indicar que en cada muestra se realizó la medida en 4 zonas distintas en una misma línea horizontal, con lo cual se formó un subgrupo.

En esta misma tabla se muestra el valor promedio de cada subgrupo, el cual se empleó para calcular los límites de control para promedios, mediante el uso de las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$$
$$LSC_{\bar{X}} = 1.3066 + 0.729 * 0.0645 = 1.3536$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$$
$$LIC_{\bar{X}} = 1.3066 - 0.729 * 0.0645 = 1.2596$$

En donde A_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 10, en función del número mediciones de cada subgrupo (n=4), por lo que se obtiene que 0.729 es el valor de A_2 .

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.28	1.30	1.34	1.35	1.3175	1.28	1.35	0.0700
2	1.29	1.31	1.24	1.28	1.2800	1.24	1.31	0.0700
3	1.29	1.30	1.34	1.35	1.3200	1.29	1.35	0.0600
4	1.27	1.29	1.34	1.36	1.3150	1.27	1.36	0.0900
5	1.25	1.33	1.27	1.29	1.2850	1.25	1.33	0.0800
6	1.28	1.30	1.30	1.33	1.3025	1.28	1.33	0.0500
7	1.30	1.35	1.28	1.30	1.3075	1.28	1.35	0.0700
8	1.27	1.31	1.30	1.33	1.3025	1.27	1.33	0.0600
9	1.29	1.31	1.30	1.33	1.3075	1.29	1.33	0.0400
10	1.28	1.31	1.24	1.29	1.2800	1.24	1.31	0.0700
11	1.28	1.31	1.30	1.33	1.3050	1.28	1.33	0.0500
12	1.29	1.32	1.34	1.35	1.3250	1.29	1.35	0.0600
13	1.30	1.32	1.32	1.36	1.3250	1.30	1.36	0.0600
14	1.27	1.30	1.32	1.36	1.3125	1.27	1.36	0.0900
15	1.27	1.29	1.34	1.37	1.3175	1.27	1.37	0.1000
16	1.30	1.35	1.28	1.30	1.3075	1.28	1.35	0.0700
17	1.29	1.30	1.30	1.33	1.3050	1.29	1.33	0.0400
18	1.29	1.32	1.30	1.33	1.3100	1.29	1.33	0.0400
19	1.26	1.31	1.30	1.33	1.3000	1.26	1.33	0.0700
20	1.28	1.32	1.30	1.33	1.3075	1.28	1.33	0.0500
					1.3066			0.0645

TABLA N° 13: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR CYAN

(Fuente: Elaboración propia)

Del mismo modo, se hicieron los cálculos de los límites de control para rangos, por medio de las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{R}} = 2.282 * 0.0645 = 0.1472$$

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{R}} = 0 * 0.0645 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en

Tesis publicada con autorización del autor.
 No olvide citar esta tesis
 función del número de mediciones de cada subgrupo (n=4).

UNFV

Con la información obtenida de los cálculos mostrados anteriormente se procedió a realizar los gráficos de los valores promedio y de los valores de rango de cada subgrupo que se obtuvo en las mediciones realizadas.

Mediante el uso del software MINITAB, se pudo elaborar la gráfica de control, analizándose primeramente el gráfico de los promedios, con la finalidad de determinar si existían variaciones entre los subgrupos y además para evaluar su estabilidad.

Como se observa en la Figura N° 16, los valores promedio de cada subgrupo están bajo control estadístico, dado que no salen de los límites superior e inferior de la gráfica.

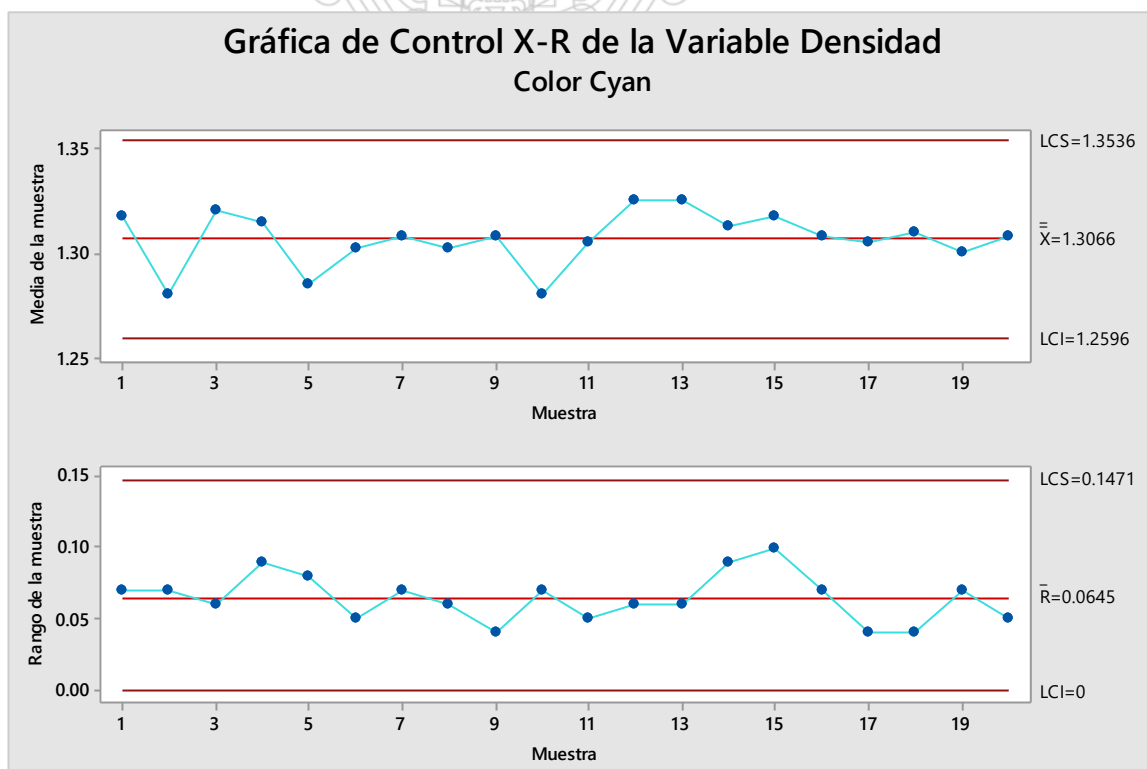


FIGURA N° 16: GRÁFICA DE CONTROL \bar{X} – R DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR CYAN

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

A continuación, se estudió el comportamiento de la gráfica de rangos, donde se puede observar la variación de cada subgrupo, dado que este

gráfico ayuda a observar las variaciones dentro de cada grupo detectando cambios en la amplitud de la variación del proceso.

Se observó que los valores de rango de cada subgrupo se encontraban también bajo control estadístico, dado que los valores obtenidos no mostraban ninguna tendencia y además están entre los límites superior e inferior de control.

Cabe indicar que en estas gráficas se puede determinar si existe un patrón específico de comportamiento, lo cual ayudará a determinar si el proceso se encuentra o no bajo control estadístico, por ello se empleó la opción de prueba de patrones de inestabilidad que posee el Minitab, con la finalidad de verificar si existe alguna causa especial que esté afectando al proceso.

Como se puede apreciar en la Figura N° 16, no existe un comportamiento atribuible a causas especiales, debido a que, si lo hubiese, el Minitab lo representaría mediante un punto rojo y el número de prueba por causas especiales que el subgrupo no ha logrado superar, bajo esta circunstancia es factible concluir que el proceso se encuentra bajo control estadístico y que sólo es afectado por causas comunes.

4.2.2.2 Magenta

A continuación, en la Tabla N° 14, se pueden observar los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Magenta. En esta misma tabla se muestra el valor promedio de cada subgrupo, el cual sirvió para calcular los límites de control para promedios, utilizando las mismas fórmulas que en el caso anterior:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{X}} = 1.3755 + 0.729 * 0.1385 = 1.4785$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 1.3755 - 0.729 * 0.1385 = 1.2765$$

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.32	1.44	1.35	1.38	1.3725	1.32	1.44	0.1200
2	1.32	1.44	1.38	1.39	1.3825	1.32	1.44	0.1200
3	1.21	1.46	1.38	1.35	1.3500	1.21	1.46	0.2500
4	1.23	1.46	1.35	1.38	1.3550	1.23	1.46	0.2300
5	1.32	1.38	1.35	1.35	1.3500	1.32	1.38	0.0600
6	1.32	1.38	1.39	1.35	1.3600	1.32	1.39	0.0700
7	1.38	1.47	1.40	1.41	1.4150	1.38	1.47	0.0900
8	1.40	1.47	1.40	1.41	1.4200	1.40	1.47	0.0700
9	1.32	1.41	1.38	1.40	1.3775	1.32	1.41	0.0900
10	1.28	1.40	1.39	1.39	1.3650	1.28	1.40	0.1200
11	1.30	1.42	1.40	1.41	1.3825	1.30	1.42	0.1200
12	1.30	1.45	1.40	1.41	1.3900	1.30	1.45	0.1500
13	1.28	1.44	1.39	1.41	1.3800	1.28	1.44	0.1600
14	1.25	1.46	1.35	1.35	1.3525	1.25	1.46	0.2100
15	1.32	1.46	1.35	1.38	1.3775	1.32	1.46	0.1400
16	1.32	1.48	1.35	1.40	1.3875	1.32	1.48	0.1600
17	1.26	1.48	1.35	1.41	1.3750	1.26	1.48	0.2200
18	1.30	1.45	1.40	1.41	1.3900	1.30	1.45	0.1500
19	1.30	1.45	1.40	1.41	1.3900	1.30	1.45	0.1500
20	1.32	1.41	1.38	1.40	1.3775	1.32	1.41	0.0900
					1.3775			0.1385

TABLA N° 14: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA

(Fuente: Elaboración propia)

En donde A_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 10, en función del número mediciones de cada subgrupo ($n=4$), por lo que se obtiene que 0.729 es el valor de A_2 .

Asimismo, se calculó los límites de control para rangos:

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{R}} = 2.282 * 0.1385 = 0.3161$$

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{R}} = 0 * 0.1385 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo ($n=4$).

De igual forma que en el color anterior, se procedió a realizar los gráficos de los valores promedio y de los valores de rango de cada subgrupo que se obtuvo en las mediciones realizadas.

Mediante el uso del software MINITAB, se pudo elaborar la gráfica de control (Figura N° 17), analizándose primeramente el Gráfico de Control de Promedios, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico; asimismo en la Gráfica de Control de Rangos, se observó que los valores demostraban que el proceso se encontraba bajo control estadístico.

Se empleó la opción de prueba de patrones de inestabilidad que posee el Minitab, con la finalidad de verificar si existe alguna causa especial que esté afectando al proceso, obteniéndose que no se presentaba ningún tipo de patrón por lo cual se determinó que en el proceso no había influencias de causas especiales.

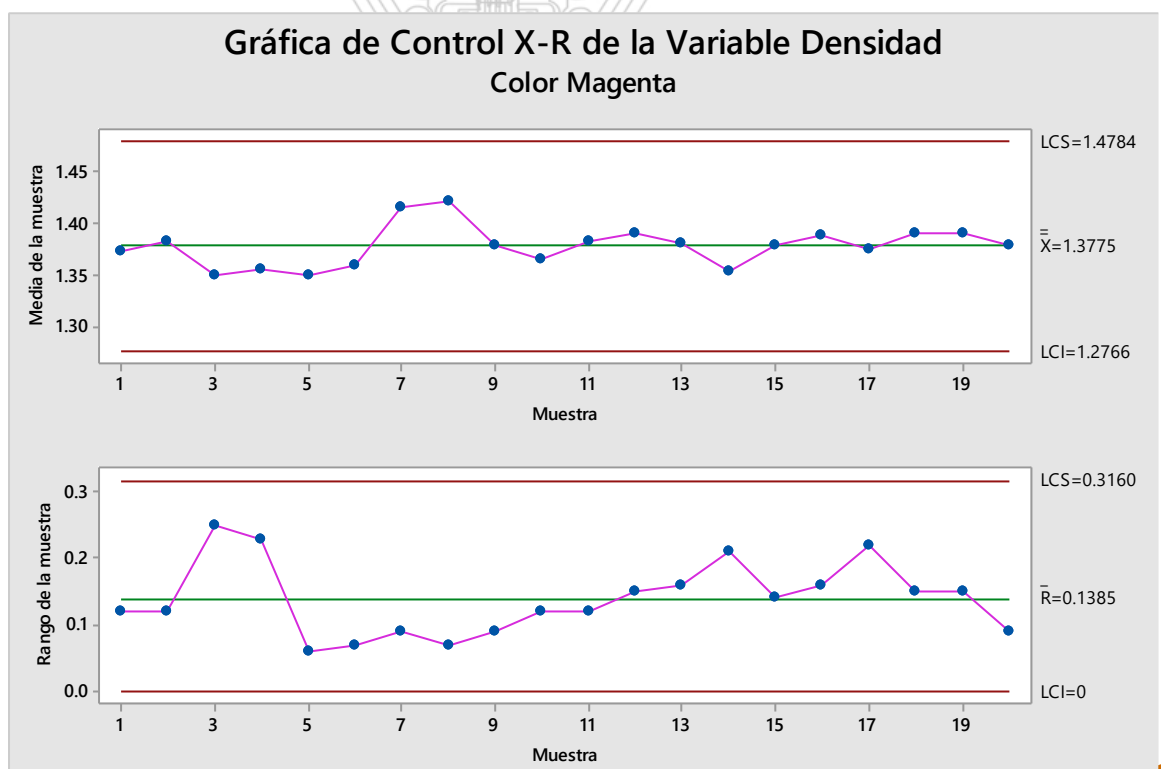


FIGURA N° 17: GRÁFICA DE CONTROL \bar{X} – R DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR MAGENTA

4.2.2.3 Amarillo

A continuación, en la Tabla N° 15, se pueden observar los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Amarillo:

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	0.97	0.98	0.99	0.95	0.9725	0.95	0.99	0.0400
2	0.96	0.98	0.97	0.97	0.9700	0.96	0.98	0.0200
3	0.97	0.98	0.99	0.96	0.9750	0.96	0.99	0.0300
4	1.00	0.98	0.95	0.97	0.9750	0.95	1.00	0.0500
5	0.97	0.96	0.97	0.97	0.9675	0.96	0.97	0.0100
6	0.97	0.96	0.97	0.95	0.9625	0.95	0.97	0.0200
7	0.96	0.98	0.97	0.95	0.9650	0.95	0.98	0.0300
8	0.96	0.97	0.98	0.97	0.9700	0.96	0.98	0.0200
9	0.96	0.97	0.99	0.99	0.9775	0.96	0.99	0.0300
10	0.96	0.98	0.97	0.98	0.9725	0.96	0.98	0.0200
11	0.96	0.95	0.95	0.98	0.9600	0.95	0.98	0.0300
12	0.96	0.97	0.97	0.97	0.9675	0.96	0.97	0.0100
13	0.96	0.99	0.97	0.95	0.9675	0.95	0.99	0.0400
14	0.94	0.97	0.95	0.95	0.9525	0.94	0.97	0.0300
15	0.96	0.97	0.95	0.95	0.9575	0.95	0.97	0.0200
16	1.00	0.96	0.96	0.99	0.9775	0.96	1.00	0.0400
17	0.96	0.96	0.97	0.99	0.9700	0.96	0.99	0.0300
18	0.95	0.95	0.98	0.97	0.9625	0.95	0.98	0.0300
19	0.96	0.97	0.96	0.97	0.9650	0.96	0.97	0.0100
20	0.96	0.98	0.98	0.98	0.9750	0.96	0.98	0.0200
					0.96813			0.02650

TABLA N° 15: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO

(Fuente: Elaboración propia)

En esta misma tabla se muestra el valor promedio de cada subgrupo, el cual sirvió para calcular los límites de control para promedios, utilizando las mismas fórmulas que en el caso anterior:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{X}} = 0.96813 + 0.729 * 0.0265 = 0.9874$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 0.96813 - 0.729 * 0.0265 = 0.9488$$

En donde A_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 10, en función del número mediciones de cada subgrupo (n=4), por lo que se obtiene que 0.729 es el valor de A_2 .

Asimismo, se procedió a calcular los límites de control para rangos:

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{R}} = 2.282 * 0.0265 = 0.0605$$

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{R}} = 0 * 0.0265 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo (n=4).

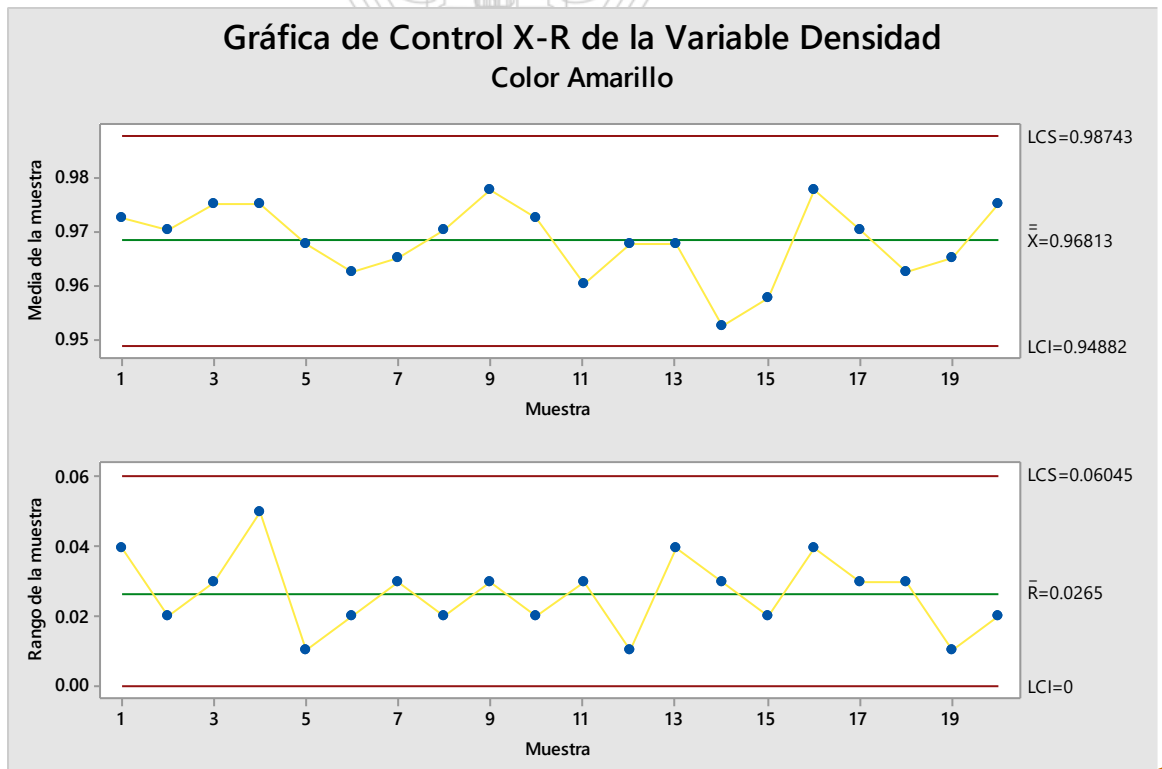


FIGURA N° 18: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR AMARILLO

Tesis publicada con autorización del autor (Fuente: Elaboración propia, Minitab)
No olvide citar esta tesis

UNFV

De igual forma que en el color anterior, se procedió a realizar los gráficos de los valores promedio y de los valores de rango de cada subgrupo que se obtuvo en las mediciones realizadas.

Mediante el uso del software MINITAB, se pudo elaborar la gráfica de control (Figura N° 18), analizándose primeramente el Gráfico de Control de Promedios, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico; asimismo en la Gráfica de Control de Rangos, se observó que los valores demostraban que el proceso se encontraba bajo control estadístico.

Asimismo, se empleó la opción de prueba de patrones de inestabilidad que posee el Minitab, para poder verificar si existe alguna causa especial que esté afectando al proceso, obteniéndose que no había ningún tipo de patrón por lo cual se determinó que en el proceso no había influencias de causas especiales, sino únicamente de causas comunes.

4.2.2.4 Negro

Finalmente, de la misma forma como se trabajó con los tres colores anteriores, se procedió a realizar el cálculo de los límites de control para el color negro, por lo cual se hicieron las mediciones de la densidad de tinta de dicho color, las cuales se muestran en la Tabla N° 16. Nuevamente, como en los casos anteriores, es necesario indicar que en cada muestra se realizó la medida en 4 zonas distintas en una misma línea horizontal, con lo cual se formó un subgrupo.

En esta misma tabla se muestra el valor promedio de cada subgrupo, el cual se empleó para calcular los límites de control para promedios, mediante el uso de las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{X}} = 1.7621 + 0.729 * 0.0675 = 1.8113$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 1.7621 - 0.729 * 0.0675 = 1.7129$$

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.74	1.82	1.71	1.71	1.7450	1.71	1.82	0.1100
2	1.73	1.83	1.81	1.70	1.7675	1.70	1.83	0.1300
3	1.75	1.76	1.72	1.73	1.7400	1.72	1.76	0.0400
4	1.77	1.78	1.75	1.74	1.7600	1.74	1.78	0.0400
5	1.76	1.80	1.77	1.75	1.7700	1.75	1.80	0.0500
6	1.75	1.76	1.72	1.73	1.7400	1.72	1.76	0.0400
7	1.73	1.83	1.81	1.70	1.7675	1.70	1.83	0.1300
8	1.75	1.76	1.72	1.73	1.7400	1.72	1.76	0.0400
9	1.77	1.76	1.77	1.76	1.7650	1.76	1.77	0.0100
10	1.76	1.80	1.77	1.75	1.7700	1.75	1.80	0.0500
11	1.74	1.82	1.71	1.71	1.7450	1.71	1.82	0.1100
12	1.73	1.83	1.81	1.70	1.7675	1.70	1.83	0.1300
13	1.73	1.83	1.81	1.70	1.7675	1.70	1.83	0.1300
14	1.75	1.76	1.72	1.73	1.7400	1.72	1.76	0.0400
15	1.80	1.78	1.82	1.75	1.7875	1.75	1.82	0.0700
16	1.80	1.78	1.80	1.74	1.7800	1.74	1.80	0.0600
17	1.80	1.82	1.82	1.75	1.7975	1.75	1.82	0.0700
18	1.76	1.76	1.75	1.72	1.7475	1.72	1.76	0.0400
19	1.77	1.79	1.77	1.76	1.7725	1.76	1.79	0.0300
20	1.77	1.79	1.77	1.76	1.7725	1.76	1.79	0.0300
					1.7621			0.0675

TABLA N° 16: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR NEGRO

(Fuente: Elaboración propia)

En donde A_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 10, en función del número mediciones de cada subgrupo ($n=4$), por lo que se obtiene que 0.729 es el valor de A_2 .

Asimismo, se procedió a calcular los límites de control para rangos:

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{R}} = 2.282 * 0.0675 = 0.154$$

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{R}} = 0 * 0.0675 = 0$$

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNFV

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo ($n=4$).

Con los límites de control calculados, se procedió a realizar los gráficos de los valores promedio y de los valores de rango de cada subgrupo que se obtuvo en las mediciones realizadas.

Mediante el uso del software MINITAB, se pudo elaborar la gráfica de control (Figura N° 19), analizándose primeramente el Gráfico de Control de Promedios, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico; asimismo en la Gráfica de Control de Rangos, se observó que los valores demostraban que el proceso se encontraba bajo control estadístico. Asimismo, se empleó la opción de prueba de patrones de inestabilidad que posee el Minitab, para verificar si existen causas especiales que afecten al proceso, obteniéndose que no había ningún tipo de patrón por lo que se determinó que en el proceso no había influencias de causas especiales, sino sólo causas comunes.

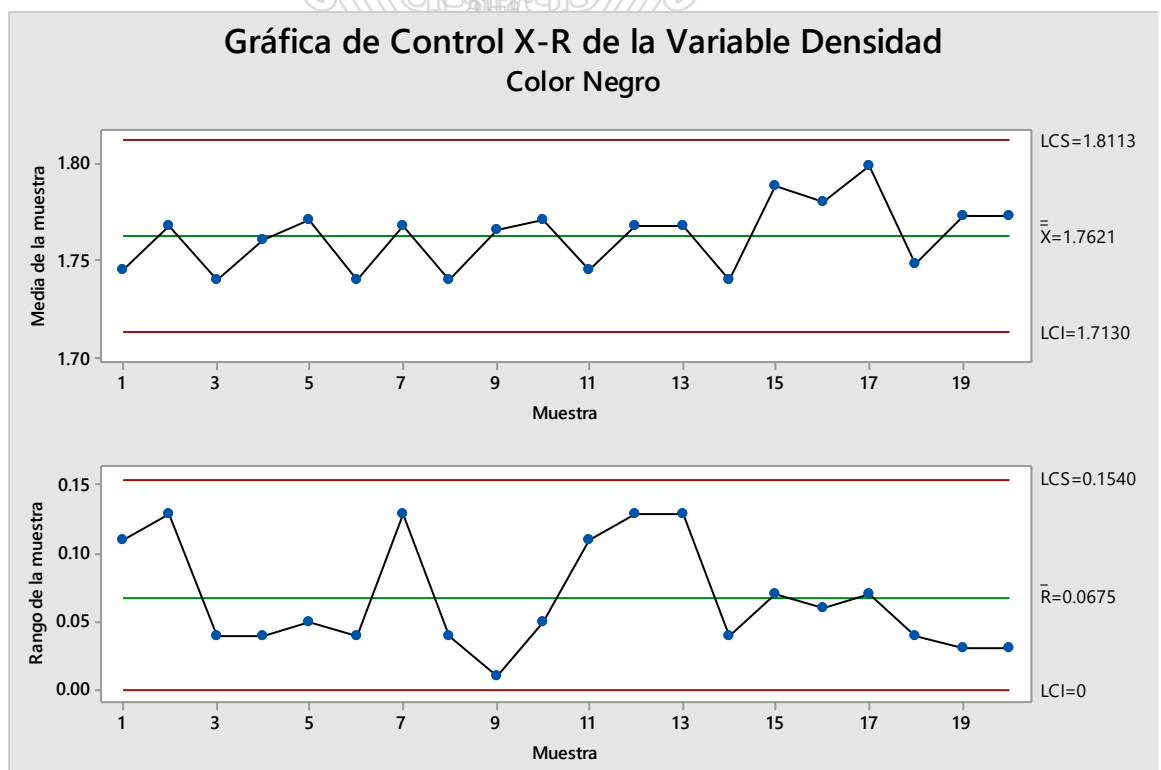


FIGURA N° 19: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE TINTA COLOR NEGRO

En función de que ya se tiene los límites de control, éstos pueden ser empleados para controlar el proceso de impresión, pero adicionalmente sabiendo que el proceso se encuentra influenciado por causas comunes, es necesario realizar un estudio más profundo.

4.2.2.5 Conductividad de la Solución Fuente

Para realizar este análisis se empleó la gráfica de Valores Individuales y Rango Móvil, debido a que, en lo que respecta a la Conductividad de la solución fuente, no hay mucha variación cuando se hacen las mediciones a la misma solución.

De esta forma, con los valores que se obtuvieron de las mediciones respectivas, se hicieron los cálculos de los límites de control.

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	1,990	1990.00	
2	1,985	1985.00	5.00
3	2,071	2071.00	86.00
4	2,037	2037.00	34.00
5	2,063	2063.00	26.00
6	2,020	2020.00	43.00
7	2,037	2037.00	17.00
8	2,020	2020.00	17.00
9	2,098	2098.00	78.00
10	2,088	2088.00	10.00
11	2,030	2030.00	58.00
12	2,055	2055.00	25.00
13	2,048	2048.00	7.00
14	2,160	2160.00	112.00
15	2,037	2037.00	123.00
16	1,995	1995.00	42.00
17	1,955	1955.00	40.00
18	2,022	2022.00	67.00
19	1,995	1995.00	27.00
20	2,010	2010.00	15.00
		2036.8000	44.5000

TABLA N° 17: VALORES MEDIDOS DE CONDUCTIVIDAD DE SOLUCIÓN FUENTE

Los límites de control para la Gráfica de Control de Valores Individuales, se realizan con las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{I}} = \bar{X} + E_2 \cdot \bar{R}_m$$
$$LSC_{\bar{I}} = 2,036.80 + 2.660 * 44.5 = 2,155.2$$

$$LIC_{\bar{I}} = \bar{X} - E_2 \cdot \bar{R}_m$$
$$LIC_{\bar{I}} = 2,036.80 - 2.660 * 44.5 = 1,918.4$$

En donde E_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 11, por lo que se obtiene que 2.660 es el valor de E_2 .

Asimismo, se calculó los límites de control para Rangos Móviles con las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{R}_m} = D_4 \cdot \bar{R}_m$$
$$LSC_{\bar{R}_m} = 3.267 * 44.5 = 145.4$$

$$LIC_{\bar{R}_m} = D_3 \cdot \bar{R}_m$$
$$LIC_{\bar{R}_m} = 0 * 44.5 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo ($n=2$).

Se procedió a graficar los valores individuales y de rango móvil, donde se observó que el proceso no se encuentra bajo control estadístico, debido a que el punto 14 es mayor que el $LSC_{\bar{I}}$

Cabe indicar que este evento pudo ser causado por una ineficiente dosificación de solución fuente debido a un error humano por desconocimiento de la dosificación o por un descuido del operador.

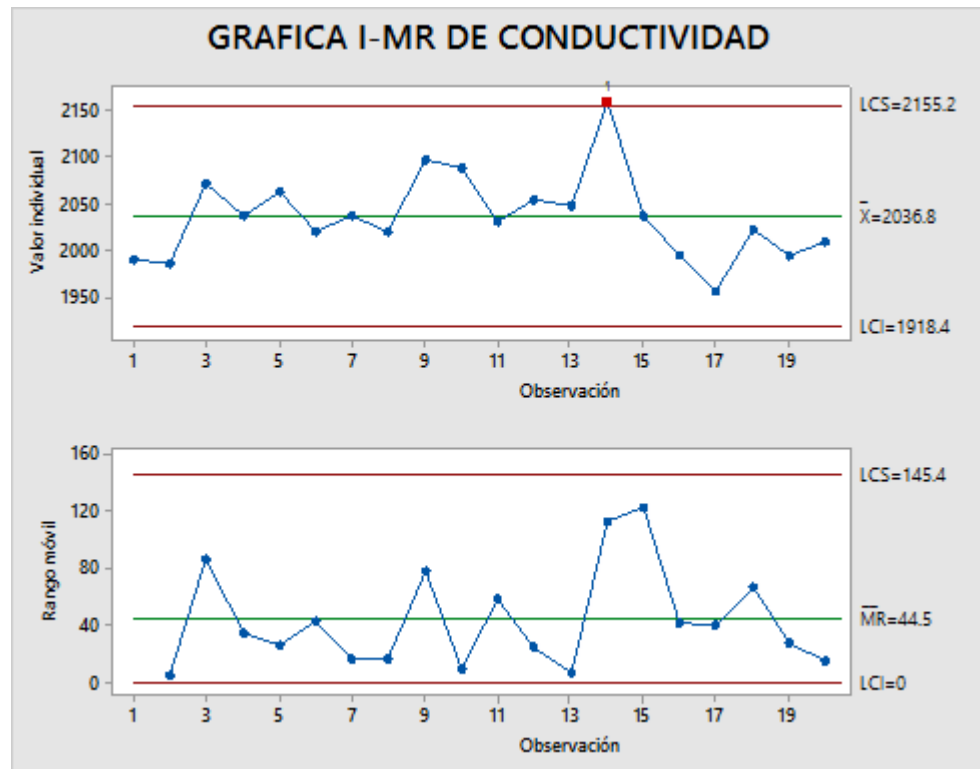


FIGURA N° 20: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.2.2.6 pH de la Solución Fuente

Para realizar este análisis se empleó la gráfica de Valores Individuales y Rango Móvil, al igual que en el caso de la Conductividad, debido a que no hay mucha variación cuando se hacen las mediciones del pH a la misma solución.

De esta forma, con los valores que se obtuvieron de las mediciones respectivas, se hicieron los cálculos de los límites de control de Valores Individuales, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{I}} = \bar{X} + E_2 \cdot \bar{R}_m$$

$$LSC_{\bar{I}} = 5.0680 + 2.660 \cdot 0.0904 = 5.3085$$

$$LIC_{\bar{I}} = \bar{X} - E_2 \cdot \bar{R}_m$$

$$LIC_{\bar{I}} = 5.0680 - 2.660 \cdot 0.0904 = 4.8275$$

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	5.13	5.13	
2	5.06	5.06	0.07
3	4.96	4.96	0.10
4	5.18	5.18	0.22
5	5.06	5.06	0.12
6	5.11	5.11	0.05
7	5.00	5.00	0.11
8	5.20	5.20	0.20
9	5.01	5.01	0.19
10	5.10	5.10	0.09
11	4.92	4.92	0.18
12	5.12	5.12	0.20
13	5.06	5.06	0.06
14	5.11	5.11	0.05
15	5.12	5.12	0.01
16	5.09	5.09	0.03
17	5.02	5.02	0.07
18	5.07	5.07	0.05
19	4.97	4.97	0.10
20	5.08	5.08	0.11
		5.0680	0.0904

TABLA N° 18: VALORES MEDIDOS DE PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE

(Fuente: Elaboración propia)

En donde E_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del Anexo N° 11, por lo que se obtiene que 2.660 es el valor de E_2 .

Asimismo, se calculó los límites de control para Rangos Móviles con las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{R}_m} = D_4 \cdot \bar{R}_m$$

$$LSC_{\bar{R}_m} = 3.267 * 0.0904 = 0.2954$$

$$LIC_{\bar{R}_m} = D_3 \cdot \bar{R}_m$$

$$LIC_{\bar{R}_m} = 0 * 0.0904 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo ($n=2$).

Se procedió a graficar los Valores Individuales y de Rango Móvil, donde se observó que el proceso se encontraba bajo control estadístico, asimismo al generar las pruebas de patrones de inestabilidad por causas especiales se determinó que no existen causas especiales asignadas en el proceso.

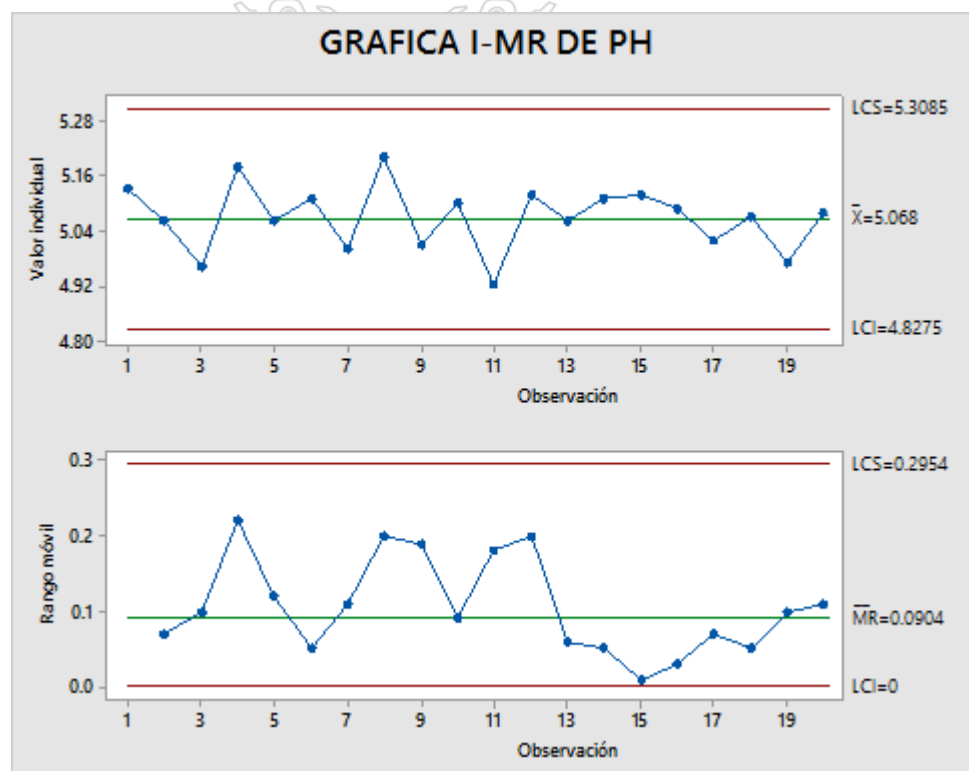


FIGURA N° 21: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.2.2.7 % Alcohol de la Solución Fuente

Finalmente, para realizar este análisis se empleó igualmente la gráfica de Valores Individuales y Rango Móvil, debido a que el % de Alcohol no sufre mucha variación cuando se hacen las mediciones a la misma solución.

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	11.00	11.00	
2	10.00	10.00	1.00
3	11.00	11.00	1.00
4	10.00	10.00	1.00
5	12.00	12.00	2.00
6	11.00	11.00	1.00
7	11.00	11.00	0.00
8	11.00	11.00	0.00
9	10.00	10.00	1.00
10	10.00	10.00	0.00
11	10.00	10.00	0.00
12	10.00	10.00	0.00
13	11.00	11.00	1.00
14	10.00	10.00	1.00
15	10.00	10.00	0.00
16	10.00	10.00	0.00
17	12.00	12.00	2.00
18	11.00	11.00	1.00
19	10.00	10.00	1.00
20	11.00	11.00	1.00
		10.6000	0.7083

TABLA N° 19: VALORES MEDIDOS DE % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE

(Fuente: Elaboración propia)

De esta forma, con los valores que se obtuvieron de las mediciones respectivas, se hicieron los cálculos de los límites de control de Valores Individuales, mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{I}} = \bar{X} + E_2 \cdot \bar{R}_m$$

$$LSC_{\bar{I}} = 10.600 + 2.660 * 0.7083 = 12.484$$

$$LIC_{\bar{I}} = \bar{X} - E_2 \cdot \bar{R}_m$$

$$LIC_{\bar{I}} = 10.600 - 2.660 * 0.7083 = 8.7158$$

En donde E_2 es una constante cuyo valor se obtuvo de la tabla del

Anexo N° 11, por lo que se obtiene que 2.660 es el valor de E_2 .

Asimismo, se calculó los límites de control para Rangos Móviles con las siguientes fórmulas:

$$LSC_{\bar{R}_m} = D_4 \cdot \bar{R}_m$$

$$LSC_{\bar{R}_m} = 3.267 * 0.7083 = 2.3141$$

$$LIC_{\bar{R}_m} = D_3 \cdot \bar{R}_m$$

$$LIC_{\bar{R}_m} = 0 * 0.7083 = 0$$

Donde D_3 y D_4 son valores obtenidos de la tabla del Anexo N° 11, en función del número muestras de cada subgrupo (n=2).

Se procedió a graficar los Valores Individuales y de Rango Móvil, donde se observó que el proceso se encontraba bajo control estadístico, asimismo al generar las pruebas de patrones de inestabilidad por causas especiales se determinó que no existen causas especiales asignadas en el proceso.

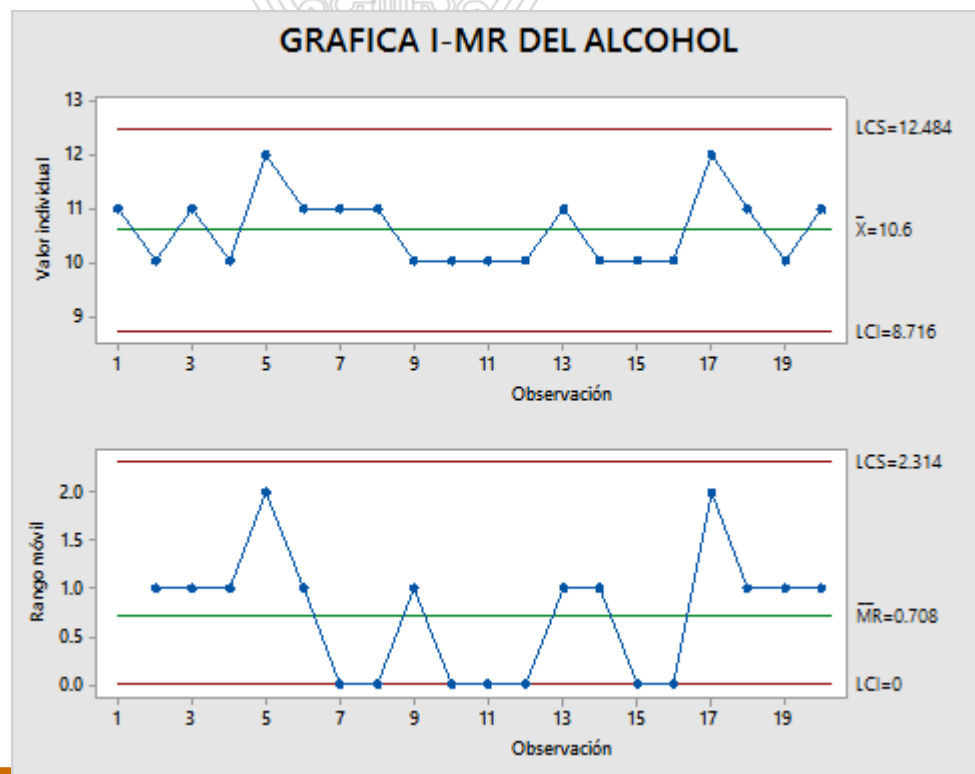


FIGURA N° 22: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE

Tesis publicada con autorización de (Fuente: Elaboración propia, Minitab)
No olvide citar esta tesis

UNFV

4.2.3 Prueba de Normalidad

Es indispensable determinar si los productos obtenidos del proceso de impresión cumplen con las especificaciones, y también si la variabilidad de los datos está dentro de los límites establecidos, por tal motivo se debe analizar si el comportamiento de los datos sigue una Distribución Normal. Tomando como referencia que el Nivel de Significancia aplicado en la Contrastación de Hipótesis es de 0.05, se define que si el p-value es menor que 0.05, los datos no siguen una Distribución Normal.

Empleando la herramienta Minitab, se escogió la prueba de Ryan-Joiner (RJ), en el que, el resultado del p-value sirve para aceptar o rechazar la hipótesis de que los datos siguen una Distribución Normal.

En la prueba de normalidad para los valores obtenidos en la medición de la densidad del color Cyan, se obtuvo un p-value > 0.100 , lo que en este caso permitió demostrar que la densidad de este color sigue una distribución normal.

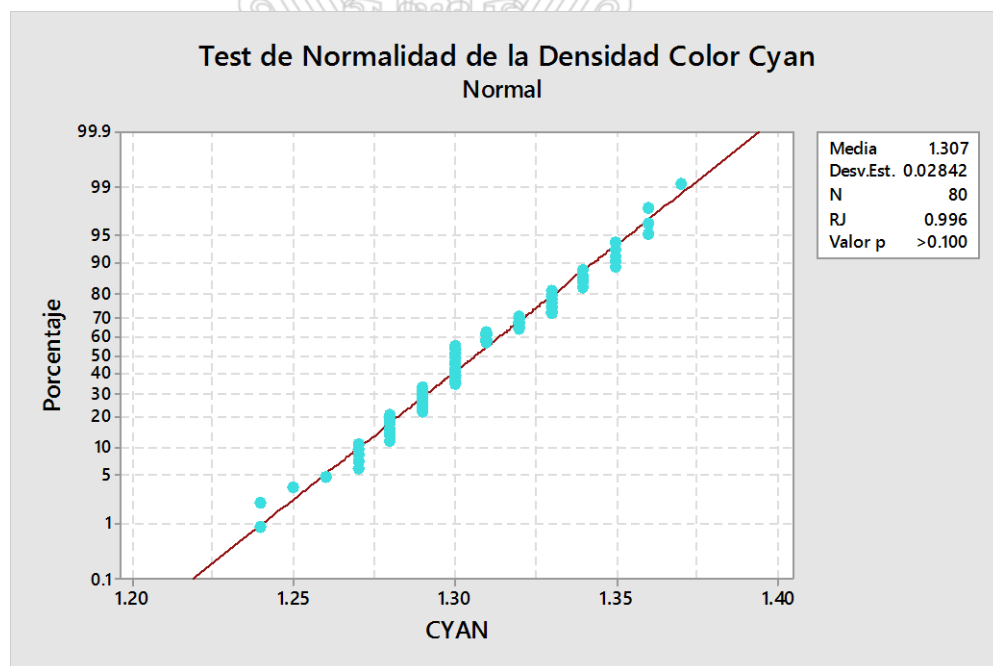


FIGURA N° 23: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Del mismo modo, se efectuó la Prueba de Normalidad a los otros colores para verificar la normalidad de los valores de las densidades. Para evaluar la Normalidad del color Magenta se emplearon los datos de la densidad que se usaron para elaborar la Gráfica de Control:

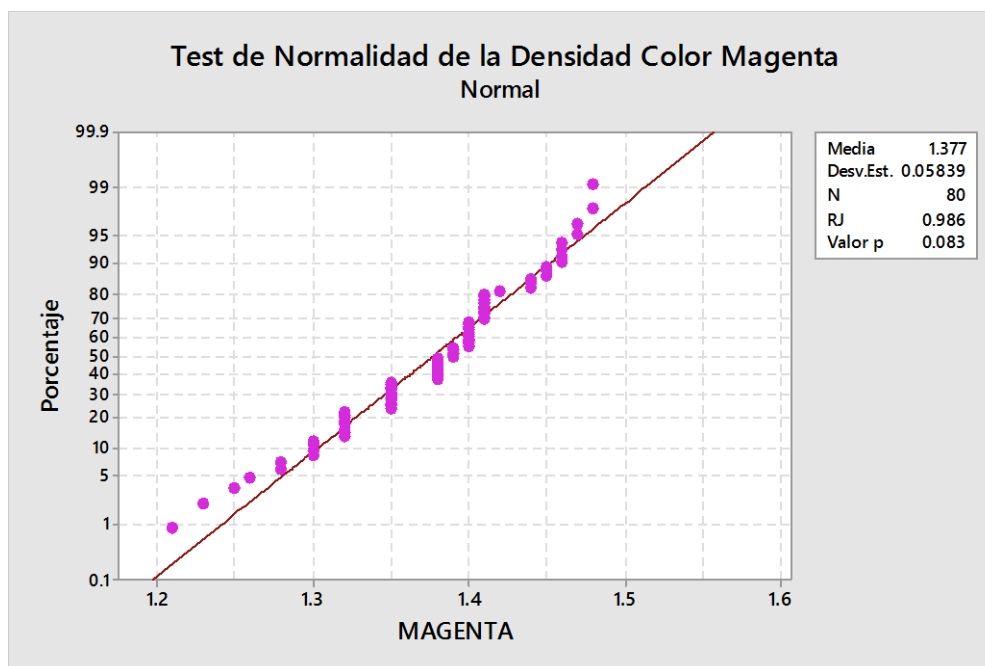


FIGURA N° 24: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Empleando la herramienta Minitab, y escogiendo la prueba de Ryan-Joiner, se obtuvo un p-value de 0.083; lo que en este caso permitió demostrar que la densidad de este color sigue una Distribución Normal.

Seguidamente, para evaluar la Normalidad del color Amarillo (Figura N° 25) se emplearon los datos de la densidad que se usaron para elaborar la Gráfica de Control.

Empleando la herramienta Minitab, y escogiendo la prueba de Ryan-Joiner, se obtuvo un p-value > 0.100; por lo que se demostró que la densidad de este color sigue una Distribución Normal.

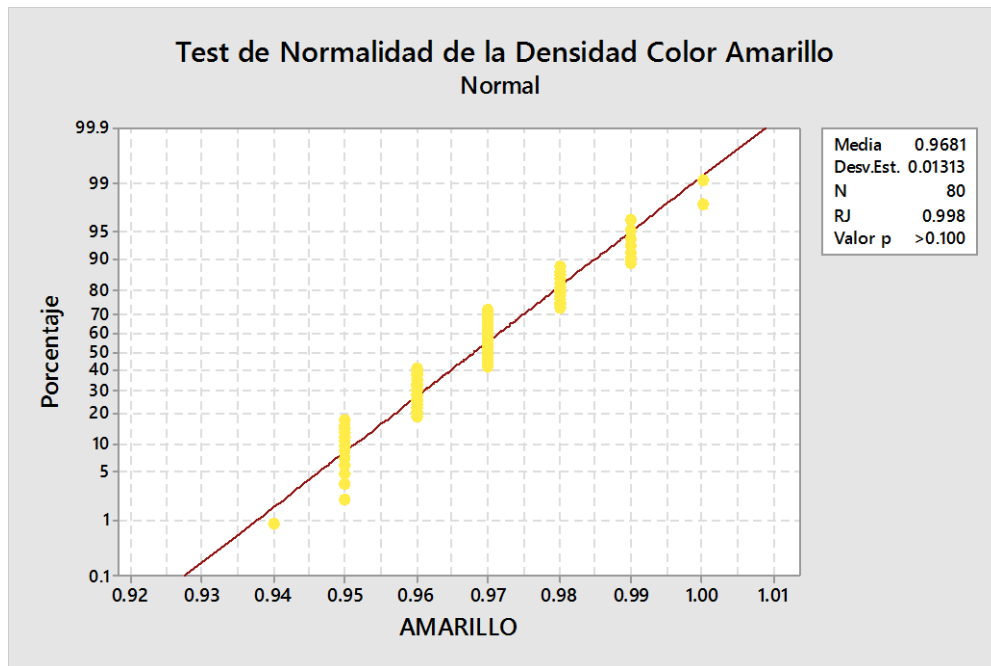


FIGURA N° 25: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Finalmente se efectuó la Prueba de Normalidad para el color Negro, y se obtuvo un p-value > 0.100; por lo que se demostró que la densidad de este color sigue una Distribución Normal.

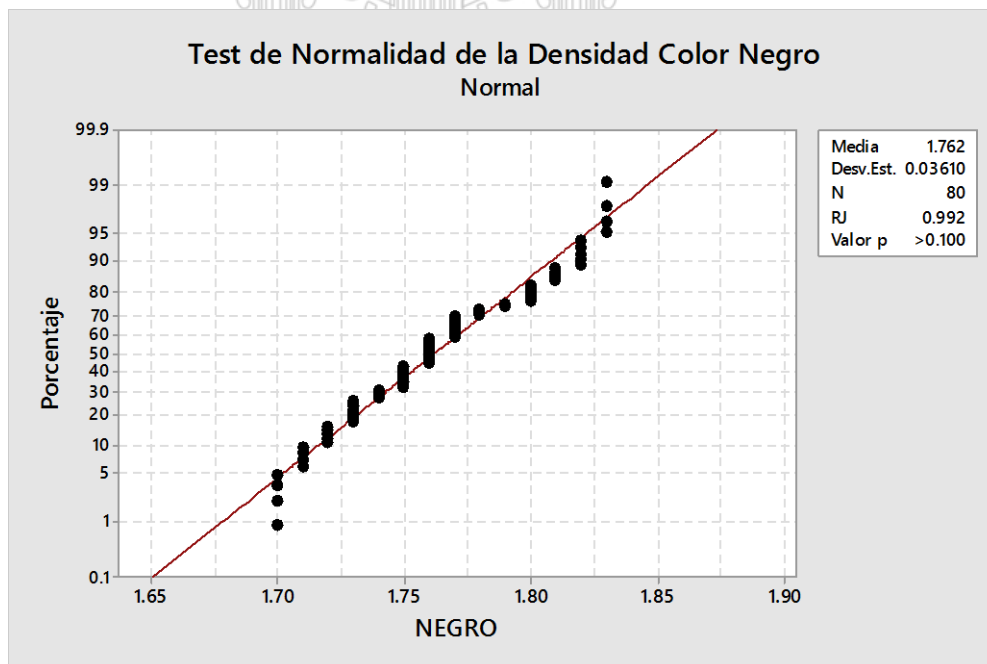


FIGURA N° 26: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO

En la Figura N° 27 se muestra la prueba de normalidad realizada a los datos de la Conductividad, y se obtuvo un valor de p-value > 0.100; por lo que se demostró que la Conductividad sigue una Distribución Normal.

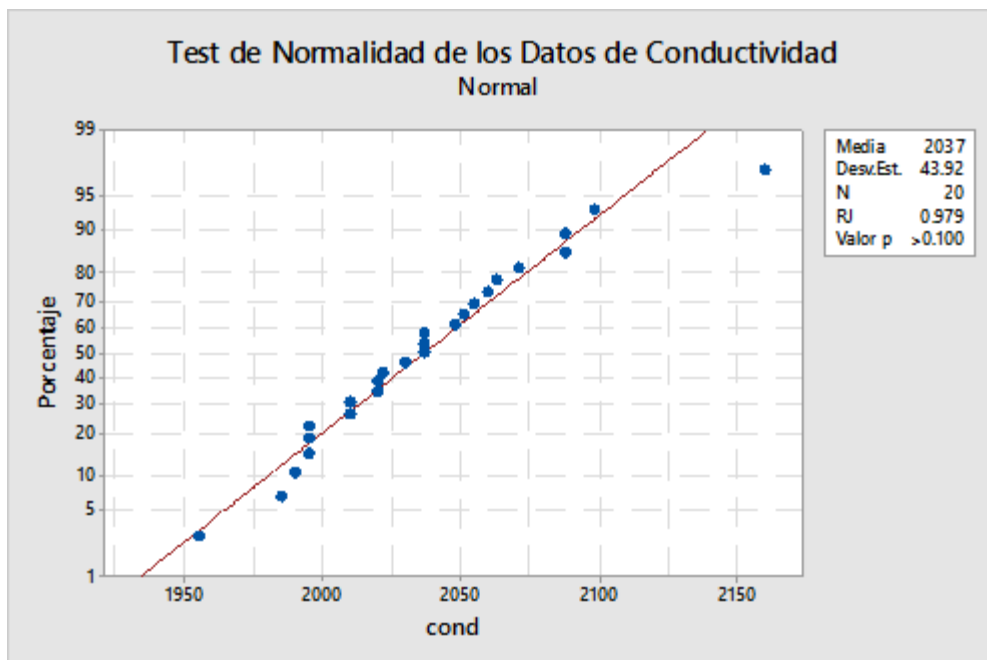


FIGURA N° 27: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE CONDUCTIVIDAD
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

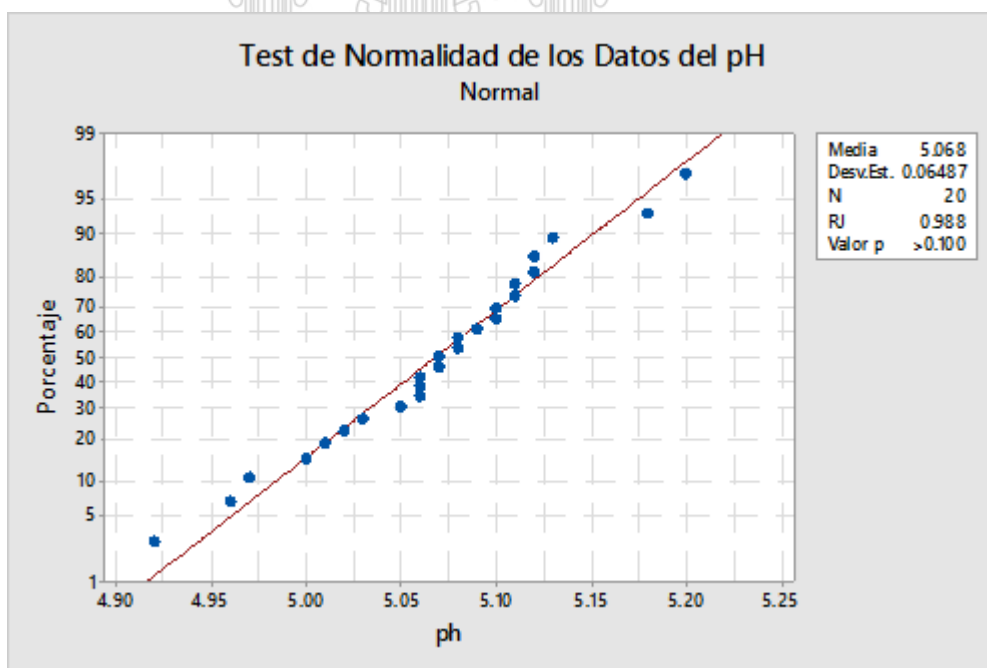


FIGURA N° 28: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PH
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En la Figura N° 28 se muestra la prueba de normalidad realizada a los datos del pH, y se obtuvo un valor de p-value > 0.100; por lo que se demostró que la Conductividad sigue una Distribución Normal.

Finalmente, para el caso del % de Alcohol, al realizarse la prueba de normalidad, se obtuvo un valor de p-value > 0.100, por lo que se concluyó que los datos siguen una distribución normal.

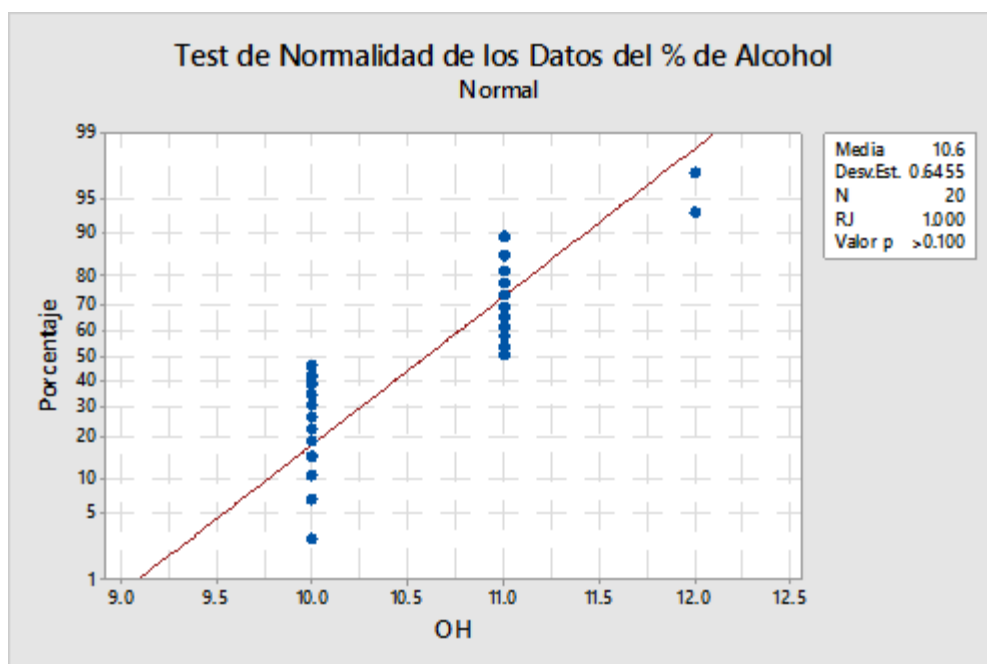


FIGURA N° 29: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE % DE ALCOHOL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.2.4 Análisis de Capacidad de Datos Normales

Con la certeza de que el comportamiento de los datos sigue una distribución normal, es necesario conocer si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas para cada parámetro de impresión, de acuerdo a las especificaciones que se muestran en la Tabla N° 11 y en la Tabla N° 12 respectivamente.

Los estadígrafos, o índices de capacidad asociados a la variación a corto plazo son C_p , C_{pk} , CPU y CPL; por otro lado, los índices asociados a la variación a largo plazo son P_p , P_{pk} , PPU y PPL.

Es pertinente indicar que el C_p , solo evalúa la “variabilidad” del proceso respecto a la permitida por los límites de especificaciones; pero también existe el C_{pk} , que adicionalmente evalúa el desplazamiento respecto al valor nominal.

El resultado obtenido del Índice de Capacidad Potencial C_p , se comparó con los valores indicados en la siguiente tabla:

Valor Índice C_p	Categoría del Proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase Mundial	Se tiene Calidad Seis Sigma
$1.33 < C_p < 2$	1	Proceso Capaz
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado
$0.67 < C_p < 1$	3	Análisis muy necesario
$C_p < 0.67$	4	No adecuado

TABLA N° 20: RANGO DE VALORES DEL C_p Y SU INTERPRETACIÓN

(Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Gutiérrez H. y De la Vara R.)

En primer lugar, se analizaron los datos que se obtuvieron de la medición de la Densidad del color Cyan:

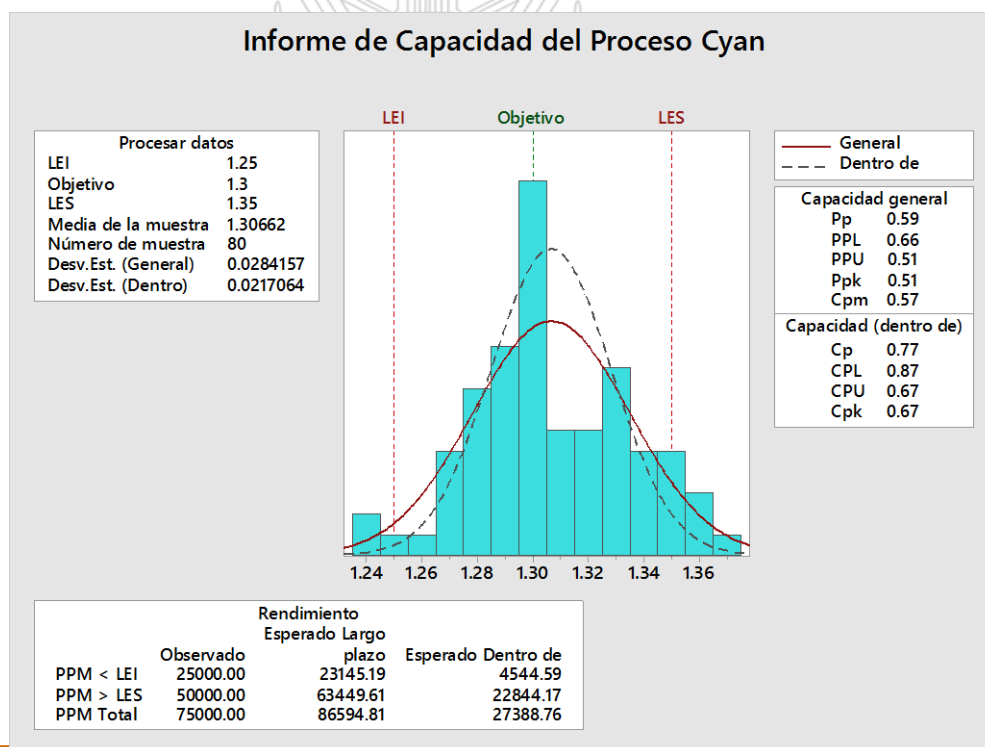


FIGURA N° 30: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNFV

Con dichos datos se evaluó la capacidad del proceso a partir de sus límites de las especificaciones que son $LSE = 1.35$ y $LIE = 1.25$

Se observó que el proceso está bastante centrado, debido a que el valor nominal es 1.30, mientras que el proceso tiene una media de 1.30662; pero aún así, a pesar de que la diferencia entre el C_p (0.77) y el C_{pk} (0.67) no es excesiva, se encontró la existencia de valores que están a ambos lados de la curva, por lo que no cumplen con las especificaciones del producto, obteniéndose productos defectuosos durante el proceso.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 0.77$

Se puede observar que la dispersión de especificación es menor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 3, de acuerdo a la Tabla N° 20 y se requiere de un análisis más detallado para poder establecer donde radican los problemas para disminuir la variación.

2. $CPL = 0.87$ y $CPU = 0.67$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica que se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación superior.

3. $C_{pk} = 0.67$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es menor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso no es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 0.59$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es menor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es deficiente en base a su variabilidad.

2. $PPL = 0.66$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 0.51$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso decaen, por lo que se puede deducir que a futuro se incrementará la cantidad de devoluciones de productos defectuosos.

Partes por Millón:

Dado los malos resultados obtenidos, basta señalar que en el corto plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 22,844 productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones, de los cuales existen mayor cantidad que no cumplen con las especificaciones del Límite Superior.

De la misma forma se realizó el análisis de capacidad de la densidad del color Magenta, considerando como límites de especificaciones LSE = 1.45 y LIE = 1.35.

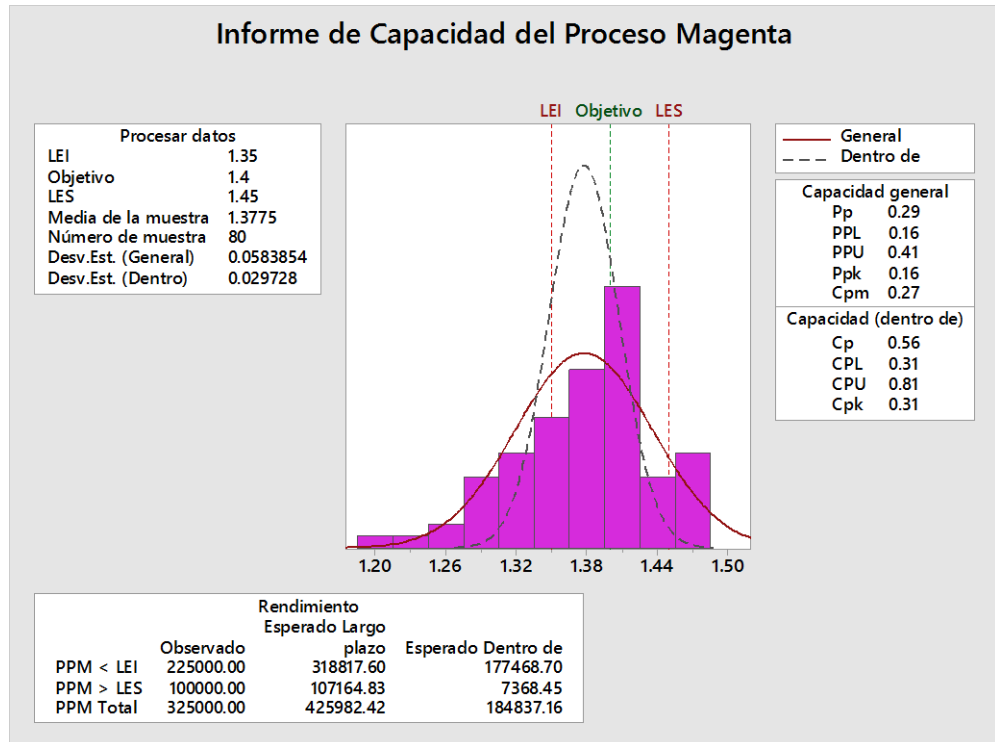


FIGURA N° 31: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En este caso se pudo observar que el proceso estaba sesgado a la izquierda, por lo que se obtuvo mayor cantidad de producto defectuoso que no cumplía con el LIE.

El proceso tiene una media de 1.3775, sin embargo, la variabilidad superó ampliamente lo establecido, de esta forma la diferencia entre el C_p (0.56) y el C_{pk} (0.31) es excesiva, por lo que es evidente que el proceso no es el adecuado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. **$C_p = 0.56$**

Se puede observar que la dispersión de especificación es menor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 4, de acuerdo a la Tabla N° 20.

2. **$CPL = 0.31$ y $CPU = 0.81$**

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es mayor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación inferior.

3. **$C_{pk} = 0.31$**

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Inferior) es menor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso no es adecuada.

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. **$P_p = 0.29$**

Este resultado indica que la dispersión de especificación es menor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es deficiente en base a su variabilidad.

2. **$PPL = 0.16$**

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación inferior.

3. PPU = 0.41

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación superior.

Como se observa los resultados del proceso a largo plazo en lugar de mejorar, decaen, lo que indica que de seguir así seguirán incrementándose la cantidad de devoluciones de producto defectuosos.

Partes por Millón:

Dado los malos resultados obtenidos, basta señalar que en el corto plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 177,468 productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones, de los cuales existen mayor cantidad que no cumplen con las especificaciones del Límite Inferior.

De la misma forma, se procedió a realizar el análisis de capacidad de la densidad del color Amarillo, considerando como límites de especificaciones LSE = 1.05 y LIE = 0.95.

En este caso se observó que el proceso estaba sesgado hacia la izquierda, teniendo una media de 0.968125, con respecto al valor nominal de 1.00, por lo que se espera tener una mayor cantidad de impresiones defectuosas cuya densidad es menor que el límite inferior de especificación.

En el corto plazo los valores del C_p (1.31) y el C_{pk} (0.48) denotan que el proceso no cumple con las especificaciones, precisamente porque se encuentra descentrado.

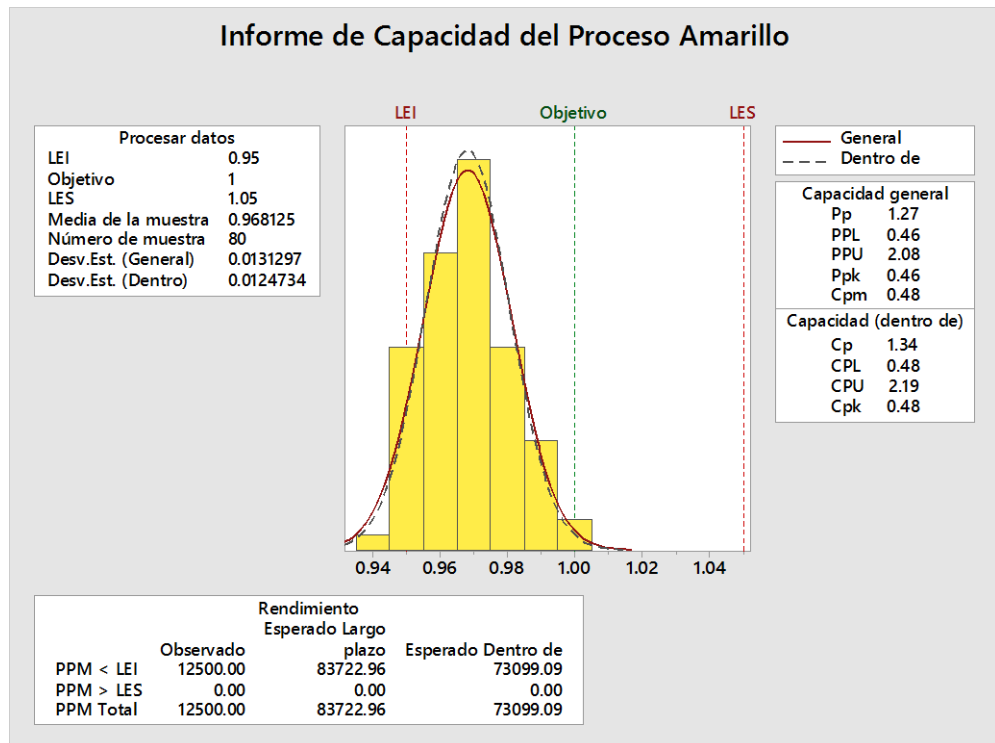


FIGURA N° 32: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.34$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 1, de acuerdo a la Tabla N° 20; por lo que este proceso es capaz.

2. $CPL = 0.48$ y $CPU = 2.19$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es mayor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación inferior

3. $C_{pk} = 0.48$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Inferior) es menor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso no es adecuada

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. $P_p = 1.27$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 0.46$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 2.08$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Dado que los resultados en el corto plazo no son adecuados y además los valores de la capacidad en el largo plazo son bastante cercanos a los del corto plazo, se concluyó que el proceso tiene un desempeño no adecuado; sin embargo, la capacidad del proceso mejoraría notablemente si estuviera centrado.

Partes por Millón:

De acuerdo con estos resultados obtenidos, es necesario señalar que el número de impresos defectuosos se incrementa en el largo plazo, obteniéndose que por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 83,723 productos defectuosos que no cumplen con el Límite Inferior Especificación.

Finalmente, se procedió a realizar el análisis de capacidad de la densidad del color Negro, considerando como límites de especificaciones LSE = 1.65 y LIE = 1.55.

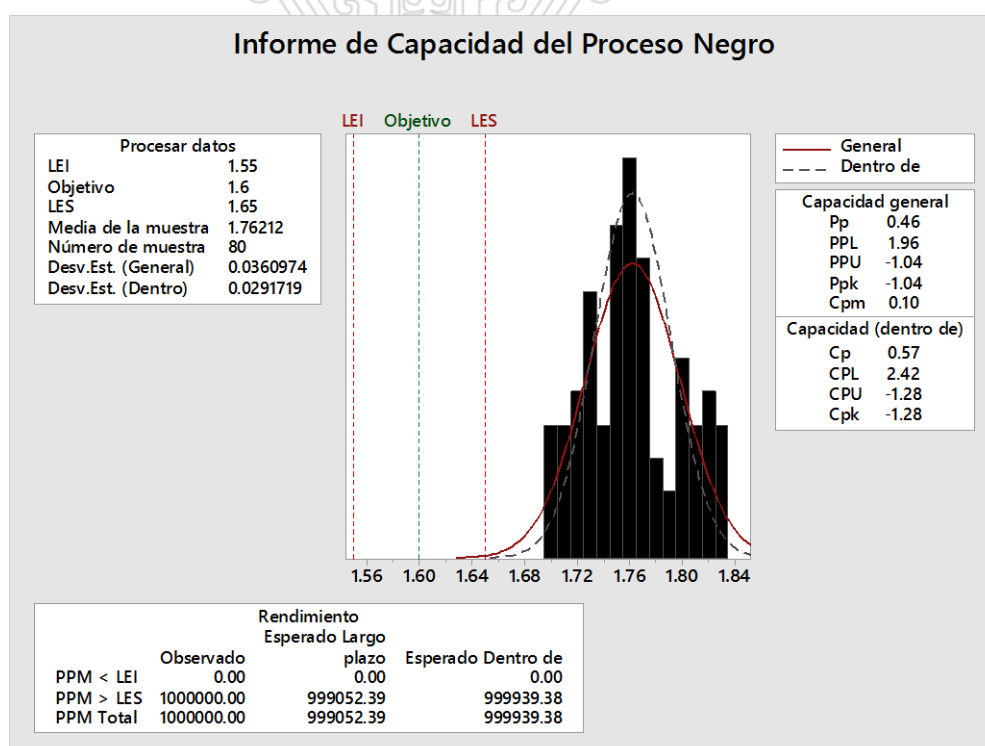


FIGURA N° 33: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 0.57$

Se puede observar que la dispersión de especificación es menor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la

Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 4, de acuerdo a la Tabla N° 20 y se requiere de un análisis más detallado para poder establecer donde radican los problemas para disminuir la variación.

2. CPL = 2.42 y CPU = -1.28

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación superior.

3. $C_{pk} = -1.28$

Como se puede apreciar en el gráfico, todos los puntos exceden el Límite Superior de Especificación, por tal motivo el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas y además no está centrado.

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. $P_p = 0.46$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es menor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es deficiente en base a su variabilidad

2. PPL = 1.96

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior

3. PPU = -1.04

Este resultado indica que la distancia media del proceso al Límite de Especificación Superior (LES) es menor que la dispersión

unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación superior, y teniendo valor negativo demuestra que todos los datos obtenidos exceden el Límite de Especificación Superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso decaen, por lo que se puede deducir que a futuro se incrementará la cantidad de devoluciones de productos defectuosos.

Partes por Millón:

Dado los malos resultados obtenidos, basta señalar que en el corto plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 999,939 productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones, siendo que la totalidad de estos exceden las especificaciones del Límite Superior

Posteriormente, se realizó el análisis de capacidad de la Conductividad de la Solución Fuente, considerando como límites de especificaciones LSE = 2100 y LIE = 1500.

En este caso se observó, en la Figura N° 34, que el proceso tiene un sesgo hacia la derecha, teniendo una media de 2,036.8, con respecto al valor nominal de 1,800.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 2.53$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso dentro de los subgrupos, por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada en base a su variabilidad. Además, con este resultado y de acuerdo a la

Tabla N° 20, podemos decir que el proceso tiene una categoría de Clase Mundial.

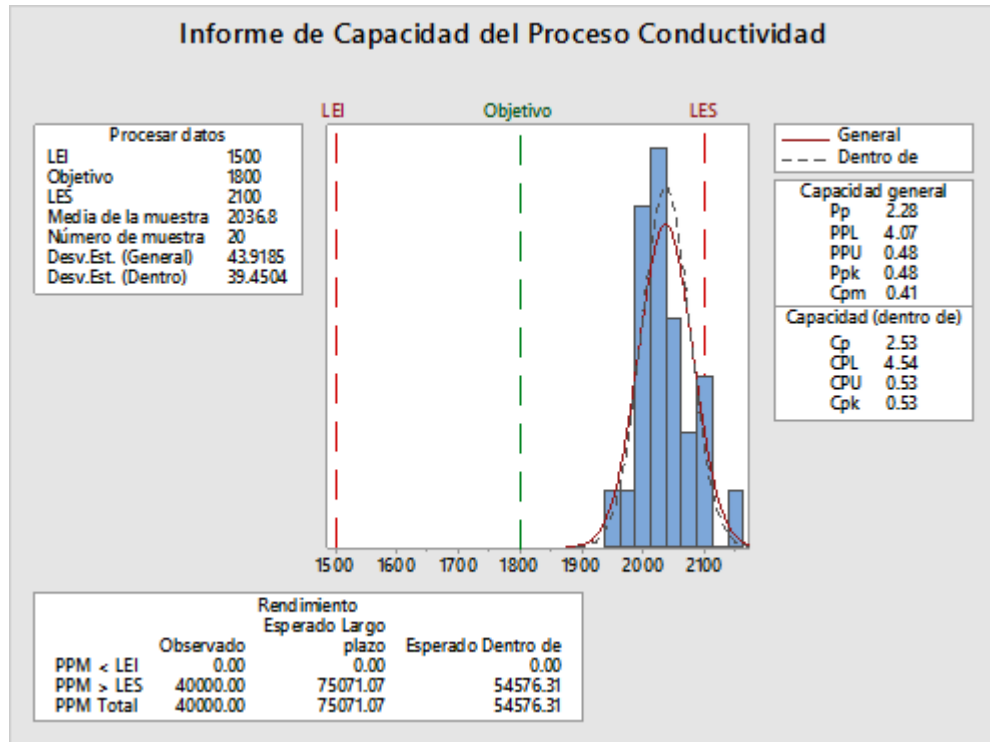


FIGURA N° 34: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE

Fuente: Elaboración propia, Minitab)

2. CPL = 4.54 y CPU = 0.53

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación superior.

3. C_{pk} = 0.53

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es menor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso no es adecuada.

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. $P_p = 2.28$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 4.07$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 0.48$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación superior.

Por los resultados obtenidos en el cálculo de los índices, se concluyó que el proceso mantiene un desempeño similar tanto en el corto como en el largo plazo, por lo tanto, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas y además no se encuentra centrado respecto a sus límites.

Partes por Millón:

El número de impresos defectuosos se incrementa en el largo plazo, obteniéndose por cada 1,000,000 de impresiones 75,071 pliegos defectuosos que no cumplen con las especificaciones,

en su totalidad por valores de conductividad que no cumplen con el límite superior de especificación.

Luego, se realizó el análisis de capacidad del pH de la Solución Fuente, considerando como límites de especificaciones LSE = 5.5 y LIE = 4.5.

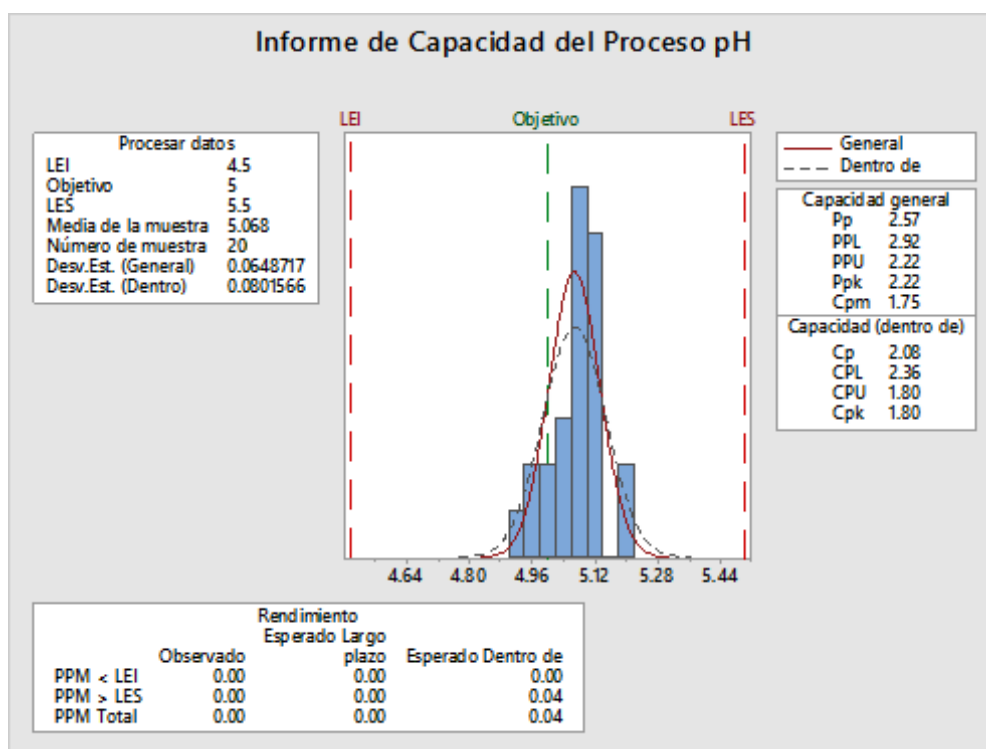


FIGURA N° 35: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE
(Fuente: *Elaboración propia, Minitab*)

En este caso se observó que el proceso tiene un ligero sesgo hacia la derecha, teniendo una media de 5.068, con respecto al valor nominal de 5.0; además en el corto plazo los valores del C_p (2.08) y el C_{pk} (1.80) denotan que el proceso cumple con las especificaciones, y que es altamente capaz.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 2.08$

La capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría Clase Mundial y que por lo tanto el proceso tiene

calidad Six Sigma; sin embargo, el proceso no está centrado porque existe algo de variabilidad del pH, pero se puede considerar que el proceso es adecuado.

2. CPL = 2.36 y CPU = 1.80

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación superior.

3. $C_{pk} = 1.80$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. $P_p = 2.57$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 2.92$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 2.22$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del

proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso mejoran, por lo que se puede deducir que a futuro no se tendrán productos defectuosos como consecuencia del parámetro pH.

Partes por Millón:

No se generan pliegos defectuosos, debido a que el proceso es capaz.

Luego, se procedió a realizar el análisis de capacidad del % de Alcohol en la Solución Fuente, considerando como límites de especificaciones LSE = 12 y LIE = 10.

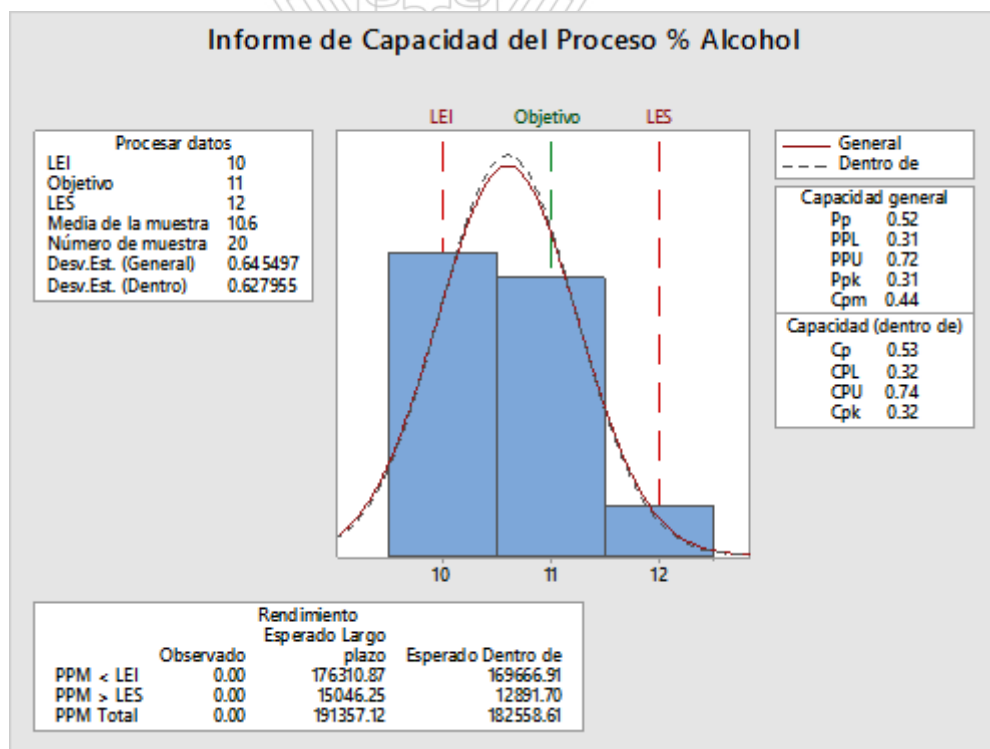


FIGURA N° 36: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En este caso se observó que el proceso tiene un ligero sesgo hacia la izquierda, teniendo una media de 10.6, con respecto al valor nominal de 11.0; además en el corto plazo los valores del C_p (0.53) y el C_{pk} (0.32)

denotan que el proceso no cumple con las especificaciones, y que no es capaz.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 0.53$

La capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría 4, de acuerdo a la Tabla N° 20, y que por lo tanto el proceso no es adecuado; y resulta necesario establecer donde radican los problemas a fin de disminuir la variación y un mejor ajuste al objetivo

2. $C_{PL} = 0.32$ y $C_{PU} = 0.74$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es mayor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica se están produciendo unidades defectuosas que exceden el límite de especificación inferior.

3. $C_{pk} = 0.32$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Inferior) es menor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso no es adecuada.

A Largo Plazo:

Para el análisis de capacidad a largo plazo los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

1. $P_p = 0.52$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es menor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es deficiente en base a su variabilidad.

2. PPL = 0.31

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación inferior.

3. PPU = 0.72

Este resultado indica que la distancia media del proceso al Límite de Especificación Superior (LES) es menor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es deficiente en relación con su límite de especificación superior.

Por los resultados obtenidos en el cálculo de los índices, se concluyó que el proceso mantiene un desempeño similar tanto en el corto como en el largo plazo, por lo tanto, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas y además no se encuentra centrado respecto a sus límites.

Partes por Millón:

Dado los malos resultados obtenidos, basta señalar que en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 191,357 pliegos defectuosos que no cumplen con las especificaciones, de los cuales, 176,310 no cumplen con la especificación inferior y 15,046 no cumplen con la especificación superior.

4.2.5 Nivel Sigma del Proceso

Se calculó el nivel sigma del proceso con la finalidad del conocer la situación actual del proceso en estudio; a continuación, se presenta la Tabla N° 21, donde se muestran 10 defectos comunes que se presentan durante el proceso de impresión:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNFV

N°	Defecto
1	Tonalidad de color
2	Repinte
3	Falta de registro
4	Arañado por la pinza
5	Vetas
6	Manchas
7	Mota o piojo
8	Emulsionamiento de la tinta
9	Rotura de pliego
10	Desgaste de plancha

TABLA N° 21: LISTA DE DEFECTOS COMUNES EN IMPRESIÓN OFFSET

(Fuente: Elaboración Propia.)

Cabe indicar que este estudio se realizó en un periodo de corto plazo, obteniéndose los siguientes resultados:

Descripción	Valor
Unidades Producidas	25000
Oportunidades de defecto por unidad	10
Defectos encontrados	9540
DPMO	38160.00
DPO	0.03816
Defectos (%)	3.82%
Yield (%)	96.184%
Nivel Sigma	3.27

TABLA N° 22: NIVEL SIGMA DEL PROCESO

(Fuente: Elaboración Propia)

Se sabe que:

DPMO: Defectos Por Millón de Oportunidades, es el número real de defectos observados, extrapolado a cada millón de oportunidades por defectos.

$$DPMO = \frac{1,000,000 \times D}{U \times O}$$

Donde:

D: Número de defectos encontrados.

U: Número de unidades en la muestra o tamaño de muestra.

O: Oportunidades de defectos por unidad.

DPO: Defectos Por Oportunidad, es el número de defectos observados, dividido entre el número total de oportunidades de defectos.

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

Donde:

D: Número de defectos encontrados.

U: Número de unidades en la muestra o tamaño de muestra.

O: Oportunidades de defectos por unidad.

%Defectos: Es el porcentaje total de defectos.

$$\% Defectos = DPO \times 100\%$$

Yield: Representa la fracción conforme del proceso.

$$Yield = (1 - DPO) \times 100\%$$

Nivel Sigma (Z): Es una medida de defectos en el proceso; a mayor Nivel Sigma implica menos defectos y a menor Nivel de Sigma implica más defectos.

$$Nivel\ Sigma\ (Z) = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times Ln(DPMO)}$$

4.2.6 Costos Relevantes

A continuación, se presenta la Tabla N° 23, con los costos relevantes que están involucrados en la futura mejora del proceso, debido a que son costos variables que deben bajar para lograr el objetivo deseado.

Como se puede observar, los mayores costos se han encontrado en los rubros relacionados con el Papel (\$ 81,920) y Repuestos Varios (\$ 70,031), los cuales están relacionados con los problemas de las reimpressiones y la falta de mantenimiento respectivamente.

COSTOS RELEVANTES (en \$) DEL PERIODO ENERO - JULIO 2016

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total
Materiales e Insumos	10,855.35	11,307.98	10,980.30	13,442.33	14,008.43	19,673.25	24,180.38	104,448.00
Papel	8,514.00	8,869.00	8,612.00	10,543.00	10,987.00	15,430.00	18,965.00	81,920.00
Tinta	1,277.10	1,330.35	1,291.80	1,581.45	1,648.05	2,314.50	2,844.75	12,288.00
Barniz	766.26	798.21	775.08	948.87	988.83	1,388.70	1,706.85	7,372.80
Polvo Antirrepinte	102.17	106.43	103.34	126.52	131.84	185.16	227.58	983.04
Pegamento	195.82	203.99	198.08	242.49	252.70	354.89	436.20	1,884.16
Reparación y repuestos	200.00	4,390.00	0.00	12,440.00	20,460.00	0.00	36,741.00	74,231.00
Técnico de mantenimiento	200.00	500.00	0.00	900.00	1,100.00	0.00	1,500.00	4,200.00
Repuestos varios	0.00	3,890.00	0.00	11,540.00	19,360.00	0.00	35,241.00	70,031.00
Mano de Obra Indirecta	400.00	600.00	600.00	2,045.00	4,690.00	1,000.00	5,555.00	14,890.00
Revisión de material devuelto	400.00	600.00	600.00	800.00	800.00	1,000.00	1,000.00	5,200.00
Servicio de Impresión	0.00	0.00	0.00	1,245.00	3,890.00	0.00	4,555.00	9,690.00
Transporte	300.00	400.00	420.00	600.00	550.00	750.00	800.00	3,820.00
Recojo de material devuelto	300.00	400.00	420.00	600.00	550.00	750.00	800.00	3,820.00
TOTAL	11,755.35	16,697.98	12,000.30	28,527.33	39,708.43	21,423.25	67,276.38	197,389.00

TABLA N° 23: COSTOS RELEVANTES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

(Fuente: Elaboración Propia)

4.2.7 Indicadores

En la siguiente tabla se presentan los Datos empleados en los cálculos para la generación de los Indicadores evaluados en el presente trabajo:

Descripción	Cantidad
Órdenes de Producción Promedio	217
Cantidad de Productos Producidos Promedio	3,000,000
Reclamos Promedio	40
Devoluciones Promedio	27
Productos No Conformes Promedio	270,000
Cantidad de Productos Conforme Promedio	2,730,000
Material Utilizado Promedio (en Kg)	3,000
Producto Obtenido Promedio (equivalente en material, en Kg)	2,450
Cantidad de Máquinas con mantenimiento programado promedio	24
Cantidad de Máquinas con mantenimiento ejecutado promedio	10
Número Total de Trabajadores	52
Número Total de Trabajadores Capacitados Promedio	0

TABLA N° 24: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES

(Fuente: Elaboración Propia)

Seguidamente se presenta los resultados obtenidos de los cálculos de los Indicadores:

INDICADORES PROMEDIO - PERIODO ENERO - JULIO 2016

% de Devoluciones	12.40%
% de Reclamos	18.40%
% de Producto No Conforme	9.00%
Índice de Calidad	91.00%
% de Merma	18.30%
% de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	41.70%
Ratio de Capacitación	0.00%

TABLA N° 25: RESUMEN DE INDICADORES

(Fuente: Elaboración Propia)

4.2.8 Diseño de Experimentos

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se observó en los Gráficos de Control que los procesos se encontraban bajo control estadístico, asimismo al efectuar el Análisis de Capacidad se pudo apreciar que los procesos no están en la capacidad de cumplir las especificaciones.

Por tal motivo, fue necesario reducir la variabilidad de los resultados con la finalidad de lograr una mejora en el proceso, por lo que se empleó el Diseño de Experimentos (DOE), dado que conociendo los factores que afectan a la variable respuesta es posible implantar procedimientos que ayuden a solucionar los problemas que se presentan.

Se sabe que los factores que tienen influencia en el proceso de impresión son: el pH, la Conductividad, el % de Alcohol y la Temperatura, los cuales tienen especificaciones mínimas y máximas, que son consideradas para la realización del Diseño de Experimentos:

Factor	Nivel (-1)	Nivel (+1)	Tipo de Factor
Alcohol	10	12	Controlable
pH	4.5	5.5	Controlable
Conductividad	1400	2200	Controlable

TABLA N° 26: PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN

(Fuente: Elaboración Propia)

Pero dado que la temperatura no es un factor controlable, resultó un diseño de experimentos con tres factores, tal como se aprecia en la Tabla N° 26.

CALIFICACION	DEFINICION
1	Densidad elevada en más de 0.05 puntos en los cuatro colores impresión opaca, con problemas de secado y manchas
2	Densidad elevada en 0.05 puntos en los cuatro colores impresión opaca, con problemas de secado y manchas
3	Densidad elevada en 0.05 puntos en los cuatro colores impresión opaca, con secado lento y manchas
4	Densidad elevada en 0.03 puntos en los cuatro colores impresión opaca, con secado lento y manchas
5	Densidad elevada en 0.03 puntos en los cuatro colores impresión opaca, con secado ligeramente retardado y manchas
6	Densidad elevada en 0.01 puntos en los cuatro colores impresión con brillo, con secado ligeramente retardado, pero con tres manchas
7	Densidad elevada en 0.01 puntos en los cuatro colores impresión con brillo, con secado ligeramente retardado, pero con dos manchas
8	Densidad adecuada en los cuatro colores impresión con brillo, con secado adecuado, pero con dos mancha
9	Densidad adecuada en los cuatro colores impresión con brillo, con secado adecuado, pero con una mancha
10	Densidad adecuada en los cuatro colores impresión con brillo, con secado adecuado y sin manchas

TABLA N° 27: CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO
(Fuente: *Elaboración Propia*)

Es necesario indicar que las mediciones se hicieron durante la impresión de un trabajo, por lo que no es posible pasar de un nivel a otro de los factores mencionados en la Tabla N° 26, dando como resultado que las mediciones no sean tomadas de manera aleatoria.

En la Tabla N° 27 se presentan los criterios de calificación que se le dio a la apariencia de la impresión del producto en un rango del 1 al 10, lo cual ayudó en el desarrollo del diseño de experimentos, con la finalidad de determinar la interrelación entre los factores que afectan el proceso de impresión, de esta manera el número 1 representa mala calidad y el número 10 representa buena calidad.

Cuando se tienen definidos los factores de influencia a la variable respuesta, se genera la tabla de diseño en orden estándar, tal como se muestra a continuación:

OrdenEst	PtCentral	Bloques	pH	Conductividad	Alcohol
1	1	1	-1	-1	-1
2	1	1	1	-1	-1
3	1	1	-1	1	-1
4	1	1	1	1	-1
5	1	1	-1	-1	1
6	1	1	1	-1	1
7	1	1	-1	1	1
8	1	1	1	1	1
9	1	1	-1	-1	-1
10	1	1	1	-1	-1
11	1	1	-1	1	-1
12	1	1	1	1	-1
13	1	1	-1	-1	1
14	1	1	1	-1	1
15	1	1	-1	1	1
16	1	1	1	1	1

TABLA N° 28: MATRIZ DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN ORDEN ESTÁNDAR

(Fuente: Elaboración Propia)

Para que se pueda efectuar el análisis adecuadamente, es necesario que el material en el que se realiza el Diseño de Experimentos sea el mismo en el que se efectuó los análisis de Diagrama de Control y Análisis de Capacidad, el cual fue Foldcote.

Una vez que se tiene planteada la matriz de Diseño del Experimento, se colocó el valor de la variable de salida que es la Calidad del producto, de acuerdo a las observaciones obtenidas durante la corrida experimental:

OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	pH	Conductividad	Alcohol	Calidad
1	1	1	1	-1	-1	-1	9
2	2	1	1	1	-1	-1	8
3	3	1	1	-1	1	-1	4
4	4	1	1	1	1	-1	5
5	5	1	1	-1	-1	1	9
6	6	1	1	1	-1	1	8
7	7	1	1	-1	1	1	3
8	8	1	1	1	1	1	1
9	9	1	1	-1	-1	-1	9
10	10	1	1	1	-1	-1	7
11	11	1	1	-1	1	-1	5
12	12	1	1	1	1	-1	6
13	13	1	1	-1	-1	1	8
14	14	1	1	1	-1	1	8
15	15	1	1	-1	1	1	2
16	16	1	1	1	1	1	3

TABLA N° 29: MATRIZ DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS INCLUYENDO LA VARIABLE RESPUESTA CALIDAD DEL PRODUCTO

(Fuente: Elaboración Propia)

Es necesario evaluar el comportamiento de la varianza, por tal motivo, haciendo uso del Test de Bartlett del Minitab, se obtuvo el resultado de la Figura N° 37, en donde se puede apreciar que el p-value es mayor que el nivel de significancia, por lo que se acepta la igualdad de varianzas.

Se debe tener en cuenta que, anteriormente se mencionó que la secuencia de los experimentos no fue ejecutada en forma aleatoria, ya que estos se realizaron en línea, debido a que no se puede pasar de un nivel a otro en cada factor mencionado en la Tabla N° 26, puesto que al intentar hacerlo se perjudica la producción en curso.

Prueba de varianzas iguales: Respuesta vs. pH; Conductividad; Alcohol

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

pH	Conductividad	Alcohol	N	Desv.Est.	IC
-1	-1	-1	2	0.000000	(*; *)
-1	-1	1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)
-1	1	-1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)
-1	1	1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)
1	-1	-1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)
1	-1	1	2	0.000000	(*; *)
1	1	-1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)
1	1	1	2	0.707107	(0.246786; 135.405)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.00	1.000

FIGURA N° 37: PRUEBA DE VARIANZAS IGUALES

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

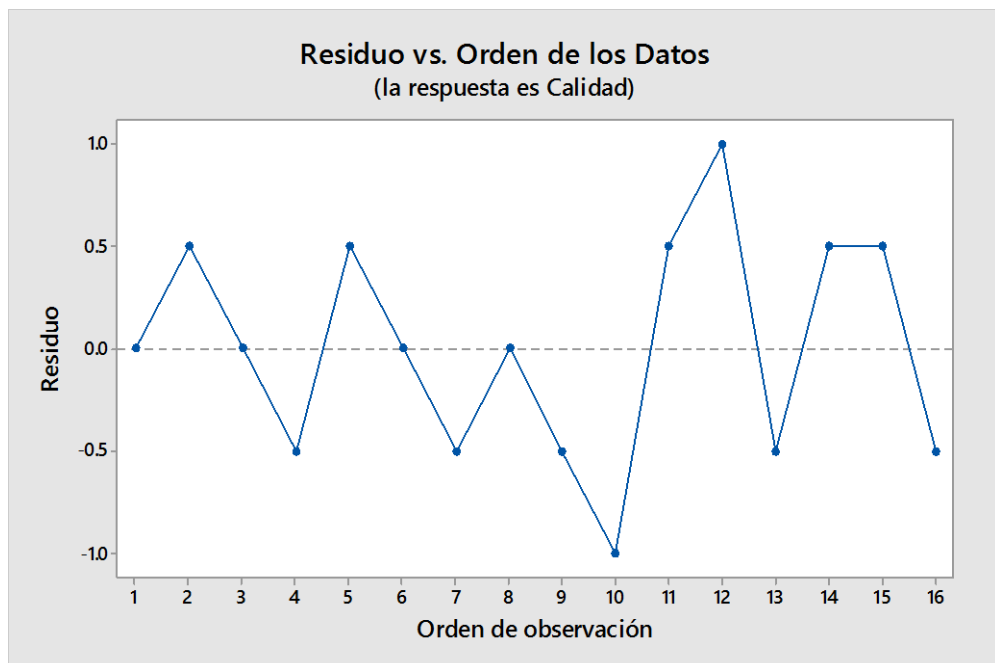


FIGURA N° 38: ALEATORIEDAD DE DATOS

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Analizando la gráfica de la Figura N° 38, se observa que a pesar de no haberse realizado de manera aleatoria el experimento, no existen patrones que afecten a la variable respuesta.

Asimismo, se evaluó que efectos son significativos sobre el resultado de la variable respuesta, para lo cual se empleó la Gráfica de Daniel.

Según Gutiérrez y De la Vara (2009): “si la distribución propuesta describe de manera adecuada los datos, los puntos en la gráfica tenderán a ubicarse a lo largo de una línea recta; pero si los puntos se desvían de manera significativa de una línea recta, entonces eso será evidencia de que los datos no siguen tal distribución” (p.54)

De acuerdo con lo antes mencionado, en la Figura N° 39, se puede observar que el comportamiento de los factores Conductividad y Alcohol es acorde a un efecto significativo sobre la variable respuesta “Calidad del producto”, en tanto que el factor pH, que no aparece en el gráfico, no tiene un efecto significativo sobre el resultado de la variable respuesta.

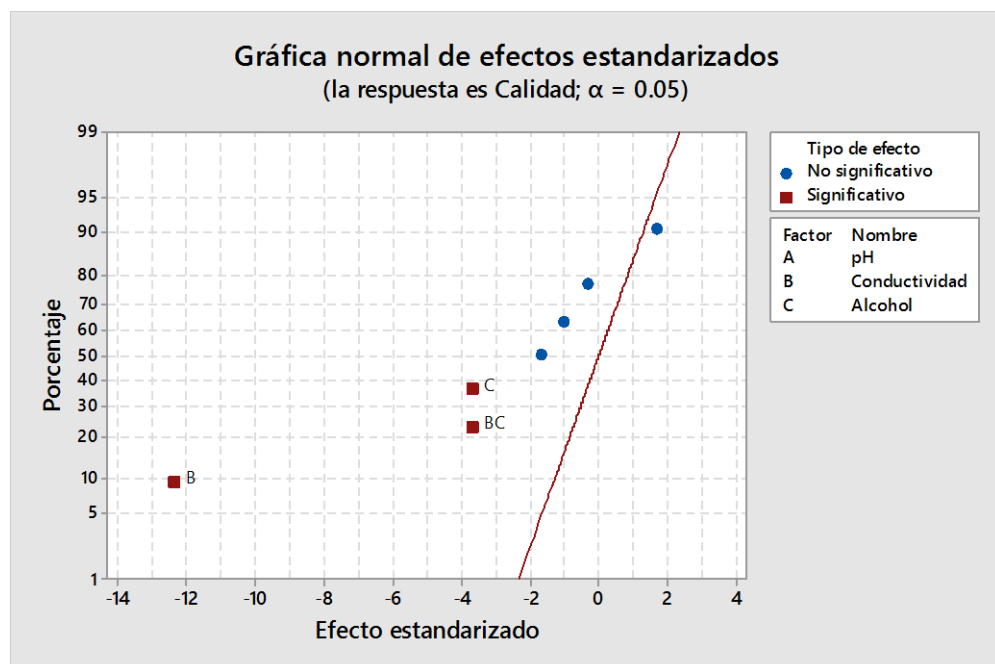


FIGURA N° 39: GRÁFICA DE DANIEL
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

También se puede apreciar que el factor Conductividad es el que está más alejado de la línea recta, por tal motivo se afirma que es el que mayor efecto tiene sobre la variable respuesta. Otros factores que influyen en la variable respuesta son el Alcohol y la interacción entre la Conductividad y el Alcohol.

Se realizaron dos análisis:

- El efecto que tiene la Conductividad sobre la variable respuesta cuando el Alcohol cambia de un nivel a otro.
- El efecto que tiene el Alcohol sobre la variable respuesta cuando la Conductividad cambia de un nivel a otro.

El efecto de interacción de los factores Conductividad y Alcohol se puede visualizar en la siguiente gráfica:

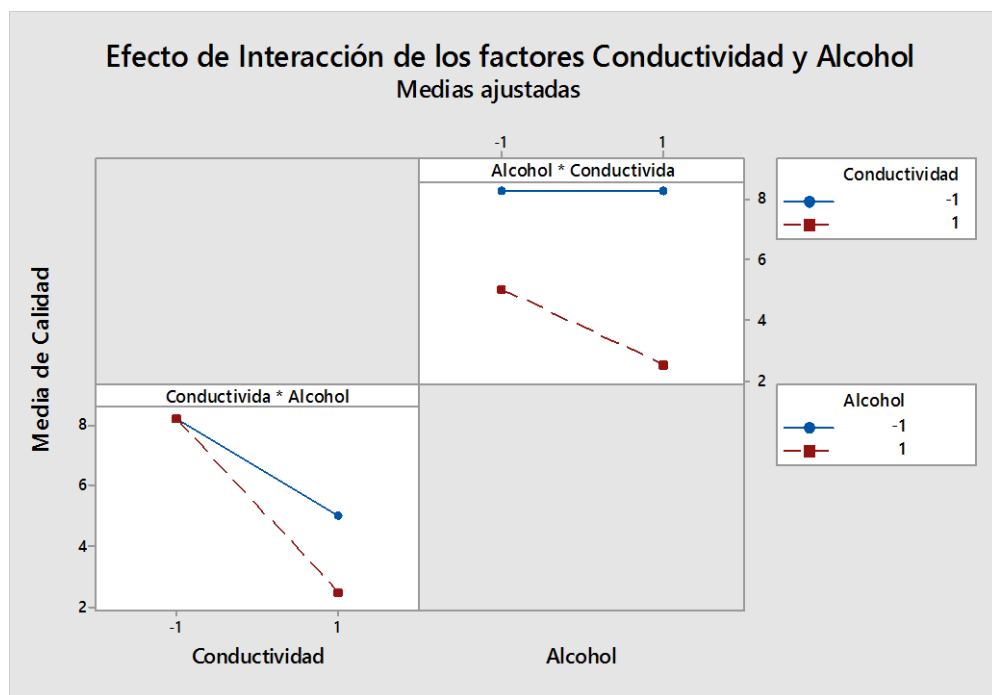


FIGURA N° 40: EFECTO DE LA INTERACCIÓN DE LOS FACTORES CONDUCTIVIDAD Y ALCOHOL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Se analiza primero con respecto al Alcohol, cómo es el comportamiento de la variable respuesta cuando varía la Conductividad de un nivel a otro, dando como resultado que, estando el Alcohol en 10% (nivel más bajo),

la calidad del producto va a disminuir si la Conductividad pasa de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nivel más bajo) a 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nivel más alto)

Pero si el Alcohol está en 12% (nivel más alto), se puede observar en la gráfica, que cuando la Conductividad va de su nivel bajo al alto, el deterioro de la calidad es mucho mayor.

Luego, se realiza el análisis con respecto a la Conductividad, cómo es el comportamiento de la variable respuesta cuando varía el Alcohol de un nivel a otro, dando como resultado que estando la Conductividad en 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nivel más bajo), no había cambio en la variable respuesta cuando el Alcohol pasa de 10% (nivel más bajo) a 12% (nivel más alto).

Pero si la Conductividad está en 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nivel más alto), se puede observar en la gráfica, que cuando el Alcohol va de su nivel bajo al alto, la calidad se deteriora.

A continuación, se presenta el informe generado por el Minitab, donde se detalla los efectos en la variable respuesta:

Regresión factorial: Calidad vs. pH; Conductividad; Alcohol

Coefficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante		5.938	0.187	31.67	0.000	
pH	-0.375	-0.187	0.187	-1.00	0.347	1.00
Conductividad	-4.625	-2.312	0.187	-12.33	0.000	1.00
Alcohol	-1.375	-0.687	0.187	-3.67	0.006	1.00
pH*Conductividad	0.625	0.313	0.187	1.67	0.134	1.00
pH*Alcohol	-0.125	-0.063	0.187	-0.33	0.747	1.00
Conductividad*Alcohol	-1.375	-0.688	0.187	-3.67	0.006	1.00
pH*Conductividad*Alcohol	-0.625	-0.313	0.187	-1.67	0.134	1.00

FIGURA N° 41: EFECTOS ESTIMADOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Del reporte de la Figura N° 41, y observando el p-value del factor pH, cuyo valor es 0.347, se determina que no existe influencia sobre la variable

respuesta, así como tampoco son significativas las interacciones del pH con el Alcohol (p-value: 0.747) y del pH con la Conductividad (p-value: 0.134).

Se puede afirmar que el resultado de la Calidad disminuyó mientras los factores Alcohol y Conductividad pasaron del nivel bajo al alto, de acuerdo con esto, es evidente que la Calidad tiene un mejor resultado cuando la Conductividad está en su nivel bajo (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el Alcohol también está en su nivel bajo (10%).

En la Figura N° 42, se puede observar como es el comportamiento de la variable respuesta Calidad del producto para cada factor, asimismo puede visualizarse que la variación del valor del pH no es representativa al pasar del nivel menor al nivel mayor, pero esa misma variación para los factores Conductividad y Alcohol si es representativa y afecta de manera notable a la variable respuesta Calidad del Producto.

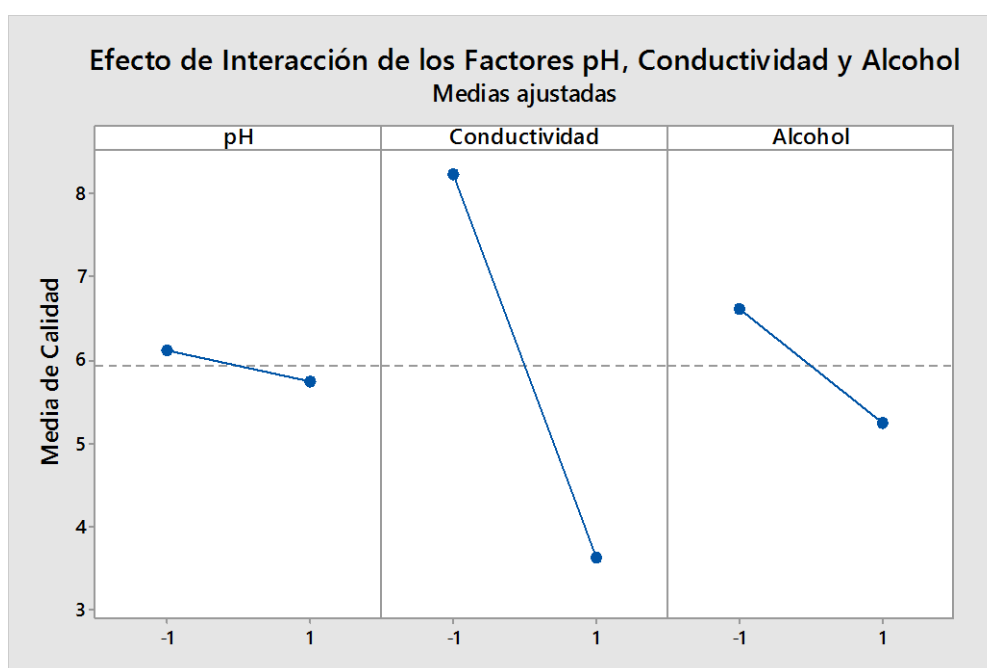


FIGURA N° 42: GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Con todos estos resultados, se ratificó que la mayor influencia en el resultado de la variable respuesta Calidad del Producto, se dio a partir de los factores Conductividad y Alcohol y que además estos deben estar en su nivel más bajo en ambos casos para poder lograr la mayor calidad posible en el producto.

Finalmente, con la ayuda del Minitab se efectuó una Predicción para el resultado de la variable respuesta Calidad del Producto; en el informe se puede observar que se ejecutó una prueba considerando los tres factores (Conductividad, pH y Alcohol) en su nivel bajo, obteniéndose como resultado un nivel de Calidad del Producto de 9, y además se realizó otra prueba considerando los factores Conductividad y Alcohol en su nivel bajo mientras que el pH en su nivel alto, obteniéndose como resultado un nivel de Calidad del Producto de 7.5.

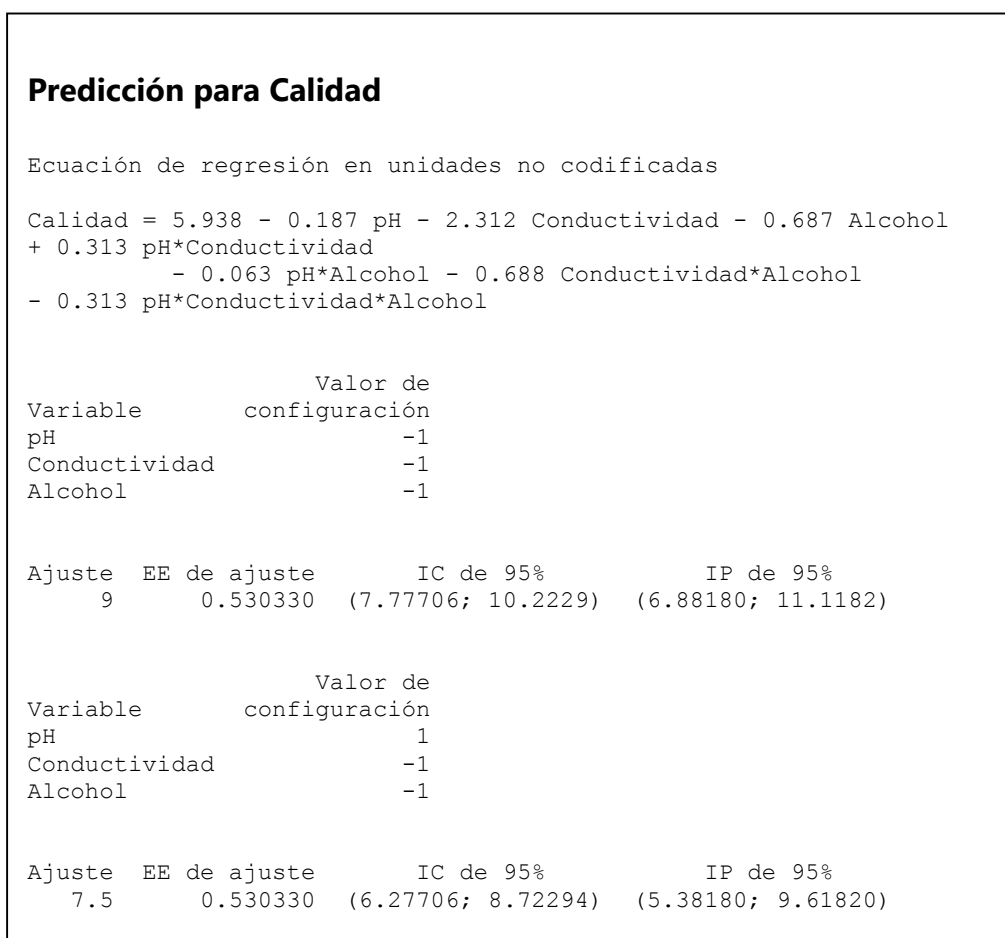


FIGURA N° 43: INFORME DE PREDICCIÓN PARA LA CALIDAD DEL PRODUCTO
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Cabe indicar que cualquier otra combinación proporcionó un nivel de Calidad del Producto más bajo, lo cual se puede observar en el siguiente gráfico:

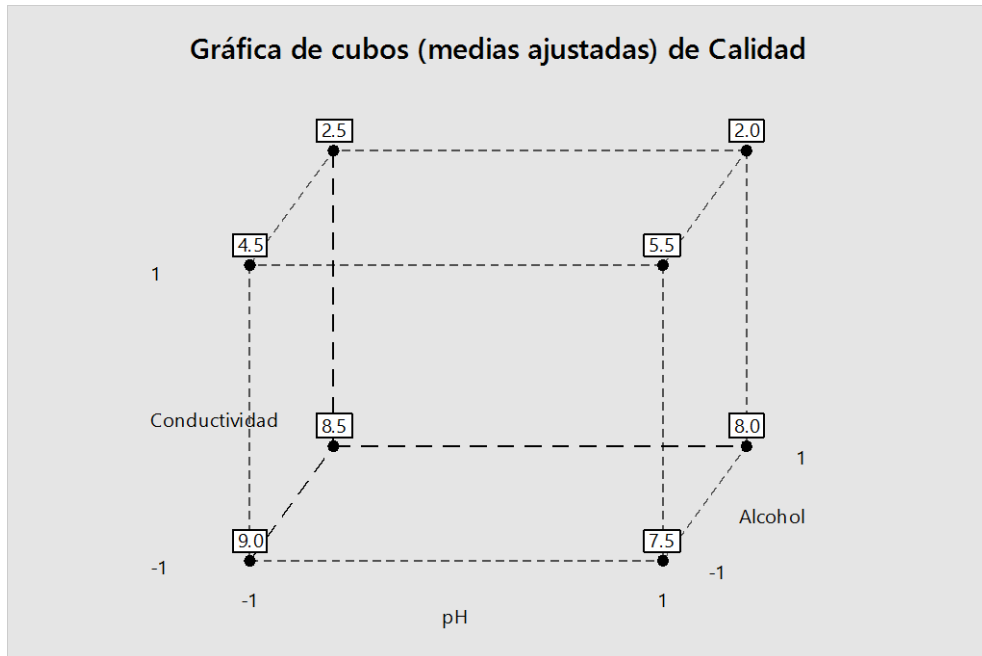


FIGURA N° 44: GRÁFICA DE CUBO DE CALIDAD

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.3 CORRIDA EXPERIMENTAL

Una vez que se tuvo el diagnóstico estadístico de la situación del proceso, se procedió a efectuar una corrida experimental para comprobar si la aplicación del Control Estadístico de Procesos ayuda a mejorar la calidad.

4.3.1 Cartas de Control

Con los datos obtenidos de la corrida experimental, se calculó los Límites de Control de Prueba para cada uno de los cuatro colores básicos: Negro (K), Cyan (C), Magenta (M), Amarillo (Y).

4.3.1.1 Cyan

A continuación, se presenta la Tabla N° 30, donde se muestran los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Cyan, en la corrida experimental:

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.28	1.30	1.32	1.30	1.3000	1.28	1.32	0.0400
2	1.28	1.32	1.30	1.32	1.3050	1.28	1.32	0.0400
3	1.26	1.28	1.31	1.31	1.2900	1.26	1.31	0.0500
4	1.32	1.31	1.30	1.29	1.3050	1.29	1.32	0.0300
5	1.29	1.33	1.30	1.29	1.3025	1.29	1.33	0.0400
6	1.30	1.30	1.28	1.29	1.2925	1.28	1.30	0.0200
7	1.31	1.28	1.31	1.29	1.2975	1.28	1.31	0.0300
8	1.31	1.32	1.28	1.29	1.3000	1.28	1.32	0.0400
9	1.28	1.31	1.30	1.32	1.3025	1.28	1.32	0.0400
10	1.32	1.31	1.31	1.31	1.3125	1.31	1.32	0.0100
11	1.28	1.31	1.30	1.32	1.3025	1.28	1.32	0.0400
12	1.29	1.32	1.31	1.29	1.3025	1.29	1.32	0.0300
13	1.29	1.31	1.32	1.30	1.3050	1.29	1.32	0.0300
14	1.30	1.30	1.32	1.30	1.3050	1.30	1.32	0.0200
15	1.29	1.32	1.28	1.30	1.2975	1.28	1.32	0.0400
16	1.29	1.31	1.30	1.31	1.3025	1.29	1.31	0.0200
17	1.30	1.30	1.30	1.33	1.3075	1.30	1.33	0.0300
18	1.27	1.31	1.30	1.33	1.3025	1.27	1.33	0.0600
19	1.28	1.31	1.30	1.29	1.2950	1.28	1.31	0.0300
20	1.29	1.31	1.30	1.28	1.2950	1.28	1.31	0.0300
					1.3011			0.0335

TABLA N° 30: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

Dado que ya se verificó que el cálculo manual de los Límites de Control coincide con los resultados dados por el Minitab, se procedió a generar la Gráfica de Control de la Densidad del color Cyan, con los datos obtenidos de la corrida experimental.

Gráfica de Control X-R de la Variable Densidad - Corrida Experimental Color Cyan

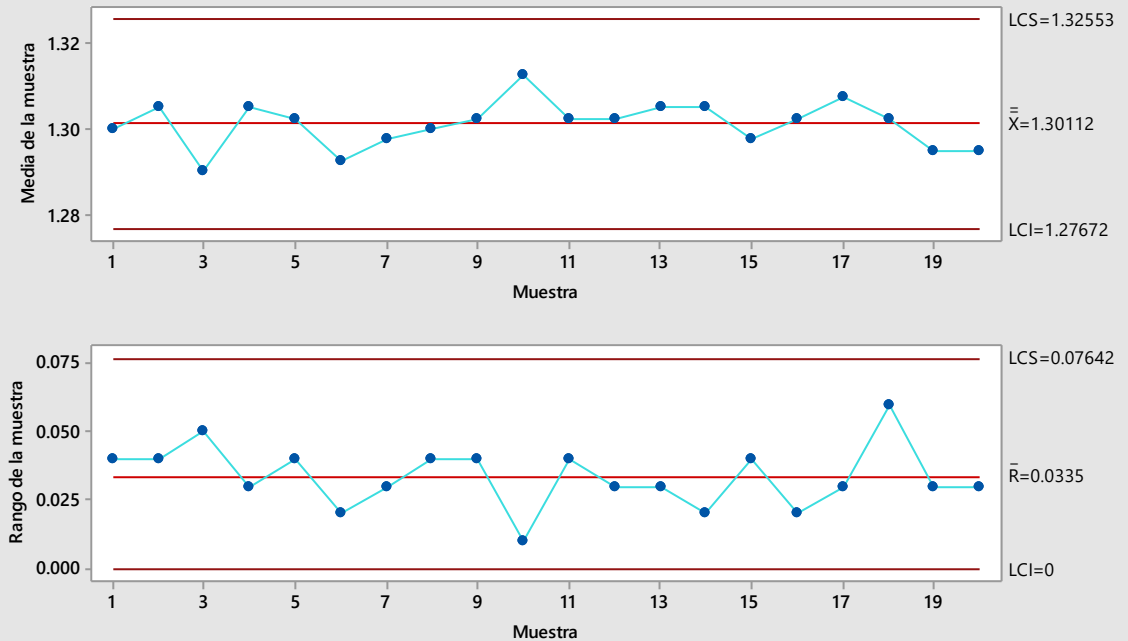


FIGURA N° 45: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DE COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En la gráfica de los valores medios, se pudo observar que todos los puntos están dentro de los Límites de Control, por lo que se puede decir que el proceso está bajo control.

Seguidamente en la gráfica de rangos, se observó que los valores de cada subgrupo se ubicaron dentro de los límites de control, por lo tanto, se confirma que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Se puede apreciar que hay 2 puntos (Grupos N° 10 y 18), que están alejados del valor del rango promedio. El Grupo N° 10, que es un punto próximo a cero, representa que la medición ha arrojado valores cercanos en cada prueba realizada, mientras que en el Grupo N° 18, que es un punto próximo al límite de control superior, representa que la medición ha arrojado valores alejados entre sí, en la prueba realizada, esto último se debe básicamente a errores de medición por parte de los operadores. En ambas gráficas se pudo observar que no

existe ningún patrón específico, por lo tanto, el proceso está afectado solamente por causas comunes de variación.

4.3.1.2 Magenta

A continuación, se presenta la Tabla N° 31, donde se muestran los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Magenta, en la corrida experimental:

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.40	1.40	1.43	1.41	1.4100	1.40	1.43	0.0300
2	1.42	1.40	1.41	1.42	1.4125	1.40	1.42	0.0200
3	1.39	1.39	1.39	1.40	1.3925	1.39	1.40	0.0100
4	1.40	1.41	1.39	1.40	1.4000	1.39	1.41	0.0200
5	1.38	1.40	1.39	1.39	1.3900	1.38	1.40	0.0200
6	1.43	1.39	1.39	1.42	1.4075	1.39	1.43	0.0400
7	1.41	1.39	1.39	1.41	1.4000	1.39	1.41	0.0200
8	1.40	1.40	1.42	1.40	1.4050	1.40	1.42	0.0200
9	1.40	1.42	1.40	1.42	1.4100	1.40	1.42	0.0200
10	1.41	1.43	1.40	1.41	1.4125	1.40	1.43	0.0300
11	1.39	1.42	1.40	1.41	1.4050	1.39	1.42	0.0300
12	1.39	1.38	1.40	1.43	1.4000	1.38	1.43	0.0500
13	1.40	1.42	1.39	1.41	1.4050	1.39	1.42	0.0300
14	1.40	1.41	1.40	1.40	1.4025	1.40	1.41	0.0100
15	1.38	1.38	1.40	1.41	1.3925	1.38	1.41	0.0300
16	1.40	1.42	1.40	1.40	1.4050	1.40	1.42	0.0200
17	1.38	1.40	1.42	1.41	1.4025	1.38	1.42	0.0400
18	1.40	1.42	1.40	1.41	1.4075	1.40	1.42	0.0200
19	1.40	1.40	1.39	1.40	1.3975	1.39	1.40	0.0100
20	1.40	1.41	1.38	1.40	1.3975	1.38	1.41	0.0300
					1.4028			0.0250

TABLA N° 31: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

Se procedió a generar la Gráfica de Control de la Densidad del color Magenta, con los datos obtenidos de la corrida experimental.

Gráfica de Control X-R de la Variable Densidad - Corrida Experimental Color Magenta

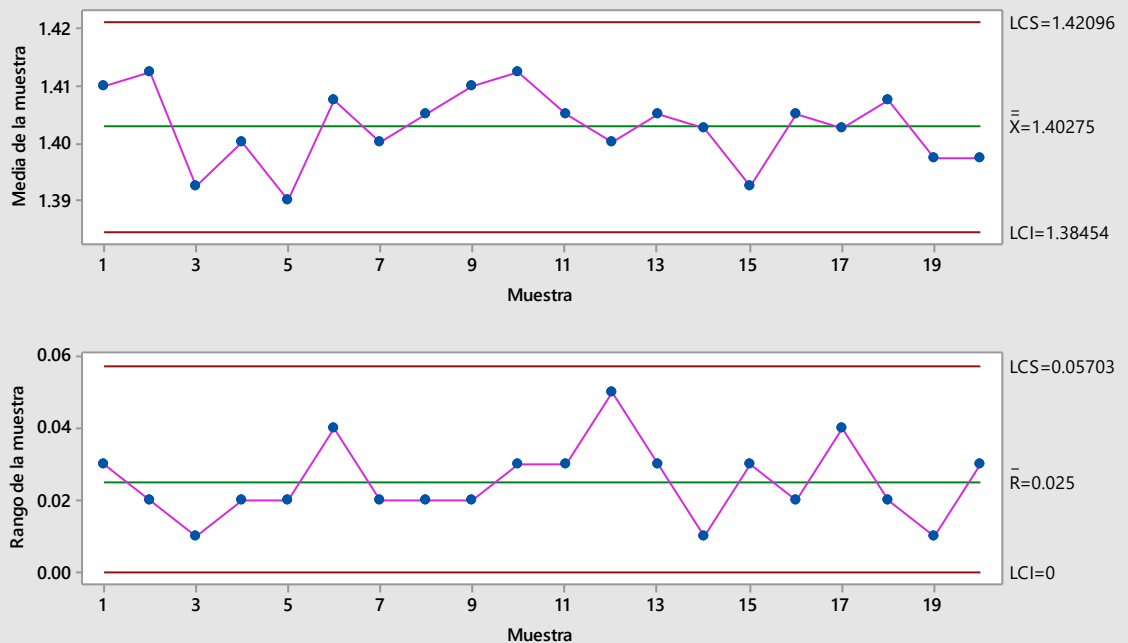


FIGURA N° 46: GRÁFICA DE CONTROL \bar{X} – R DE LA DENSIDAD DE COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En la gráfica de los valores medios, se pudo observar que todos los puntos están dentro de los Límites de Control, por lo tanto, se puede decir que el proceso está bajo control estadístico.

Seguidamente en la gráfica de rangos, se observó que los valores de cada subgrupo se ubicaban dentro de los límites de control, por lo tanto, se confirmó que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Pero es necesario observar que se tiene 6 puntos (Grupos N° 3, 6, 12, 14, 17 y 19), cuyos valores están alejados del valor del rango promedio. Los Grupos N° 3, 14 y 19, que son valores que están por debajo del valor del rango promedio, representan que en las mediciones realizadas los valores obtenidos son cifras cercanas entre sí.

En el caso de los Grupos N° 6, 12 y 17, que son valores que están por encima del valor del rango promedio, representan que en las mediciones realizadas los valores obtenidos son cifras que difieren

entre sí, lo que significa que hay posibles errores de medición por parte de los operadores.

En ambas gráficas se pudo observar que no existe ningún patrón específico, por lo tanto, el proceso está afectado solamente por causas comunes de variación.

4.3.1.3 Amarillo

A continuación, se presenta la Tabla N° 32, donde se muestran los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Amarillo, en la corrida experimental:

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.03	1.00	1.01	1.00	1.0100	1.00	1.03	0.0300
2	0.98	1.00	0.98	0.99	0.9875	0.98	1.00	0.0200
3	0.98	1.00	0.99	1.00	0.9925	0.98	1.00	0.0200
4	1.00	0.98	1.00	1.02	1.0000	0.98	1.02	0.0400
5	1.03	1.01	1.00	0.99	1.0075	0.99	1.03	0.0400
6	1.01	1.01	1.01	1.00	1.0075	1.00	1.01	0.0100
7	1.02	1.00	1.01	1.00	1.0075	1.00	1.02	0.0200
8	1.00	1.01	1.00	0.99	1.0000	0.99	1.01	0.0200
9	1.02	1.00	1.00	0.99	1.0025	0.99	1.02	0.0300
10	1.00	1.00	1.01	0.98	0.9975	0.98	1.01	0.0300
11	1.02	1.00	1.00	0.98	1.0000	0.98	1.02	0.0400
12	1.00	1.01	0.98	0.99	0.9950	0.98	1.01	0.0300
13	1.00	1.00	0.97	1.00	0.9925	0.97	1.00	0.0300
14	1.00	0.99	1.00	1.00	0.9975	0.99	1.00	0.0100
15	1.02	1.01	1.00	1.00	1.0075	1.00	1.02	0.0200
16	1.00	0.99	1.02	0.99	1.0000	0.99	1.02	0.0300
17	1.00	1.01	0.98	0.99	0.9950	0.98	1.01	0.0300
18	1.00	1.00	0.98	0.99	0.9925	0.98	1.00	0.0200
19	1.02	1.00	1.02	0.99	1.0075	0.99	1.02	0.0300
20	1.00	0.98	1.00	0.98	0.9900	0.98	1.00	0.0200
					0.9995			0.0260

TABLA N° 32: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

Gráfica de Control X-R de la Variable Densidad - Corrida Experimental Color Amarillo

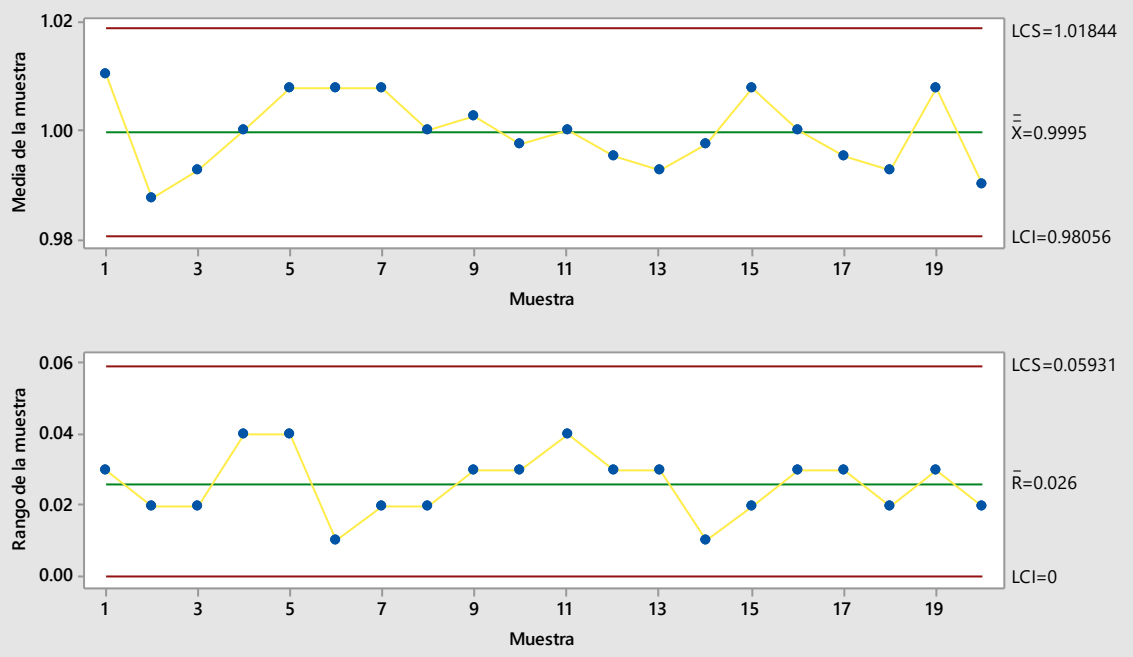


FIGURA N° 47: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

En la gráfica de los valores medios, se pudo observar que todos los puntos estaban dentro de los Límites de Control, por lo que se puede decir que el proceso está bajo control.

Seguidamente en la gráfica de rangos, se observó que los valores de cada subgrupo se ubicaban dentro de los límites de control, por lo tanto, se confirmó que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Pero es necesario observar que se tiene 5 puntos (Grupos N° 4, 5, 6, 11 y 14), cuyos valores están alejados del valor del rango promedio.

Los Grupos N° 6 y 14, que son valores que están por debajo del valor del rango promedio, representan que en las mediciones realizadas los valores obtenidos son cifras cercanas entre sí.

En el caso de los Grupos N° 4, 5 y 11, que son valores que están por encima del valor del rango promedio, representan que en las mediciones realizadas los valores obtenidos son cifras que difieren

entre sí, lo que significa que hay posibles errores de medición por parte de los operadores.

En ambas gráficas se pudo observar que no existe ningún patrón específico, por lo tanto, el proceso está afectado solamente por causas comunes de variación.

4.3.1.4 Negro

Finalmente, de la misma forma como se trabajó con los tres colores anteriores, se presenta la Tabla N° 33, donde se muestran los valores que se obtuvieron de la medición de la densidad de la tinta de color Negro, en la corrida experimental:

Sub Grupo N°	X1	X2	X3	X4	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango R
1	1.62	1.59	1.61	1.62	1.6100	1.59	1.62	0.0300
2	1.61	1.60	1.59	1.60	1.6000	1.59	1.61	0.0200
3	1.60	1.59	1.60	1.59	1.5950	1.59	1.60	0.0100
4	1.62	1.60	1.59	1.63	1.6100	1.59	1.63	0.0400
5	1.60	1.58	1.59	1.63	1.6000	1.58	1.63	0.0500
6	1.60	1.60	1.61	1.61	1.6050	1.60	1.61	0.0100
7	1.60	1.59	1.61	1.60	1.6000	1.59	1.61	0.0200
8	1.58	1.58	1.60	1.60	1.5900	1.58	1.60	0.0200
9	1.61	1.60	1.62	1.61	1.6100	1.60	1.62	0.0200
10	1.60	1.59	1.61	1.62	1.6050	1.59	1.62	0.0300
11	1.60	1.60	1.61	1.63	1.6100	1.60	1.63	0.0300
12	1.60	1.61	1.59	1.60	1.6000	1.59	1.61	0.0200
13	1.60	1.58	1.60	1.62	1.6000	1.58	1.62	0.0400
14	1.60	1.60	1.58	1.59	1.5925	1.58	1.60	0.0200
15	1.61	1.60	1.59	1.60	1.6000	1.59	1.61	0.0200
16	1.60	1.59	1.62	1.58	1.5975	1.58	1.62	0.0400
17	1.62	1.61	1.60	1.60	1.6075	1.60	1.62	0.0200
18	1.59	1.60	1.61	1.57	1.5925	1.57	1.61	0.0400
19	1.60	1.60	1.59	1.61	1.6000	1.59	1.61	0.0200
20	1.58	1.60	1.60	1.61	1.5975	1.58	1.61	0.0300
					1.6011			0.0265

TABLA N° 33: VALORES MEDIDOS DE DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

En la gráfica de los valores medios, se pudo observar que todos los puntos están dentro de los Límites de Control, por lo que se puede decir que el proceso está bajo control.

Seguidamente en la gráfica de rangos, se observó que los valores de cada subgrupo se ubican dentro de los límites de control, por lo tanto, se confirma que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

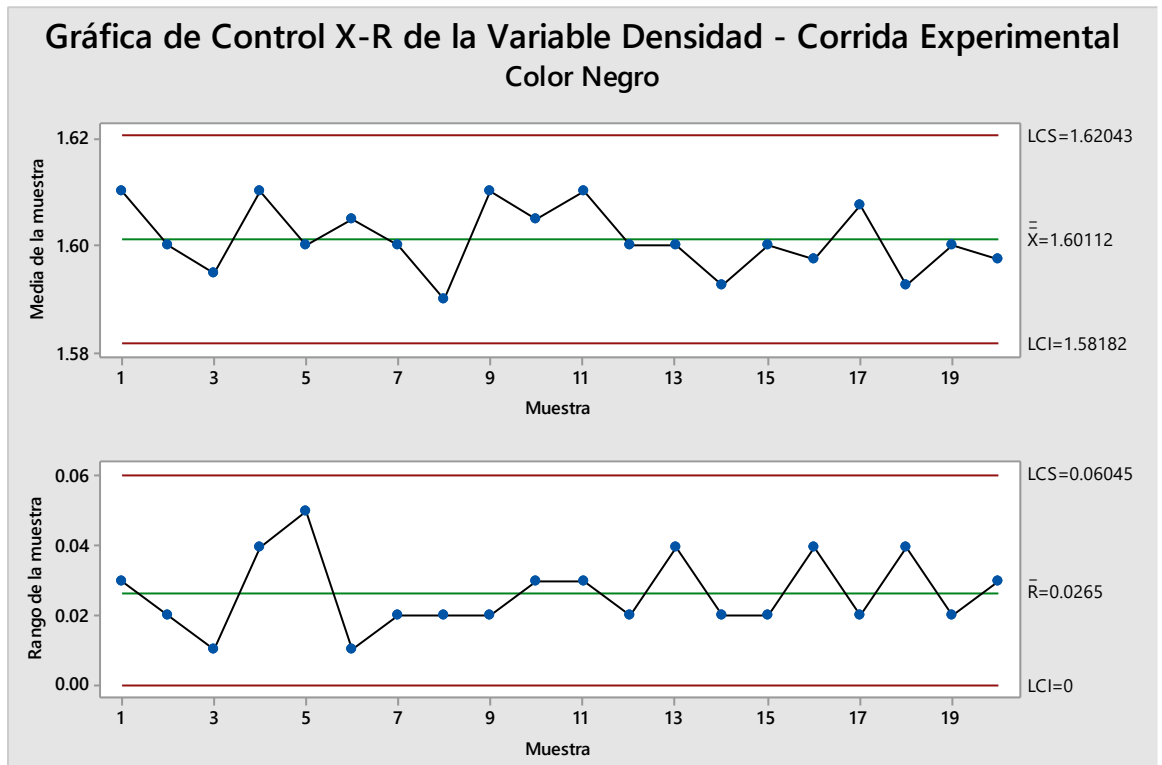


FIGURA N° 48: GRÁFICA DE CONTROL $\bar{X} - R$ DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Pero es necesario observar que se tiene 7 puntos (Grupos N° 3, 4, 5, 6, 13, 16 y 18), cuyos valores están alejados del valor del rango promedio.

Los Grupos N° 3 y 6, que son valores que están por debajo del valor del rango promedio, representan que en las mediciones realizadas los valores obtenidos son cifras cercanas entre sí.

En el caso de los Grupos N° 4, 5, 13, 16 y 18, que son puntos próximos al límite de control superior, representan que la medición ha arrojado

valores alejados en cada prueba realizada, esto último se debe básicamente a errores de medición por parte de los operadores.

En ambas gráficas se pudo observar que no existe ningún patrón específico, por lo tanto, el proceso está afectado solamente por causas comunes de variación.

4.3.1.5 Conductividad de la Solución Fuente

Para esta prueba se utilizó nuevamente la Gráfica de Datos Individuales y Rango Móvil:

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	1640	1640.00	
2	1500	1500.00	140.00
3	1593	1593.00	93.00
4	1480	1480.00	93.00
5	1550	1550.00	50.00
6	1500	1500.00	70.00
7	1520	1520.00	40.00
8	1600	1600.00	80.00
9	1510	1510.00	90.00
10	1460	1460.00	50.00
11	1608	1608.00	148.00
12	1560	1560.00	48.00
13	1490	1490.00	70.00
14	1525	1525.00	35.00
15	1450	1450.00	75.00
16	1500	1500.00	50.00
17	1390	1390.00	110.00
18	1410	1410.00	20.00
19	1480	1480.00	70.00
20	1525	1525.00	45.00
		1519.240	80.500

TABLA N° 34: VALORES MEDIDOS DE CONDUCTIVIDAD DE SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

Se procedió a hacer las Gráficas de Control para Datos Individuales y para Rango Móvil, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

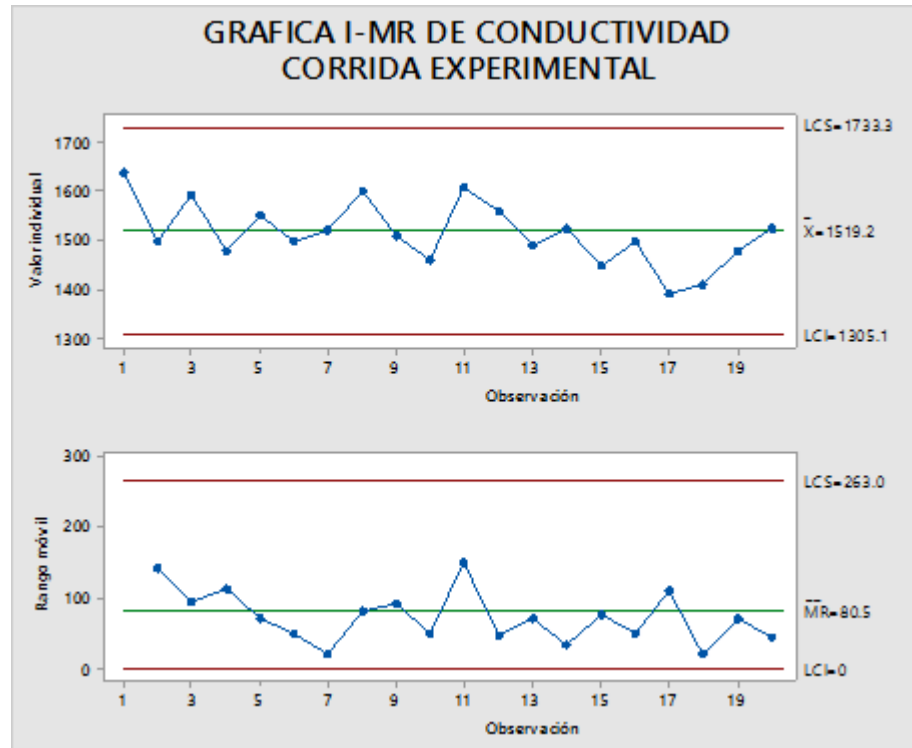


FIGURA N° 49: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Como puede apreciarse, a diferencia de los resultados obtenidos en la etapa previa, en la gráfica de Datos Individuales, todos los puntos están dentro de los límites de control, asimismo en la gráfica de Rango Móvil, los puntos se encuentran más cercanos a la línea promedio.

4.3.1.6 pH de la Solución Fuente

Se procedió a hacer las Gráficas de Control para Datos Individuales y para Rango Móvil, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Como puede apreciarse, a diferencia de los resultados obtenidos en la etapa previa, en la gráfica de Datos Individuales, todos los puntos están dentro de los límites de control, asimismo en la gráfica de Rango Móvil, los puntos se encuentran más cercanos a la línea promedio, a excepción del Punto N°20, el cual se eleva como consecuencia del cambio de solución.

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	4.99	4.99	
2	5.05	5.05	0.06
3	5.00	5.00	0.05
4	5.08	5.08	0.08
5	5.03	5.03	0.05
6	4.97	4.97	0.06
7	4.92	4.92	0.05
8	5.00	5.00	0.08
9	4.91	4.91	0.09
10	4.95	4.95	0.04
11	5.00	5.00	0.05
12	5.13	5.13	0.13
13	5.04	5.04	0.09
14	4.99	4.99	0.05
15	5.09	5.09	0.10
16	4.99	4.99	0.10
17	5.05	5.05	0.06
18	5.00	5.00	0.05
19	4.92	4.92	0.08
20	5.09	5.09	0.17
		5.014	0.070

TABLA N° 35: VALORES MEDIDOS DE PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL
(Fuente: Elaboración propia)

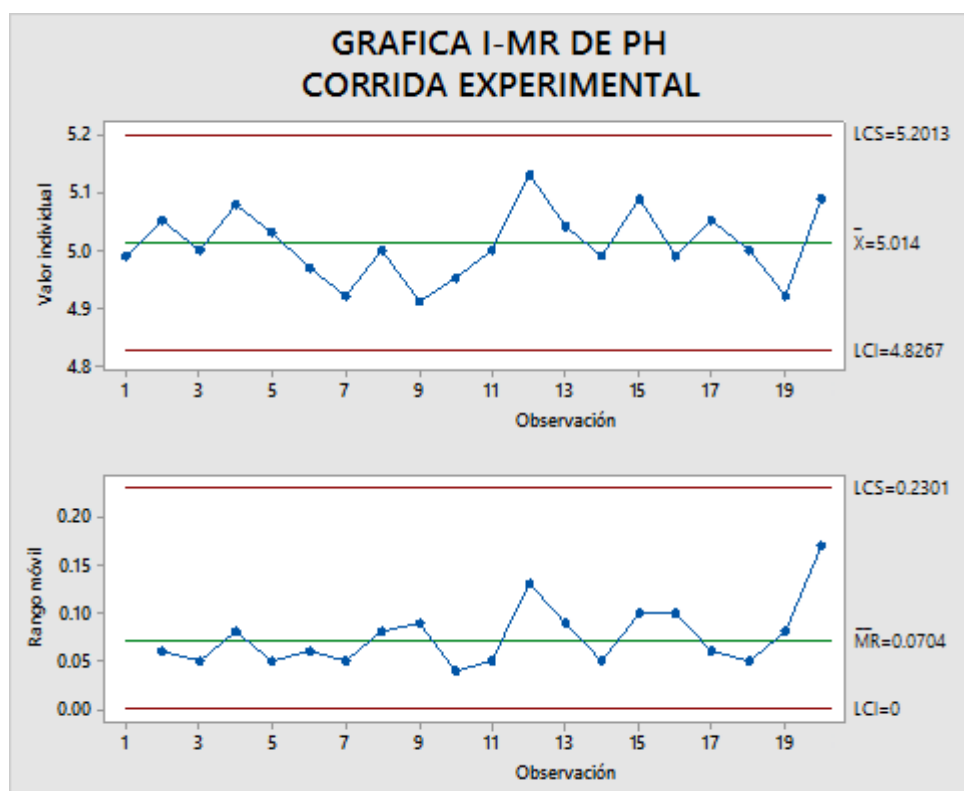


FIGURA N° 50: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.3.1.7 % Alcohol de la Solución Fuente

Para esta prueba se utilizó igualmente la Gráfica de Control de Datos Individuales y Rango Móvil al igual que en los dos casos anteriores.

Se procedió a hacer las Gráficas de Control para Datos Individuales y para Rango Móvil, donde se observó que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Sub Grupo N°	X1	Promedio	Rango R
1	10.10	10.10	
2	10.20	10.20	0.10
3	9.80	9.80	0.40
4	9.90	9.90	0.10
5	10.30	10.30	0.40
6	10.00	10.00	0.30
7	9.90	9.90	0.10
8	10.60	10.60	0.70
9	10.00	10.00	0.60
10	10.30	10.30	0.30
11	10.20	10.20	0.10
12	10.50	10.50	0.30
13	10.00	10.00	0.50
14	9.80	9.80	0.20
15	10.40	10.40	0.60
16	9.90	9.90	0.50
17	10.00	10.00	0.10
18	9.80	9.80	0.20
19	10.10	10.10	0.30
20	9.80	9.80	0.30
		10.052	0.283

TABLA N° 36: VALORES MEDIDOS DE % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia)

Pero es necesario observar que, tanto en la gráfica de Valores Individuales como en la gráfica de Rango Móvil, el punto 8 está elevado debido a una adición de Alcohol a la solución fuente, de manera excesiva por parte de los operadores.

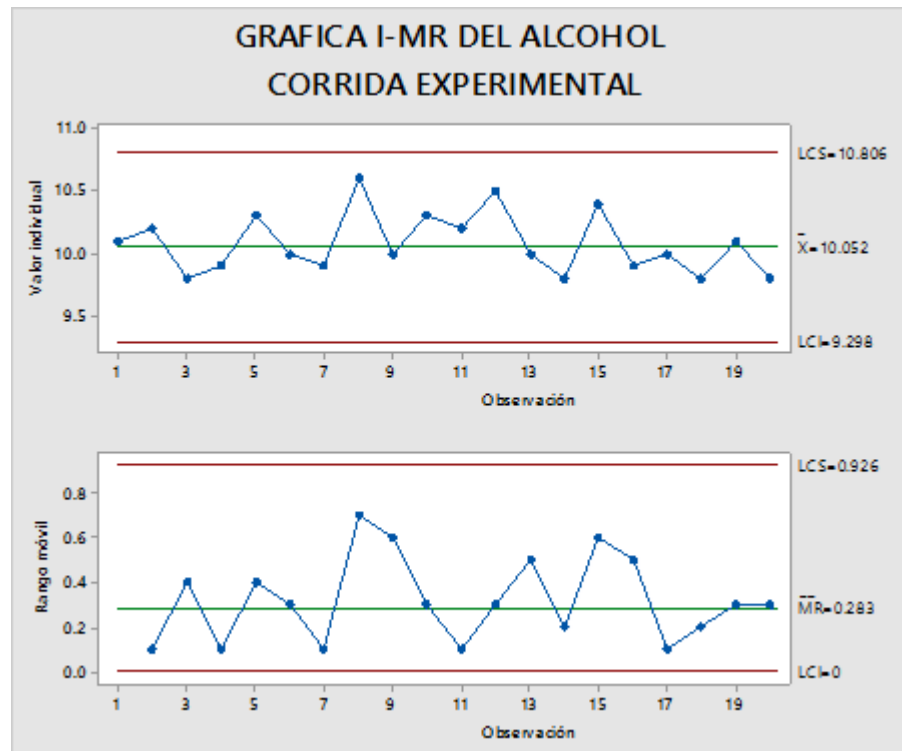


FIGURA N° 51: GRÁFICA DE CONTROL I-MR DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL
(Fuente: Elaboración propia)

4.3.2 Prueba de Normalidad

A pesar de que se ha verificado que la Densidad de los colores Cyan, Magenta, Amarillo y Negro están bajo control estadístico, es necesario verificar que los productos cumplan con las especificaciones y para esto debe conocerse si el comportamiento de los datos sigue una Distribución Normal.

Al igual que en los cálculos preliminares, usando el Minitab, se escogió la prueba de Ryan-Joiner (RJ), la cual muestra el p-value como referencia para aceptar o rechazar la hipótesis de la normalidad de datos.

En la Figura N° 52, se muestra la Gráfica de la Prueba de Normalidad para los valores de la densidad del color cyan, en donde se obtuvo un p-value > 0.100; dado que este valor es mayor que 0.05, este resultado permite asumir que el parámetro densidad de este color sigue una distribución normal.

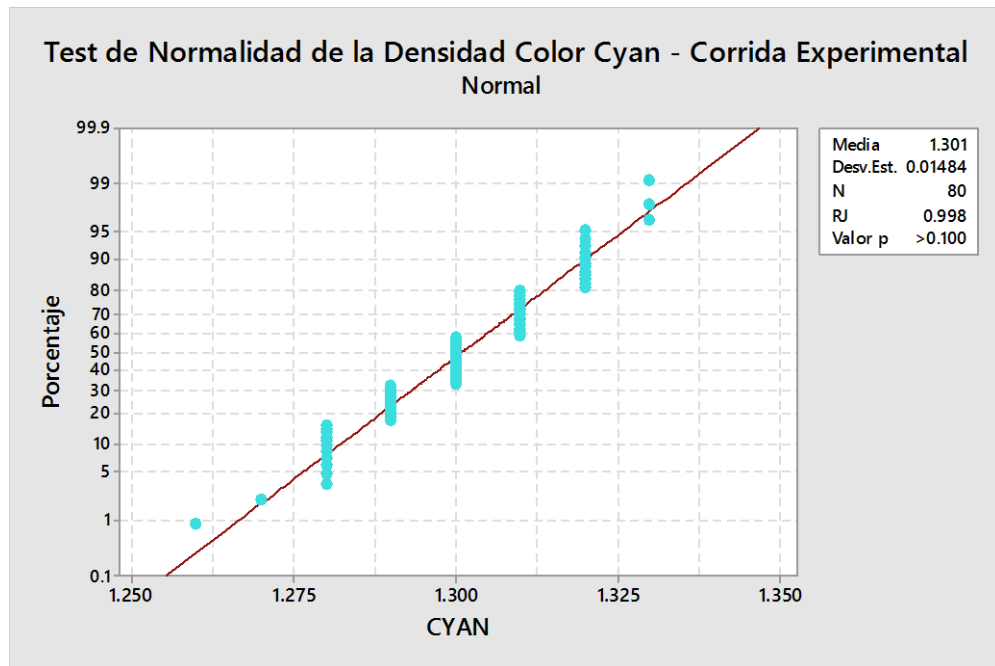


FIGURA N° 52: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Del mismo modo, se procedió a realizar la misma prueba en los otros colores a fin de analizar la normalidad de los valores de la densidad, y proceder luego a calcular la capacidad de cada proceso.

Para el caso del color Magenta se realizó la prueba de normalidad (Figura N° 53), en donde se obtuvo un p-value > 0.100; el cual es mayor que 0.05, por lo que se puede asumir que los valores del parámetro densidad del color magenta siguen una distribución normal.

Igualmente se ejecutó la prueba de normalidad para los valores de la densidad del color amarillo (Figura N° 54), resultando un p-value > 0.100; el cual es mayor que 0.05, por lo que se concluyó que los datos recopilados de la densidad de la tinta amarilla, pertenecen a una distribución normal.

Test de Normalidad de la Densidad Color Magenta - Corrida Experimental
Normal

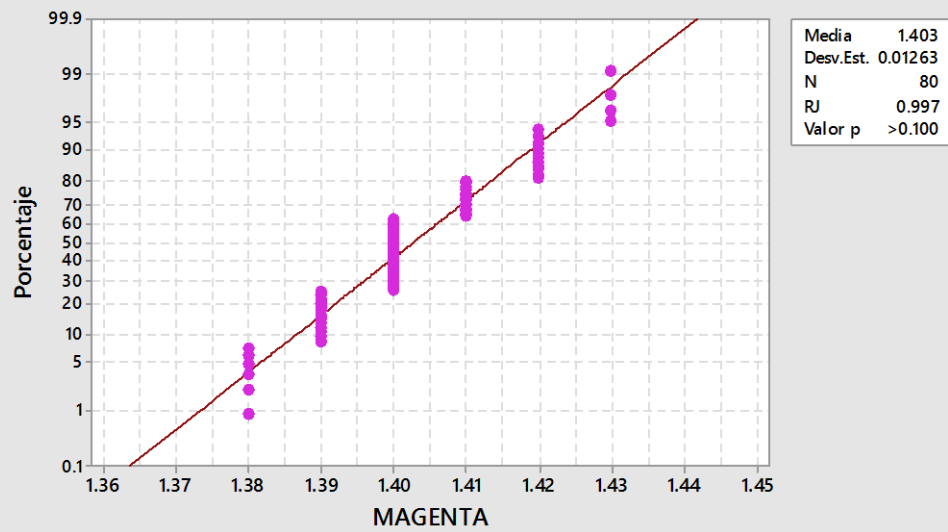


FIGURA N° 53: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Test de Normalidad de la Densidad Color Amarillo - Corrida Experimental
Normal

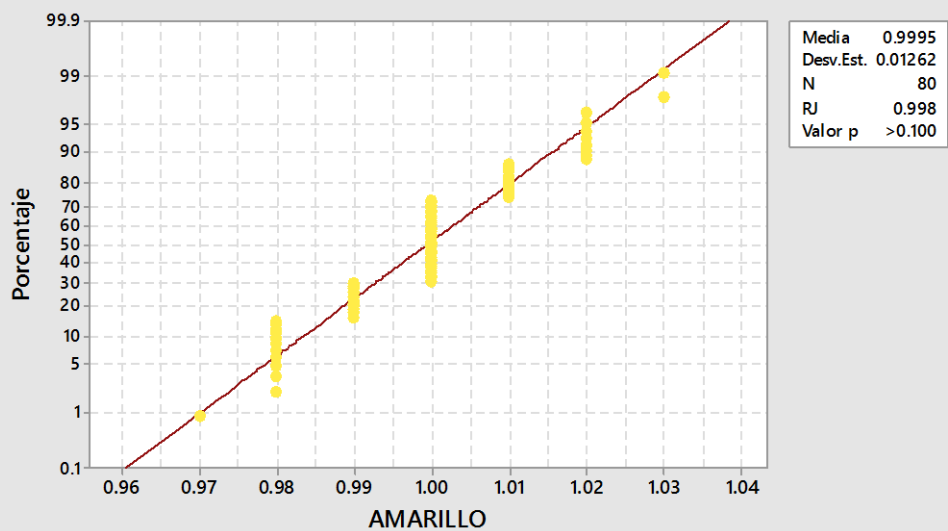


FIGURA N° 54: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Finalmente, en lo que respecta al parámetro Densidad, en la Figura N° 55, se muestra la prueba de normalidad para los valores de densidad del color negro, con un p-value > 0.100 y por lo tanto también se puede suponer que los datos siguen una distribución normal.

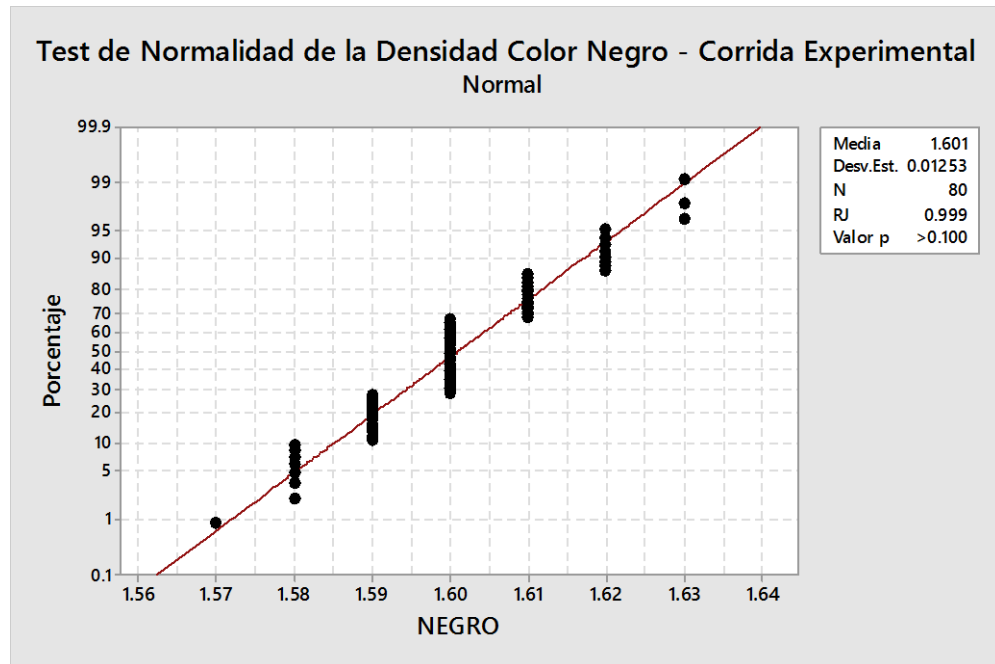


FIGURA N° 55: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL
(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Para la Conductividad, al realizarse la prueba de normalidad (Figura N° 56), se obtuvo un valor de p-value > 0.100, el cual siendo mayor que 0.05, permite concluir que los datos siguen una distribución normal.

En el caso del pH, al realizarse la prueba de normalidad (Figura N° 57), se obtuvo un valor de p-value > 0.100, por lo que se concluyó que los datos siguen una distribución normal.

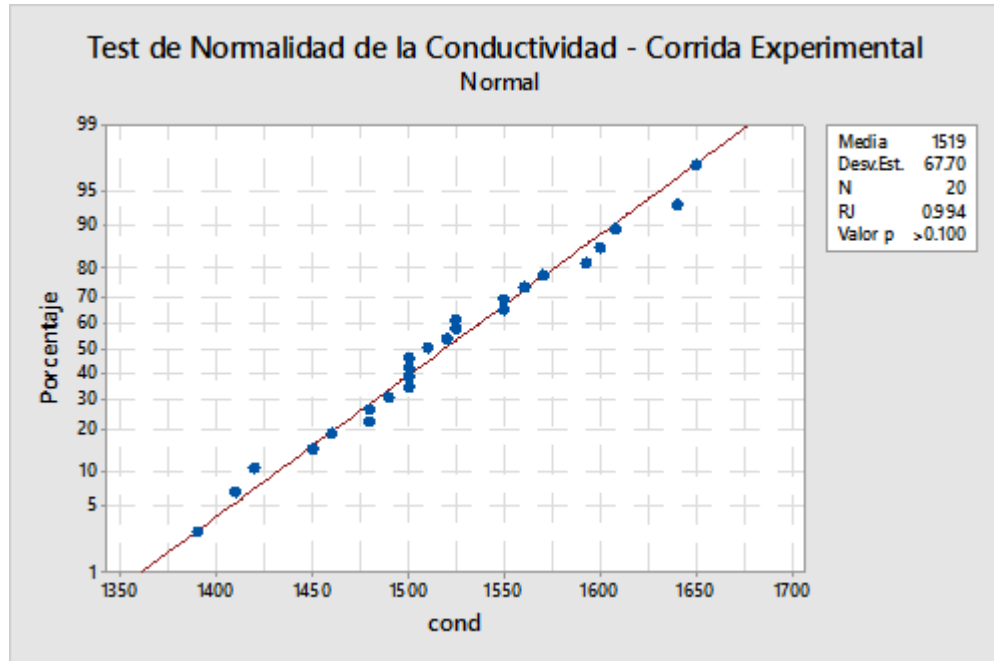


FIGURA N° 56: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE CONDUCTIVIDAD EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

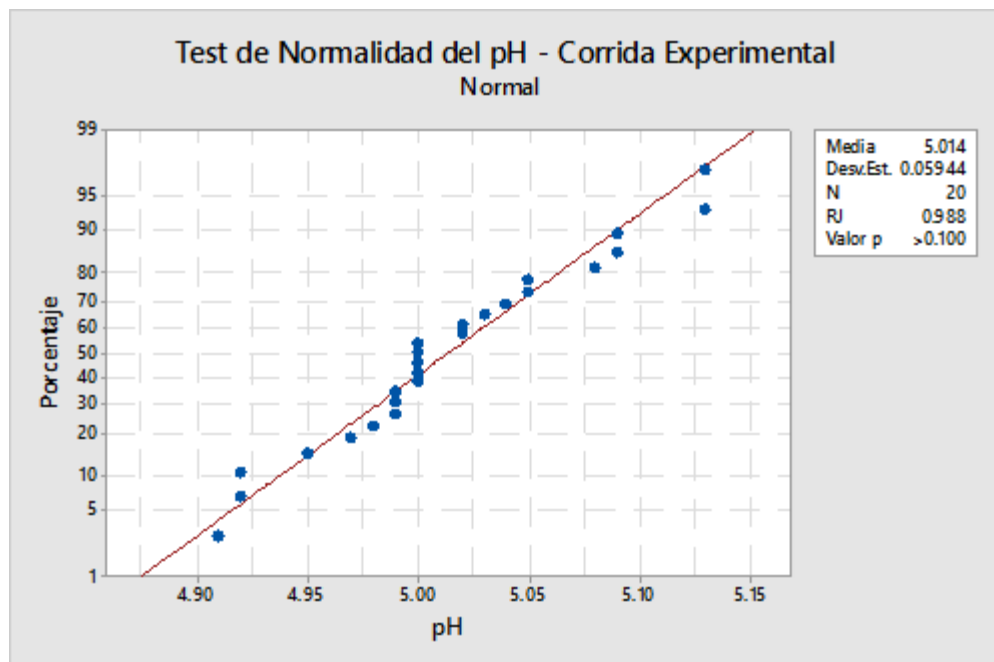


FIGURA N° 57: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE pH EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

Finalmente, en el caso del % de Alcohol, al realizarse la prueba de normalidad, se obtuvo un valor de p-value > 0.100, lo que permitió concluir que los datos siguen una distribución normal.

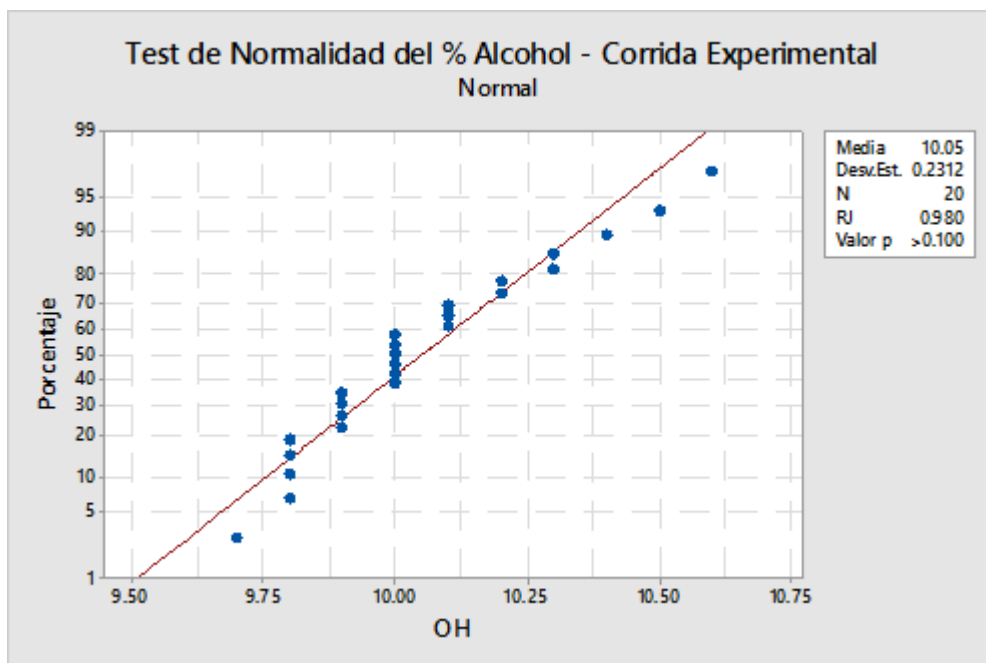


FIGURA N° 58: PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE % DE ALCOHOL EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

4.3.3 Análisis de Capacidad de Datos Normales

Teniendo la seguridad de que los datos siguen una Distribución Normal, se realizó el análisis de la capacidad del proceso para la densidad del color Cyan a partir de sus límites de especificaciones que son LSE = 1.35 y LIE = 1.25.

Como se observa en la Figura N° 59, el proceso bastante cercano al centro, ya que el valor nominal es 1.30, mientras que el proceso se comporta con una media de 1.30313, pero sí se observa que hay diferencia entre el C_p (1.38) y el C_{pk} (1.29).

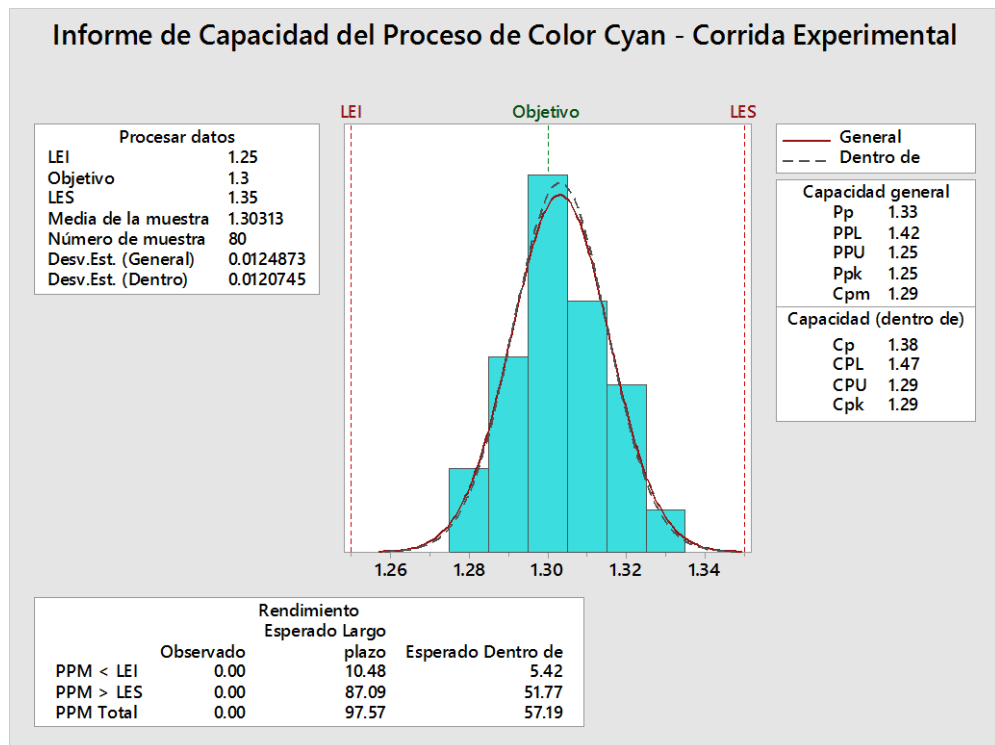


FIGURA N° 59: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR CYAN EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.38$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, de acuerdo a esto, la capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría 1 y que por lo tanto el proceso es capaz y puede cumplir con las especificaciones.

2. $CPL = 1.47$ y $CPU = 1.29$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N°59, no se excede el Límite de

Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. $C_{pk} = 1.29$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 1.33$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 1.42$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 1.25$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso decaen un poco, y a pesar de que se incrementará la cantidad de productos defectuosos, la capacidad del proceso es buena

Partes por Millón:

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 98 impresiones defectuosas en total que no cumplen con las especificaciones.

De la misma forma se procedió a realizar el análisis de capacidad de la densidad del color Magenta, considerando como límites de especificaciones LSE = 1.45 y LIE = 1.35.

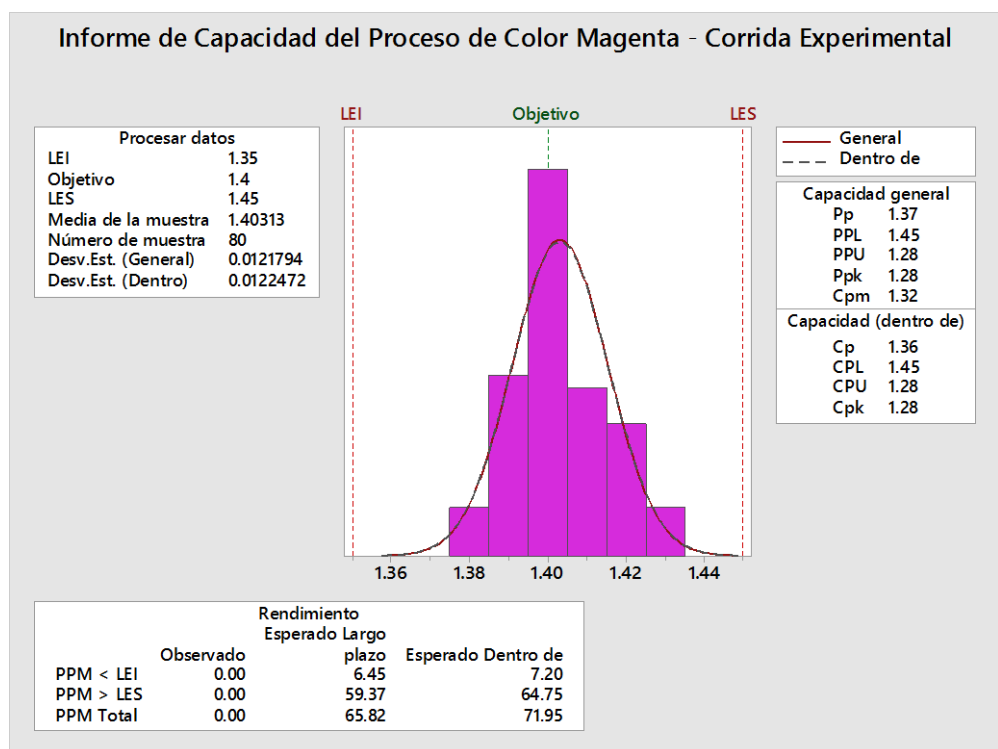


FIGURA N° 60: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR MAGENTA EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a la Figura N° 60, el proceso se encuentra bastante próximo al centro, dado que el valor objetivo es de 1.40, mientras que el promedio del proceso es 1.40313; asimismo, se observa que hay diferencia entre el C_p (1.36) y el C_{pk} (1.28).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.36$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 1, de acuerdo a la Tabla N° 20, por lo que el proceso es capaz.

2. $CPL = 1.45$ y $CPU = 1.28$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N° 60, no se excede el Límite de Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. $C_{pk} = 1.28$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 1.37$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 1.45$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. **PPU = 1.28**

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso son casi iguales que en el corto plazo, manteniéndose que el proceso es capaz, por lo que se puede deducir que a futuro hay una tendencia a disminuir la cantidad de devoluciones de productos defectuosos

Partes por Millón:

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 66 impresiones defectuosas en total que no cumplen con las especificaciones.

De la misma forma se procedió a realizar el análisis de capacidad de la densidad del color Amarillo, considerando como límites de especificaciones $LSE = 1.05$ y $LIE = 0.95$.

De acuerdo a la Figura N° 61, el proceso se encuentra bastante próximo al centro, dado que el valor objetivo es de 1.00, mientras que el promedio del proceso es 1.00262; asimismo, se observa que hay diferencia entre el C_p (1.62) y el C_{pk} (1.54).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. **$C_p = 1.62$**

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, por lo tanto, este resultado de la

Capacidad Potencial del Proceso indica que tiene una categoría 1, de acuerdo a la Tabla N° 20, por lo que el proceso es capaz

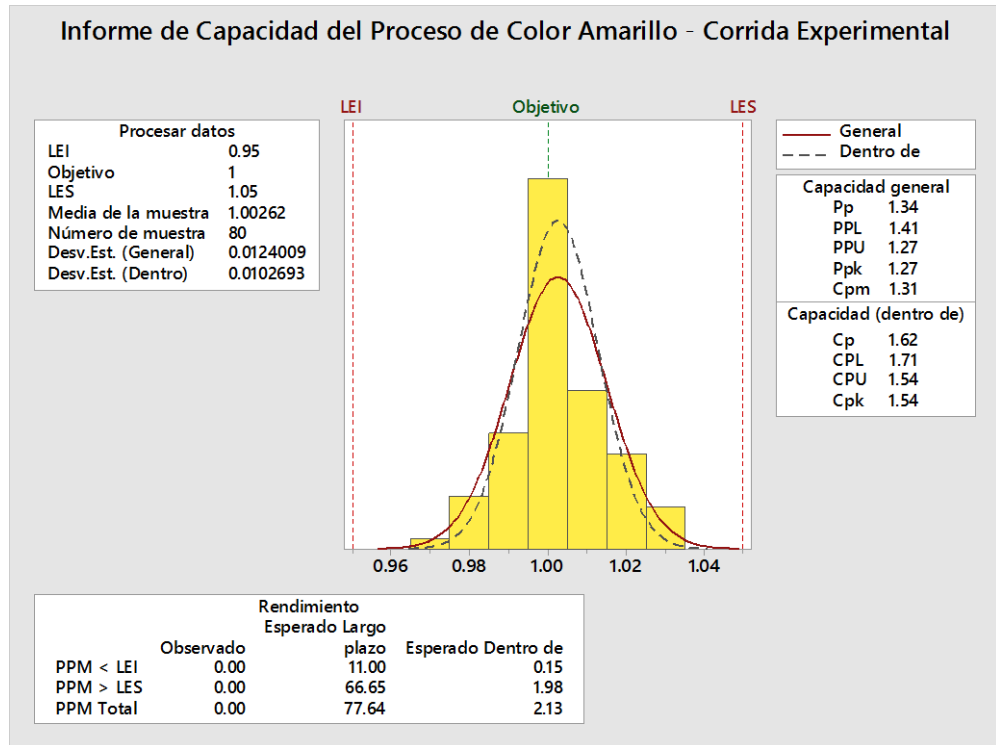


FIGURA N° 61: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR AMARILLO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

2. CPL = 1.71 y CPU = 1.54

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N° 61, no se excede el Límite de Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. $C_{pk} = 1.54$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 1.34$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 1.41$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 1.27$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso decaen, por lo que se puede deducir que a futuro se incrementará la cantidad de devoluciones de productos defectuosos, pero aún así el proceso estará en capacidad de cumplir las especificaciones.

Partes por Millón:

Dado los buenos resultados obtenidos, basta señalar que en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 78 productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones.

Finalmente, se realizó el análisis de capacidad de la densidad del color Negro, considerando como límites de especificaciones LSE = 1.65 y LIE = 1.55.

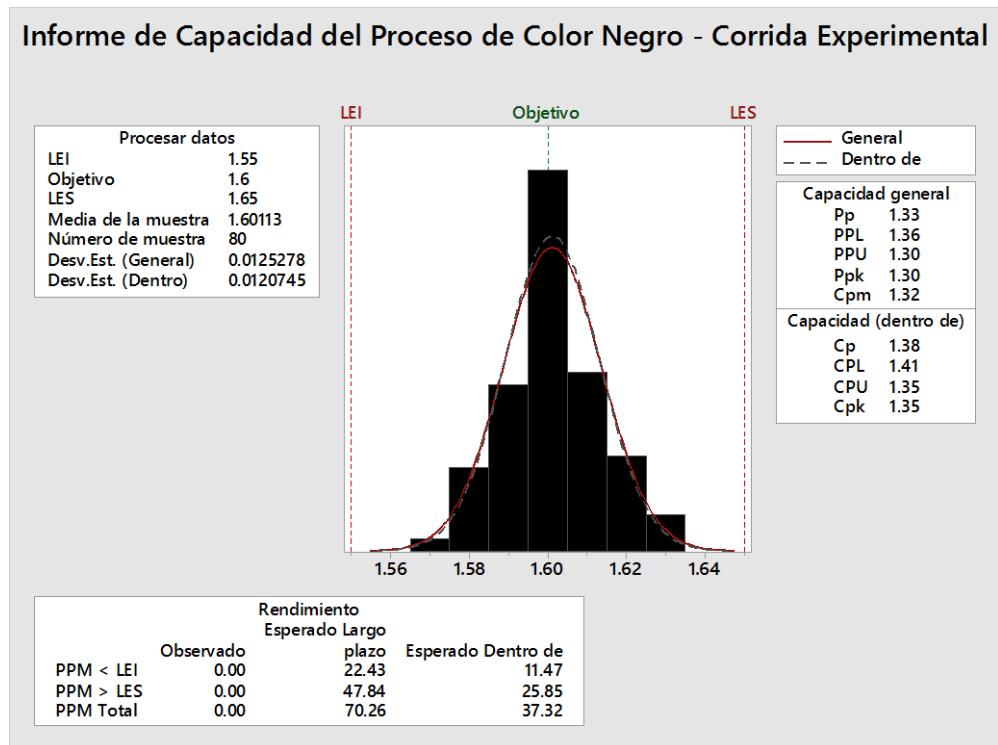


FIGURA N° 62: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA DENSIDAD DEL COLOR NEGRO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a la Figura N° 62, el proceso se encuentra bastante próximo al centro, ya que el valor nominal es 1.60, mientras que el proceso se comporta con una media de 1.60113, también se observa que prácticamente no hay diferencia entre el C_p (1.38) y el C_{pk} (1.35).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.38$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, de acuerdo a esto, la capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría 1 y que por lo tanto el proceso es capaz y puede cumplir con las especificaciones.

2. $CPL = 1.41$ y $CPU = 1.35$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N°62, no se excede el Límite de Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. $C_{pk} = 1.35$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 1.33$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 1.36$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del

proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. PPU = 1.30

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso decaen un poco, y a pesar de que se incrementará la cantidad de productos defectuosos, la capacidad del proceso es buena.

Partes por Millón:

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 71 productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones.

Posteriormente se hizo el análisis de capacidad de la Conductividad de la Solución Fuente, donde se consideró como límites de especificaciones LSE = 1800 y LIE = 1200.

De acuerdo a la Figura N° 63, el proceso se encuentra ligeramente orientado hacia el lado derecho, también se observa que hay diferencia entre el C_p (1.40) y el C_{pk} (1.31).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.40$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, de acuerdo a esto, la capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría 1 y que por

lo tanto el proceso es capaz y puede cumplir con las especificaciones.

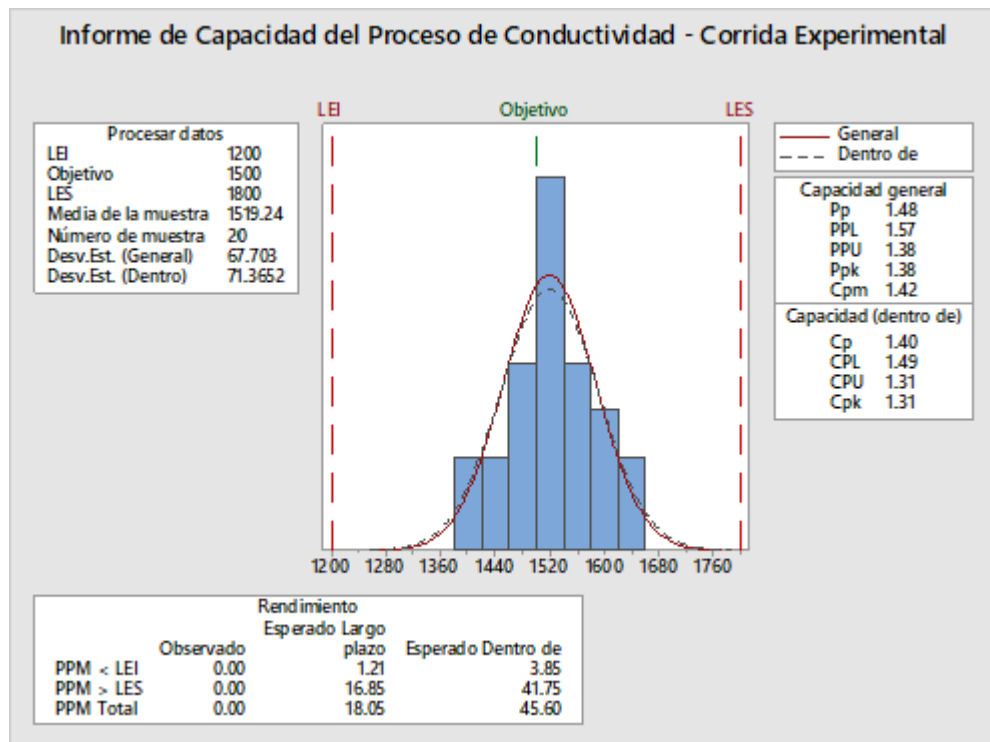


FIGURA N° 63: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

2. $CPL = 1.49$ y $CPU = 1.31$

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N° 63, no se excede el Límite de Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. $C_{pk} = 1.31$

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación

Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 1.48$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 1.57$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 1.38$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso mejoran, por lo que se puede deducir que a futuro disminuirá la cantidad de devoluciones de productos defectuosos.

Partes por Millón:

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 18 impresiones defectuosas en total que no cumplen con las especificaciones.

Posteriormente, se procedió a realizar el análisis de capacidad del pH de la Solución Fuente, considerando como límites de especificaciones LSE = 5.5 y LIE = 4.5. Cabe indicar que en esta parte se tomó como

consideración que el pH no tiene mucha influencia en la variable respuesta Control de Calidad.

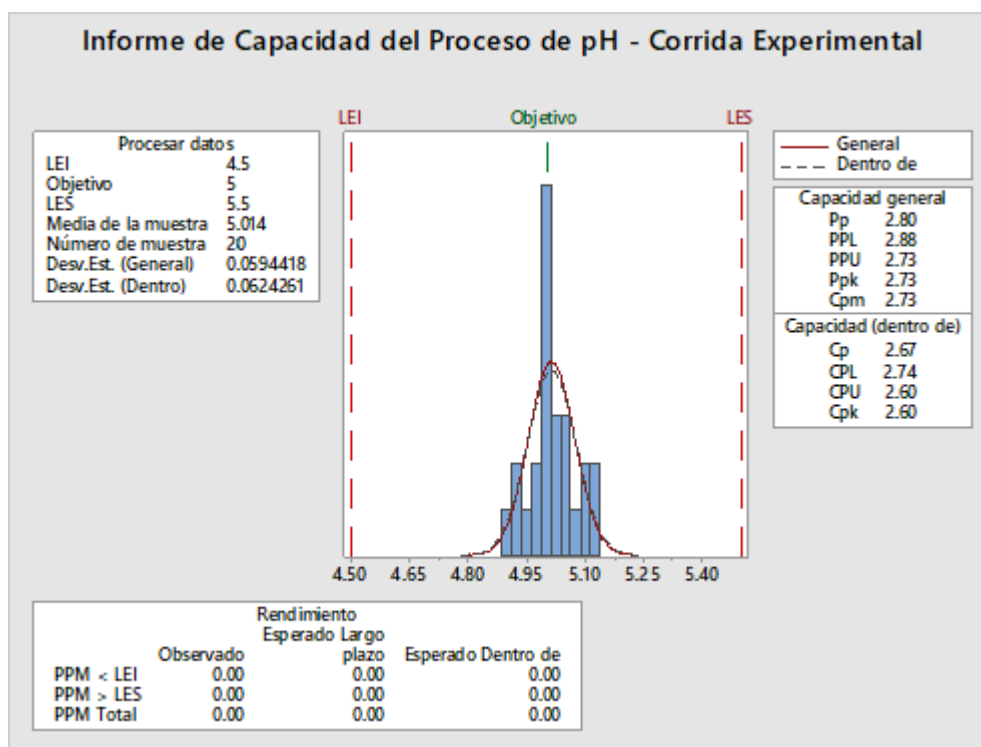


FIGURA N° 64: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PH DE LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a la Figura N° 64, el proceso se encuentra ligeramente orientado hacia el lado derecho, también se observa que hay diferencia entre el C_p (2.67) y el C_{pk} (2.60).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 2.67$

La capacidad potencial del proceso indica que tiene una categoría Clase Mundial y que por lo tanto el proceso tiene calidad Six Sigma.

2. $CPL = 2.74$ y $CPU = 2.60$

El índice de capacidad superior es menor que el índice de capacidad inferior, lo que indica que existe un ligero

desplazamiento del pH hacia valores superiores, resultando en que el proceso esté ligeramente descentrado.

3. $C_{pk} = 2.60$

La capacidad real del proceso demuestra que el proceso es adecuado.

A Largo Plazo:

1. $P_p = 2.80$

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. $PPL = 2.88$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. $PPU = 2.73$

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso mejoran, por lo que se puede deducir que a futuro disminuirá la cantidad de devoluciones de productos defectuosos.

Partes por Millón:

En el caso del largo plazo se observa que casi no se tiene producto defectuoso a causa del pH. Por lo tanto, es necesario

mantener el control de los valores del pH para que el proceso siga siendo estable.

Finalmente, se procedió a realizar el análisis de capacidad del % de Alcohol en la Solución Fuente, donde se consideró como límites de especificaciones LSE = 11 y LIE = 9.

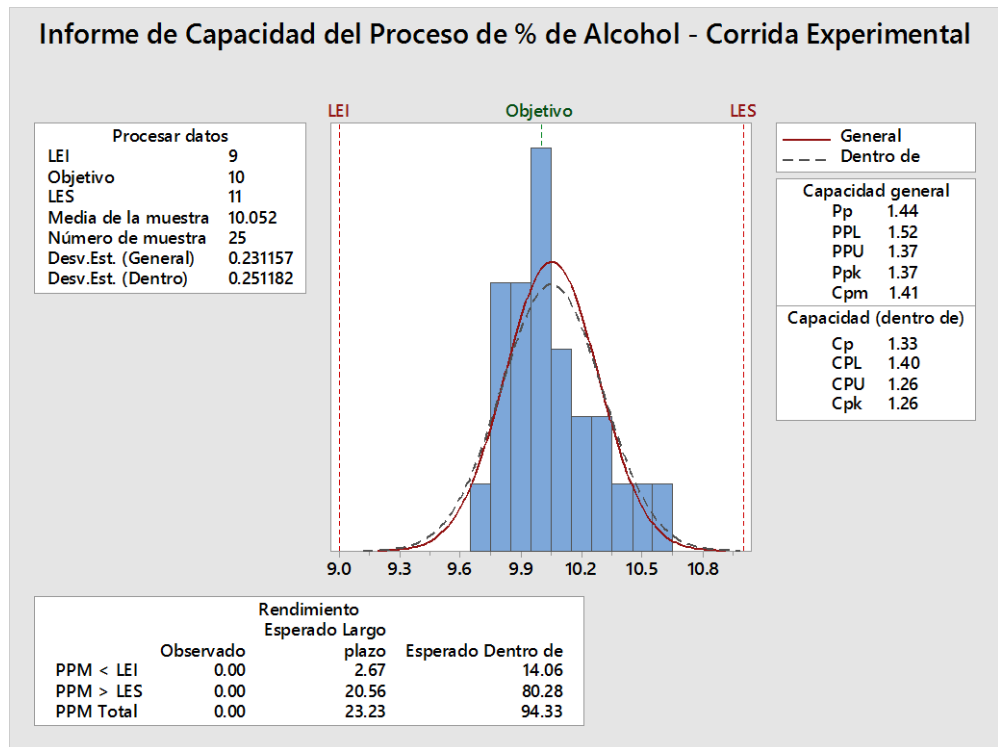


FIGURA N° 65: ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL % DE ALCOHOL EN LA SOLUCIÓN FUENTE EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración propia, Minitab)

De acuerdo a la Figura N° 64, el proceso se encuentra ligeramente orientado hacia el lado derecho, también se observa que hay diferencia entre el C_p (1.33) y el C_{pk} (1.26).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

A Corto Plazo:

1. $C_p = 1.33$

Se puede observar que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión del proceso, de acuerdo a esto, la capacidad

potencial del proceso indica que tiene una categoría 1 y que por lo tanto el proceso es capaz y puede cumplir con las especificaciones.

2. CPL = 1.40 y CPU = 1.26

Dado que los valores del CPL y del CPU no son iguales, se dice que el proceso no está centrado; en este caso, el índice de Capacidad Superior (CPU) es menor que el índice de Capacidad Inferior (CPL), lo que indica es más probable que el proceso produzca unidades defectuosas que excedan el límite superior; y de acuerdo a la Figura N°65, no se excede el Límite de Especificación Superior, pero los datos muestran una ligera tendencia a ubicarse del lado derecho del Valor Objetivo.

3. C_{pk} = 1.26

De acuerdo a este resultado, la distancia de la media del proceso al límite de especificación más cercano (Límite de Especificación Superior) es mayor que la dispersión unilateral del proceso; por lo tanto, la capacidad potencial del proceso es adecuada.

A Largo Plazo:

1. P_p = 1.44

Este resultado indica que la dispersión de especificación es mayor que la dispersión general del proceso, por lo cual la capacidad del proceso es adecuada en base a su variabilidad.

2. PPL = 1.52

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación inferior (LEI) es mayor que la dispersión unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación inferior.

3. PPU = 1.37

Este resultado indica que la distancia media del proceso al límite de especificación superior (LES) es mayor que la dispersión

unilateral del proceso, por lo que la capacidad general del proceso es adecuada en relación con su límite de especificación superior.

Se puede observar que, a largo plazo los resultados del proceso mejoran, por lo que se puede deducir que a futuro disminuirá la cantidad de devoluciones de productos defectuosos.

Partes por Millón:

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el largo plazo por cada 1,000,000 de impresiones, se espera tener 24 impresiones defectuosas en total que no cumplen con las especificaciones

4.3.4 Nivel Sigma del Proceso

El Nivel Sigma del Proceso se evaluó nuevamente en función de los 10 defectos comunes presentados en la tabla N° 21 y además las fórmulas aplicadas son las mismas del punto 4.2.5.

Descripción	Valor
Unidades Producidas	35000
Oportunidades de defecto por unidad	10
Defectos encontrados	1655
DPMO	4728.57
DPO	0.00473
Defectos (%)	0.47%
Yield (%)	99.527%
Nivel Sigma	4.10

TABLA N° 37: NIVEL SIGMA DEL PROCESO EN LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración Propia)

Es necesario recordar que este estudio se realiza en un periodo de corto plazo.

4.3.5 Costos Relevantes

A continuación, se presenta la Tabla N° 38, con los costos relevantes, con la salvedad de que el periodo evaluado es solo de Enero a Abril del 2017:

COSTOS RELEVANTES (en \$) DEL PERIODO ENERO - ABRIL 2017

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Materiales e Insumos	4,342.14	2,826.99	4,392.12	4,704.81	16,266.07
Papel	3,405.60	2,217.25	3,444.80	3,690.05	12,757.70
Tinta	510.84	332.59	516.72	553.51	1,913.66
Barniz	306.50	199.55	310.03	332.10	1,148.19
Polvo Antirrepinte	40.87	26.61	41.34	44.28	153.09
Pegamento	78.33	51.00	79.23	84.87	293.43
Reparación y repuestos	2,800.00	4,100.00	1,800.00	4,500.00	13,200.00
Técnico de mantenimiento	300.00	300.00	300.00	300.00	1,200.00
Repuestos varios	2,500.00	3,800.00	1,500.00	4,200.00	12,000.00
Mano de Obra Indirecta	200.00	200.00	200.00	200.00	800.00
Revisión de material devuelto	200.00	200.00	200.00	200.00	800.00
Servicio de Impresión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte	180.00	150.00	220.00	310.00	860.00
Recojo de material devuelto	180.00	150.00	220.00	310.00	860.00
TOTAL	7,522.14	7,276.99	6,612.12	9,714.81	31,126.07

TABLA N° 38: COSTOS RELEVANTES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración Propia)

4.3.6 Indicadores

Descripción	Cantidad
Órdenes de Producción Promedio	200
Cantidad de Productos Producidos Promedio	3,000,000
Reclamos Promedio	10
Devoluciones Promedio	7
Productos No Conformes Promedio	70,000
Cantidad de Productos Conforme Promedio	2,930,000
Material Utilizado Promedio (en Kg)	3,000
Producto Obtenido Promedio (equivalente en material, en Kg)	2,700
Cantidad de Máquinas con mantenimiento programado promedio	24
Cantidad de Máquinas con mantenimiento ejecutado promedio	20
Número Total de Trabajadores	52
Número Total de Trabajadores Capacitados Promedio	10

TABLA N° 39: DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración Propia)

En la Tabla N° 39, se presentan los Datos empleados en los cálculos para la generación de los Indicadores evaluados luego de la corrida experimental, en el presente trabajo.

En la Tabla N° 40, se presenta el resumen de la situación luego de la corrida experimental, en cuanto se refiere a los Indicadores evaluados en el presente trabajo, cabe indicar que al igual que en el caso de los Costos Relevantes, solo se evalúa el periodo de Enero a Abril del 2017

Indicador	Resultado
% de Devoluciones	3.50%
% de Reclamos	5.00%
% de Producto No Conforme	2.30%
Índice de Calidad	97.70%
% de Merma	10.00%
% de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	83.30%
Ratio de Capacitación	19.20%

TABLA N° 40: RESUMEN DE INDICADORES LUEGO DE LA CORRIDA EXPERIMENTAL

(Fuente: Elaboración Propia)

CAPÍTULO V : DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 DISCUSIÓN

La realización de este estudio tuvo la finalidad de demostrar que la aplicación concreta del Control Estadístico de Procesos (CEP) en procesos productivos de una imprenta puede ser de mucha ayuda para resolver problemas técnicos que no se perciben a simple vista, pues es necesario evaluar el proceso y los problemas que se estén presentando en el momento.

En este caso, los problemas de devolución de productos se asociaron desde el principio a problemas de variación de color, pero se pensaba que esto sucedía únicamente a razón de la mala regulación de máquina realizada por los operadores, pero con el estudio realizado se demuestra que también hay otros factores que influyeron en dicho problema.

INDICADORES PROMEDIO - COMPARATIVO

	Antes	Después
Órdenes de Producción Promedio	217	200
Cantidad de Productos Producidos Promedio	3,000,000	3,000,000
Reclamos Promedio	40	10
Devoluciones Promedio	27	7
Productos No Conformes Promedio	270,000	70,000
Cantidad de Productos Conforme Promedio	2,730,000	2,930,000
Material Utilizado Promedio (en Kg)	3,000	3,000
Producto Obtenido Promedio (equivalente en material, en Kg)	2,450	2,700
Cantidad de Máquinas con mantenimiento programado promedio	24	24
Cantidad de Máquinas con mantenimiento ejecutado promedio	10	20
Número Total de Trabajadores	52	52
Número Total de Trabajadores Capacitados Promedio	0	10
% de Devoluciones	12.4%	3.5%
% de Reclamos	18.4%	5.0%
% de Producto No Conforme	9.0%	2.3%
Indice de Calidad	91.0%	97.7%
% de Merma	18.3%	10.0%
% de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	41.7%	83.3%
Ratio de Capacitación	0.0%	19.2%

TABLA N° 41: RESUMEN COMPARATIVO DE INDICADORES

(Fuente: Elaboración Propia)

La teoría de la Industria Gráfica nos dice que los problemas de variación de color se dan en función de la proporción agua-tinta, es decir al exceso o déficit de cada uno de ellos al momento del proceso de impresión, pero deja de lado

los parámetros de la solución fuente tales como el pH, la Conductividad y el % de Alcohol.

De acuerdo a los resultados obtenidos, y mostrados en la Tabla N° 40, se demuestra que el control adecuado de las densidades de tinta y de los parámetros de impresión, reduce en gran proporción el problema de la variación de color y además para este caso en particular, llevar la Conductividad y el % de Alcohol a un nivel mínimo ayudó mucho a la obtención de este buen resultado.

5.2 CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las Conclusiones obtenidas al término del trabajo realizado:

- a) Se ha demostrado que la aplicación del Control Estadístico de Procesos favorece la mejora la Gestión de Calidad, pues de acuerdo a los resultados mostrados, se ha logrado reducir el número de devoluciones de productos terminados de 12.4% a 3.5%.
- b) Se redujo el Desperdicio de 12% a 3%, por lo que se ha superado el objetivo de alcanzar la meta de 5% de Desperdicios.
- c) También se ha demostrado que la mejora de la eficiencia en el proceso de producción está asociado al cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo, pues dicho indicador se ha incrementado de 41.7% a 83.3%.
- d) Queda en evidencia que la capacitación del personal operativo también influyó en las mejoras obtenidas, pues al no tener conocimientos básicos del proceso y del uso de las herramientas como el densitómetro, se obtenían mediciones erradas o no se tenía un buen control de los parámetros de impresión.
- e) Se demostró que, en este caso en particular, el problema de la variación de color, se da tanto por deficiencias en el control de la densidad de color como en el Control del % de Alcohol y de la Conductividad de la solución.
- f) Con la aplicación del Control Estadístico de Procesos, la mejora en el cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo y la

capacitación del personal, se ha logrado mejorar todos los indicadores, por lo que es una buena decisión tecnificar más los controles de procesos.

- g) Con la reducción de merma obtenida, muchos de los sobrecostos se reducen y como consecuencia, la empresa se ubica en una mejor posición en cuanto a costos y calidad dentro del mercado competitivo de las imprentas.
- h) Con la mejora de la Gestión de la Calidad en el área de producción se ha logrado reducir los costos relevantes, que eran sobrecostos que generaban que el margen de utilidad en la empresa sea mínimo.

5.3 RECOMENDACIONES

Asimismo, se proponen Recomendaciones en base al trabajo realizado:

- a) Con base en los resultados, se sugiere plantear un proyecto de Mejora Continua, de manera que se complemente con el trabajo efectuado.
- b) Es necesario mejorar aún más en el cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo, pues eso ayudará mucho a reducir aún más el desperdicio.
- c) Es conveniente, plantear un plan de capacitación del personal operativo, de manera que se mejore el nivel técnico del personal; para esto debe considerarse la posibilidad de plantear un convenio con el SENATI, con la finalidad de que las capacitaciones se den dentro de la empresa, beneficiando a todos los operadores.
- d) Elaborar un programa de calibración de los equipos de medición tales como el Densitómetro, Alcoholímetro, pH-metro, Conductímetro, de manera que se evite tener mediciones incorrectas por equipos descalibrados.
- e) Continuar con la recopilación de datos tanto de las devoluciones, como de las órdenes de producción en cantidades y en valores, para obtener mayor información del comportamiento en los siguientes periodos.
- f) Se recomienda utilizar los Límites de Control calculados, a fin de monitorear el comportamiento del proceso y así poder verificar en el transcurso del tiempo si es necesario realizar un ajuste.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Anderson R., Sweeney D., Williams T. (2008). Estadística para Administración y Economía, México, Cengage Learning Editores S.A.
- 2) Amat O. (2007). Costes de Calidad y de No Calidad, Barcelona, Ed. Gestión 2000.
- 3) Arias T., Núñez P. "Propuesta de mantenimiento preventivo para la máquina impresora KBA con base en el proceso productivo de la imprenta nacional de Colombia", [Tesis] Colombia: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, 2007.
- 4) Cantú H. (2006). Desarrollo de una Cultura de Calidad, México D.F, McGraw-Hill.
- 5) Cuatrecasas, Lluís (2010). Gestión Integral de la Calidad, Barcelona, Profit Editorial.
- 6) Deming W. (1994). La nueva economía, Madrid, Díaz de Santos.
- 7) Gómez A. (2013). Materias y productos en impresión, Málaga, IC Editorial.
- 8) Grafinal (1993). Manual Técnico, Lima.
- 9) Gutiérrez H, De la Vara R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, México, McGraw-Hill.
- 10) Hansen D., Mowen M. (2007). Administración de Costos Contabilidad y Control, México, Cengage Learning Editores.
- 11) Hernández R., Fernández C., Baptista P. (2010). Metodología de la Investigación, México, Mc Graw-Hill.
- 12) Ishikawa K. (1994). ¿Qué es el control total de calidad?, Bogotá, Norma.
- 13) Jurán J. M. (1990). Juran y la planificación para la calidad, Madrid, Díaz de Santos.
- 14) Kume H. (2002). Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad, Bogotá, Norma.
- 15) Millán A. (2014). Preparación del sistema de entintado, humectador y de los dispositivos de salida y acabado en máquinas de impresión offset, Málaga, IC Editorial.

- 16) Miranda F., Chamorro A., Rubio S. (2007). Introducción a la Gestión de la Calidad, Madrid, Delta Publicaciones.
- 17) Montenegro C. "Incremento de Productividad y Calidad en una prensa offset; mediante la aplicación del Sistema Kaizen", [Tesis] Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
- 18) Nahmias S. (2007). Análisis de la Producción y las Operaciones, México, McGraw-Hill.
- 19) Pérez J. (1994). Gestión de la Calidad Empresarial, Madrid, ESIC Editorial.
- 20) Prat A., Tort-Martorell X., Grima P., Pozueta L. (2004). Métodos estadísticos, control y mejora de la calidad, Barcelona, UPC.
- 21) Puig C. (1996). Lexicográfico: Diccionario de Producción Gráfica, Buenos Aires, Ed. Colihue.
- 22) Pyzdek T., Keller P. (2010). The Six Sigma Handbook, A complete guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels, New York, McGraw-Hill
- 23) Santamaría B. "Control de las No Conformidades en la impresión offset mediante el diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en el Area de Prensas Pliegos de la Empresa Offset Abad de Guayaquil", [Tesis] Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, 2014.
- 24) Shewhart W. (1986). Métodos estadísticos desde el punto de vista del control de calidad, New York, Dover Publications.
- 25) Torres A. (2013). Impresión Offset, Málaga, IC Editorial.
- 26) Torres P. "Diseño de un Sistema de Gestión de la Calidad para la empresa Corporación Mundo Grafic de la ciudad de Quito bajo los estándares ISO 9001:2008", [Tesis] Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias Contables y Auditoría, 2012.

ANEXOS

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS : “MEJORA DE LA GESTION DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET EMPLEANDO EL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA EDITORA Y COMERCIALIZADORA CARTOLAN E.I.R.L. DE LA CIUDAD DE LIMA”

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	METODOLOGIA	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿La implantación de un sistema de control en el proceso de impresión offset aplicando el Control Estadístico de Procesos, incide en la mejora de la Gestión de Calidad del proceso de impresión?	<p>OBJETIVO GENERAL :</p> <p>Implantar un sistema de control a base de parámetros del proceso de impresión offset, empleando el Control Estadístico de Procesos para la mejora de la Gestión de Calidad</p>	<p>Método Científico Método Descriptivo Método Correlacional</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL :</p> <p>El empleo del Control Estadístico de Procesos en los parámetros de impresión offset favorece la mejora de la Gestión de Calidad en la empresa Editora y Comercializadora Cartolán E.I.R.L.</p> <p>HIPOTESIS SECUNDARIAS :</p> <p>Es posible alcanzar la meta de 5% de desperdicio por productos defectuosos.</p> <p>El cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo permitirá alcanzar una mayor eficiencia en los procesos de producción.</p> <p>Capacitar a los operadores de máquina, optimizará el buen uso de los recursos y la productividad operativa del área de producción.</p>	<p>INDEPENDIENTE:</p> <p>Control Estadístico de Procesos basado en los parámetros del proceso de Impresión Offset</p>	<p>Indicador de Productividad Indicador de Eficiencia Indicador de Proceso de Impresión Offset</p>
	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS :</p> <p>Minimizar la cantidad de reimpresiones por productos defectuosos que permita mejorar la productividad.</p> <p>Optimizar la programación de los mantenimientos de máquina que permita mejorar la eficiencia de los recursos de la empresa.</p> <p>Capacitar a los operadores de máquina para lograr la reducción de los costos y la mejora de la calidad.</p>			<p>DEPENDIENTE:</p> <p>Gestión de Calidad en los procesos de producción de impresión offset</p>	<p>Indicador de Satisfacción del Cliente Indicador de Calidad Indicador de Seguridad y Capacitación</p>

ANEXO N° 2

PRODUCCIÓN MANUFACTURERA DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL E IMPRENTA (millones S/. 2007)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PBI Manufactura de Recursos Primarios	13,853.03	15,062.06	13,802.26	13,143.45	15,243.14	14,047.62	15,254.50	13,828.40	14,077.43	14,005.64
Arroz Pilado	650.51	746.37	799.05	756.36	701.09	812.98	813.50	773.79	841.86	844.26
Azúcar	503.59	557.24	588.88	574.93	595.33	612.13	649.91	666.10	602.05	632.96
Productos Cárnicos	1,455.66	1,589.48	1,546.20	1,622.11	1,815.87	1,881.43	1,922.97	2,060.77	2,179.62	2,257.77
Harina y Aceite de Pescado	2,119.20	2,122.64	2,031.50	1,192.47	2,461.61	1,300.36	1,616.04	775.26	1,186.31	957.80
Conservas y Productos Congelados de Pescado	678.66	794.21	653.73	574.62	898.90	872.03	837.79	853.63	704.77	662.11
Refinación de Mates no Ferrosos	6,047.40	6,667.68	5,263.24	4,909.67	5,310.17	5,136.77	5,796.78	5,501.44	5,200.28	5,266.41
Refinación de Petróleo	2,398.01	2,494.20	3,040.28	3,524.66	3,472.28	3,307.44	3,215.66	3,320.73	3,332.63	3,541.49
PBI Manufactura No Primaria	38,953.97	42,291.94	39,699.75	46,111.55	49,086.85	51,217.37	53,093.77	52,308.14	50,952.80	49,908.89
Alimentos y Bebidas	8,227.86	8,812.24	8,923.82	9,737.04	10,231.55	10,750.31	10,856.46	11,053.45	11,058.46	11,084.31
Textil, Cuero y Calzado	7,935.22	7,714.96	6,659.94	8,556.05	7,477.00	6,781.95	6,589.23	7,832.17	7,388.58	7,055.96
Madera y Muebles	3,243.57	3,556.96	3,250.60	3,678.30	3,879.32	4,182.03	4,239.63	3,926.65	3,996.44	4,110.88
Industria de Papel e Imprenta	3,073.55	3,792.51	3,402.56	4,003.64	4,312.81	4,505.76	4,532.28	4,634.42	4,361.93	4,331.43
Productos Químicos, Caucho y Plástico	6,581.73	7,212.67	6,895.54	7,531.85	8,044.79	8,206.54	8,943.91	9,076.41	8,927.41	8,965.01
Minerales no Metálicos	3,639.16	4,275.62	4,402.89	5,195.84	5,425.83	6,199.33	6,372.64	6,354.54	6,221.07	6,206.19
Industria del Hierro y Acero	1,000.77	1,102.33	860.91	889.09	870.01	923.59	990.64	1,045.43	1,007.38	1,030.61
Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	3,446.19	4,002.52	3,474.11	4,576.14	5,161.52	5,799.60	6,892.97	6,552.15	6,295.95	5,606.27
Industrias Diversas	1,122.90	1,067.04	1,021.01	1,009.34	1,004.82	987.25	1,132.02	1,050.54	987.88	890.01
Servicios Industriales	683.01	755.08	808.37	934.27	1,075.21	1,148.03	1,772.97	1,691.32	1,572.71	1,522.80
PBI Manufactura	52,807.00	57,354.00	53,502.02	59,255.00	64,329.99	65,264.99	68,507.77	66,047.14	65,079.33	64,020.33

Fuente : INEI y Ministerio de la Producción; Elaboración Propia

ANEXO N° 3

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Nombre	
Empresa	
Cargo	

Fecha	
--------------	--

La presente encuesta tiene por objeto conocer su opinión para mejorar cada día las condiciones de nuestro servicio. Agradecemos nos pueda brindar unos minutos de su valioso tiempo para poder responder las siguientes preguntas.

1. Por favor indique su grado de aceptación de los siguientes atributos, marcando con una X debajo de la opción deseada :

Nº	Atributos	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	¿Está conforme con la entrega del producto adquirido?				
2	¿Está de acuerdo con el tiempo de entrega de su producto?				
4	¿Considera que los precios de venta son razonables?				
3	¿Está conforme con la atención Post Venta recibida?				
2	¿Ha quedado satisfecho con el producto adquirido?				
3	¿Considera que la calidad del producto es la adecuada?				
5	¿Ha quedado satisfecho con el diseño del producto adquirido?				

2. En el caso que no esté de acuerdo con la calidad de su producto, solicitamos nos indique el problema presentado marcando con una X en la opción deseada

Nº	Problema presentado	Marcar con X
1	Productos con problemas de variación de color	
2	Productos con problemas de falta de barniz	
3	Productos con problemas de troquelado	
4	Productos con problemas de pegado	
5	Productos mal empaquetados	
6	Productos mezclados con otros	

3. ¿Cree Ud. que la siguiente lista son causas de los problemas que generan la devolución de su producto?

Nº	Causa de los problemas	Marcar con X
1	Iluminación inadecuada	
2	Temperatura no adecuada	
3	Descuido del operador	
4	Personal no calificado	
5	Materia prima mal refinada	
6	Falta de control durante la impresión	
7	No se cumple con los procedimientos	
8	Problemas de barnizado	
9	Problemas de troquelado	
10	Problemas de pegado	
11	Mal lavado de unidades	
12	Rodillos en mal estado	
13	Paradas frecuentes	

ANEXO N° 5

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE "CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS BASADO EN LOS PARÁMETROS DE IMPRESIÓN OFFSET"

DIMENSIONES	Pertinencia (1)		Relevancia (2)		Claridad (3)		Observaciones y/o Sugerencias
% Alcohol Medición del valor del % de Alcohol	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
pH Medición del valor del pH	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Conductividad Medición del valor de la Conductividad	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Temperatura Medición del valor de la Temperatura	SI	NO	SI	NO	SI	NO	

Opinión de Aplicabilidad :

Aplicable

Aplicable después de corregir

No aplicable

(1) Pertinencia : El ítem corresponde al concepto técnico formulado

(2) Relevancia : El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

(3) Claridad : Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

ANEXO N° 6

VALIDACION DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE "MEJORA DE LA GESTION DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN OFFSET"

DIMENSIONES	Pertinencia (1)		Relevancia (2)		Claridad (3)		Observaciones y/o Sugerencias
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
% de Devoluciones $\% \text{ Devoluciones} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Devoluciones/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de Ordenes de Producción producidas/mes}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
% de Reclamos $\% \text{ Reclamos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Reclamos/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de Ordenes de Producción producidas/mes}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
% de Producto No Conforme $\% \text{ Producto No Conforme} = \frac{\text{Cantidad de Productos Devueltos}}{\text{Cantidad Total de Productos}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Índice de Calidad $\text{Índice de Calidad} = \frac{\text{Cantidad de Productos Conformes}}{\text{Cantidad Total de Productos}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
% de Merma $\% \text{ de Merma} = \frac{\text{Material Utilizado} - \text{Producto Obtenido}}{\text{Material Utilizado}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
% Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo $\% \text{ Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo} = \frac{\text{Máquina con Mantenimiento Preventivo realizado}}{\text{Máquina con Mantenimiento Preventivo programado}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Ratio de Capacitación $\text{Ratio de Capacitación} = \frac{\text{Número de Trabajadores Capacitados}}{\text{Número Total de Trabajadores}} \times 100\%$	SI	NO	SI	NO	SI	NO	

Opinión de Aplicabilidad : Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

(1) **Pertinencia** : El ítem corresponde al concepto técnico formulado

(2) **Relevancia** : El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

(3) **Claridad** : Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

ANEXO N° 7

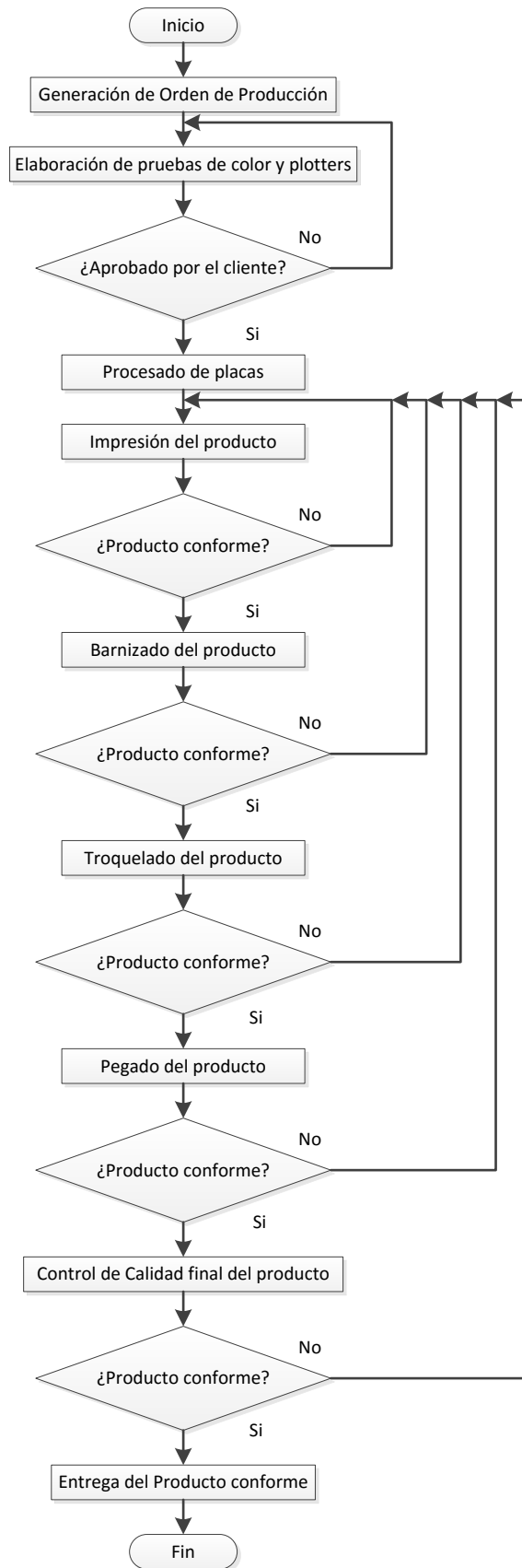
MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

OBJETIVO GENERAL : Implantar un sistema de control en base a parámetros del proceso de impresión offset, empleando el Control Estadístico de Procesos para la mejora de la Gestión de Calidad.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	VALOR FINAL
INDEPENDIENTE: Control Estadístico de Procesos basado en los parámetros del proceso de Impresión Offset	Conjunto de métodos y herramientas necesarios para medir y regular los parámetros que afectan al proceso de impresión offset.	Control de los principales parámetros relacionados con la impresión offset tales como pH, Conductividad eléctrica temperatura y cantidad de alcohol, logrando que estén dentro del rango correspondiente.	Contenido de alcohol en la solución fuente	% Alcohol	%	Intervalo	[8 - 12]
			Acidez de la solución fuente	pH		Intervalo	[4.5 - 5.5]
			Conductividad eléctrica de la solución fuente	Conductividad	Ohmios	Intervalo	[1200 - 1400]
			Temperatura de la solución fuente	Temperatura	Grados centigrados	Intervalo	[8 - 10]
DEPENDIENTE: Gestión de Calidad en los procesos de producción de impresión offset	Conjunto de acciones aplicadas para incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción del cliente así como disminuir la cantidad de defectos durante el proceso.	Para lograr la satisfacción del cliente es necesario minimizar los defectos y los tiempos muertos, es decir que la cantidad de reclamos y devoluciones debe ser el mínimo posible así como las paradas imprevistas también deben ser la menor cantidad posible	Devoluciones	% de Devoluciones	%	Razón	< 5 %
			Reclamos	% de Reclamos	%	Razón	< 5 %
			Producto No Conforme	% Producto No Conforme	%	Razón	< 5 %
			Calidad	Indice de Calidad	%	Razón	> 95%
			Merma	% Merma	%	Razón	<7%
			Mantenimiento Preventivo	% Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	%	Razón	>95%
			Capacitación	Ratio de Capacitación	%	Razón	30%

ANEXO N° 8

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET



ANEXO N° 9

DEVOLUCIONES VALORIZADAS (en \$) POR DEFECTO Y POR ÁREA PERIODO ENERO-JULIO 2016

Motivo de devolución	Ventas	Almacén	Pre-Prensa	Guillotina	SM-52 Pila Baja	SM-52 Pila Alta	Barnizado	Troquelado	Pegado	Despacho	Total	%
Variación de tonalidad					40,449.85	56,126.21					96,576.06	36.6%
Desprendimiento de la tinta					16,046.52	10,971.10					27,017.62	10.2%
Falla en el troquelado								21,796.46			21,796.46	8.3%
Ciente no realizó pedido	20,633.27										20,633.27	7.8%
Falla en el pegado de las cajas									19,251.40		19,251.40	7.3%
Materia prima incorrecta		18,072.81									18,072.81	6.9%
Falla en el barnizado							17,325.42				17,325.42	6.6%
Orden incompleta					14,770.00						14,770.00	5.6%
Medidas incorrectas				9,036.44							9,036.44	3.4%
Manchas en la impresión						5,379.99					5,379.99	2.0%
Problemas de embalaje										4,649.26	4,649.26	1.8%
Error de digitación en archivo			3,847.20								3,847.20	1.5%
Inconformidad con el diseño			3,296.79								3,296.79	1.2%
Excedente de producción					2,150.61						2,150.61	0.8%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 10

Control Chart Constants

Observations in Sample, n	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations					
	Factors for Control Limits			Factors for Central Line		Factors for Control Limits			
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420

Fuente: The Six Sigma Handbook, Pyzdek, T. y Keller, P.

ANEXO N° 11

Observations in Sample, n	Chart for Ranges							x Charts
	Factors for Central Line			Factors for Control Limits				E_2
	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4	
2	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	2.660
3	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574	1.772
4	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	1.457
5	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114	1.290
6	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	1.184
7	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924	1.109
8	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864	1.054
9	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816	1.010
10	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	0.975
11	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744	0.945
12	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717	0.921
13	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693	0.899
14	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672	0.881
15	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653	0.864
16	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637	0.849
17	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622	0.836
18	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608	0.824
19	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597	0.813
20	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585	0.803
21	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575	0.794
22	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	0.786
23	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	0.778
24	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548	0.770
25	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541	0.763

Fuente: The Six Sigma Handbook, Pyzdek, T. y Keller, P.