



**UNIVERSIDAD DON BOSCO**  
**VICERRECTORIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS**

**TRABAJO DE GRADUACION**  
**PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCION MEDIANTE LA ELABORACIÓN**  
**DE INDICADORES DE CAPACIDAD Y GRÁFICOS DE CONTROL PARA**  
**PROPORCIONAR HERRAMIENTAS AL PROCESO DE PRODUCCION DE**  
**LA EMPRESA GRÁFICOS E IMPRESOS S.A. de C.V.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE**  
**MAESTRO EN GESTIÓN DE LA CALIDAD**

**ASESOR:**  
**MSC&MBA OSCAR DAVID GUZMAN JULIÁN**

**PRESENTADO POR:**  
**SANDRA ELIZABETH ZELAYA HERNÁNDEZ**  
**HUGO ENRIQUE ALAS SÁNCHEZ**

**Antiguo Cuscatlán, La libertad, El Salvador, Centroamérica**  
**Septiembre de 2012**

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
Resumen .....	4
<b>1. Introducción</b>	
1.1 Problema .....	5
1.2 Objetivo General .....	6
1.3 Propósito.....	6
1.4 Revisión de la literatura	
1.4.1 Índices de Capacidad .....	7
1.4.2 Gráficas de control por variable .....	9
1.4.3 Plan de Acción .....	12
1.5 Metodología .....	12
<b>2. Diagnóstico</b>	
2.1 Descripción de la situación actual.....	14
2.2 Recolección de datos y cuantificación de las variables en estudio .....	16
2.2.1 Análisis de la Normalidad de los datos de PH y Conductividad del agua con solución Alcodamp por Máquina Offset.....	18
2.2.2 Índices de capacidad de PH y Conductividad del agua con solución Alcodamp por Máquina Offset .....	28
2.2.3 Gráficas de control por variable en cada Máquina Offset .....	34
2.2.4 Puntos Críticos.....	40

<b>3. Plan de Acción</b> .....	41
3.1 Categorización de Defectos .....	43
3.2 Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa) .....	45
3.3 Desarrollo de Gráficas de Control e Índices de Capacidad .....	48
3.3.1Elaboración de Gráficas de Control utilizando Microsoft Excel....	48
3.3.2 Elaboración de Índices de Capacidad utilizando Microsoft Excel .....	53
3.4 Plan de Muestreo .....	64
4. Conclusiones .....	68
5. Recomendaciones .....	69
6. Fuentes de referencia .....	70

## ANEXOS

## **RESUMEN**

El presente trabajo muestra los resultados de una propuesta de plan de acción en la empresa Gráficos e Impresos, S.A. de C.V., donde se realiza un diagnóstico de las variables críticas de calidad desarrollando gráficas de control e índices de capacidad en el proceso de producción.

A través de la metodología empleada se logra tener un acercamiento al proceso de producción donde se visualiza una falta del procesamiento de la información de las variables críticas de calidad, que influye en el cumplimiento de los requisitos del cliente.

Posteriormente se presentan las actividades y herramientas a utilizar para conocer las causas principales de los problemas, lograr categorizar los defectos, llevar un control estadístico y desarrollar un plan de muestreo que optimice los recursos de la empresa.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PROBLEMA

La empresa Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. se dedica a la fabricación e impresión de cajas de cartón, cuya mayor demanda son las cajas para medicamentos. Cuenta con diferentes áreas que buscan garantizar el cumplimiento de los requisitos de los clientes, y determina como proceso clave el proceso de producción (Ver Anexo 1); siendo importante que este se desarrolle eficientemente.

Actualmente el personal operativo de cada área del proceso de producción llena fichas de “aseguramiento de la calidad”, que al identificar alguna inconsistencia es descrita en las mismas y son solventadas con una acción inmediata. En el paso final (área de despacho) realizan una inspección al 100% del producto terminado y si se encuentran defectos, éste es eliminado del lote a entregar. Cuando se tiene una inconsistencia como acción correctiva, en la mayoría de los casos realizan capacitaciones al personal operativo.

En los últimos meses se ha tenido en promedio un 10% de producto no conforme de los lotes de producción a nivel interno, y la empresa maneja como política un nivel del 6% de producto no conforme<sup>1</sup>. Esto a pesar que se realiza una inspección al 100% la cual no está resultando completamente funcional.

Ante este problema la empresa no realiza un análisis que permita identificar los problemas de raíz y así poder erradicarlos, siendo importante establecer herramientas que les ayude a observar tendencias del proceso de producción y con ello tomar decisiones oportunas e implementar acciones preventivas.

---

1: Los datos bajo los cuales se obtuvieron dichos porcentajes son confidenciales.

Bajo dicho esquema el siguiente trabajo tiene el propósito de presentar a la empresa Gráficos e Impresos S.A. de C.V., una propuesta de plan de acción que brinde herramientas que pueden ser utilizadas para identificar las causas principales del problema, observar tendencias en su proceso de producción, contribuyendo todo ello a la posibilidad de ser más competitivos en el mercado y mantener la satisfacción de sus clientes.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una propuesta de un plan de acción a la empresa Gráficos e Impresos S.A. de C.V., mediante la elaboración de indicadores de capacidad y gráficos de control para proporcionar herramientas al proceso de producción.

## **1.3 PROPÓSITO**

Para que la empresa Gráficos e Impresos S.A. de C.V. sea más competitiva en el mercado salvadoreño y mantenga con satisfacción a sus clientes, es importante que garanticen la conformidad del producto terminado cumpliendo con las especificaciones del mismo.

Es por ello que en el presente trabajo se contemplará el análisis de datos e información de Gráficos e Impresos, S.A. de C.V., y trabajar una propuesta que bajo un control estadístico y herramientas de calidad en el proceso de producción, identifique las causas de posibles fallas, los cuales pueden llevar a la disminución de productos no conformes identificados internamente, quejas o rechazos de los clientes.

## 1.4 REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 1.4.1 ÍNDICES DE CAPACIDAD<sup>2</sup>

Es de aplicación a todos aquellos estudios en que es necesario analizar la variación de una característica del producto/servicio que resulta de un determinado proceso, para su posterior comparación con las respectivas especificaciones.

Este análisis permite estimar si el proceso podrá o no satisfacer las especificaciones y, en este último caso, conocer los porcentajes de unidades no conformes que se obtendrán. Son de mucho beneficio para las organizaciones en la mejora continua.

#### Definiciones y conceptos importantes

*Proceso bajo control:* Se dice que un proceso esta bajo control cuando su variabilidad es debida únicamente a causas comunes

*Capacidad de proceso:* Límites de la variabilidad de un proceso, dentro de los cuales, este opera mientras las circunstancias existentes en ese momento se mantengan.

#### Índices de Capacidad

- ✓ Índice de capacidad del proceso “Cp”: Relación entre la tolerancia natural del proceso o capacidad del proceso.
- ✓ Índice “Cpk”: Es el índice utilizado para saber si el proceso se ajusta a las tolerancias, es decir, si la media natural del proceso se encuentra centrada o no con relación al valor nominal del mismo.

---

2. La revisión de la literatura está basada en las “Guías FUNDIBEQ: Estudios de Capacidad y Gráficas de Control por Variables” – Herramientas para la excelencia, incluyéndose tablas y figuras de esta sección.

$C_p \geq 1.33$	Proceso capaz
$C_{pk} \geq 1.33$	Proceso dentro de especificación

Tabla 1. Interpretación valores de  $C_p$  y  $C_{pk}$

### Diagramas de Flujo de Índices de Capacidad

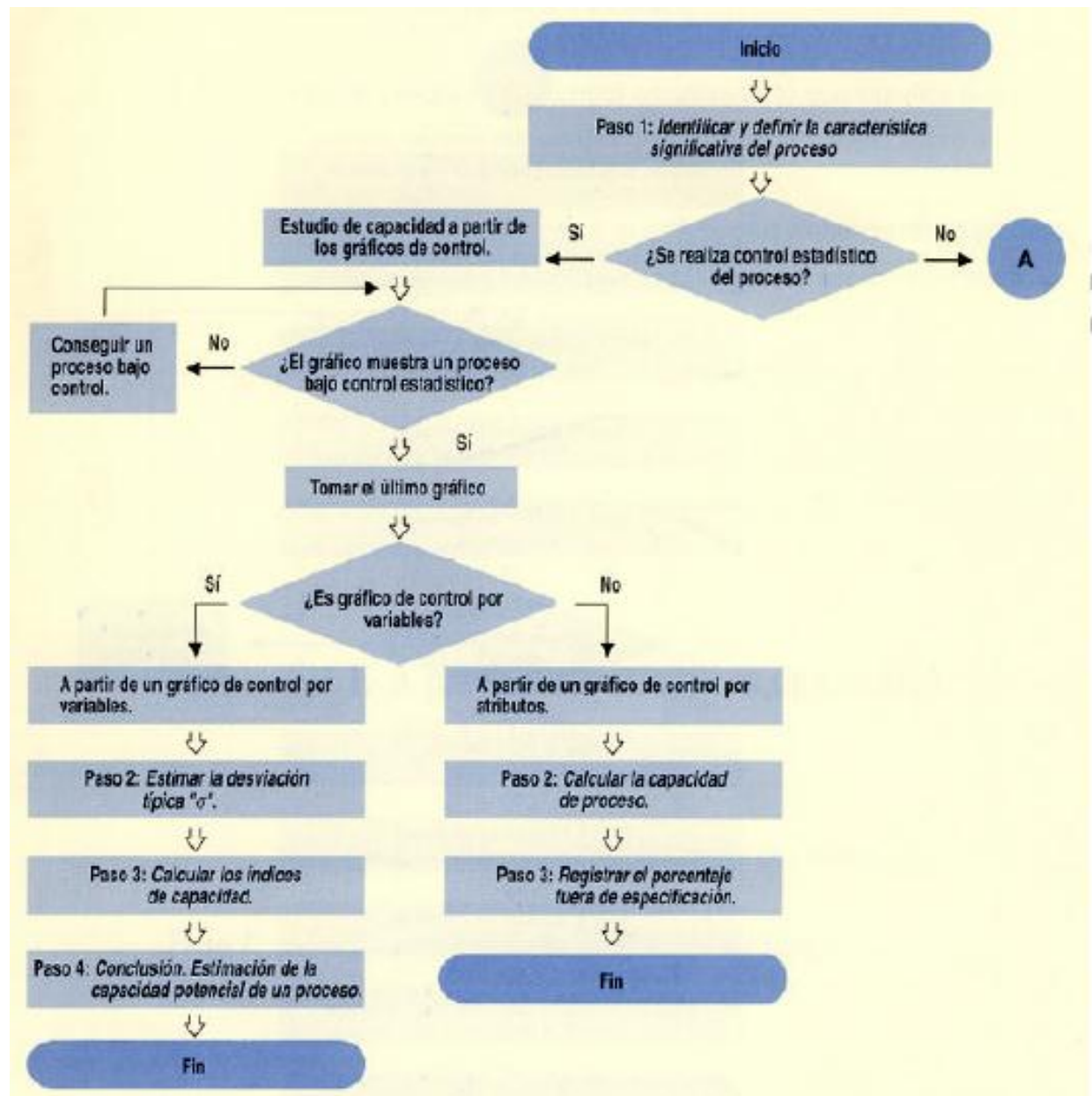


Figura 1. Diagrama de flujo sobre la elaboración de índices de capacidad – Diagrama elaborado por FUNDIBEQ



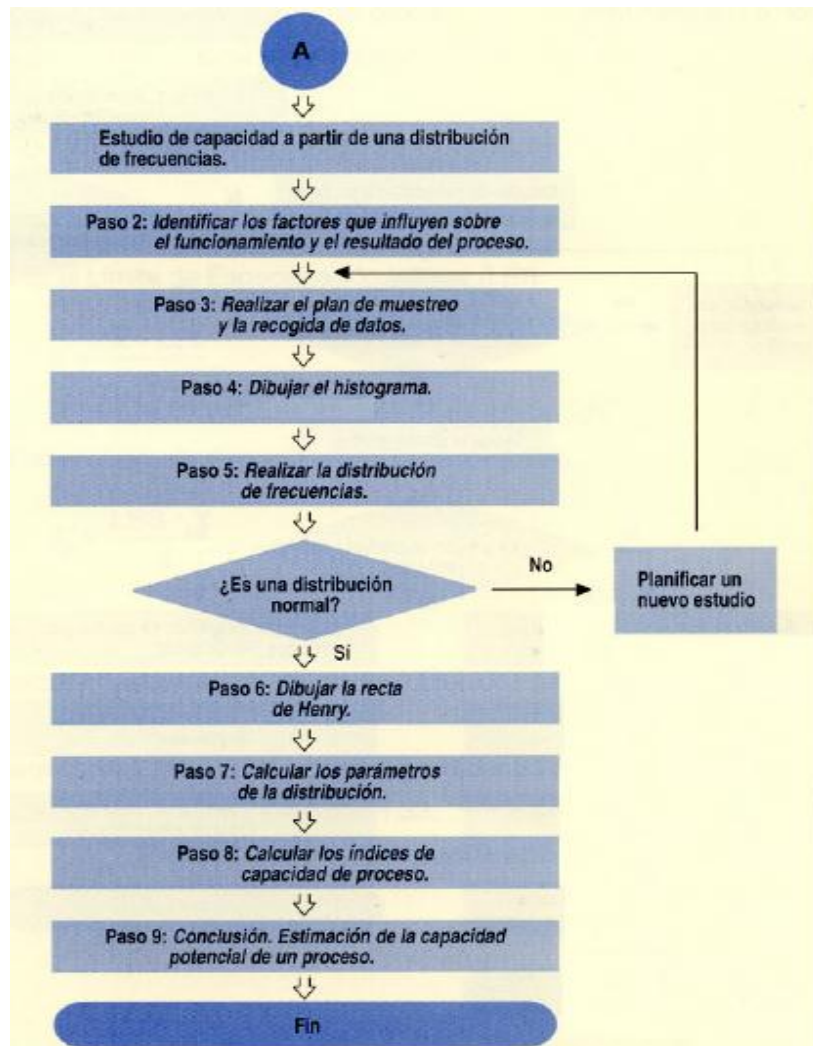


Figura 2. Estudio de capacidad a partir de distribución de frecuencias - Diagrama elaborado por FUNDIBEQ

### 1.4.2 GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLE<sup>3</sup>

Son de aplicación para aquellos estudios donde es necesario analizar el funcionamiento de los procesos, bien sea para su control o para profundizar en el conocimiento de su comportamiento.

---

3. La revisión de la literatura está basada en las "Guías FUNDIBEQ: Estudios de Capacidad y Gráficas de Control por Variables" – Herramientas para la excelencia, incluyéndose tablas y figuras de esta sección.

### Definiciones y conceptos importantes

Gráficas de control: Son representaciones gráficas de los valores de una característica de resultado de un proceso, que permiten identificar la aparición de causas especiales en el mismo.

Gráficas de control por variables: Están basados en la observación de la variación de características medibles del producto o del servicio.

Características principales que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta:

- ✓ Comunicación: Simplifican el análisis de situaciones numéricas complejas.
- ✓ Impacto Visual: Muestran de forma clara y de un “vistazo” la variabilidad del resultado de un proceso, respecto a una determinada característica, con el tiempo.
- ✓ Guía en la investigación: Proporciona mayor información que el simple control de los resultados de un proceso, sugiriendo posibilidades de corrección preventiva y alternativas de investigación.

## Diagramas de Flujo de Gráficas de Control

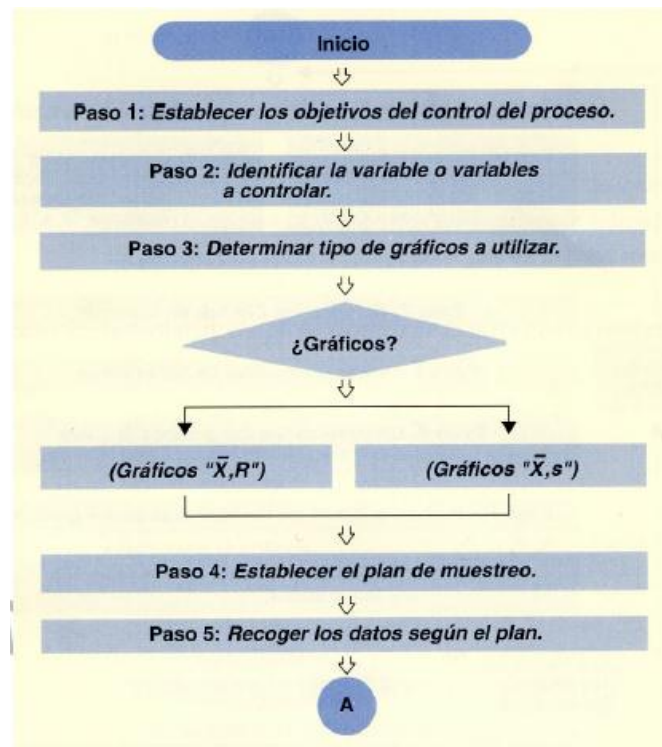


Figura 3. Elaboración de gráfica de control por variable - Diagrama elaborado por FUNDIBEQ

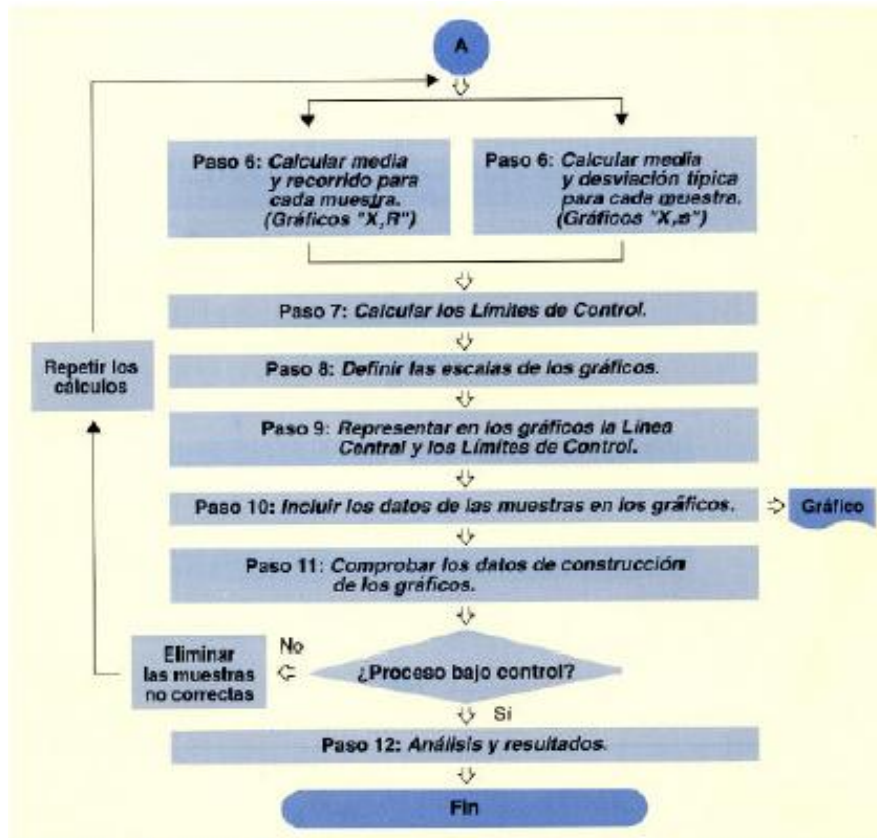


Figura 4. Elaboración de gráfica de control por variable - Diagrama elaborado por FUNDIBEQ

### 1.4.3 PLAN DE ACCIÓN

Los planes de acción son instrumentos gerenciales de programación y control de la ejecución anual de actividades que deben llevar a cabo las áreas/departamentos para dar cumplimiento a las estrategias establecidas en el Plan Estratégico.

El Plan de Acción, como herramienta eficaz detalla actividades, metas a las que se comprometen las áreas/departamentos de la empresa en una vigencia determinada, fijación de tiempos y responsables.

#### Pasos para la elaboración de un Plan de Acción

- 🌿 Objetivo claro, conciso y medible
- 🌿 Estrategias que reflejen el camino a seguir para lograr el objetivo
- 🌿 Tareas que describan los pasos exactos para el cumplimiento de las estrategias
- 🌿 Tiempos reales de cumplimiento en inicio y fin de cada tarea
- 🌿 Responsables directos de cada tarea
- 🌿 Seguimiento constante y evaluación de cumplimiento
- 🌿 Evaluación final para replanteamiento del plan de acción o elaboración de otro

### **1.5 METODOLOGÍA**

Como parte de la recopilación de la información y poder elaborar el diagnóstico en la empresa Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. se utilizaron las siguientes técnicas:

- Entrevistas al personal involucrado en el proceso de producción (Gerente de Producción, Encargado de Control de Calidad, Jefes de Áreas y personal operativo).
- Recolección de datos mediante registros llevados por la empresa.

- Procesamiento de la información recolectada utilizando el programa Minitab<sup>4</sup>, desarrollando pruebas de normalidad, índices de capacidad y gráficas de control.
- Investigación y lectura de documentos en sitios Web.

La empresa proporcionó todas las facilidades para el desarrollo del trabajo, permitió la observación del proceso de producción, realizar entrevistas al personal y recopilar toda la información necesaria para hacer los análisis respectivos.

---

4. Programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas.

## 2. DIAGNÓSTICO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para la realización del presente trabajo se revisó información referente al proceso de producción de la empresa Gráficos e Impresos S.A. de C.V., con la finalidad de conocer cuál es la situación actual de los controles estadísticos de calidad que afectan directamente al cumplimiento de los requisitos de los productos.

La recolección de información se realizó a través de dos fuentes:

- 1) Verificación de documentos, registros, fichas, entre otros;
- 2) Entrevistas al personal de diferentes áreas que conforman el proceso de producción, se entrevistó al Gerente de Producción, Encargado de Calidad, Jefes de área y personal operativo.

Ambos medios revelaron que actualmente la empresa Gráficos e Impresos S.A. de C.V. tiene su mayor rubro concentrado en la producción de cajas para medicamentos y zapatos, fabricándose un 70% de la producción general a un solo cliente de la industria farmacéutica, que se denominará “cliente mayoritario”.

El cliente mayoritario tiene establecido requisitos de calidad rigurosos para aceptar un lote de productos, siendo importante que Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. cumpla con los requerimientos para evitar cualquier tipo de quejas o rechazos de este. No obstante la empresa no pretende desatender las necesidades de sus otros clientes, sin embargo toma de referencia los criterios de aceptación de un lote del cliente mayoritario para dar cumplimiento a la producción general; ya que los requisitos de los otros clientes no son tan estrictos

El cliente mayoritario ha entregado una clasificación de los tipos de defectos (Ver Anexo 2), pero la empresa no ha implementado esta categorización.

Se observó que en el mes de mayo del presente año, el cliente mayoritario rechazó un lote completo de dos mil quinientas cajas porque una figura de la caja presentaba una tonalidad diferente a lo especificado, por lo cual solicitó a la empresa una investigación de las causas que generaron dicho defecto.

Ante este rechazo Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. concluyó que un prensista no se percató que el oscilador de una máquina no estaba correctamente ajustado al momento de iniciar la impresión, incrementando así la pantalla del color solicitado. A su vez el departamento de empaque no realizó la correcta segmentación del producto terminado, enviando el producto con la no conformidad antes descrita.

El cliente mayoritario ha clasificado que uno de los defectos críticos para aceptar el lote de producto es el de “colores incorrectos” (AQL<sup>5</sup> 0.0), precisamente el problema que recientemente ha tenido la empresa, este trabajo busca conocer otras causas por las cuales el color de las cajas no presenta la tonalidad requerida por el cliente, y sobre aquellas que se puede tener un mejor control evitando problemas a futuro.

Dentro de las causas que afectan directamente a la calidad de la impresión de las tintas en el cartón se encuentran el Potencial de Hidrógeno<sup>6</sup> (PH) y la Conductividad del agua que se utiliza para suministrar las máquinas offset.

Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. lleva un registro del PH y Conductividad del agua, sin embargo no realizan un control adecuado con el cual se puedan observar que estas variables se encuentran bajo control, es decir, dentro de los límites adecuados para la impresión de la tinta en el cartón.

La empresa utiliza una solución para poder mantener el PH del agua en los rangos internacionales aceptables para la impresión (solución Alcodamp Green M60 E798), los cuales se encuentran en un rango de 4.5 a 5.5. De igual forma, se busca que la Conductividad del agua me mantenga en un rango de 1,600 a 1,800 mS/cm (Milisiemens/ Centímetro).

---

5. Nivel de Calidad Aceptable por sus siglas en inglés (Acceptable Quality Level)

6. A partir de esta sección se identificará por sus siglas

Con los registros de PH y Conductividad proporcionados por la empresa se procede a realizar un análisis estadístico de los mismos, de la siguiente manera:

- Realizar pruebas de normalidad para analizar el comportamiento de ambas variables,
- Analizar la capacidad de las variables por máquina, y
- Realizar gráficas de control para observar la tendencia de las variables.

## **2.2 RECOLECCIÓN DE DATOS Y CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO**

Para poder realizar el análisis de las variables sujetas de estudio (PH y Conductividad del agua), se han recopilado datos pertenecientes a treinta días durante dos turnos (Matutino y Vespertino) en las diferentes máquinas impresoras offset que tiene Gráficos e Impresos, S.A. de C.V.: Máquina Offset K-4, K-5, K-6, K-7 y MZ.

Los datos se encuentran agrupados en la siguiente tabla:



Día	K-4				K-5				K-6			
	AM		PM		AM		PM		AM		PM	
	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad
1	5.1	1750	5.1	1760	5.1	1660	5.1	1710	5.2	1620	5.1	1700
2	5.1	1760	5.1	1680	5.1	1640	5.1	1690	5.2	1730	5.1	1710
3	5.2	1670	5.1	1710	5.2	1680	5.2	1730	5.2	1680	5.2	1690
4	5.2	1670	5.1	1730	5.1	1640	5.1	1720	5.1	1670	5.1	1690
5	5.2	1670	5.2	1710	5.1	1620	5.2	1690	5.2	1760	5.2	1780
6	5.1	1680	5.1	1790	5.1	1560	5.1	1630	5.2	1730	5.1	1710
7	5.2	1670	5.2	1540	5.2	1810	5.2	1720	5.2	1800	5.2	1730
8	5.2	1570	5.3	1680	5.2	1310	5.4	1665	5.1	1570	5.4	1670
9	5.2	1660	5.2	1675	5.2	1540	5.2	1610	5.2	1670	5.2	1710
10	5.2	1660	5.2	1680	5.2	1510	5.2	1610	5.2	1650	5.2	1690
11	5.2	1640	5.2	1660	5.2	1650	5.2	1680	5.2	1650	5.2	1670
12	5.2	1670	5.2	1360	5.3	1800	5.2	1810	5.2	1830	5.2	1850
13	5.2	1650	5.2	1670	5.2	1580	5.2	1600	5.2	1580	5.2	1610
14	5.2	1690	5.2	1710	5.2	1630	5.2	1680	5.2	1670	5.2	1640
15	5.2	1670	5.2	1710	5.2	1530	5.2	1610	5.2	1740	5.2	1760
16	5.2	1680	5.2	1690	5.2	1690	5.2	1700	5.2	1770	5.2	1780
17	5.2	1650	5.2	1670	5.2	1660	5.2	1680	5.2	1680	5.2	1690
18	5.2	1660	5.2	1600	5.2	1660	5.2	1690	5.2	1700	5.2	1790
19	5.2	1680	5.2	1710	5.2	1670	5.2	1690	5.2	1720	5.2	1750
20	5.2	1620	5.2	1690	5.2	1740	5.2	1760	5.2	1770	5.2	1790
21	5.2	1640	5.2	1720	5.2	1680	5.2	1730	5.2	1650	5.2	1680
22	5.2	1600	5.2	1660	5.2	1640	5.2	1690	5.2	1680	5.2	1710
23	5.2	1620	5.2	1690	5.2	1650	5.2	1710	5.2	1660	5.2	1750
24	5.2	1630	5.2	1720	5.2	1660	5.2	1880	5.2	1720	5.2	1740
25	5.2	1630	5.2	1690	5.2	1680	5.2	1720	5.2	1640	5.2	1710
26	5.2	1650	5.2	1710	5.2	1680	5.2	1740	5.2	1840	5.2	1720
27	5.2	1650	5.2	1720	5.2	1700	5.2	1720	5.2	1720	5.2	1740
28	5.2	1720	5.2	1740	5.2	1740	5.2	1760	5.2	1590	5.2	1640
29	5.2	1700	5.2	1740	5.2	1910	5.2	1760	5.2	1780	5.2	1790
30	5.2	1650	5.2	1720	5.2	1660	5.2	1710	5.2	1640	5.2	1730

Día	K-7				MZ			
	AM		PM		AM		PM	
	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad
1	5.2	1770	5.2	1790	5.1	1750	5.1	1760
2	5.2	1660	5.1	1780	5.1	1760	5.1	1680
3	5.2	1690	5.1	1710	5.2	1670	5.1	1710
4	5.2	1680	5.1	1710	5.2	1670	5.1	1730
5	5.2	1700	5.2	1740	5.2	1670	5.2	1710
6	5.2	1650	5.2	1670	5.1	1680	5.1	1790
7	5.2	1520	5.1	1710	5.2	1670	5.2	1540
8	5.2	1630	5.4	1675	5.2	1570	5.3	1680
9	5.2	1740	5.2	1710	5.2	1660	5.2	1675
10	5.2	1690	5.2	1710	5.2	1660	5.2	1680
11	5.2	1770	5.2	1780	5.2	1640	5.2	1660
12	5.2	1670	5.2	1690	5.2	1670	5.2	1360
13	5.2	1630	5.2	1670	5.2	1650	5.2	1670
14	5.2	1680	5.2	1700	5.2	1690	5.2	1710
15	5.2	1740	5.2	1750	5.2	1670	5.2	1710
16	5.2	1570	5.2	1610	5.2	1680	5.2	1690
17	5.3	1640	5.2	1710	5.2	1650	5.2	1670
18	5.2	1650	5.2	1670	5.2	1660	5.2	1600
19	5.2	1690	5.2	1720	5.2	1680	5.2	1710
20	5.2	1570	5.2	1610	5.2	1620	5.2	1690
21	5.2	1690	5.2	1730	5.2	1640	5.2	1720
22	5.2	1620	5.2	1650	5.2	1600	5.2	1660
23	5.2	1610	5.2	1660	5.2	1620	5.2	1690
24	5.2	1650	5.2	1720	5.2	1630	5.2	1720
25	5.1	1620	5.2	1690	5.2	1630	5.2	1690
26	5.2	1640	5.2	1710	5.2	1650	5.2	1710
27	5.2	1620	5.2	1710	5.2	1650	5.2	1720
28	5.2	1560	5.2	1610	5.2	1720	5.2	1740
29	5.2	1570	5.2	1620	5.2	1700	5.2	1740
30	5.2	1620	5.2	1700	5.2	1650	5.2	1720

Tabla 2. Registro de PH y Conductividad del agua de las diferentes máquinas offset durante 30 días

Para determinar los índices de capacidad de las variables en cada una de las máquinas offset, primeramente se procede a realizar pruebas de normalidad de los datos para conocer si siguen una distribución normal, si no se comprueba la normalidad se realizan diversas pruebas que se especificarán en cada uno de los casos. Esto se debe realizar ya que los cálculos de los índices de capacidad están diseñados para datos que tienen una distribución normal.

### 2.2.1 ANÁLISIS DE LA NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PH Y CONDUCTIVIDAD DEL AGUA CON SOLUCIÓN ALCODAMP POR MÁQUINA OFFSET

Las pruebas de normalidad se realizan a través del software Minitab 16, programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas, frecuentemente usado para la implementación de estrategias de mejora de procesos. Minitab presenta una función para realizar pruebas de normalidad basada en tres métodos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov.

En estos métodos, si el valor de probabilidad “p” de la prueba es mayor a 0.10 se considera que los datos son normales, es decir se acepta la Hipótesis Nula que plantea que los datos se distribuyen normalmente. El valor p de 0.10 indica la probabilidad de cometer un error estadístico de tipo I (falso positivo), es decir, rechazar la hipótesis nula siendo cierta. La Hipótesis Alternativa será aceptada cuando los datos de la investigación proporcionen evidencia suficiente que la Hipótesis Nula es falsa ( $p < 0.10$ ).

Las pruebas de normalidad que se han realizado son Anderson-Darling y Ryan-Joiner, ya que se tienen más de quince datos registrados. En el análisis se realizan ambas pruebas alternadamente ya que ambas son aplicables dado las características del caso.

A continuación se presentan las diferentes pruebas de normalidad y su correspondiente tratamiento:

### MÁQUINA K-4

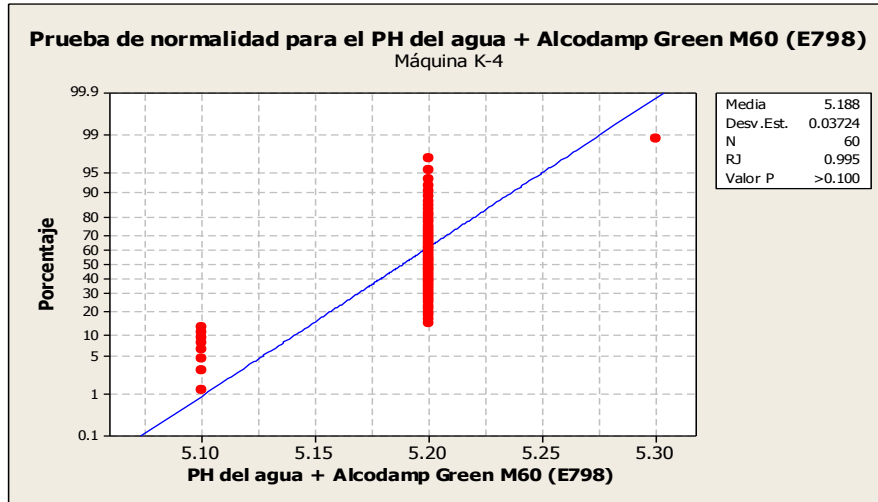


Figura 5. Prueba de normalidad PH del agua más solución Alcodamp Máquina K-4

El PH del agua con la solución Alcodamp presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Ryan-Joiner es mayor a 0.10

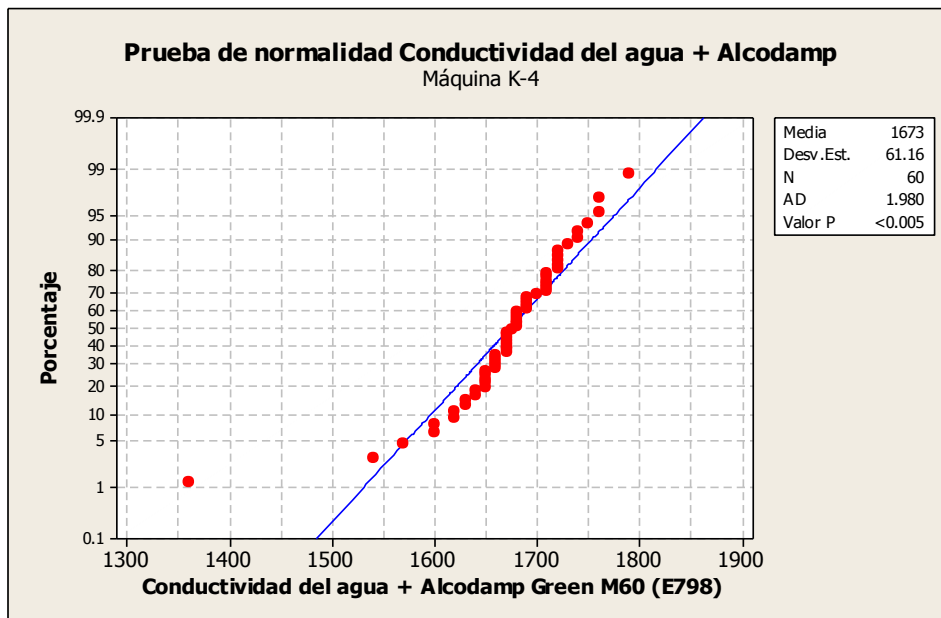


Figura 6. Prueba de normalidad Conductividad del agua más solución Alcodamp Máquina K-4

La conductividad del agua con la solución Alcodamp no presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10, considerando dichos resultados y que la empresa no tiene como práctica

habitual el transformar los datos para verificar su validez, se procede a hacer una transformación de Johson, para determinar una ecuación que permita hacer un cambio en los datos y que se comporten de forma normal, obteniéndose el siguiente resultado:

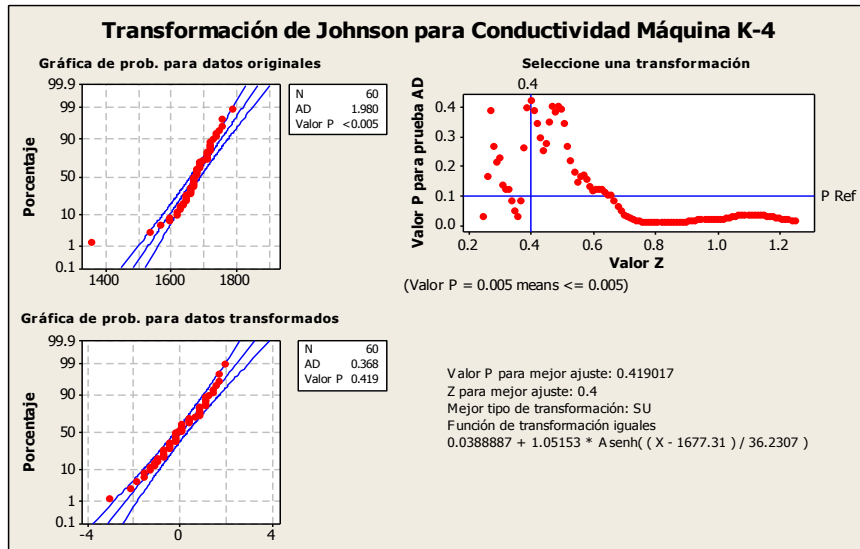


Figura 7. Transformación de Johnson para la Conductividad del agua Máquina K-4

La ecuación para realizar la transformación de los datos a normales es:

$$Y = 0.0388887 + 1.05153 * \text{A senh}(( X - 1677.31 ) / 36.2307 ).$$

Con la ecuación anterior se transforma cada uno de los valores de conductividad, con el objetivo de su posterior cálculo de índice de capacidad.

Se procede a comprobar la normalidad de la conductividad ajustada

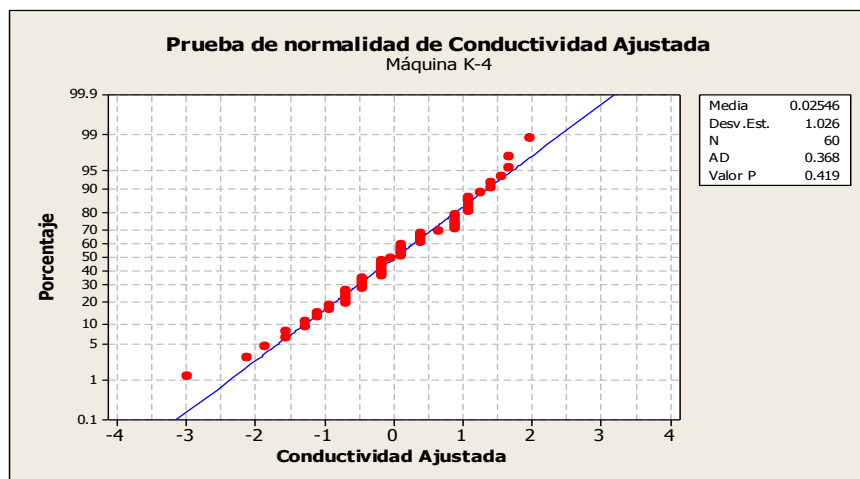


Figura 8. Prueba de normalidad Conductividad Ajustada Máquina K-4

El valor p de Anderson-Darling obtenido es mayor a 0.10, confirmándose la normalidad de los datos.

### MÁQUINA K-5

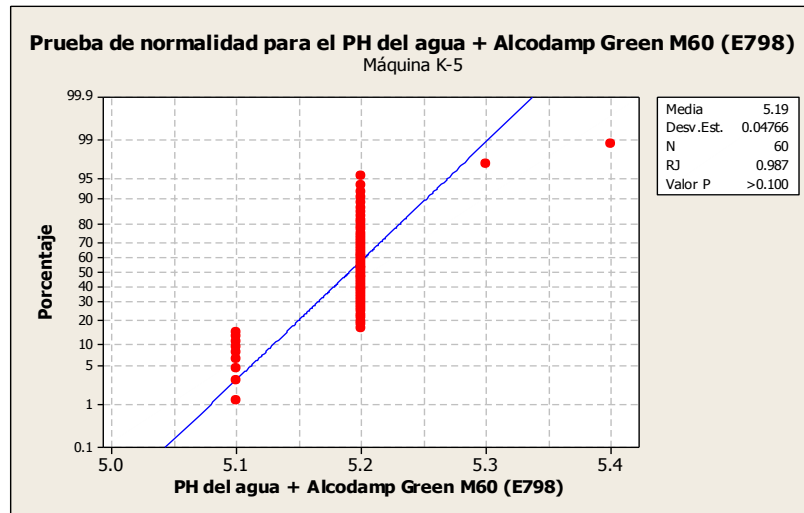


Figura 9. Prueba de normalidad PH del agua más solución Alcodamp Máquina K-5

El PH del agua con la solución Alcodamp presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Ryan-Joiner es mayor a 0.10

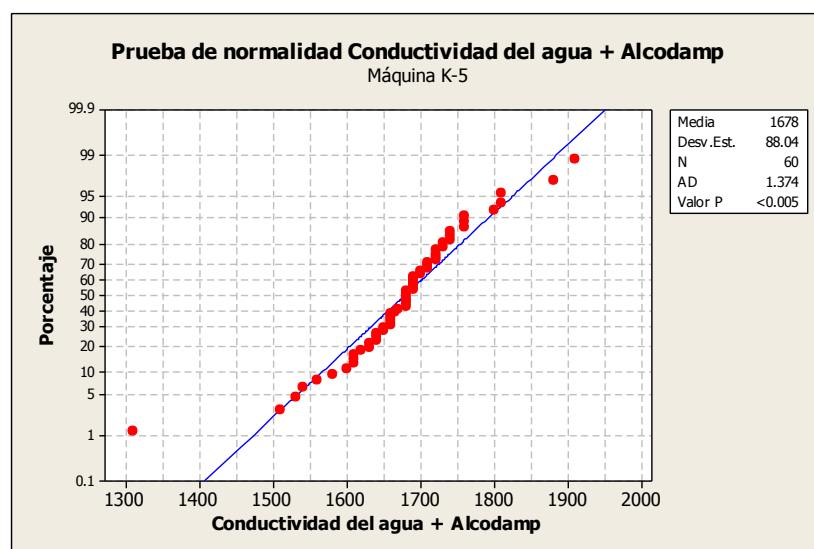


Figura 10. Prueba de normalidad Conductividad del agua más solución Alcodamp Máquina K-5

La conductividad del agua con la solución Alcodamp no presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10. Debido a esto, se procede a hacer una transformación de Johnson, para

determinar una ecuación que permita hacer un cambio en los datos para que se comporten de forma normal, obteniéndose el siguiente resultado:

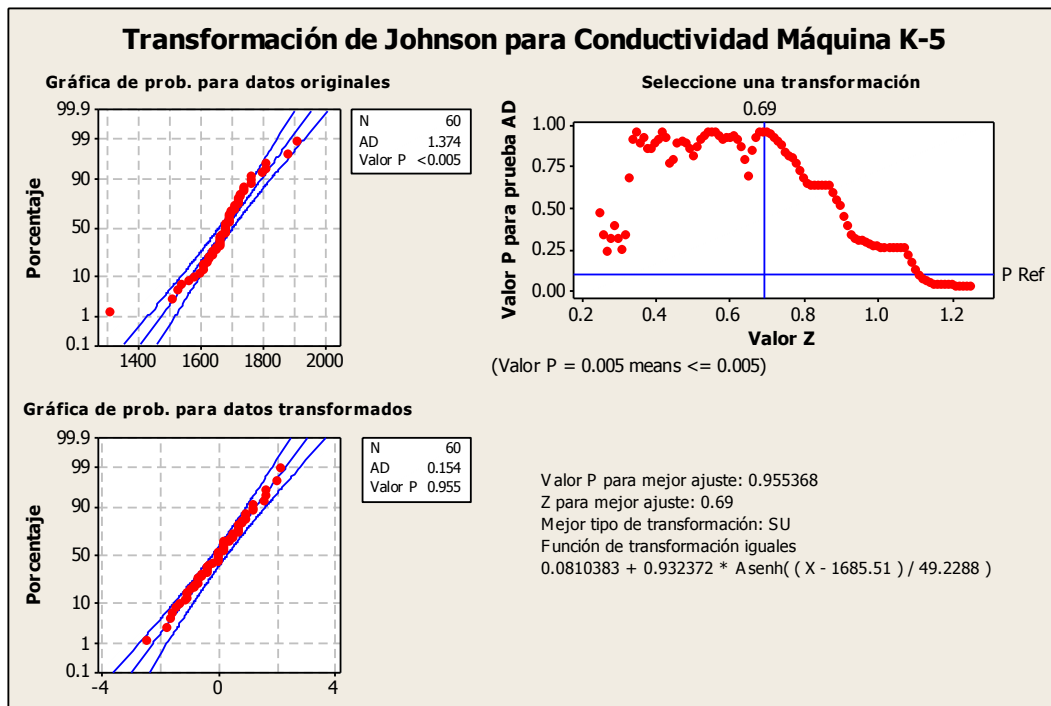


Figura 11. Transformación de Johnson para la Conductividad del agua Máquina K-5

La ecuación para realizar la transformación de los datos a normales es:

$$Y = 0.0810383 + 0.932372 * \text{Asenh} \left( \frac{X - 1685.51}{49.2288} \right)$$

Con la ecuación anterior se transforma cada uno de los valores de conductividad, con el objetivo de su posterior cálculo de índice de capacidad.

Se procede a comprobar la normalidad de la conductividad ajustada

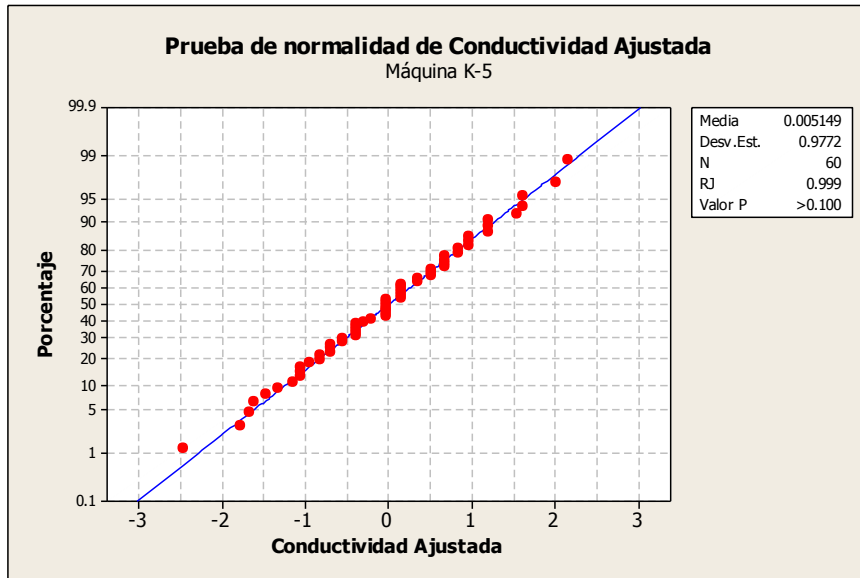


Figura 12. Prueba de normalidad Conductividad Ajustada Máquina K-5

El valor p de Ryan-Joiner obtenido es mayor a 0.10, confirmándose la normalidad de los datos.

### MÁQUINA K-6

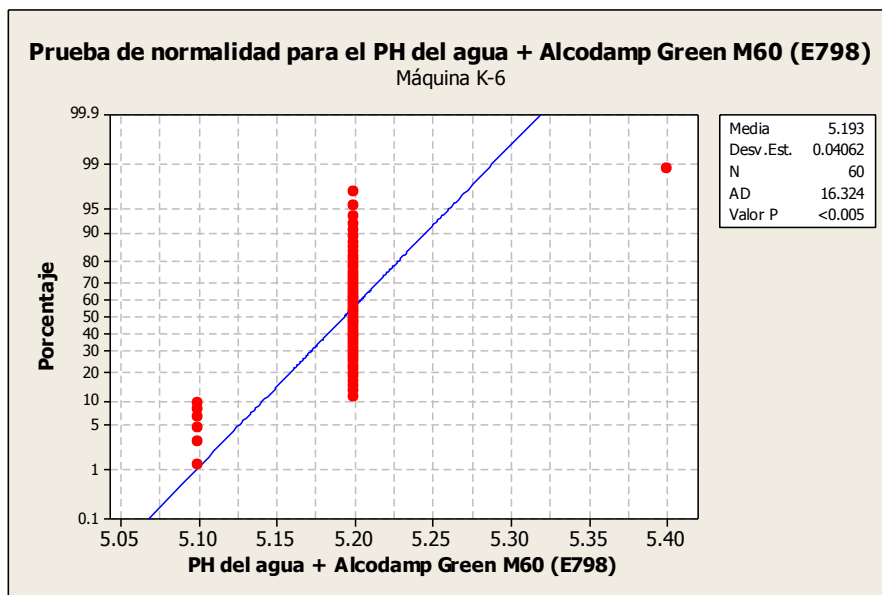


Figura 13. Prueba de normalidad PH del agua más solución Alcodamp Máquina K-6

El PH del agua con la solución Alcodamp no presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10, por lo cual se procede a realizar una transformación de Johnson, pero el programa

Minitab no identifica ningún tipo de transformación posible, por lo cual se ha realizado un análisis de distribución de confiabilidad/supervivencia que brinda la mejor función que se ajusta a los datos:

Distribución	Anderson-Darling (ajust.)	Coefficiente de correlación
Weibull	16.765	0.664
Lognormal	19.797	0.630
Exponencial	61.552	*
Loglogística	18.019	0.661
Weibull de 3 parámetros	17.782	0.722
Lognormal de 3 parámetros	21.782	0.647
Exponencial de 2 parámetros	42.169	*
Loglogística de 3 parámetros	19.631	0.674
Valor extremo más pequeño	16.750	0.660
Normal	19.672	0.628
Logística	17.923	0.659

Tabla de percentiles

Imagen 1. Bondad de ajuste PH del Imagen agua Máquina K-6

De lo anterior, se puede concluir que la función Weibull de tres parámetros es quien describe un mejor ajuste de los datos, ya que indica un coeficiente de correlación de 0.722, es decir, el 77.2% de los datos del PH del agua más solución Alcodamp están representados por dicha función.

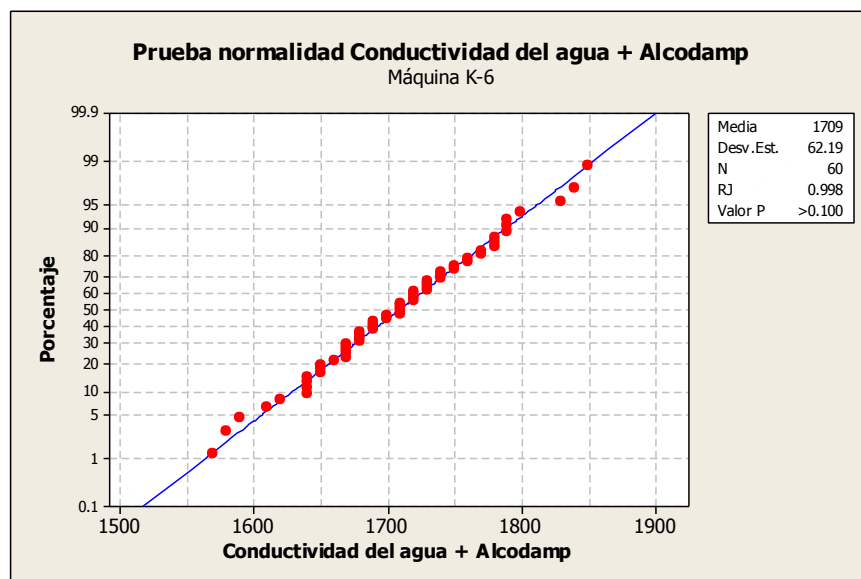


Figura 14. Prueba de normalidad Conductividad del agua más solución Alcodamp Máquina K-6



La conductividad del agua con la solución Alcodamp presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Ryan-Joiner es mayor a 0.10.

## MÁQUINA K-7

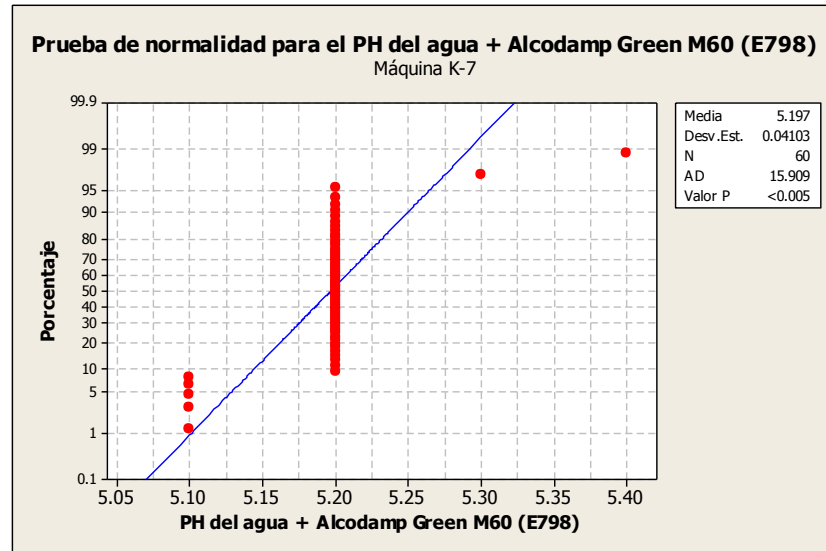


Figura 15. Prueba de normalidad PH del agua más solución Alcodamp Máquina K-7

El PH del agua con la solución Alcodamp no presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10, por lo cual se procede a realizar una transformación de Johnson, pero el programa Minitab no identifica ningún tipo de transformación posible, por lo cual se ha realizado un análisis de distribución de confiabilidad/supervivencia que brinda la mejor función que se ajusta a los datos:

Distribución	Anderson-Darling (ajust.)	Coefficiente de correlación
Weibull	18.305	0.660
Lognormal	18.343	0.649
Exponencial	61.497	*
Loglogística	16.616	0.685
Weibull de 3 parámetros	17.447	0.718
Lognormal de 3 parámetros	19.339	0.661
Exponencial de 2 parámetros	41.383	*
Loglogística de 3 parámetros	17.457	0.695
Valor extremo más pequeño	18.327	0.656
Normal	18.269	0.647
Logística	16.568	0.683

Imagen 2. Bondad de ajuste PH del agua Máquina K-7

De lo anterior, se puede concluir que la función Weibull de tres parámetros es quien describe un mejor ajuste de los datos, ya que indica un coeficiente de correlación de 0.718, es decir, el 71.8% de los datos de PH+Alcodamp están representados por dicha función.

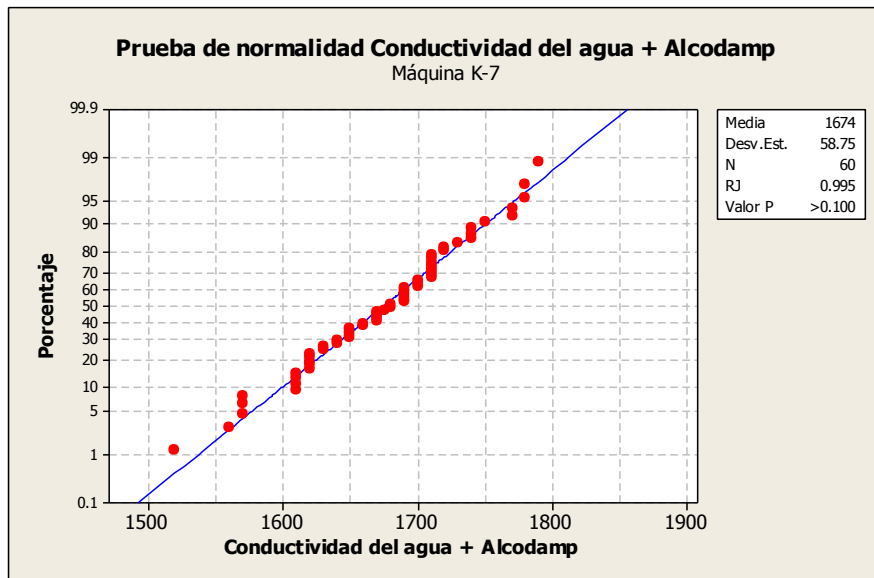


Figura 16. Prueba de normalidad Conductividad del agua más solución Alcodamp Máquina K-7

La conductividad del agua con la solución Alcodamp presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Ryan-Joiner es mayor a 0.10.

### MÁQUINA MZ

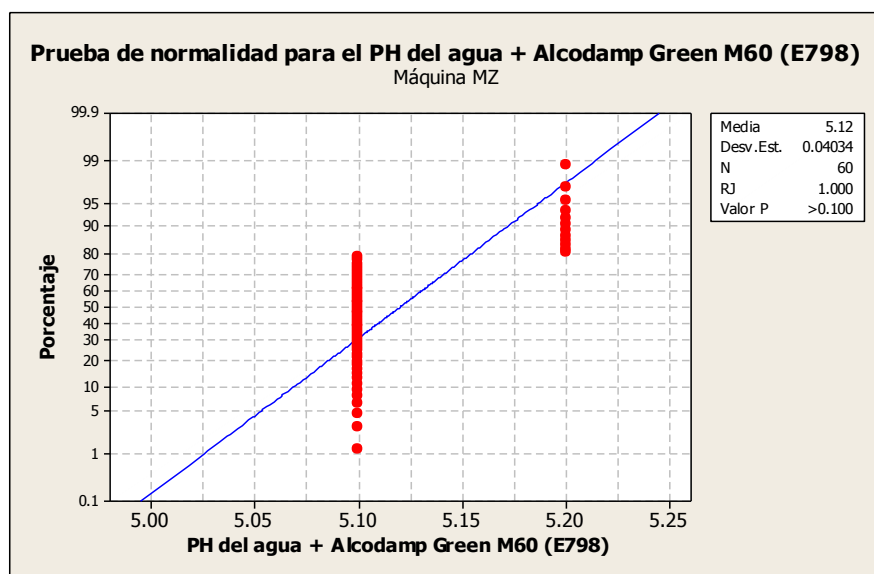


Figura 17. Prueba de normalidad PH del agua más solución Alcodamp Máquina MZ

El PH del agua con la solución Alcodamp presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Ryan-Joiner es mayor a 0.10

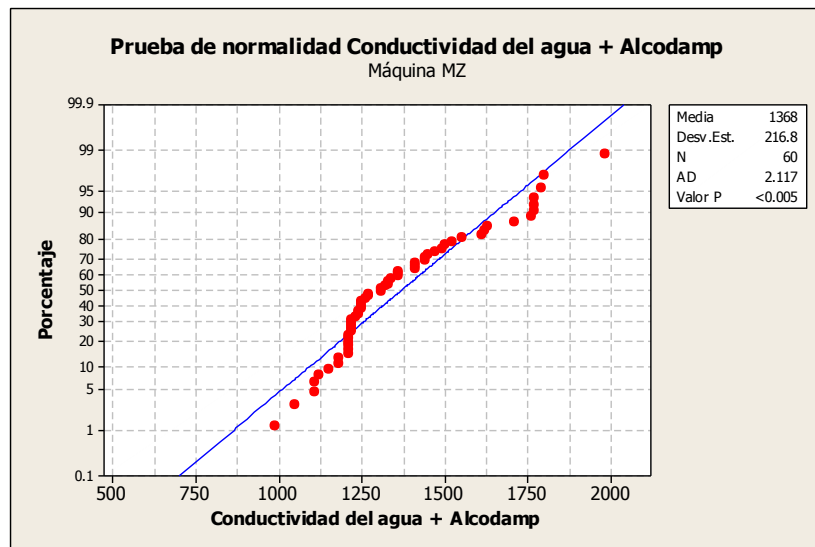


Figura 18. Prueba de normalidad Conductividad del agua más solución Alcodamp Máquina MZ

La conductividad del agua con la solución Alcodamp no presenta una distribución normal, ya que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10. Debido a esto, se procede a hacer una transformación de Johnson, para determinar una ecuación que permita hacer un cambio en los datos para que se comporten de forma normal, obteniéndose el siguiente resultado:

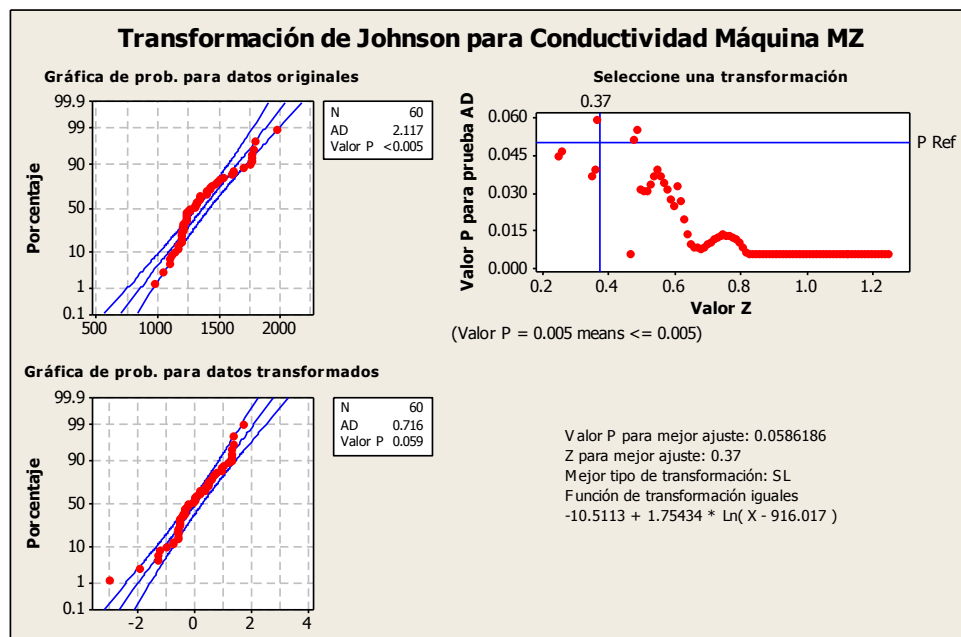


Figura 19. Transformación de Johnson para la Conductividad del agua Máquina MZ

La ecuación para realizar la transformación de los datos a normales es:

$$Y = -10.5113 + 1.75434 * \ln(X - 916.017)$$

Con la ecuación anterior se transforma cada uno de los valores de conductividad, con el objetivo de su posterior cálculo de índice de capacidad.

Se procede a comprobar la normalidad de la conductividad ajustada

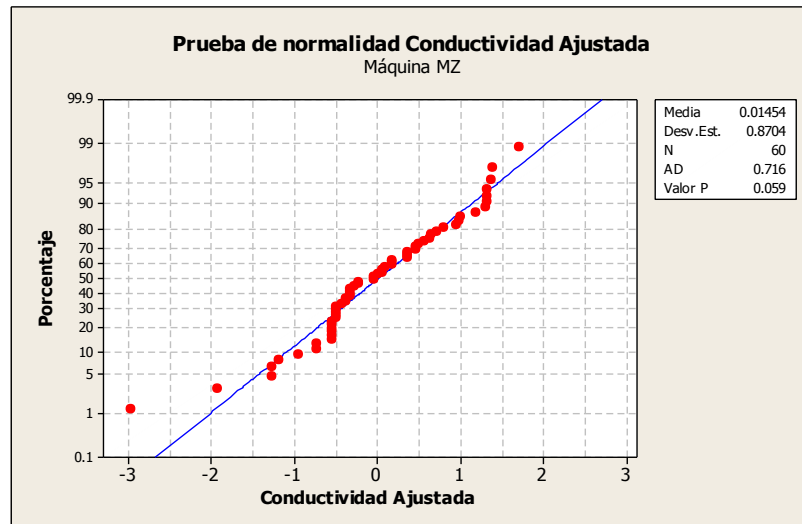


Figura 20. Prueba de normalidad Conductividad Ajustada Máquina MZ

Se puede observar que el valor “p” de Anderson-Darling es menor a 0.10 (valor que se ha establecido como criterio de selección de la normalidad), pero aquellos valores que se encuentran entre 0.05 y 0.10 aún pueden ser considerados como normales, idealmente se pueden obtener mayor número de datos para observar una mejor distribución.

### 2.2.2 ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PH Y CONDUCTIVIDAD DEL AGUA CON SOLUCIÓN ALCODAMP POR MÁQUINA OFFSET

Una vez realizadas las pruebas de normalidad y su correspondiente ajuste cuando ha correspondido, se procede a determinar los índices de capacidad por cada una de las máquinas offset.

Un valor de  $C_p \geq 1.33$  indica que un proceso es capaz de realizar sus funciones; un valor de  $C_{pk} \geq 1.33$  indica que un proceso se encuentra dentro

de especificaciones. Bajo los criterios anteriores se determinará si en cada una de las máquinas los valores de PH y Conductividad del agua se encuentran bajo control estadístico y dentro de especificaciones.

Al final este apartado se presenta un cuadro resumen con su correspondiente análisis.

### MÁQUINA K-4

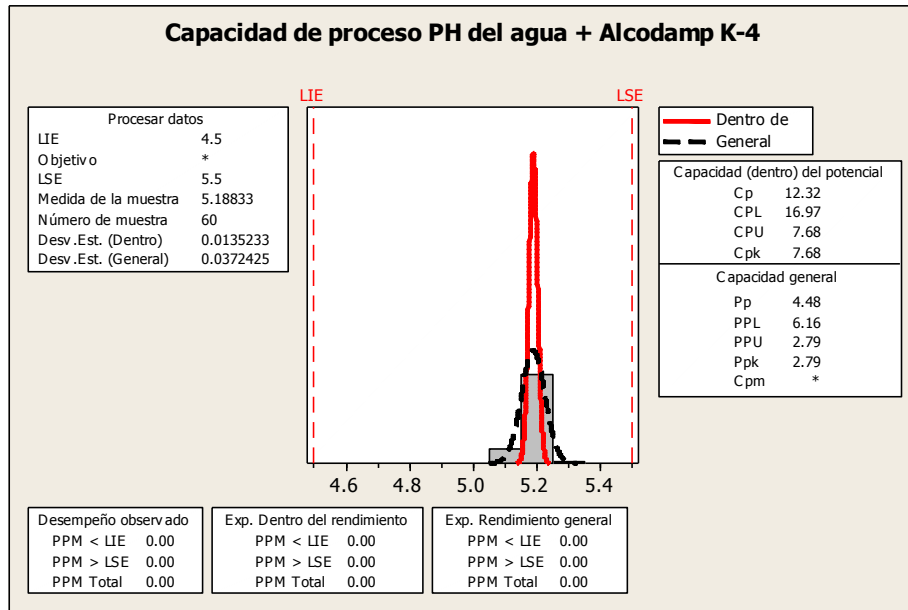


Figura 21. Capacidad del proceso PH del agua Máquina K-4

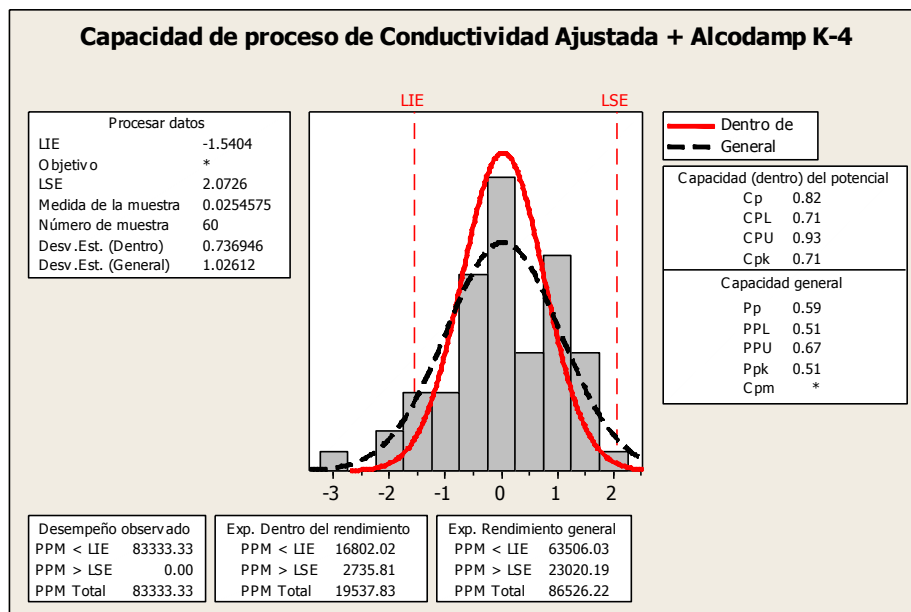


Figura 22. Capacidad del proceso Conductividad del agua Máquina K-4

# MÁQUINA K-5

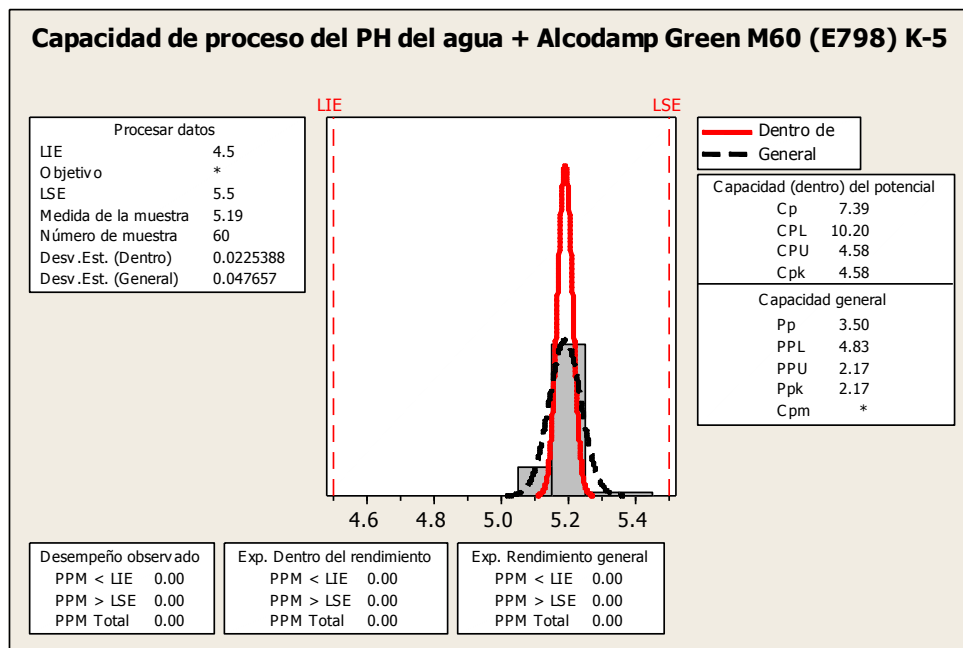


Figura 23. Capacidad del proceso PH del agua Máquina K-5

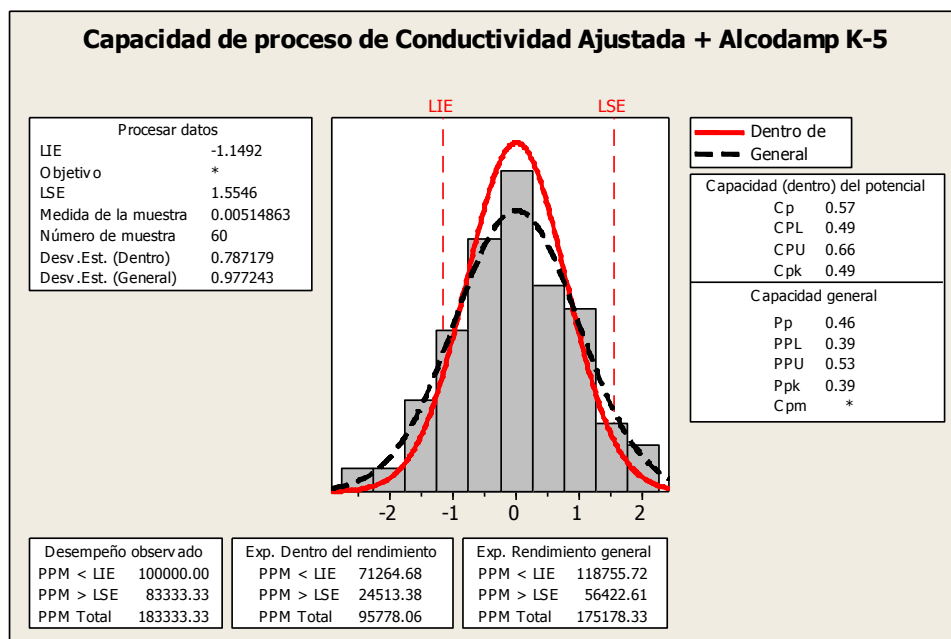


Figura 24. Capacidad del proceso Conductividad del agua Máquina K-4

## MÁQUINA K-6

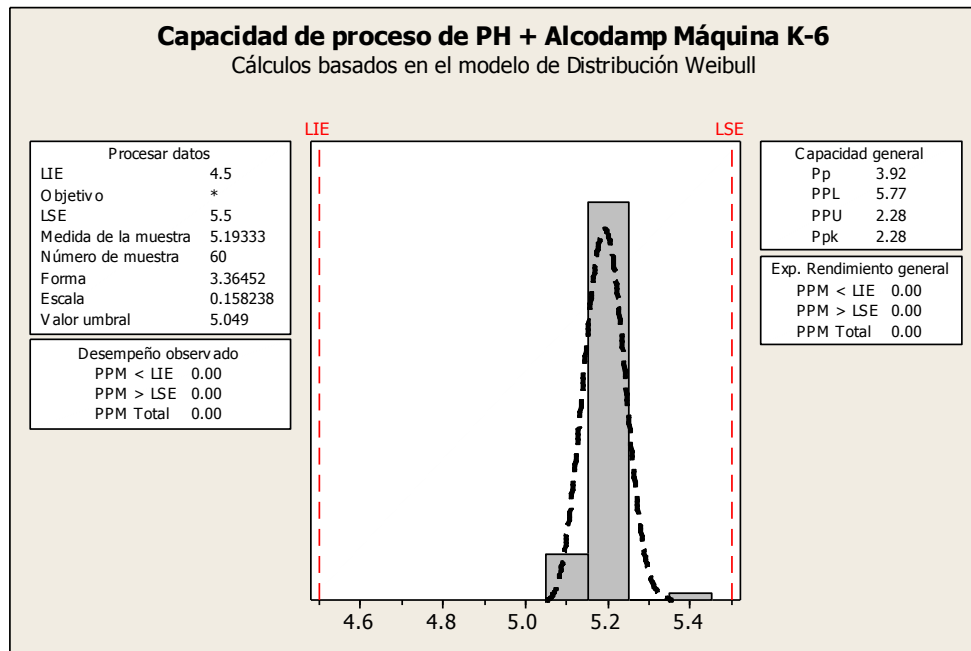


Figura 25. Capacidad del proceso PH del agua Máquina K-6

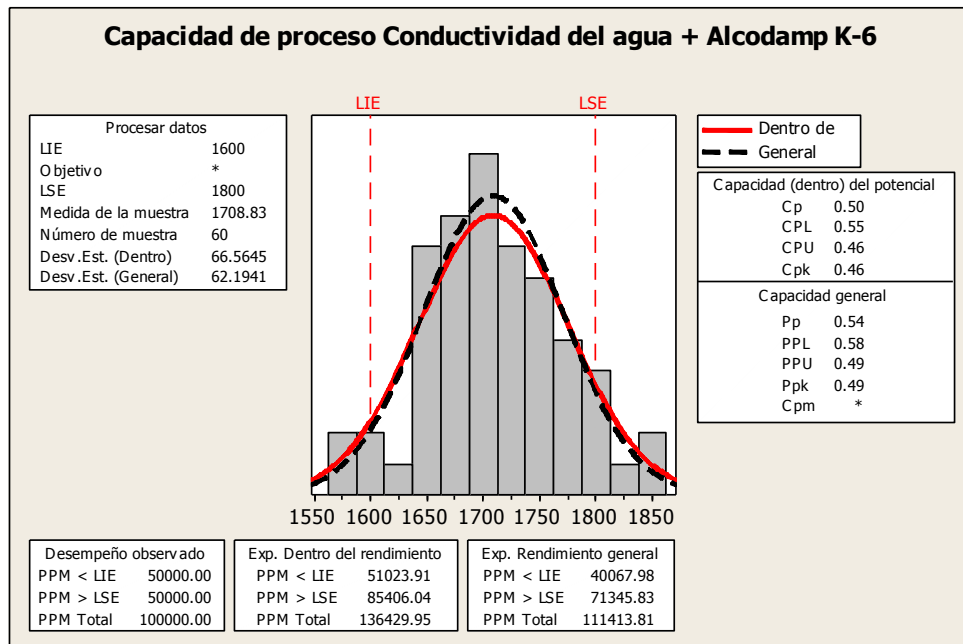


Figura 26. Capacidad del proceso Conductividad del agua Máquina K-6

# MÁQUINA K-7

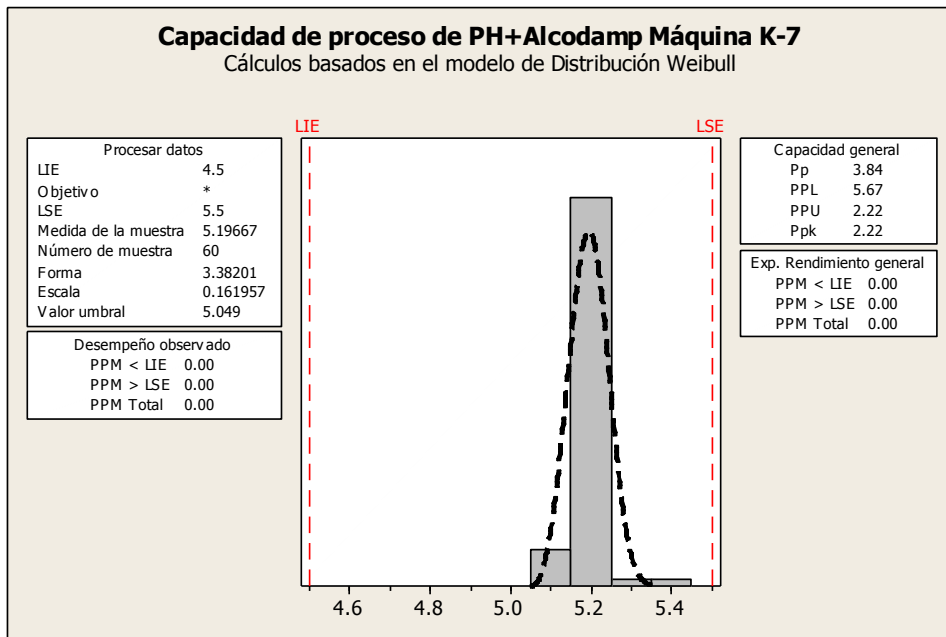


Figura 27. Capacidad del proceso PH del agua Máquina K-7

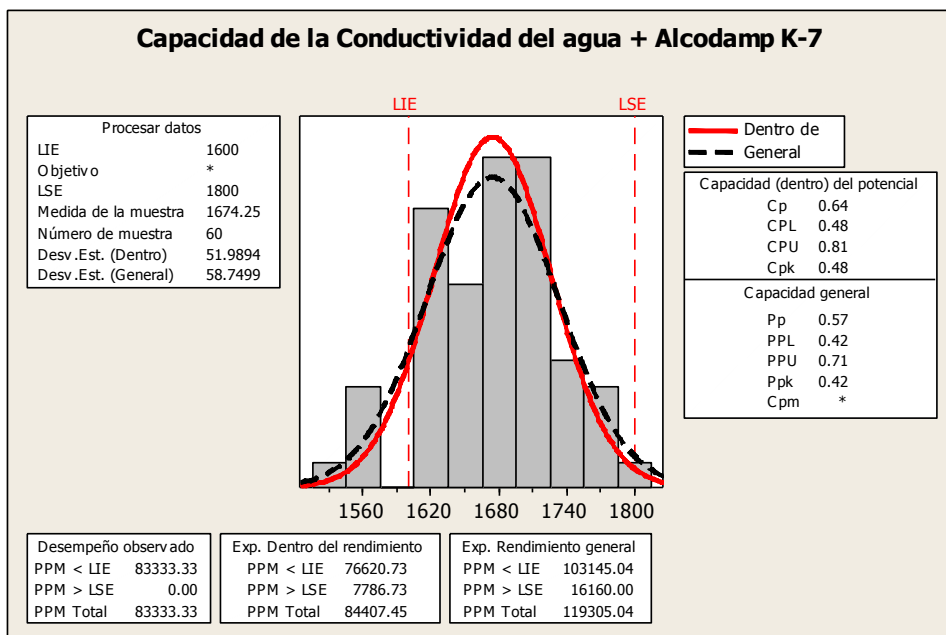


Figura 28. Capacidad del proceso Conductividad del agua Máquina K-7



# MÁQUINA MZ

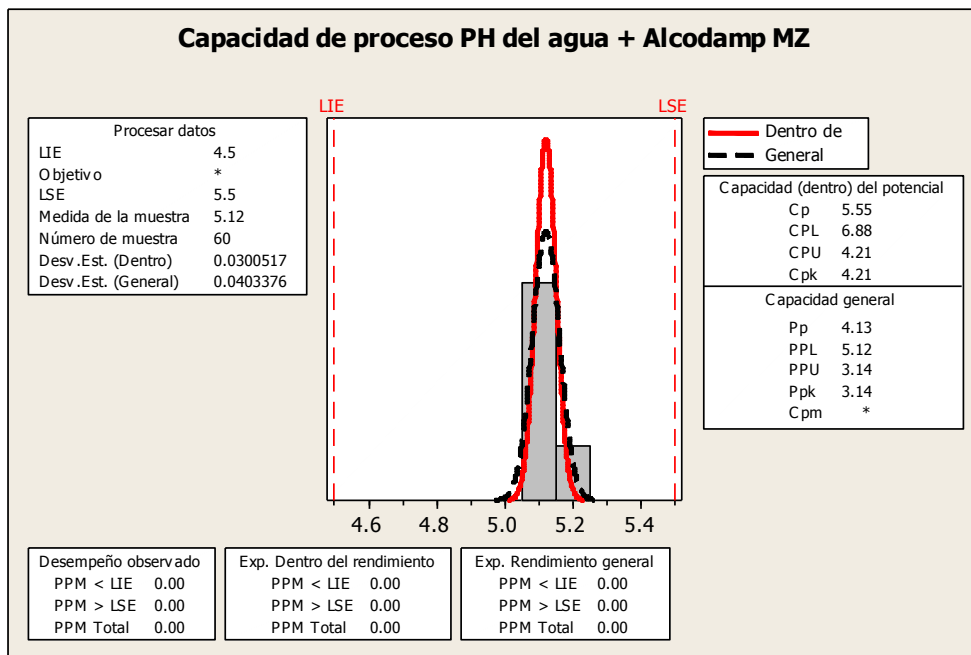


Figura 29. Capacidad del proceso PH del agua Máquina MZ

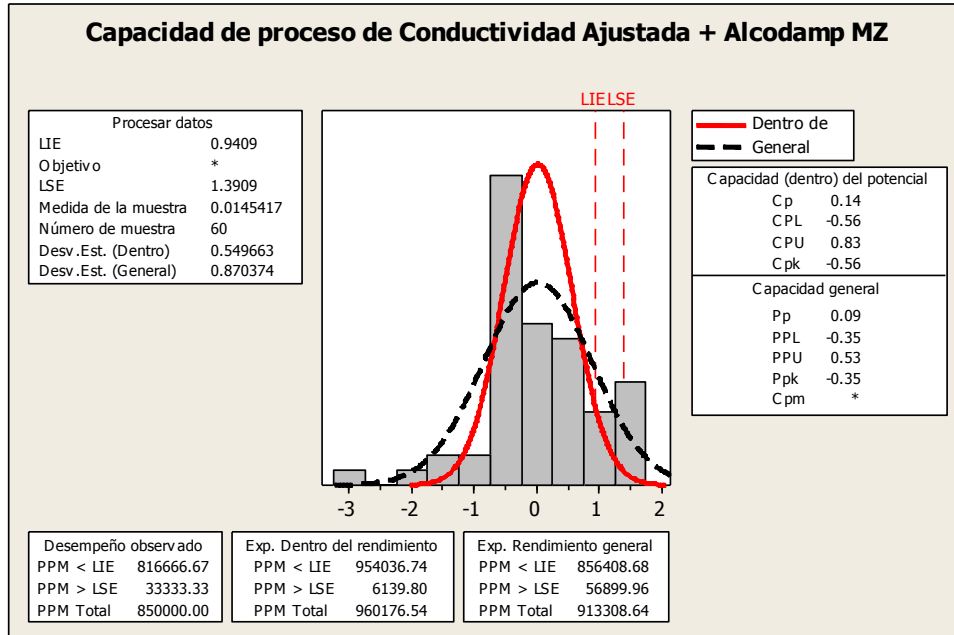


Figura 30. Capacidad del proceso Conductividad del agua Máquina MZ

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Índice	MÁQUINA									
	K-4		K-5		K-6		K-7		MZ	
	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad	PH	Conductividad
C <sub>p</sub>	4.48	0.59	3.50	0.46	3.92	0.54	3.84	0.57	4.13	0.09
C <sub>pk</sub>	2.79	0.51	2.17	0.39	2.28	0.49	2.22	0.42	3.14	-0.35

*Cuadro 1. Valores de C<sub>p</sub> y C<sub>pk</sub> para cada máquina offset*

Se puede observar, a través del cuadro resumen, que los valores de C<sub>p</sub> y C<sub>pk</sub> para el PH del agua son mayores a 1.33, esto quiere decir, que el PH del agua con la solución Alcodamp se encuentra bajo control estadístico y dentro de los límites especificados (4.5-5.5).

El problema surge en los datos de la conductividad del agua ya que ningún valor de C<sub>p</sub> y C<sub>pk</sub> es mayor a 1.33, esto quiere decir que no se encuentran bajo control ni dentro de las especificaciones (1,600-1,800 mS/cm).

La máquina MZ es quien presente los menores valores, por lo cual puede ser la primera opción en determinar las causas de dichas variaciones.

### 2.2.3 GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLE EN CADA MÁQUINA OFFSET

Es necesario observar los datos de las variables por máquina offset por medio de gráficas de control, ya que estas permiten examinar el comportamiento de las mismas e identificar momentos en los cuales haya que actuar con algún tipo de acción correctiva, para posteriormente desarrollar planes preventivos.

A continuación se presentan las gráficas de control por variables<sup>7</sup> por máquina:

---

7. Se utiliza este tipo de gráfica de control ya que están basados en la observación de la variación de características medibles del producto.

# MÁQUINA K-4

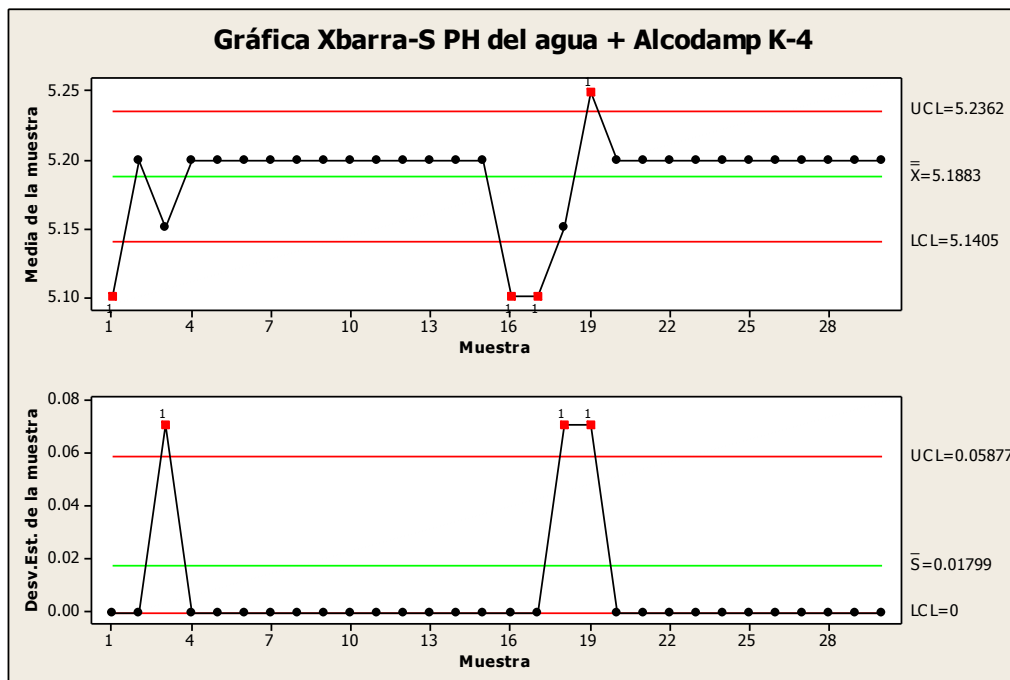


Figura 31. Gráfica de Control PH del agua Máquina K-4

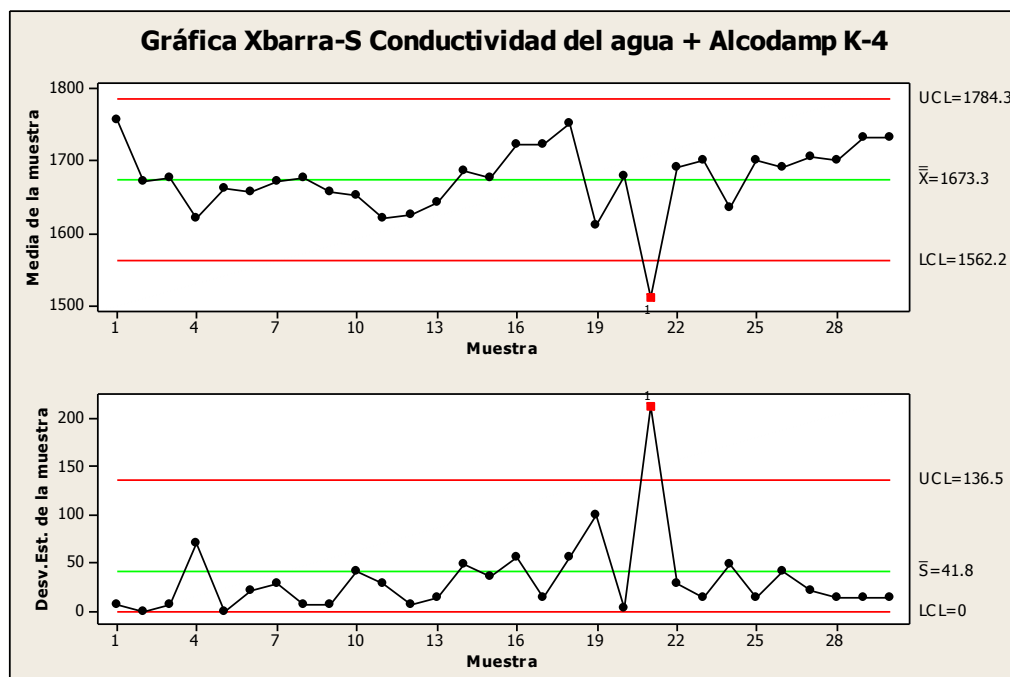


Figura 32. Gráfica de Control Conductividad del agua Máquina K-4

# MÁQUINA K-5

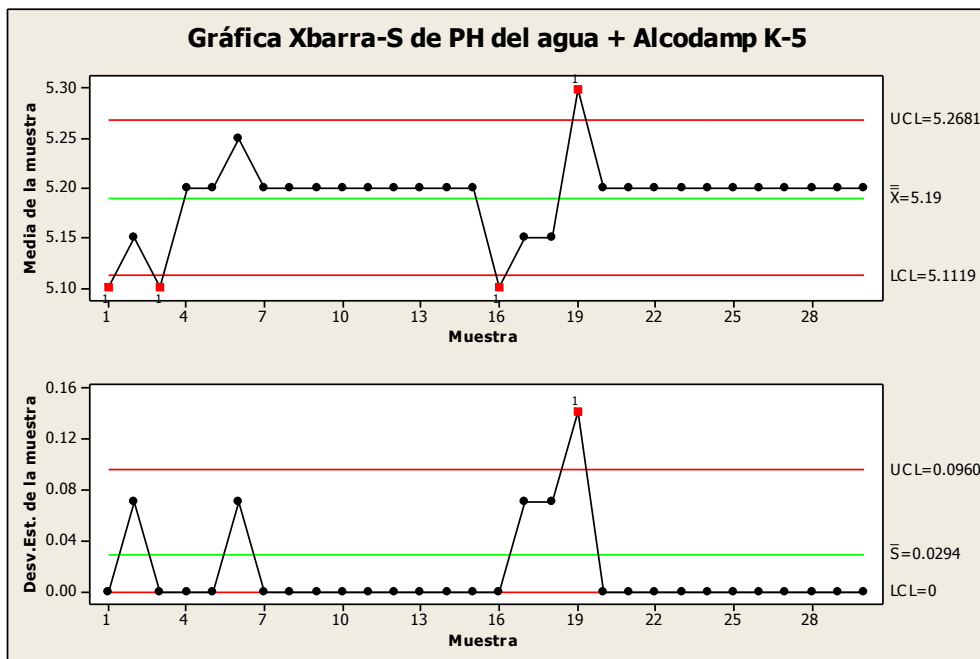


Figura 33. Gráfica de Control PH del agua Máquina K-5

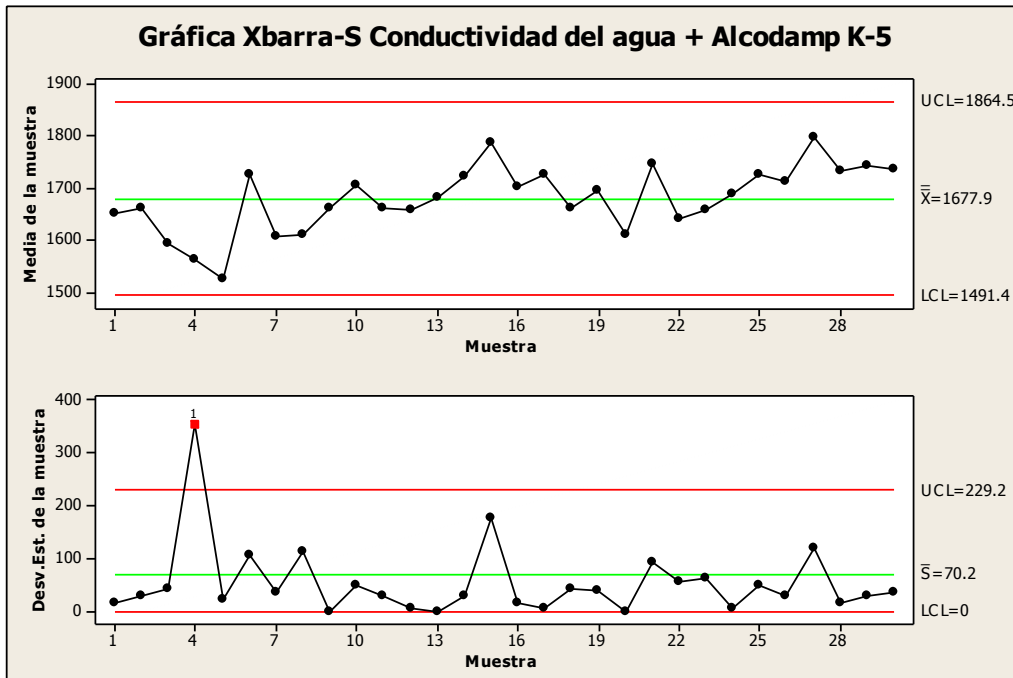


Figura 34. Gráfica de Control Conductividad del agua Máquina K-5

# MÁQUINA K-6

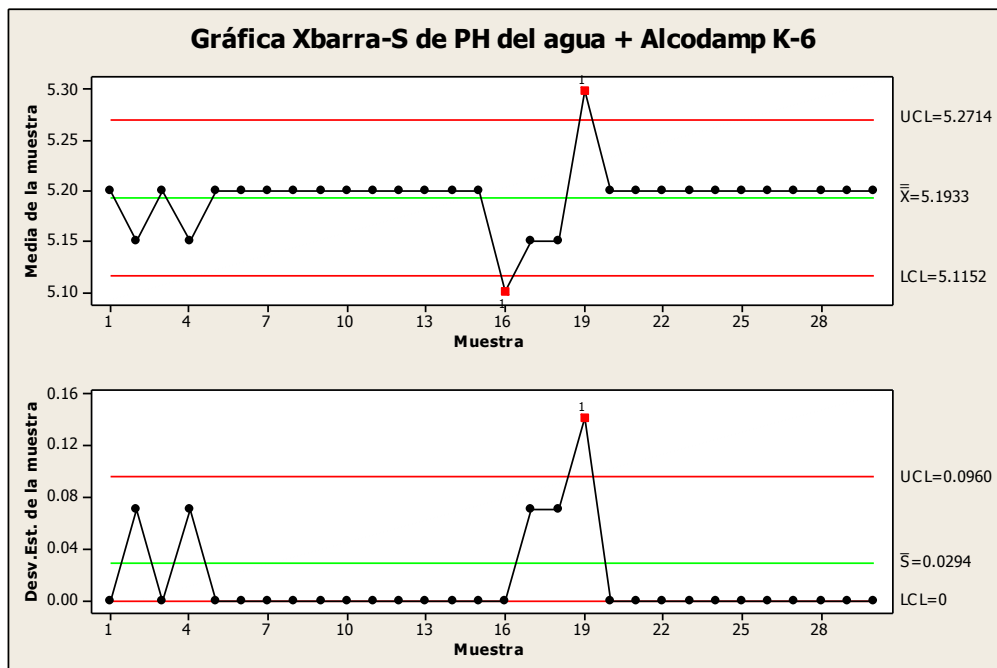


Figura 35. Gráfica de Control PH del agua Máquina K-6

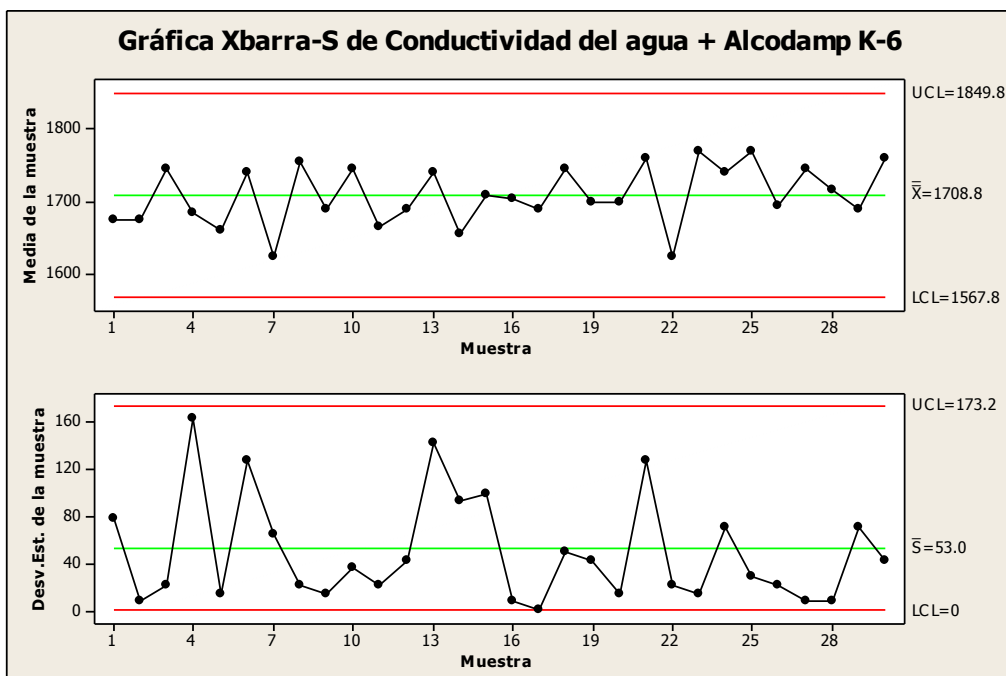


Figura 36. Gráfica de Control Conductividad del agua Máquina K-6

# MÁQUINA K-7

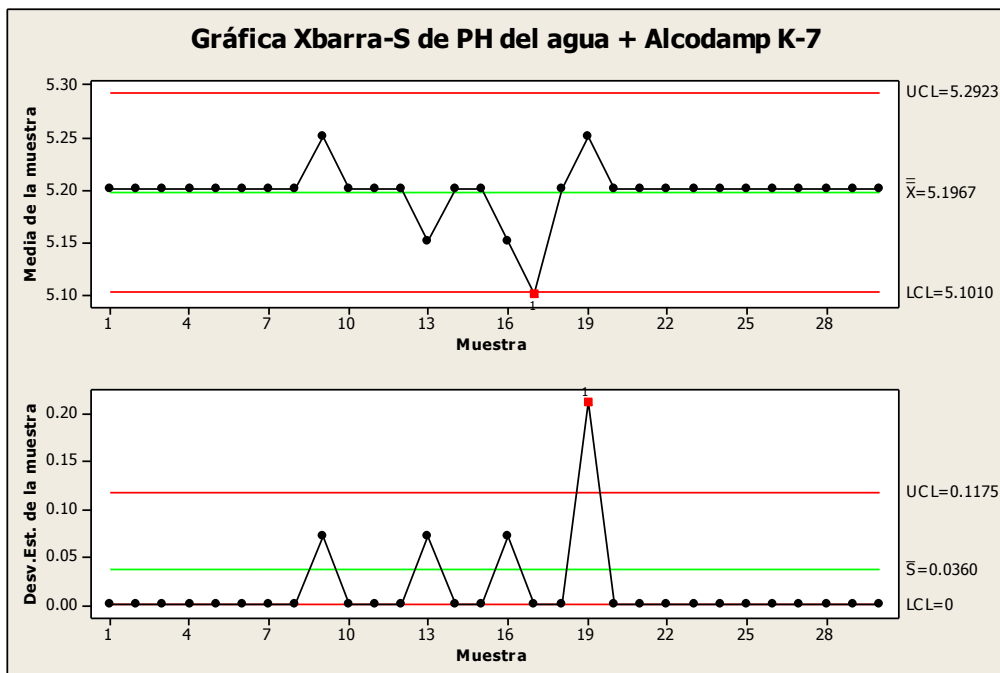


Figura 37. Gráfica de Control PH del agua Máquina K-7

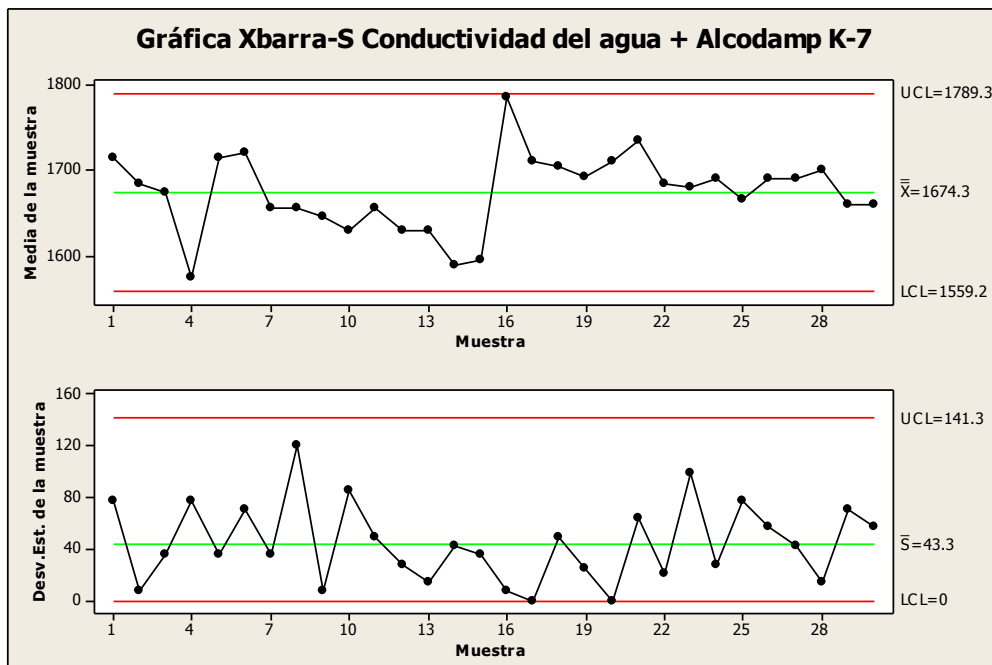


Figura 38. Gráfica de Control Conductividad del agua Máquina K-7

# MÁQUINA MZ

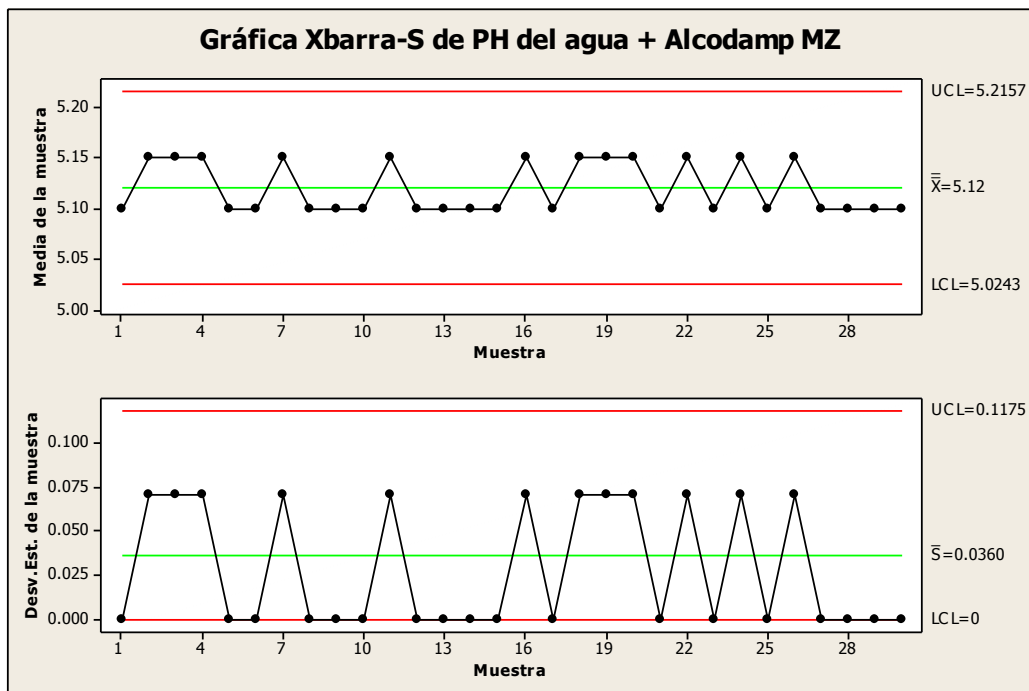


Figura 39. Gráfica de Control PH del agua Máquina MZ

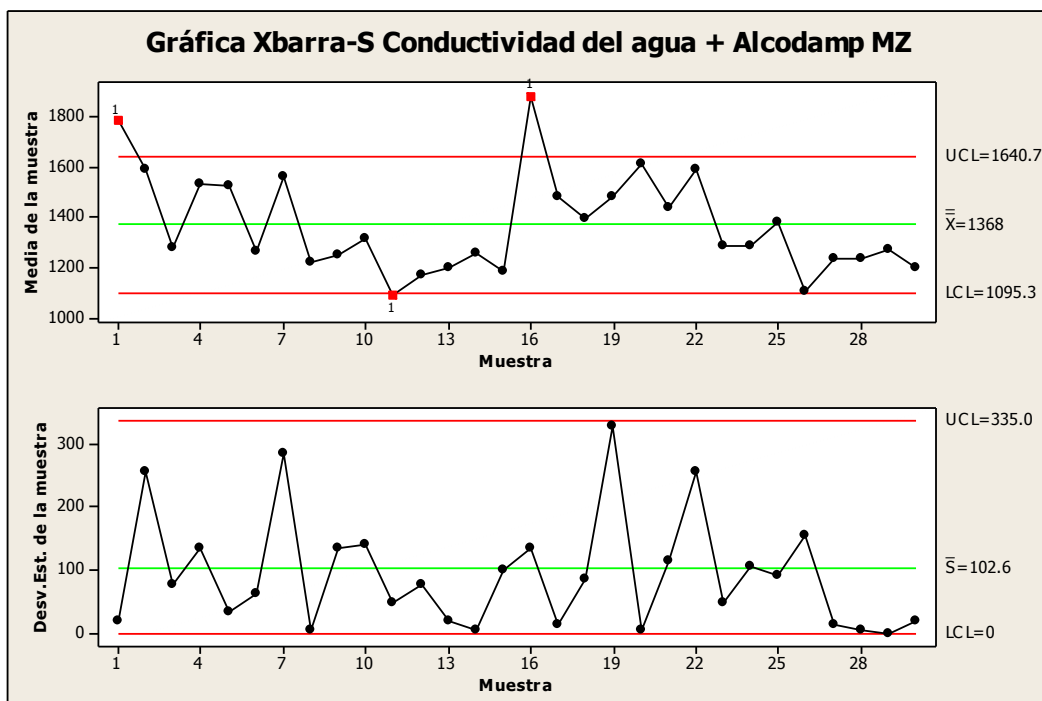


Figura 40. Gráfica de Control Conductividad del agua Máquina MZ

## INTERPRETACIÓN:

A través de las gráficas de control se tiene una visualización esquemática de la situación, además, ha permitido comprobar el análisis de la capacidad de los procesos, ya que en el caso del PH del agua en cada máquina, dicha variable se encuentra dentro de los límites de especificación.

Si bien es cierto, se pueden observar en cada gráfica de control del PH del agua, puntos que se encuentran por debajo de los límites de control, pero siempre dentro de los límites de especificación (4.5 a 5.5).

Caso contrario con la conductividad, ya que en ningún caso se encuentra dentro de los límites de especificación, se observa en cada gráfica de la conductividad que se tienen puntos por debajo de los límites de control y límites de especificación.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, Gráficos e Impresos S.A. de C.V. no realiza ningún tipo de gráficas de control e indicadores de capacidad, por lo cual dentro del plan de acción, que se detallará más adelante, se presentará la forma más sencilla y práctica por la cual podrán llevar dichos controles.

### 2.2.4 PUNTOS CRITICOS

A través del diagnóstico se han identificado los siguientes puntos críticos que darán soporte a la propuesta del plan de acción:

- ✓ Debilidad en la identificación de causa raíz de un problema
- ✓ Falta de categorización de los tipos de defectos
- ✓ Conductividad del agua fuera de los límites de control y especificación
- ✓ Inspección al 100% con un porcentaje de producto no conforme de la producción que rebasa a la política establecida por la empresa (Ver apartado 1.1)



### 3. PLAN DE ACCIÓN

Con la información recopilada en entrevistas, documentación y registros en la segunda etapa del trabajo (diagnóstico) se ha procedido a realizar los análisis respectivos, contribuyendo a determinar los puntos críticos que servirán de base para diseñar la siguiente propuesta de plan de acción a la empresa Gráficos e Impresos, S.A. de C.V.

ACCIONES	OBJETIVO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	TIEMPO ESTIMADO	RECURSOS	RESPONSABLES
Verificar que los problemas que pueden tener en el proceso de producción están englobados en la categorización de defectos presentada en el trabajo (Ver apartado 3.1)	Alinear los problemas de la empresa con la categorización de defectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar la categorización de defectos propuesta</li> <li>- Realizar los cambios en la categorización de defectos cuando la empresa lo estime conveniente</li> <li>- Adoptar la categorización de defectos</li> </ul>	1 Semana	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Personal</li> <li>- Registros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de Control de Calidad</li> <li>- Gerente de Producción</li> <li>- Jefes de Áreas</li> </ul>
Realizar análisis de causa y efecto para cada uno de los problemas que la empresa decida solucionar de acuerdo a su priorización	Identificar las causas de los problemas claves definidos por la empresa	- Elaborar diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa) de acuerdo a cada uno de los problemas identificados, usando como base el ejemplo planteado en el apartado 3.2	Dependerá de la magnitud del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Personal</li> <li>-Información, registros</li> <li>- Papelógrafo / Pizarra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de Control de Calidad</li> <li>- Gerente de Producción</li> <li>- Jefes de Áreas</li> </ul>
Solucionar los problemas de acuerdo a las causas determinadas en los Diagramas de Ishikawa	Erradicar los problemas que se han identificado	- Las actividades que la empresa considere pertinente	Dependerá de la magnitud del problema	Aquellos que la empresa decida asignar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de Control de Calidad</li> <li>- Gerente de Producción</li> <li>- Jefes de Áreas</li> </ul>

ACCIONES	OBJETIVO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	TIEMPO ESTIMADO	RECURSOS	RESPONSABLES
Desarrollar Gráficas de Control e Índices de Capacidad basados en los esquemas presentados en el trabajo (Ver apartado 3.3)	Visualizar tendencias del comportamiento de las variables críticas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar las variables críticas de calidad</li> <li>- Realizar pruebas de normalidad</li> <li>- Calcular de los Índices de Capacidad</li> <li>- Desarrollar las gráficas de control</li> </ul>	1 Semana	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Personal</li> <li>-PH-Metro</li> <li>Conductímetro</li> <li>-Registros</li> <li>-Microsoft Excel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de Calidad</li> <li>- Preparador de Tinta</li> </ul>
Desarrollar un Plan de Muestreo de acuerdo a los tipos y cantidad de producto, usando como base los casos presentados en el apartado 3.4	Optimizar el tiempo de inspección y agilizar la verificación de los lotes de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar el plan de muestreo propuesto de acuerdo a la cantidad de productos por lote</li> </ul>	1 Semana	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Personal</li> <li>-Registros</li> <li>-Military</li> <li>Standard 105E</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encargado de Calidad</li> <li>- Personal de Empaque</li> </ul>

*Cuadro 2. Matriz de Plan de Acción*

A continuación se presenta el desarrollo de las herramientas que dan soporte al plan de acción.

### 3.1 CATEGORIZACIÓN DE DEFECTOS

Se recomienda que la empresa Gráficos e Impresos S. A. de C.V. haga uso de la siguiente Categorización de Defectos, basada en información recopilada durante las entrevistas con el Encargado de Calidad, registros en las fichas de aseguramiento de la calidad y la categorización de defectos proporcionada por el cliente mayoritario (ver Anexo 2), quien es el único que les ha entregado dicha clasificación.

Los criterios para la aceptación o rechazo de las muestras del producto terminado analizadas por inspección visual, ya sea por el Jefe de Empaque o Encargado de Calidad, son los siguientes:

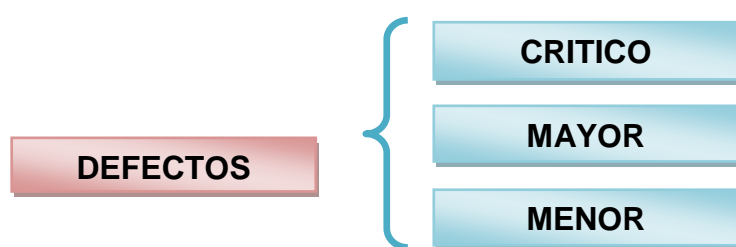


Figura 41. Tipos de defectos

**DEFECTO CRÍTICO:** El producto se acepta con cero defectos críticos, es decir que no cumple con las especificaciones por el cliente. Cuando hay algún defecto crítico el producto es calificado como no aceptable.

**DEFECTO MAYOR:** Serán los visualizados de manera mínima ante los ojos del cliente, por lo cual se condicionará la aceptación hasta nueva inspección.

**DEFECTO MENOR:** Serán los visualizados de manera leve por el personal calificado de empaque, control de calidad y clientes, por lo cual se aceptará con los defectos menores.

CATEGORIZACIÓN EN EL PRODUCTO TERMINADO (CAJAS)

ITEMS	DEFECTO	MARCAR LA APLICABLE
<b>1</b>	<b>DEFECTOS DE IMPRESIÓN</b>	
<b>1.1</b>	<b>Crítico</b>	
1.1.1	Impresión fuera de tono (Se compara el tono de impresión con la especificación del cliente)	
1.1.2	Apariencia en la impresión (Presencia de manchas en la tinta, letras corridas)	
1.1.3	Impresión movida (Se constata si la impresión está movida o fuera de lugar)	
1.1.4	Impresión defectuoso o no legible	
1.1.5	Texto, logos incorrectos e incompletos	
<b>1.2</b>	<b>Mayor</b>	
1.2.1	Impresión rayada (Se constata su presencia y si mide 1.5 mm)	
<b>1.3</b>	<b>Menor</b>	
1.3.1	Impresión rayada (Se constata su presencia y si mide 2 mm)	
1.3.2	Impresión corrida pero legible	
<b>2</b>	<b>DEFECTOS DE BARNIZ</b>	
<b>2.1</b>	<b>Crítico</b>	
2.1.1	Parte del cuerpo sin barniz	
2.1.2	Ralladuras en el barniz	
<b>2.2</b>	<b>Mayor</b>	
2.2.2	Barniz fracturado	
<b>2.3</b>	<b>Menor</b>	
2.3.1	Impurezas en el barniz	
<b>3</b>	<b>DEFECTOS MECÁNICOS</b>	
<b>3.1</b>	<b>Crítico</b>	
3.1.1	Extremos desalineados (medir dimensiones de las cajas que cumplan con las especificaciones)	
3.1.2	Pestaña cortada	
<b>3.2</b>	<b>Mayor</b>	
3.2.1	Pestañas fracturadas (Constatar que no se encuentra abolladuras en las pestañas)	
<b>4</b>	<b>DEFECTOS DE CIERRE</b>	
<b>4.1</b>	<b>Crítico</b>	
4.1.1	Cierre flojo (Cajas no cierran correctamente)	
<b>4.2</b>	<b>Mayor</b>	
4.2.1	Ganchos fuera de dimensión (Constatar si no perjudica mucho en el correcto cierre de la caja)	
<b>5</b>	<b>DEFECTOS DE DIMENSIONES DE IMPRESIÓN</b>	
<b>5.1</b>	<b>Crítico</b>	
5.1.1	Dimensiones incorrectas de las impresiones que afectan gravemente al aspecto del material transformado	
<b>5.2</b>	<b>Mayor</b>	

5.2.1	No se ha identificado uno al momento	
5.3	<b>Menor</b>	
5.3.1	Dimensiones incorrectas pero que no afectan al aspecto o no impiden la correcta transformación	
<b>6</b>	<b>DEFECTOS GENERALES</b>	
6.1	<b>Crítico</b>	
6.1.1	Basura dentro de las cajas (Para medicamentos, comida)	
6.2	<b>Mayor</b>	
6.2.1	Basura dentro de las cajas (Otros rubro como zapatos, y otros)	

### 3.2 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)

El Diagrama de Causa y Efecto es una herramienta muy efectiva para hacer análisis en representación gráfica de los posibles factores que estén incidiendo en un problema específico. Es por ello que se recomienda a la Empresa Gráficos e Impresos, S.A. de C.V. el poder utilizarla para evaluar causas y efectos de manera más ordenada y lógica, a problemas que se presentan en el día a día, y a la vez para hacer análisis de los que pueden ser potenciales y así tomar decisiones preventivas para erradicar problemas futuros, en estos últimos tomando como base problemas representativos de acuerdo a registros históricos.

Se ofrece una breve explicación de cada uno de los pasos para aplicar la herramienta y luego se presenta gráficamente con un ejemplo sobre un rechazo que tuvo la empresa en el mes de mayo por uno de sus clientes mayoritarios.

Los pasos para armar el diagrama son los siguientes:

1. Paso 1: Definir de manera sencilla y breve el problema.
2. Paso 2: Mediante una tormenta de ideas identificar las posibles causas del problema.
3. Paso 3: Agrupar y priorizar para determinar las causas potenciales o principales, y validarlas con respecto al problema.

4. Paso 4: Identificar y añadir sub-causas para cada una de las potenciales o principales.
5. Paso 5: Identificar y añadir causas subsidiarias para las sub-causas identificadas, es importante en este paso llegar a determinar la causa raíz de cada rama.
6. Paso 6: De cada causa raíz identificada leer el diagrama en dirección al problema analizado, con la finalidad de establecer que están un sentido lógico.

Con lo anterior poder determinar en teoría cuales son las causas que tienen mayor incidencia bajos sus efectos en el problema analizado, y definir acciones correctivas y preventivas.

Basándose en las entrevistas e información recopilada en la empresa se presenta a continuación un ejemplo de la construcción de un diagrama de Causa y Efecto.

*Nota:* Para la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto puede utilizarse el programa de Minitab.

### Descripción del caso

El problema a analizar es *Impresión No Conforme* a Especificaciones en el Departamento de Prensa.

El departamento de prensa consta de cinco máquinas offset, cuatro máquinas imprimen un color (K-4, K-5, K-6 y K-7), y una que imprime dos colores (MZ).

Las cinco máquinas son manejadas por una sola persona cada una, los cuales añaden los pliegos cortados, las tintas, y solución mezclada de agua con Alcodamp Green M60 (E798), ajustan la presión de las máquinas en sus rodillos, colocan una por una las plantillas de colores, y van verificando la tonalidad de impresión que vaya acorde a las especificaciones del producto solicitado.

El departamento es de un solo turno, de lunes a viernes trabajan un turno de ocho horas y media, y los días sábados de cuatro horas y media. El trabajo es bajo presión para cumplir con los tiempos de entrega. Ellos se encuentran ubicados en una amplia zona de la planta, con iluminación blanca sobre cada una de las máquinas, cuenta con un ventilador industrial y la zona se encuentra señalizada en aspectos de emergencia y de avisos de seguridad industrial. Así mismo la empresa les proporciona equipo de seguridad industrial tales como chaquetas y tapa oídos.



Figura 42. Diagrama causa-efecto Problema Impresión no conforme

### 3.3 DESARROLLO DE GRÁFICAS DE CONTROL E ÍNDICES DE CAPACIDAD

#### 3.3.1 ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE CONTROL UTILIZANDO MICROSOFT EXCEL

En el siguiente apartado se describen los pasos que Gráficos e Impresos S.A. de C.V. puede seguir para realizar gráficas de control e índices de capacidad en Microsoft Excel:

*Paso 1:* Generar un cuadro donde se coloque el número de días, la conductividad del agua registrada en el turno matutino (AM), la conductividad del agua registrada en el turno vespertino (PM) y una celda con el nombre de “Media”.

Día	AM	PM	Media
1	1770	1790	
2	1800	1980	
3	1770	1470	
4	1410	1490	
5	1220	1450	
6	1330	1330	
7	1440	1250	
8	1630	1710	
9	1500	1610	
10	1550	1620	
11	1310	1520	
12	1220	1360	
13	1760	1770	
14	1360	1410	
15	1210	1320	
16	1220	1250	
17	1150	1210	
18	1340	1360	
19	1210	1310	
20	1410	1440	
21	1050	990	
22	1120	1210	

Figura 43. Ejemplificación del paso 1

*Paso 2:* En la celda “Media” colocar la función *Promedio* para determinar el promedio de la conductividad del agua para cada uno de los días de análisis.



Datos Conductividad del agua durante 30 días en turno matutino y vespertino para máquina offset MZ			
Día	AM	PM	Media
1	1770	1790	=PROMEDIO(C5:D5)
2	1800	1980	
3	1770	1470	
4	1410	1490	
5	1220	1450	
6	1330	1330	
7	1440	1250	
8	1630	1710	
9	1500	1610	
10	1550	1620	
11	1310	1520	
12	1220	1360	
13	1760	1770	
14	1360	1410	
15	1210	1320	
16	1220	1250	
17	1150	1210	
18	1340	1360	

Figura 44. Ejemplificación del paso 2

Paso 3: Al final de la tabla calcular el valor promedio de las medias colocadas en la columna con el mismo nombre.

Datos Conductividad del agua durante 30 días en turno matutino y vespertino para máquina offset MZ			
Día	AM	PM	Media
1	1770	1790	1780
2	1800	1980	1890
3	1770	1470	1620
26	1120	1210	1165
27	1110	1220	1165
28	1220	1240	1230
29	1210	1240	1225
30	1180	1230	1205
31	1250	1270	1260
32	1260	1270	1265
33	1110	1210	1160
34	1250	1180	1215
<b>Promedio de las m</b>			<b>+PROMEDIO(E5:E34)</b>

Figura 45. Ejemplificación del paso 3

**Paso 4:** Generar una nueva tabla, con los valores de los promedios de la muestra, donde se colocarán los valores calculados en el paso dos; una columna con el límite de especificación inferior (LEI), para el caso de la conductividad del agua equivale a un valor de 1,600 mS/cm; una columna con el límite de control (LC), es decir, el promedio de las medias calculado en el paso cuatro; y una última columna con el límite de especificación superior, que corresponde a un valor de 1,800 mS/cm.

Datos Conductividad del agua durante 30 días en turno matutino y vespertino para máquina offset MZ				
Día	AM	PM	Media	
1	1770	1790	1780	
2	1800	1980	1890	
3	1770	1470	1620	
4	1410	1490	1450	
23	1110	1220	1165	
24	1220	1240	1230	
25	1210	1240	1225	
26	1180	1230	1205	
27	1250	1270	1260	
28	1260	1270	1265	
29	1110	1210	1160	
30	1250	1180	1215	
Promedio de las medias			1368	

Promedio de la muestra	LEI	LC	LES
1780			
1890			
1620			
1450			
1335			
1330			
1225			
1205			
1260			
1265			
1160			
1215			

Figura 46.1. Ejemplificación del paso 4

Datos Conductividad del agua durante 30 días en turno matutino y vespertino para máquina offset MZ				
Día	AM	PM	Media	
1	1770	1790	1780	
2	1800	1980	1890	
3	1770	1470	1620	
4	1410	1490	1450	
23	1110	1220	1165	
24	1220	1240	1230	
25	1210	1240	1225	
26	1180	1230	1205	
27	1250	1270	1260	
28	1260	1270	1265	
29	1110	1210	1160	
30	1250	1180	1215	
Promedio de las medias			1368	

Promedio de la muestra	LEI	LC	LES
1780	1600	1368	1800
1890	1600	1368	1800
1620	1600	1368	1800
1450	1600	1368	1800
1335	1600	1368	1800
1330	1600	1368	1800
1225	1600	1368	1800
1205	1600	1368	1800
1260	1600	1368	1800
1265	1600	1368	1800
1160	1600	1368	1800
1215	1600	1368	1800

Figura 46.2. Ejemplificación del paso 4

Paso 5: Seleccionar todos los elementos de la nueva tabla y realizar los siguientes pasos:

- Dirigirse a la barra de tareas y elegir la opción “Insertar”,
- Elegir la opción “Línea” donde se desplegará una nueva barra y se debe escoger “Líneas”, la cual generará una gráfica de control.

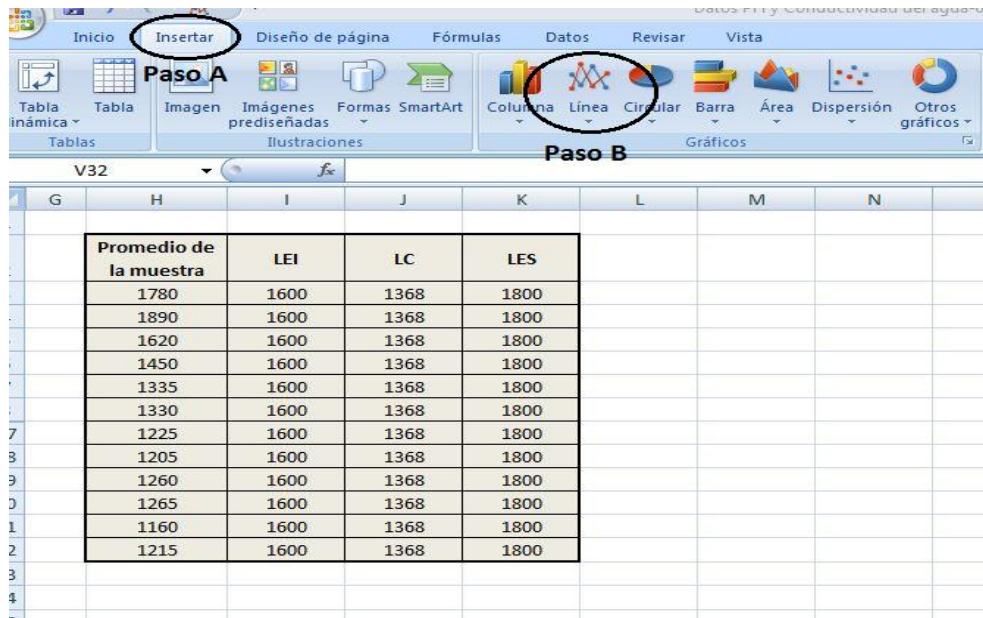


Figura 47. Ejemplificación del paso 5

Paso 6: Aparecerá la gráfica, disponible para realizar cualquier tipo de cambio en su diseño y formato.

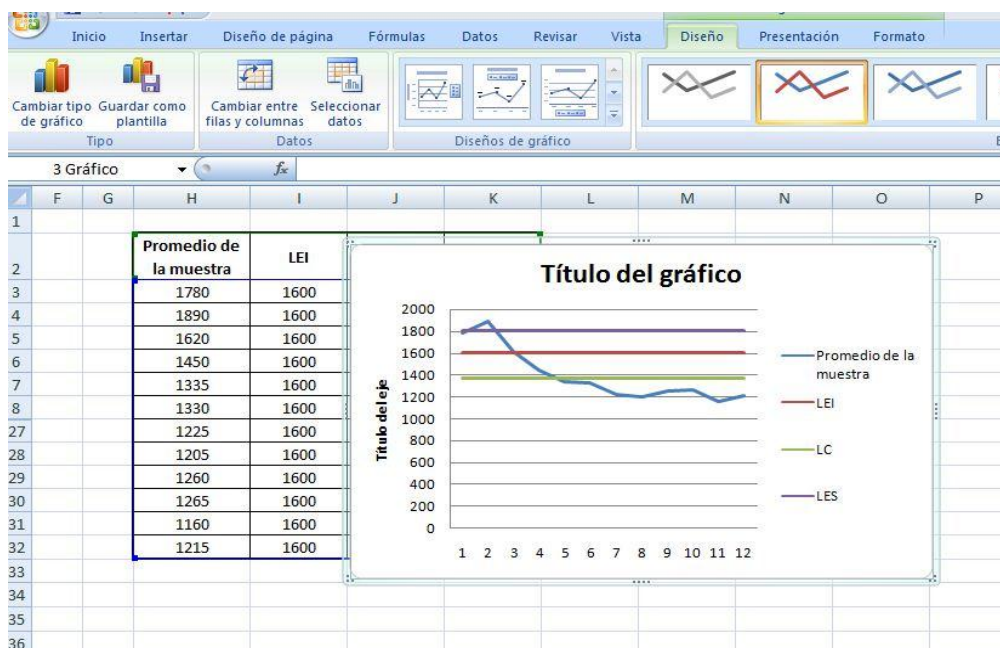


Figura 48.1. Ejemplificación del paso 6

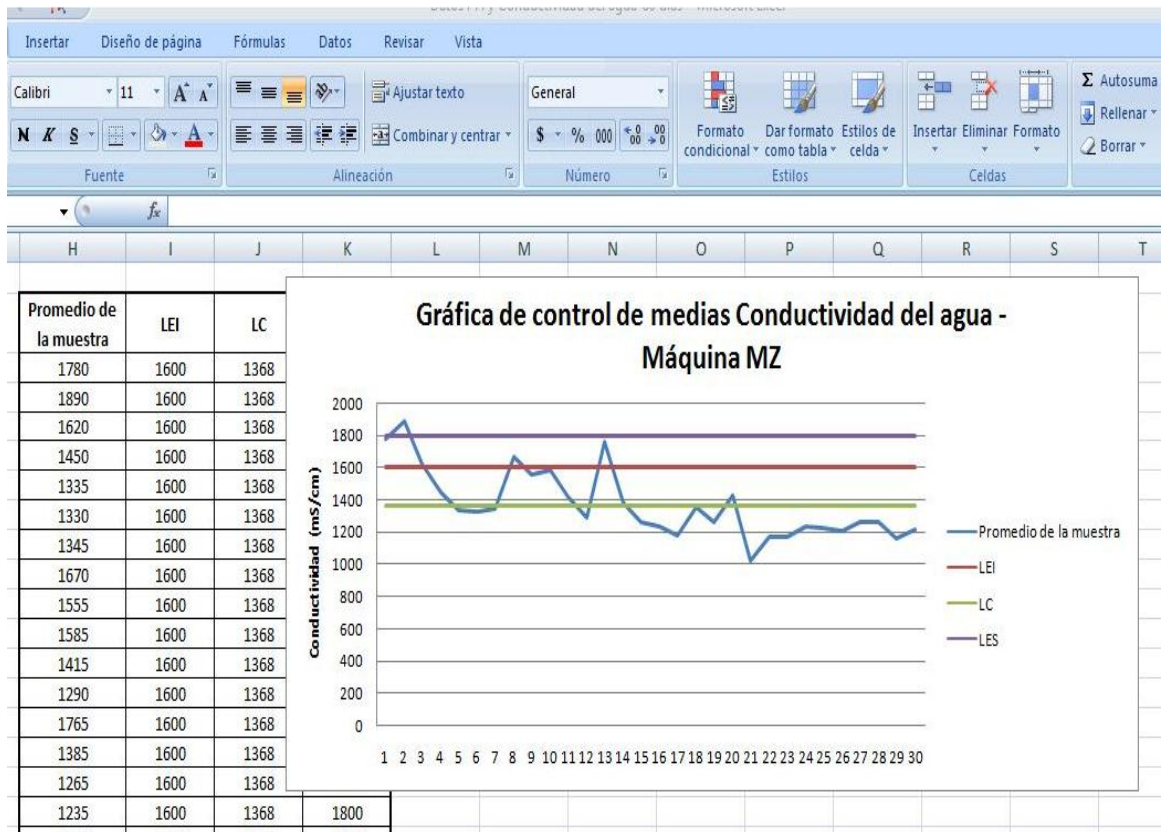


Figura 48.2. Ejemplificación del paso 6

Cuando se obtiene la gráfica de control se puede observar la tendencia de los datos, principalmente aquellos que salen de los límites de especificación inferior y superior, con el objetivo de identificar las causas que ocasionan las variaciones.

Es importante observar el efecto que pueden tener las variaciones en la capacidad de los procesos, identificando las causas y realizando acciones correctivas y preventivas.

El procedimiento descrito en este apartado es funcional para cualquier tipo de variable crítica de calidad que la empresa haya clasificado con anterioridad y que tiene efectos en la calidad de los productos entregados a los clientes.

### 3.3.2 ELABORACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD UTILIZANDO MICROSOFT EXCEL

Para la determinación de los índices de capacidad de los procesos, primeramente es necesario realizar una prueba de normalidad de las variables a analizar.

Ya que se busca que la empresa pueda realizar dichos análisis con las herramientas estadísticas más prácticas y que disponen más a su alcance, en esta sección se explicará paso a paso la forma de realizar una prueba de normalidad, ajuste de las variables y cálculos de los índices de capacidad a través de Microsoft Excel.

#### PRUEBA DE NORMALIDAD

Al igual que se realizó en el análisis de la situación actual, previo a la determinación de los índices de capacidad de los procesos, se debe hacer una prueba que defina si los datos que se han recogido de las variables sujetas de estudio (PH y Conductividad del agua, entre otros) siguen una distribución normal, para ello, se realizará la prueba Anderson-Darling. Dicha prueba es utilizada para comprobar si un conjunto de datos muestrales provienen de una población con una distribución de probabilidad normal, ésta se basa en la comparación de la distribución de probabilidades acumulada empírica (resultado de los datos) con la distribución de probabilidades acumulada teórica (definida en  $H_0$ ).

*Establecimiento de las hipótesis:*

$H_0$ : Las variables aleatorias del estudio siguen una distribución normal.

$H_1$ : Las variables aleatorias del estudio no siguen una distribución normal.

Si el estadístico de prueba ( $A^2$ ) es menor al valor crítico de Anderson-Darling ( $A^2_{\text{crítico}}$ ), se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ). *Fuente:* Averill M. Law, W. David Kelton (2000); “**Simulation Modeling and Analysis**”; Tercera Edición; Mc. Graw-Hill; Estados Unidos.

El estadístico de  $A^2$  está dado por la siguiente fórmula:

$A^2 = -n - S$  donde n: número de datos

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \quad \text{y} \quad S_i = \frac{(2i-1)}{n} [\text{Ln}F(Y_i) + \text{Ln}(1 - F(Y_{n+1-i}))]$$

A continuación se detallará el procedimiento para determinar la normalidad de los datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel utilizando los datos de la Conductividad del agua registrados en la Máquina Offset K-4:

*Paso 1:* Crear dos columnas, una de nombre “*i*” y otra “*2i-1*”, donde *i* representa el número de iteraciones. El número máximo que puede tomar *i* es el total de datos, en este caso en particular, será sesenta.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		Columna 1	Columna 2					
3		i	2i-1					
4		1	1					
5		2	3					
6		3	5					
7		4	7					
8		5	9					
9		6	11					
10		7	13					
55		52	103					
56		53	105					
57		54	107					
58		55	109					
59		56	111					
50		57	113					
51		58	115					
52		59	117					
53		60	119					
54								

Figura 49. Ejemplificación del paso 1

*Nota:* Se puede apreciar un salto de valores en ambas columnas, que va de 7 a 52 en la columna *i*, esto se ha realizado por efecto de espacio en la captura de la pantalla.

*Paso 2:* Crear dos columnas donde se colocan los datos a analizar, conductividad del agua. La columna  $Y_i$  con los datos ordenados de menor a mayor, y la columna  $Y_{n+1-i}$  con los datos ordenados de mayor a menor.

	N	O	P	Q	R	S
1						
2			<b>Columna 3</b>	<b>Columna 4</b>		
3			<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>n+1-i</sub></b>		
4			1360	1790		
5			1540	1760		
6			1570	1760		
7			1600	1750		
8			1600	1740		
9			1620	1740		
10			1620	1730		
11			1720	1630		
12			1720	1630		
13			1730	1620		
14			1740	1620		
15			1740	1600		
16			1750	1600		
17			1760	1570		
18			1760	1540		
19			1790	1360		

Figura 50. Ejemplificación del paso 2

Paso 3: Calcular la media aritmética y distribución estándar de los datos a través de las funciones: “PROMEDIO (número1, número2....)” y “DESVEST (número1, número2....):

	N	O	P	Q	R	S	T	U
1								
2			<b>Columna 3</b>	<b>Columna 4</b>				
3			<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>n+1-i</sub></b>				
4			1360	1790				
5			1540	1760				
6			1570	1760				
7			1600	1750				
8			1600	1740				
9			1620	1740				
10			1620	1730				
11			1720	1630				
12			1720	1630				
13			1730	1620				
14			1740	1620				
15			1740	1600				
16			1750	1600				
17			1760	1570				
18			1760	1540				
19			1790	1360				
20			<b>MEDIA</b>	1673				
21			<b>DESVEST</b>	61.16				

Figura 51. Ejemplificación del paso 3

Paso 4: Crear dos columnas donde se obtendrá la distribución normal acumulada de cada uno de los datos: " $F(Y_i)$ " y " $F(Y_{n+1-i})$ ". En Microsoft Excel se utiliza la función "DIST.NORM(valor, media, desviación estándar, Acum)".

- Valor: Valor cuya distribución se desea obtener.
- Media: Media aritmética de la distribución.
- Desviación estándar: Desviación estándar de la distribución.
- Acum: Valor lógico que determina la forma de la distribución, cuyo argumento es "Verdadero" para obtener la distribución acumulada.

The screenshot shows the Excel interface with the formula bar containing the function: `=+DISTR.NORM(O4,$O$76,$O$94,VERDADERO)`. Below the formula bar, a table is displayed with two columns: "Columna 5" and "Columna 6". The values in these columns represent the cumulative distribution function for a normal distribution with mean 0 and standard deviation 1. The values are symmetric around 0.5, with the highest values at the ends and the lowest in the middle.

Columna 5	Columna 6
1.513E-07	0.97186453
0.01467638	0.921965
0.04568657	0.921965
0.11552066	0.89524389
0.11552066	0.86245197
0.19196747	0.86245197
0.19196747	0.82326925
0.7776826	0.23973258
0.7776826	0.23973258
0.82326925	0.19196747
0.86245197	0.19196747
0.86245197	0.11552066
0.89524389	0.11552066
0.921965	0.04568657
0.921965	0.01467638
0.97186453	1.513E-07

Figura 52. Ejemplificación del paso 4

Paso 5: Las columnas siguientes se determinan a partir de los logaritmos naturales de las dos columnas anteriores:

- La columna 7 se determina directamente a partir de la función LN (<valor columna 5>).
- La columna 8 se determina a partir de la función LN (1-<valor columna 6>).



	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
1								
2								
3			<b>Columna 7</b>	<b>Columna 8</b>				
4			<b>Ln(F(Yi))</b>	<b>Ln(F(Yn+1-i))</b>				
5			-15.7040125	-3.57072435				
6			-4.22151601	-2.55059781				
7			-3.08595099	-2.55059781				
8			-2.1583059	-2.2561204				
9			-2.1583059	-1.98378211				
10			-1.65042937	-1.98378211				
11			-1.65042937	-1.73312787				
55			-0.2514368	-0.27408504				
56			-0.2514368	-0.27408504				
57			-0.19447198	-0.21315296				
58			-0.14797582	-0.21315296				
59			-0.14797582	-0.12275612				
60			-0.11065909	-0.12275612				
61			-0.08124802	-0.04676311				
62			-0.08124802	-0.01478514				
63			-0.02853885	-1.513E-07				
67								

Figura 53. Ejemplificación del paso 5

Paso 6: La última columna de la tabla se determina a partir de la ecuación  $S_i = \frac{(2i-1)}{n} [LnF(Y_i) + Ln(1 - F(Y_{n+1-i}))]$ ; o bien a partir de ( $\langle$ valor columna 2 $\rangle/60$ ) \* ( $\langle$ valor columna 7 $\rangle$  +  $\langle$ valor columna 8 $\rangle$ )

	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV
1							
2							
3			<b>Columna 9</b>				
4			<b>Si</b>				
5			-0.32124561				
6			-0.33860569				
7			-0.4697124				
8			-0.5150164				
9			-0.6213132				
10			-0.6662721				
11			-0.73310407				
55			-0.90214583				
56			-0.91966322				
57			-0.72693114				
58			-0.65605061				
59			-0.50085409				
60			-0.43959866				
61			-0.24535467				
62			-0.18726466				
63			-0.05660236				
67							

Figura 54. Ejemplificación del paso 6

Paso 7: Posteriormente se calcula la sumatoria de cada uno de los valores de la columna 9, por medio de la función “SUMA (número1, número2....)”, obteniéndose en este caso en particular un valor de -61.98.

	AF	AQ	AR	AS	AT	AU
1						
2		<b>Columna 9</b>				
3		Si				
4		-0.32124561				
5		-0.33860569				
6		-0.4697124				
7		-0.5150164				
8		-0.6213132				
9		-0.6662721				
10		-0.73310407				
55		-0.90214583				
56		-0.91966322				
57		-0.72693114				
58		-0.65605061				
59		-0.50085409				
60		-0.43959866				
61		-0.24535467				
62		-0.18726466				
63		-0.05660236				
67	<b>Sumatoria</b>	<b>-61.98</b>				

Figura 55. Ejemplificación del paso 7

A continuación se muestra el cuadro completo con los datos calculados en el procedimiento anterior:

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9
i	2i-1	Yi	Yn+1-i	F(Yi)	F(Yn+1-i)	Ln(F(Yi))	Ln(F(Yn+1-i))	Si
1	1	1360	1790	1.51298E-07	0.971864534	-15.70401252	-3.570724352	-0.321245614
2	3	1540	1760	0.014676378	0.921964998	-4.22151601	-2.550597808	-0.338605691
3	5	1570	1760	0.045686566	0.921964998	-3.085950985	-2.550597808	-0.469712399
4	7	1600	1750	0.115520659	0.895243891	-2.158305902	-2.256120405	-0.515016402
5	9	1600	1740	0.115520659	0.862451969	-2.158305902	-1.983782105	-0.621313201
6	11	1620	1740	0.191967466	0.862451969	-1.650429368	-1.983782105	-0.666272103
7	13	1620	1730	0.191967466	0.823269247	-1.650429368	-1.733127873	-0.733104069
8	15	1630	1720	0.239732579	0.777682602	-1.428231232	-1.503649197	-0.732970107
9	17	1630	1720	0.239732579	0.777682602	-1.428231232	-1.503649197	-0.830699455
10	19	1640	1720	0.293338715	0.777682602	-1.226427314	-1.503649197	-0.864524229
11	21	1640	1720	0.293338715	0.777682602	-1.226427314	-1.503649197	-0.955526779
12	23	1650	1720	0.351916578	0.777682602	-1.044361127	-1.503649197	-0.976737291
13	25	1650	1710	0.351916578	0.726041445	-1.044361127	-1.294778442	-0.974641487
14	27	1650	1710	0.351916578	0.726041445	-1.044361127	-1.294778442	-1.052612806
15	29	1650	1710	0.351916578	0.726041445	-1.044361127	-1.294778442	-1.130584125
16	31	1650	1710	0.351916578	0.726041445	-1.044361127	-1.294778442	-1.208555444
17	33	1660	1710	0.414242379	0.726041445	-0.88130402	-1.294778442	-1.196845354
18	35	1660	1710	0.414242379	0.726041445	-0.88130402	-1.294778442	-1.269381436
19	37	1660	1700	0.414242379	0.669081492	-0.88130402	-1.105883132	-1.225432077
20	39	1660	1690	0.414242379	0.607908657	-0.88130402	-0.936260448	-1.181416904
21	41	1660	1690	0.414242379	0.607908657	-0.88130402	-0.936260448	-1.242002386
22	43	1670	1690	0.478810412	0.607908657	-0.73645056	-0.936260448	-1.198776223
23	45	1670	1690	0.478810412	0.607908657	-0.73645056	-0.936260448	-1.254533256
24	47	1670	1690	0.478810412	0.607908657	-0.73645056	-0.936260448	-1.31029029
25	49	1670	1680	0.478810412	0.543940635	-0.73645056	-0.785132292	-1.242625996
26	51	1670	1680	0.478810412	0.543940635	-0.73645056	-0.785132292	-1.293345424
27	53	1670	1680	0.478810412	0.543940635	-0.73645056	-0.785132292	-1.344064853
28	55	1670	1680	0.478810412	0.543940635	-0.73645056	-0.785132292	-1.394784281
29	57	1670	1680	0.478810412	0.543940635	-0.73645056	-0.785132292	-1.44550371
30	59	1675	1680	0.511413591	0.543940635	-0.67057664	-0.785132292	-1.431447117
31	61	1680	1675	0.543940635	0.511413591	-0.608915165	-0.716238937	-1.347240003
32	63	1680	1670	0.543940635	0.478810412	-0.608915165	-0.65164141	-1.323584404
33	65	1680	1670	0.543940635	0.478810412	-0.608915165	-0.65164141	-1.365602956
34	67	1680	1670	0.543940635	0.478810412	-0.608915165	-0.65164141	-1.407621509
35	69	1680	1670	0.543940635	0.478810412	-0.608915165	-0.65164141	-1.449640061
36	71	1680	1670	0.543940635	0.478810412	-0.608915165	-0.65164141	-1.491658614
37	73	1690	1670	0.607908657	0.478810412	-0.497730644	-0.65164141	-1.398402666
38	75	1690	1670	0.607908657	0.478810412	-0.497730644	-0.65164141	-1.436715067
39	77	1690	1670	0.607908657	0.478810412	-0.497730644	-0.65164141	-1.475027469
40	79	1690	1660	0.607908657	0.414242379	-0.497730644	-0.534849191	-1.359563449
41	81	1690	1660	0.607908657	0.414242379	-0.497730644	-0.534849191	-1.393982777
42	83	1700	1660	0.669081492	0.414242379	-0.401849415	-0.534849191	-1.295766406
43	85	1710	1660	0.726041445	0.414242379	-0.320148179	-0.534849191	-1.211246275
44	87	1710	1660	0.726041445	0.414242379	-0.320148179	-0.534849191	-1.239746188
45	89	1710	1650	0.726041445	0.351916578	-0.320148179	-0.433735853	-1.118261315
46	91	1710	1650	0.726041445	0.351916578	-0.320148179	-0.433735853	-1.143390782
47	93	1710	1650	0.726041445	0.351916578	-0.320148179	-0.433735853	-1.16852025
48	95	1710	1650	0.726041445	0.351916578	-0.320148179	-0.433735853	-1.193649718
49	97	1720	1650	0.777682602	0.351916578	-0.251436805	-0.433735853	-1.107695796
50	99	1720	1640	0.777682602	0.293338715	-0.251436805	-0.347203815	-0.987757023
51	101	1720	1640	0.777682602	0.293338715	-0.251436805	-0.347203815	-1.00771171
52	103	1720	1630	0.777682602	0.239732579	-0.251436805	-0.274085038	-0.902145829
53	105	1720	1630	0.777682602	0.239732579	-0.251436805	-0.274085038	-0.919663224
54	107	1730	1620	0.823269247	0.191967466	-0.194471979	-0.213152957	-0.726931135
55	109	1740	1620	0.862451969	0.191967466	-0.14797582	-0.213152957	-0.656050611
56	111	1740	1600	0.862451969	0.115520659	-0.14797582	-0.122756122	-0.500854092
57	113	1750	1600	0.895243891	0.115520659	-0.110659094	-0.122756122	-0.439598656
58	115	1760	1570	0.921964998	0.045686566	-0.081248019	-0.046763114	-0.245354673
59	117	1760	1540	0.921964998	0.014676378	-0.081248019	-0.014785142	-0.187264664
60	119	1790	1360	0.971864534	1.51298E-07	-0.028538853	-1.51298E-07	-0.056602358
	MEDIA	1673					Sumatoria	-61.98
	DESV STD	61.16						

Cuadro 3. Matriz completa Prueba de Normalidad

Paso 8: Se procede a calcular el estadístico de Anderson-Darling, a través de la ecuación  $A^2 = -n - S$ , donde se sustituyen los valores de “n” y “S” (n representa el número de datos que se tienen, en este caso en específico son 60 datos; y S representa la sumatoria de los datos de la Columna 9),  $A^2 = -(60) - (-61.98)$ , obteniéndose como resultado un valor de 1.98

El estadístico de prueba de Anderson-Darling ( $A^2$ ) es mayor al valor crítico de Anderson-Darling ( $A^2_{\text{crítico}}$ ), para un nivel de confianza del 95% según la tabla 3, por lo cual se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Case	Adjusted test statistic	1 - $\alpha$			
		0.900	0.950	0.975	0.990
All parameters known	$A_n^2$ for $n \geq 5$	1.933	2.492	3.070	3.857
$N(\bar{X}(n), S^2(n))$	$\left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2}\right) A_n^2$	0.632	0.751	0.870	1.029
<b>Distribución normal</b> Expo( $\bar{X}(n)$ )	$\left(1 + \frac{0.6}{n}\right) A_n^2$	1.070	1.326	1.587	1.943
Weibull( $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ )	$\left(1 + \frac{0.2}{\sqrt{n}}\right) A_n^2$	0.637	0.757	0.877	1.038
Log-logistic( $\hat{\alpha}, \hat{\beta}$ )	$\left(1 + \frac{0.25}{\sqrt{n}}\right) A_n^2$	0.563	0.660	0.769	0.906

Tabla 3: Valores críticos de Anderson-Darling para diferentes tipos de distribuciones según el nivel de confianza. Fuente: Averill M. Law, W. David Kelton (2000); “**Simulation Modeling and Analysis**”; Tercera Edición; Mc. Graw-Hill; Estados Unidos.

Si los datos no siguen una distribución normal, a través de Microsoft Excel es complejo poder calcular índices de capacidad de los procesos, por lo cual se procede a realizar un ajuste en los datos del cuadro 3 eliminando los valores extremos, es decir el valor mínimo (*i-mínimo* de la columna 1) y máximo (*i-máximo* de la columna 1).

Se eliminan dichos valores porque en una distribución normal, la media aritmética busca los valores extremos.

A continuación se presenta el nuevo cuadro con los valores ajustados.

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9
i	2i-1	Y <sub>i</sub>	Y <sub>n+1-i</sub>	F(Y <sub>i</sub> )	F(Y <sub>n+1-i</sub> )	Ln(F(Y <sub>i</sub> ))	Ln(F(Y <sub>n+1-i</sub> ))	S <sub>i</sub>
1	1	1540	1760	0.00085888	0.97210851	-7.05987709	-3.57943377	-0.18343639
2	3	1570	1760	0.00720679	0.97210851	-4.93273212	-3.57943377	-0.44028444
3	5	1600	1750	0.03933607	0.95383947	-3.23561349	-3.0756301	-0.54407272
4	7	1600	1740	0.03933607	0.92700341	-3.23561349	-2.61734261	-0.70639125
5	9	1620	1740	0.09687816	0.92700341	-2.33430119	-2.61734261	-0.76835852
6	11	1620	1730	0.09687816	0.88959608	-2.33430119	-2.20360962	-0.86063826
7	13	1630	1720	0.14228744	0.84011598	-1.94990606	-1.83330661	-0.84796146
8	15	1630	1720	0.14228744	0.84011598	-1.94990606	-1.83330661	-0.97841707
9	17	1640	1720	0.20027186	0.84011598	-1.60807953	-1.83330661	-1.00868214
10	19	1640	1720	0.20027186	0.84011598	-1.60807953	-1.83330661	-1.12735063
11	21	1650	1720	0.27053279	0.84011598	-1.30736196	-1.83330661	-1.13713862
12	23	1650	1710	0.27053279	0.77800905	-1.30736196	-1.50511868	-1.11529405
13	25	1650	1710	0.27053279	0.77800905	-1.30736196	-1.50511868	-1.21227614
14	27	1650	1710	0.27053279	0.77800905	-1.30736196	-1.50511868	-1.30925823
15	29	1650	1710	0.27053279	0.77800905	-1.30736196	-1.50511868	-1.40624032
16	31	1660	1710	0.35132183	0.77800905	-1.04605259	-1.50511868	-1.36355706
17	33	1660	1710	0.35132183	0.77800905	-1.04605259	-1.50511868	-1.45152848
18	35	1660	1700	0.35132183	0.70403398	-1.04605259	-1.21751063	-1.36594333
19	37	1660	1690	0.35132183	0.62042235	-1.04605259	-0.96869608	-1.28527071
20	39	1660	1690	0.35132183	0.62042235	-1.04605259	-0.96869608	-1.3547448
21	41	1670	1690	0.43947276	0.62042235	-0.82217955	-0.96869608	-1.26596381
22	43	1670	1690	0.43947276	0.62042235	-0.82217955	-0.96869608	-1.32771814
23	45	1670	1690	0.43947276	0.62042235	-0.82217955	-0.96869608	-1.38947247
24	47	1670	1680	0.43947276	0.53074473	-0.82217955	-0.75660837	-1.27936263
25	49	1670	1680	0.43947276	0.53074473	-0.82217955	-0.75660837	-1.33380359
26	51	1670	1680	0.43947276	0.53074473	-0.82217955	-0.75660837	-1.38824456
27	53	1670	1680	0.43947276	0.53074473	-0.82217955	-0.75660837	-1.44268552
28	55	1670	1680	0.43947276	0.53074473	-0.82217955	-0.75660837	-1.49712648
29	57	1675	1680	0.48501047	0.53074473	-0.7235848	-0.75660837	-1.4546726
30	59	1680	1675	0.53074473	0.48501047	-0.63347411	-0.66360871	-1.31944631
31	61	1680	1670	0.53074473	0.43947276	-0.63347411	-0.57887743	-1.27505938
32	63	1680	1670	0.53074473	0.43947276	-0.63347411	-0.57887743	-1.3168646
33	65	1680	1670	0.53074473	0.43947276	-0.63347411	-0.57887743	-1.35866983
34	67	1680	1670	0.53074473	0.43947276	-0.63347411	-0.57887743	-1.40047505
35	69	1680	1670	0.53074473	0.43947276	-0.63347411	-0.57887743	-1.44228028
36	71	1690	1670	0.62042235	0.43947276	-0.47735483	-0.57887743	-1.29297397
37	73	1690	1670	0.62042235	0.43947276	-0.47735483	-0.57887743	-1.32939578
38	75	1690	1670	0.62042235	0.43947276	-0.47735483	-0.57887743	-1.36581758
39	77	1690	1660	0.62042235	0.35132183	-0.47735483	-0.43281856	-1.20833364
40	79	1690	1660	0.62042235	0.35132183	-0.47735483	-0.43281856	-1.23971893
41	81	1700	1660	0.70403398	0.35132183	-0.35092866	-0.43281856	-1.09454353
42	83	1710	1660	0.77800905	0.35132183	-0.25101712	-0.43281856	-0.97859244
43	85	1710	1660	0.77800905	0.35132183	-0.25101712	-0.43281856	-1.00217298
44	87	1710	1650	0.77800905	0.27053279	-0.25101712	-0.31544086	-0.84968697
45	89	1710	1650	0.77800905	0.27053279	-0.25101712	-0.31544086	-0.86922001
46	91	1710	1650	0.77800905	0.27053279	-0.25101712	-0.31544086	-0.88875304
47	93	1710	1650	0.77800905	0.27053279	-0.25101712	-0.31544086	-0.90828608
48	95	1720	1650	0.84011598	0.27053279	-0.17421532	-0.31544086	-0.80202307
49	97	1720	1640	0.84011598	0.20027186	-0.17421532	-0.22348343	-0.66511689
50	99	1720	1640	0.84011598	0.20027186	-0.17421532	-0.22348343	-0.67883064
51	101	1720	1630	0.84011598	0.14228744	-0.17421532	-0.15348624	-0.57065273
52	103	1720	1630	0.84011598	0.14228744	-0.17421532	-0.15348624	-0.58195278
53	105	1730	1620	0.88959608	0.09687816	-0.11698776	-0.1018978	-0.39625836
54	107	1740	1620	0.92700341	0.09687816	-0.07579803	-0.1018978	-0.32781818
55	109	1740	1600	0.92700341	0.03933607	-0.07579803	-0.04013063	-0.21786594
56	111	1750	1600	0.95383947	0.03933607	-0.0472599	-0.04013063	-0.16724739
57	113	1760	1570	0.97210851	0.00720679	-0.02828784	-0.00723288	-0.06920417
58	115	1760	1540	0.97210851	0.00085888	-0.02828784	-0.00085925	-0.05779165
	MEDIA	1677					Sumatoria	-58.52
	DESV STD	43.58						

Cuadro 4. Matriz completa Prueba de Normalidad Datos Ajustados

Se puede observar que al haberse eliminado los valores extremos (*i-mínimo* e *i-máximo*) del cuadro 3, ahora el valor de “n” es igual a 58 (total de datos en el ajuste).

Con los nuevos datos se calcula el estadístico de Anderson-Darling, a través de la ecuación  $A^2 = -n \sum S$ , obteniéndose el siguiente resultado  $A^2 = -(58) - (-58.52)$ , obteniéndose como resultado un valor de 0.52.

El estadístico de prueba de Anderson-Darling ( $A^2$ ) es menor al valor crítico de Anderson-Darling ( $A^2_{\text{crítico}}$ ), para un nivel de confianza del 95% según la tabla 3, por lo cual se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

### CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO “CP” Y “CPK”

Los cálculos que se realizan en esta sección, estarán basados en los resultados obtenidos del cuadro 4, ya que los datos se comportan con una distribución normal.

#### ***Cálculo de Cp***

Para calcular Cp se aplica:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma}$$

Donde “T” representa el campo de tolerancia de los datos y “ $\sigma$ ” la desviación estándar

$$C_p = \frac{\text{Límite de especificación superior} - \text{Límite de especificación inferior}}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{1800 - 1600}{6(43.58)}$$

$$C_p = 0.745$$

### **Cálculo de de Cpk**

Para calcular Cpk se aplica:

$$t_i = \frac{\mu - \text{Límite de especificación inferior}}{\sigma}$$

$$t_s = \frac{\text{Límite de especificación superior} - \mu}{\sigma}$$

Donde “ $\mu$ ” representa la media de la muestra y “ $\sigma$ ” la desviación estándar

A partir del menor valor de  $t_i$  o  $t_s$ , Cpk se calcula como  $C_{pk} = \frac{t_{min}}{3}$

Para el caso particular:

$$t_i = \frac{1677 - 1600}{43.58} = 1.77$$

$$t_s = \frac{1800 - 1677}{43.58} = 2.82$$

El menor valor de  $t$  es 1.77, por lo cual Cpk será

$$C_{pk} = \frac{1.77}{3}$$

**Cpk = 0.59**

Se puede comprobar que los valores de Cp y Cpk son menores a 1.33, concluyéndose que el proceso se encuentra fuera de control y especificaciones.

Todos los procedimientos descritos en este apartado son aplicables a cualquier tipo de variable de calidad medible, dentro del proceso de producción y que pueda ser crítico para la aceptación de los productos por parte del cliente.

### 3.4 PLAN DE MUESTREO

Con el objetivo de optimizar el tiempo de inspección y agilizar la verificación de los lotes de producción se ha recomendado a Gráficos e Impresos S.A. de C.V. desarrollar un plan de muestreo para la inspección de los lotes de producto terminado antes de ser enviado a los clientes.

En el presente apartado se elabora un plan de muestreo simple por atributos basado en las tablas Military Standard 105E.

Los pasos a seguir para la elaboración del plan de muestreo son los siguientes:

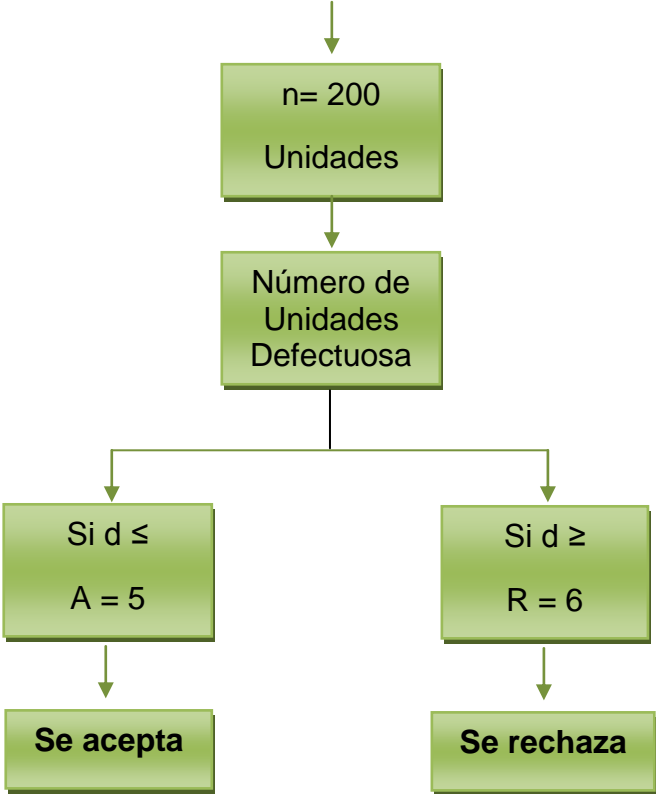
1. Buscar en Table I (Ver Anexo 3), el tamaño del lote.
2. Una vez identificado el tamaño del lote, dirigirse a la columna "*General Inspection Levels*" (Niveles Generales de Inspección), seleccionar el Nivel II (Valor recomendado por Military Standard 105E apartado 4.9.1) y observar el código correspondiente (letra asignada).
3. Buscar en Table II (Ver Anexo 4), la letra asignada en la primera columna y en la segunda columna se indicará el tamaño de la muestra a inspeccionar.
4. Las siguientes columnas muestran los diferentes valores de AQL (Nivel Aceptable de Calidad por sus siglas en inglés), en el caso particular se buscará un AQL de 1.0%, valor sugerido por el cliente mayoritario.
5. Por último, se observará la cantidad de productos que sirven de criterio para aceptar o rechazar un lote.

A continuación se presentan diferentes planes de muestreo por atributos dependiendo de la cantidad de productos del lote a inspeccionar:



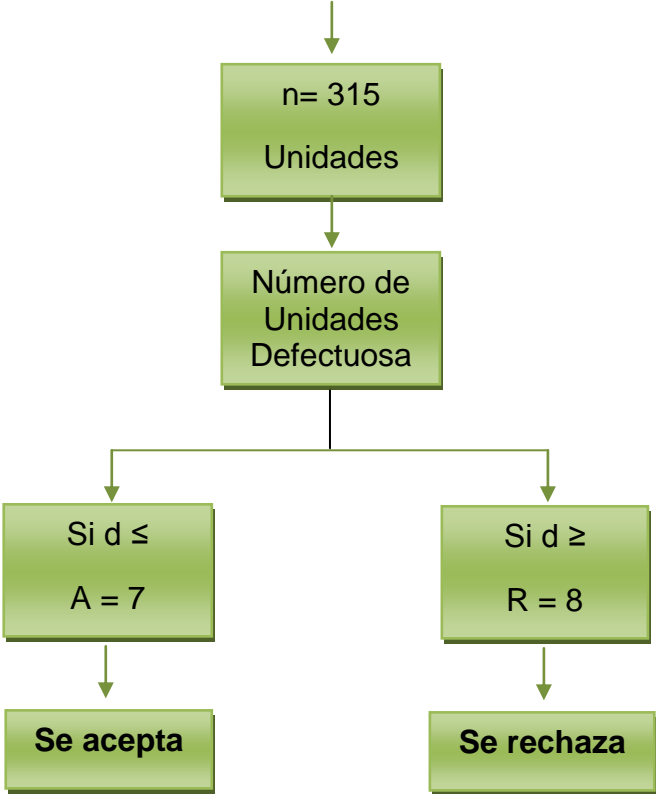
**CASO 1**

Tamaño del Lote de 3,201 a 10,000 unidades		
Nivel de Inspección: Nivel II		
AQL: 1%	Lote Código: L Tabla 1A	Tamaño de la muestra: 200 Tabla 2-A



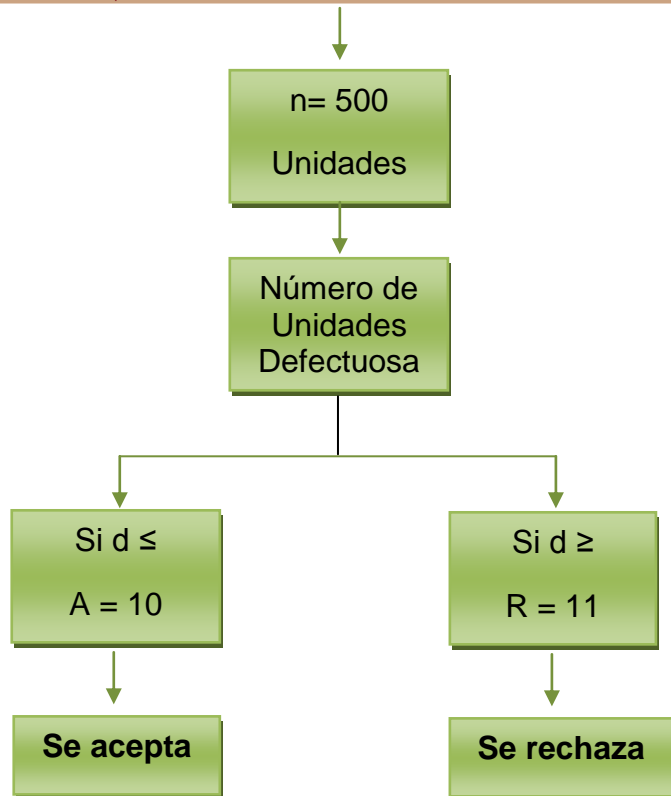
**CASO 2**

Tamaño del Lote de 10,001 a 35,000 unidades		
Nivel de Inspección: Nivel II		
AQL: 1%	Lote Código: L Tabla 1A	Tamaño de la muestra: 315 Tabla 2-A



**CASO 3**

Tamaño del Lote de 35,001 a 150,000 unidades		
Nivel de Inspección: Nivel II		
AQL: 1%	Lote Código: L Tabla 1A	Tamaño de la muestra: 500 Tabla 2-A



#### 4. CONCLUSIONES

- a) La empresa contrata los servicios de un proveedor externo para realizar los ajustes del PH-Metro, es decir no se realiza una calibración que permita contar con un certificado que proporcione la confiabilidad de las mediciones realizadas con dicho instrumento.
  
- b) La conductividad del agua es medida con el mismo PH-metro, considerando que este es un aparato muy propio para medir el PH no se puede obtener un porcentaje significativo de la confiabilidad de los datos obtenidos.
  
- c) Las capacitaciones impartidas al personal operativo están enfocadas a solucionar problemas inmediatos (apagar incendios) dejando de lado el análisis de causas principales.
  
- d) La utilización de planes de muestreo permitirá optimizar recursos y agilizar la inspección de lotes de producto terminado.
  
- e) El plan de acción propuesto se basa en diferentes actividades y herramientas de variables críticas de calidad cuantificables, elaborándose índices de capacidad y gráficas de control que permiten evaluar el proceso de producción.

## 5. RECOMENDACIONES

- a) Adquirir un PH-metro que se pueda calibrar antes de cada uso utilizando soluciones buffer para la comprobación del ajuste adecuado, y que además permita la calibración externa de forma periódica.
  
- b) Adquirir un Conductivímetro que permita calibrarse y con el cual se puedan medir partes eléctricas y químicas del agua, conjuntamente con su patrón o material de referencia certificado.
  
- c) Impartir capacitaciones al personal que estén enfocadas en el uso de herramientas que permitan el análisis de causa raíz de los problemas, así como instruir en herramientas estadísticas básicas, uso de Microsoft Excel y Tablas Military Standard, que ayuden a la toma de decisiones.

## 6. PUNTOS DE REFERENCIA

- Douglas Montgomery, (1991); **“Control Estadístico de la Calidad”**, Grupo Editorial Iberoamérica, México.
- Eugene L. Grant (1996); **“Control Estadístico de Calidad”**, 6° Edición, Compañía Editorial Continental, México.
- Hitoshi, Kume, (1992); **“Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad”**, Grupo Editorial Norma, Colombia.
- J.M. Juran, F.M. Gryna, (1998); **“Manual de Control de Calidad”**, 4° Edición, Mc. Graw-Hill, España.
- Pérez, Cesar, (1999); **“Control Estadístico de la Calidad”**, 1° Edición, Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Prat, Bartés, (2000); **“Métodos Estadísticos, Control y Mejora de la Calidad”**, 1° Edición, Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Military Standard 105E
- Guías de trabajo [www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org)
- Sitios Web:
  - ✓ <http://elblogdelaimpresionoffset.blogspot.com/>
  - ✓ <http://offsetimpresion.blogspot.com/>
  - ✓ <http://consultoresfca.blogspot.com/2009/11/equilibrio-tinta-agua-offset.html>
  - ✓ <http://www.scribd.com/doc/58305962/El-Agua-en-La-Impresion-Offset>