

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR- JOSÉ MIGUEL CARRERA

**“MARCO TEÓRICO PARA UN MODELO PREDICTIVO DE NO
CONFORMIDADES DE MATERIAS PRIMAS USANDO CARTAS DE
CONTROL”**

Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniera de Ejecución en Gestión de la Calidad.

Alumna:

Carolina Herrera Brevis

Profesor Guía:

Cristian Sánchez Arancibia

2025

Agradecimiento

Con satisfacción y sentimientos encontrados dedico este trabajo a mis hijas, a quienes les reste un tiempo de calidad con su mamá, a ellas que me vieron sentada en un rincón del comedor estudiando por largos ratos y que solo se acercaban con silenciosos pasos a regalarme un besito para recordarme que estaban presentes, a la bebé que creció en mi vientre mientras trasnochaba y la misma quien se sienta a estudiar por ratos a mi lado esperando ser estrechada en los brazos de mamá.

Agradezco a mi compañero, amigo, y esposo por tener esa paciencia, de creer en mí y siempre demostrarme y recordarme que si se puede. A mi suegra por estar cuando yo no estuve presente para mis hijas, que sin ella no hubiese llegado ni al técnico.

Mamá, si se pudo y se puede.

Y, por último, a ti mujer valiente y resiliente, que con miedo seguiste adelante, a ti mujer que estuviste a poco de tirar la toalla y dejarlo todo pero que, aun así, con cansancio, frustraciones y traumas decidiste seguir avanzando. Por mí, para mí y por ti... muchas gracias, Carolina Herrera Brevis.

RESUMEN

KEYWORDS: CARTAS DE CONTROL - MATERIAS PRIMAS – OPORTUNIDAD DE MEJORA

La calidad de las materias primas es un pilar fundamental en cualquier proceso productivo, y su correcta gestión puede marcar la diferencia en la eficiencia y competitividad de una empresa. Este trabajo tiene como propósito desarrollar un marco teórico para un modelo predictivo basado en cartas de control, concebido como una herramienta de optimización y mejora continua. Más que abordar una problemática específica, este modelo busca fortalecer la gestión de calidad mediante un enfoque preventivo, permitiendo anticiparse a posibles desviaciones y optimizar los procesos productivos.

Esta oportunidad de mejora se implementará en Empresas Demaria SA , específicamente en su casa matriz ubicada en El Salto, Viña del Mar , centrándose en el producto Clorogel Igenix . Para la elaboración de las cartas de control, se analizarán las materias primas Lauropón e Hipoclorito de sodio , con el objetivo de mejorar el monitoreo y garantizar la estabilidad del proceso. El modelo propuesto será flexible y adaptable, integrando nuevos datos y ajustándose a las exigencias del mercado y los estándares de calidad, contribuyendo así a una toma de decisiones más eficiente y estratégica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema y Oportunidad de Mejora	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	4
ANTECEDENTES DE LA ORGANIZACIÓN	5
ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	6
Misión	6
Visión	6
Filosofía	6
Propuesta de Valor	6
PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE MEJORA	7
ALCANCE	8
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	9
IDENTIFICACIÓN DE PATRONES Y TENDENCIAS	10
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	11
CALIDAD	12
TEORÍAS DE LA CALIDAD	12
DEFINICIÓN DE CONTROL	12
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	13
GRÁFICOS DE CONTROL	13
DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL	14
MÉTRICAS SEIS SIGMA	16
ANÁLISIS MODELO PREDICTIVO	17
ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO	17
DISTRIBUCIONES NORMALES	18
TRANSFORMACIÓN DE JOHNSON	19
NORMATIVAS INTERNACIONALES	20
LAUROPON 28:	21
HIPOCLORITO DE SODIO	21
Usos del Hipoclorito de Sodio:	22
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	23
JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	24
• Criterio Estadístico:	24
• Criterio Empírico:	24
• Criterio de Precisión y Nivel de Confianza	24

• Criterio Práctico:-----	25
DESARROLLO DEL MODELO PREDICTIVO -----	26
OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO-----	26
Resultados Esperados -----	26
RECOPIACIÓN DE DATOS -----	28
IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS -----	29
Análisis de distribución: -----	29
Interpretación y Discusión de Resultados -----	31
APLICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE JOHNSON -----	32
Resultados obtenidos -----	33
Interpretación y discusión de resultados -----	34
APLICACIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL -----	35
Las cartas de control utilizadas en este análisis son: -----	35
RESULTADOS DE LAS CARTAS DE CONTROL-----	36
Cartas de Control para Hipoclorito de Sodio-----	36
Datos del Proceso:-----	37
Interpretación de cálculos -----	37
Cartas De Control Para Lauropon 28-----	38
Resultados de la Carta \bar{X} -R para Lauropon 28 -----	38
Datos del Proceso: -----	38
Interpretación de calculo -----	39
CONCLUSIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL \bar{X}-R -----	39
ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO (CP Y CPK) -----	40
Cálculo de Cp y Cpk-----	40
Datos del Proceso:-----	41
INTERPRETACIÓN DE CÁLCULOS -----	42
Lauropon 28 -----	42
Hipoclorito de Sodio -----	43
CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD -----	43
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA -----	44
Identificación De Problemas Detectados-----	45
PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN EL LAUROPON 28 -----	45
Variabilidad en la viscosidad:-----	45
Capacidad del proceso marginalmente aceptable:-----	45
Desviaciones identificadas en la Carta \bar{X} -R: -----	45
PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN HIPOCLORITO DE SODIO-----	46
Alta variabilidad en la concentración de cloro activo:-----	46
Proceso fuera de control y descentrado: -----	46
Puntos fuera de control en la Carta \bar{X} -R: -----	46

Estrategias para Optimizar el Control de Calidad -----	46
Ajuste de Límites de Control y Especificaciones de Calidad -----	46
FORTALECIMIENTO DEL CONTROL EN LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS -----	47
IMPLEMENTACIÓN DE UN MONITOREO CONTINUO DE NO CONFORMIDADES -----	47
Capacitación del Personal en Control Estadístico de Procesos (CEP)-----	47
RECOMENDACIONES FINALES PARA ESTABILIZAR EL PROCESO -----	48
CAPÍTULO 6: ANEXOS -----	49
ANEXOS -----	50
DATOS HISTÓRICOS DE LAUROPON 28-----	50
DATOS HISTÓRICOS DE HIPOCLORITO DE SODIO -----	53
TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROL -----	56
BIBLIOGRAFÍA -----	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de análisis del producto en estudio	9
Tabla 2 Normativas relacionadas a las cartas de control.	20
Tabla 3: Formula y proceso de elaboración de clorogel para fabricar 9000 kg.	27
Tabla 4: Análisis de distribución AD.	31
Tabla 5: Análisis de Johnson	33
Tabla 6: análisis de uso de cartas de control	35
Tabla 7: Resultado de análisis Carta \bar{X} -R para Hipoclorito de sodio	37
Tabla 8: Resultado de análisis Carta \bar{X} -R para Lauropon 28	38
Tabla 9: Resultados de cálculo Cp y Cpk	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.....	14
Ilustración 2. Elementos de una carta de control. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2009)	15
Ilustración 3. Los 5 pasos para la creación de un Modelo Predictivo.	17
Ilustración 4. Dos curvas normales que muestran la media μ y la desviación típica σ	19
Ilustración 5: Análisis de normalidad del Hipoclorito de S. mediante Anderson-Darling.....	29
Ilustración 6: Análisis de normalidad para Johnson Hipoclorito mediante Anderson-Darling....	30
Ilustración 7: Análisis de capacidad del proceso del Lauropon 28	30
Ilustración 8: Distribución normal ajustada la transformación a Johnson de Lauropon 28. Fuente: Generado en Minitab 20.	32
Ilustración 9: Transformación de Johnson aplicada a los datos de viscosidad	32
Ilustración 10: Transformación de Johnson aplicada a los datos del Hipoclorito de Sodio.	33
Ilustración 11: Carta \bar{X} -R para el Hipoclorito de Sodio.....	36
Ilustración 12: Carta \bar{X} -R para Lauropon 28.....	38
Ilustración 13: Análisis de capacidad del proceso para Johnson Hipoclorito	40
Ilustración 14: Distribución del proceso en relación con los límites de especificación Hipoclorito de Sodio.	42

SIGLA Y SIMBOLOGÍA8

SIGLAS

No Conformidad : Incumplimiento de un requisito (ISO 9001:2018)

Six Sigma: Herramienta con el propósito de medir y mejorar la calidad
(https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf)

Lauropon 28: Lauril Eter Sulfato de Sodio 28%, tensoactivo aniónico (CHILE, LAURIL
ETER SULFATO DE SODIO, s.f.).

SIMBOLOGÍA

MP : Materia (s) Prima (s)

LC: Limite Central

LCS: Limite de Control Superior

LCI: Limite de Control Inferior

INTRODUCCIÓN

En el proceso productivo del Clorogel, la calidad del producto final se relaciona directamente con la estabilidad y conformidad de sus materias primas, particularmente el Lauropon y el Hipoclorito de sodio. La variabilidad en sus características fisicoquímicas puede originar desviaciones en las especificaciones del producto, afectando su eficacia y estabilidad. Este trabajo propone la implementación de un modelo predictivo basado en cartas de control, con el objetivo de reducir la variabilidad en las materias primas y prevenir no conformidades antes de que estas afecten la producción.

Problema y Oportunidad de Mejora

En el proceso de fabricación del Clorogel, se ha identificado una variabilidad significativa en las características del **Hipoclorito de sodio** y el **Lauropon**, lo que ha llevado a la inestabilidad en la calidad del producto final. Entre los principales problemas detectados se encuentran:

- Oscilaciones en la concentración de cloro activo del **Hipoclorito de sodio**, lo que puede afectar la estabilidad y poder desinfectante del Clorogel.
- Cambios en la viscosidad del **Lauropon 28**, que impactan la textura y efectividad de limpieza del producto.
- Incremento en los rechazos de lotes de producto terminado debido a desviaciones en estos parámetros.

Actualmente, el control de calidad se realiza de manera reactiva, detectando desviaciones una vez fabricado el producto, lo que genera costos adicionales por reprocesos y horas hombre perdidas. La implementación de cartas de control permitirá:

- Monitorear en tiempo real las variaciones en las materias primas y detectar tendencias de desviación antes de que impacten la producción.
- Disponer límites de control basados en los datos históricos para optimizar la toma de decisiones en la recepción y uso de las materias primas.

Disminuir la variabilidad en el proceso por medio de ajustes proactivos en la dosificación y mezcla, asegurando mayor estabilidad en la formulación del Clorogel.

OBJETIVO GENERAL

Crear una oportunidad de mejora desarrollando un modelo predictivo para la identificación de no conformidades en materias primas en producto de Clorogel, en Empresas Demaria S.A. para optimizar la calidad del producto y mejorar la eficiencia en la producción. Este modelo se basará en herramientas estadísticas avanzadas, incluyendo análisis de distribución, identificación del tipo de distribución de los datos, evaluación de la normalidad, análisis de capacidad, y cálculo de la probabilidad de cumplimiento con las especificaciones establecidas. Utilizando cartas de control para monitorear y visualizar las variaciones en los procesos de producción. La integración de todos estos elementos permitirá una identificación temprana de desviaciones, lo que podría facilitar la toma de decisiones informadas y preventivas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar un marco teórico para la implementación de herramientas estadísticas tales como tipo de distribución, distribución de los datos, normalidad, análisis de capacidad, cálculo de probabilidad y cartas de control.
2. Diseñar un modelo predictivo de no conformidades basado en la aplicación de cartas de control, que permita anticipar desviaciones significativas en las materias primas y minimizar retrasos adicionales en la producción.
3. Optimizar la eficiencia y calidad de la producción de Clorogel Igenix mediante la implementación de un modelo predictivo para materias primas. Para ello, se determinará una línea base de comportamiento para las materias, y se establecerán expectativas claras bajo los principios de Six Sigma. Esto permitirá una comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación del modelo, asegurando una evaluación objetiva de las mejoras alcanzadas en términos de calidad y eficiencia.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

ANTECEDENTES DE LA ORGANIZACIÓN

Es en 1896 la llegada a Chile, en ese entonces el pueblo de Valparaíso de Don Ángel Demaria Liza, quien comienza la fabricación y comercialización de una variedad de productos. En 1935 funda su primera compañía Manufacturera de Aconcagua S.A (CMA), con la elaboración de clavos, papel volantín, velas, alpargatas, betunes, ceras y además de ser lavandería de azúcar, nace la marca Virginia y a su vez la marca Chancaca Deliciosa.

Es desde el año 1937 en adelante que también nacen nuevas marcas tales como Casino, conservas Deyco (1945), Brillina y Arom (1982), Team para la limpieza y cuidado de automóviles (1988), en el año 2002 nace la nueva marca desinfectante Igenix.

Para el año 2012 nace Empresas Demaria S. A, producto de la fusión de Demaria Hermanos y CIA Ltda. compañía Manufacturera de Aconcagua.

Empresas Demaria S. A, decide realizar el relanzamiento de su marca Killer 1000 para el año 2017, la marca que es especialista en insecticidas y continuar creciendo con su último lanzamiento al mercado la nueva marca enfocada en productos de higiene personal D-70 en el año 2021.

Empresas Demaria S. A, se encuentra ubicada en Calle Limache 3535, El Salto Viña del Mar

En su casa matriz ubicada en calle Limache 3535, se elaboran todos los productos de higiene y desinfección que se encuentran en el mercado tanto nacional como internacional.

ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

Misión

Su Misión: “Democratizar el uso de los productos de consumo masivo, entregando soluciones efectivas y eficientes, mejorando la calidad de vida de las personas”. (Demaria, 2025)

Visión

Su Visión: “Ser la mejor empresa en democratizar el acceso a los productos de consumo masiva, con marcas confiables y cercanas a los consumidores.” (Demaria, Demaria , 2025)

Filosofía

Su Filosofía : “Creemos que, en el trabajo bien hecho, el cumplimiento de los compromisos y la pasión que ponemos en cada una de las cosas que hacemos, nos permiten construir un día a día mejor para todos.” Obtenida de
(Demaria, Demaria , 2025)

Propuesta de Valor

“Nuestro compromiso es contribuir a vivir en ambientes más higiénicos, mantener la belleza y limpieza de su vivienda, ofreciéndoles la solución más completa para el Hogar a través de nuestras marcas de prestigio”. (Demaria, Demaria , 2025)

PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE MEJORA

Durante el proceso de fabricación del Clorogel Igenix, se han identificado variabilidades significativas en las propiedades del Hipoclorito de sodio y el Lauropon 28, lo que ha generado inconsistencias en la calidad del producto final. Entre los problemas detectados se encuentran:

- Variación en las concentraciones de cloro activo del Hipoclorito de sodio, pudiendo afectar a la estabilidad y poder de desinfección del Clorogel.
- Cambios en la viscosidad del Lauropon, que impactan en la textura y efectividad del producto
- Incremento en los rechazos de lotes de productos terminados debido a las desviaciones en sus parámetros.

La implementación de cartas de control permitiría:

- Monitorear en tiempo real las variaciones en las materias primas
- Identificar tendencias de desviaciones antes de que impacten la producción.
- Proponer límites de control basados en los datos históricos para optimizar la toma de decisiones en la recepción de estas materias primas.
- Minimizar la variabilidad en el proceso mediante los ajustes proactivos en la dosificación y mezcla, asegurando mayor estabilidad en la formulación del Clorogel.

ALCANCE

El presente proyecto se centra en el desarrollo de un marco teórico para un modelo predictivo de no conformidades de materias primas, utilizando cartas de control. Este estudio se llevará a cabo en la empresa de fabricación de productos de higiene en EMPRESAS DEMARIA S.A.,

Se incluirán variables claves que influyen en la aparición de no conformidades, como la calidad de las materias primas, los procesos de producción y tiempos de respuesta en la implementación de soluciones. Sin embargo, este modelo no abarcará factores externos, como fluctuaciones en el mercado o cambios en la regulación, que podrían afectar indirectamente el proceso.

Se trabajará únicamente con los datos relacionados con la producción de clorogel y las no conformidades reportadas, excluyendo cualquier otro producto de la empresa, enfocándose específicamente en la producción de clorogel de la marca Igenix.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se enfoca en una oportunidad de mejora del proceso con un piloto de un modelo predictivo mediante la utilización de cartas de control para dos materias primas utilizadas en la fabricación de clorogel, el cual incluye las siguientes etapas:

- Selección de Materias primas y parámetros críticos: Identificación de las Materias primas y el principal parámetro que se correlaciona con la no conformidad del producto.
- Diseño de las Cartas de Control: elaboración de cartas de control basadas en los resultados obtenidos en Laboratorio de Calidad
- Desarrollo del Modelo Predictivo: Recopilación de datos históricos y construcción de un modelo predictivo para anticipar no conformidades.

Producto en estudio	Materia Prima crítica por analizar	Parámetro en estudio	Tamaño de la muestra
Clorogel Igenix	Lauropon 28	Viscosidad cinética	125 recepciones
	Hipoclorito de sodio	% de concentración cloro activo	107 recepciones

Tabla 1 Datos de análisis del producto en estudio

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Se obtiene los datos de los últimos 12 meses que la materia prima fue recepcionada, hasta enero.
- Los resultados obtenidos de Laboratorio de Calidad deben haber sido analizados con el mismo procedimiento de manufactura, utilizando los mismo equipos de laboratorio, y de existir algún cambio, este no debiese ser significativo, es decir, deben tener una manufactura insistente a lo largo del tiempo.

IDENTIFICACIÓN DE PATRONES Y TENDENCIAS

- Una vez recopilados los datos, se procederá a analizar patrones y tendencias en las no conformidades históricas, identificando eventos recurrentes, posibles causas y su impacto en la producción.
- Este análisis permitirá entender las variaciones presentes en las materias primas seleccionadas.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

CALIDAD

La calidad es uno de los conceptos clave en los sistemas de gestión y este se define como “Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos” (9000, 2015:19).

TEORÍAS DE LA CALIDAD

La calidad total y la cultura del mejoramiento continuo son metas organizacionales que permiten brindar una mayor satisfacción al usuario de un servicio o sistema, en el marco de sus políticas organizacionales. La implantación de un Modelo de Calidad tiene un papel transformador otorgando un valor agregado al servicio, con su impacto en la eficiencia organizacional, mejoramiento continuo, control o reingeniería de procesos y optimización de recursos, aumento del desempeño y productividad. Los Padres de la Calidad, promovieron sus teorías de renacimiento productivo y aplicación de la calidad con enfoque a sistematización y estandarización de procesos productivos e industriales totales, para obtener mejores productos y servicios. (J.C., 2013) Engloban: el control de la calidad, aseguramiento de la calidad y calidad total (CHACÓN CANTOS & RUGEL KAMAROVA, 2018).

Por lo tanto, calidad resume la complacencia de un cliente al obtener un producto o servicio que aborde todas sus necesidades o gusto por lo adquirido, sin encontrar defecto alguno en este producto o servicio.

DEFINICIÓN DE CONTROL

Para nuestros fines presentes, se dirá que un fenómeno está controlado cuando, por la utilización de la experiencia pasada, podamos predecir, por lo menos dentro de unos límites, cómo se puede esperar que dicho fenómeno varíe en el futuro. Se entiende aquí que la predicción dentro de unos límites significa que podemos determinar, por lo menos

aproximadamente, la probabilidad de que el fenómeno observado caiga dentro de los límites dados (SHEWHART, 1997).

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

“El objetivo de un gráfico de control no es garantizar una buena calidad inspeccionando muchos de los artículos producidos. Los gráficos de control se concentran en el propio proceso productivo más que en los artículos producidos. Controlando el proceso de fabricación a intervalos de tiempo regulares podemos detectar las alteraciones y rectificar antes de que sean importantes. El control estadístico de procesos consiste precisamente en esto. Es mucho más barato controlar la calidad de un proceso de fabricación, que inspeccionar todos los artículos producidos.[...]” (MOORE, 2004).

El control estadístico del proceso permite evaluar las variaciones en su comportamiento que puedan afectar a la calidad del producto final. En definitiva, permite a la compañía anticiparse e identificar problemas que afecten a la producción.

Shewhart demostró que, con un sencillo gráfico de control, era posible controlar las variabilidad de los procesos -aquellas variaciones producidas por causas identificables y controlables- (LÓPEZ LEMOS, 2016).

GRÁFICOS DE CONTROL

Los gráficos de control se basan en la asunción de la normalidad de los resultados de medida: cuando se lleva a cabo algún proceso (por ejemplo, un método de análisis) de forma sistemática, es decir, bajo las mismas fuentes de influencia o variación, el proceso se verá afectado por errores aleatorios que conducirán a una distribución normal de los resultados. Esta afirmación es una consecuencia del teorema del límite central. Se dirá que el método analítico está bajo control si los resultados obtenidos con este método siguen las características de una distribución normal (RIU, 2005)

DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN GRÁFICO DE CONTROL

La construcción de gráficos de control se diseña por etapas las cuales nos indicaran en qué estado se encuentra nuestro proceso, ya sea dentro de los parámetros de control o fuera de estos, para saber esto están las siguientes etapas:

etapa de aprendizaje. En esta etapa se obtienen los resultados iniciales con la muestra de control. En el caso de utilizar una muestra real, se debería 3 comprobar la normalidad y la presencia de resultados discrepantes y su eliminación. Con los resultados iniciales de la muestra de control se establece el valor de la línea central. Este valor debería obtenerse con un mínimo de 15- 30 análisis de la muestra de control. Los diferentes límites suelen establecerse a una distancia del valor central $\pm 2s$ (línea de aviso), y a una distancia del valor central $\pm 3s$ (línea de control). Estas líneas pueden observarse en la figura 1. etapa de aprendizaje. En esta etapa se obtienen los resultados iniciales con la muestra de control. En el caso de utilizar una muestra real, se debería 3 comprobar la normalidad y la presencia de resultados discrepantes y su eliminación. Con los resultados iniciales de la muestra de control se establece el valor de la línea central. Este valor debería obtenerse con un mínimo de 15- 30 análisis de la muestra de control. Los diferentes límites suelen establecerse a una distancia del valor central $\pm 2s$ (línea de aviso), y a una distancia del valor central $\pm 3s$ (línea de control). Estas líneas pueden observarse en la figura 1 (RIU, 2005).

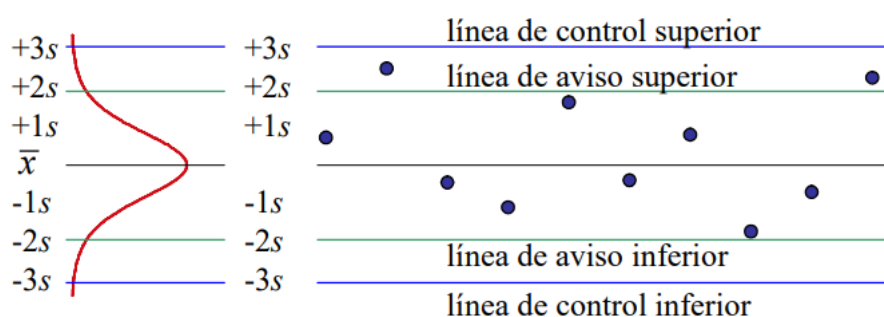


Ilustración 1. Líneas de aviso y de control en un gráfico de control (parte derecha), y su relación con la distribución de la muestra de control.

Fuente: (RIU, 2005)

Una carta de control es una estructura específica que esta compuesta por:

- **Línea Central (L.C.):** Representa el valor promedio (\bar{x}) de la característica de calidad cuando el proceso está bajo control. Es el punto de referencia principal del gráfico.
- **Límites de Control Superior (L.C.S.) y Límites de Control Inferior (L.C.I.):** Son líneas horizontales paralelas a la línea central que se ubican por encima y por debajo de ella, respectivamente. Estas líneas indican los límites dentro de los cuales se encuentran las mediciones del proceso, las que deben mantenerse si este opera de manera estable, a menudo basadas en ± 3 desviaciones estándar de la línea central, el que se calculan utilizando fórmulas estadísticas específicas para el tipo de gráfico, a menudo basadas en ± 3 desviaciones estándar de la línea central.

La utilización de estas cartas significa una rápida visualización del estado en el que se encuentra el proceso mostrando las desviaciones o la normalidad de este.

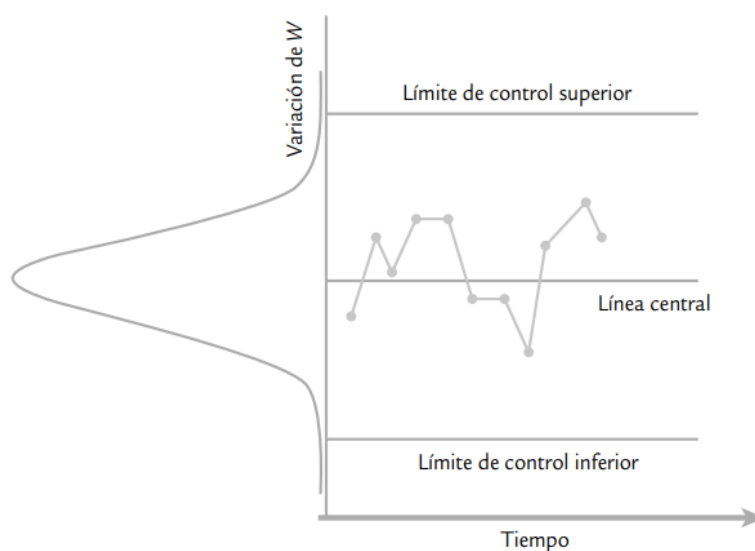


Ilustración 2. Elementos de una carta de control. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2009)

MÉTRICAS SEIS SIGMA

Calidad Seis Sigma o los procesos Seis Sigma se refieren a un concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una organización. El término se acuñó en el decenio de 1980-1989, y le dio su nombre al programa de mejora Seis Sigma. Por medio de los conceptos vistos antes es fácil analizar y entender el nivel de calidad en términos del número de sigmas (GUTIÉRREZ PULIDO & DE LA VARA SALAZAR, 2009).

El concepto de Seis Sigma aparece a mediados de los años 80 en Motorola gracias a los estudios realizados por Mikel Harry quien comienza a analizar la forma de reducir la variación de los procesos para mejorarlos, para tal fin utilizó bases fuertes de estadística que le permitieran poder alcanzar unos niveles de calidad en los procesos y en los productos de la organización próximos a los cero defectos (Harry y Schroeder, 2000). El Seis Sigma puede ser definido como una estrategia enfocada al cliente que basada en hechos y datos intenta alcanzar un nivel de la calidad en los procesos reduciendo la cantidad de defectos y minimizando su variabilidad permitiendo de esta manera realizar mejoras de desempeño planificadas y aumentar la eficiencia (Van et al, 2008; Chen et al, 2008; Haikonen et al, 2004).

De igual forma Bañuelas (2005), define el Seis Sigma como un conjunto de técnicas y conceptos de carácter administrativo y estadístico que se enfocan en reducir la variabilidad en los procesos, entre menos variabilidad se tienen procesos relativamente estables los cuales se pueden llegar a predecir con mayor facilidad por lo menos en el corto plazo, además si se tienen procesos controlados estadísticamente se asegura con un cierto nivel de confianza que no se generara producto no conforme y se puede realizar análisis que permitan identificar de manera certera las causas principales que afectan el rendimiento de los procesos. Seis Sigma también se define como un manejo disciplinado de datos, enfocado hacia un proceso de mejora continua de la calidad y la productividad con resultados en la rentabilidad de la organización (Harris 2002) (HERRERA VIDAL y otros, 2017).

ANÁLISIS MODELO PREDICTIVO

Los datos son la base de la toma de decisiones empresariales, y el análisis predictivo de datos es una solución clave que respalda este proceso. El análisis predictivo, un subconjunto del análisis de datos, ganó popularidad por su capacidad para predecir resultados empresariales, identificar riesgos, sugerir medidas de mitigación y ayudar a las empresas a generar ganancias. En 2023, la industria del análisis predictivo se valoró en 14 900 millones de dólares y se espera que alcance los 41 440 millones de dólares para 2028. Dado su rápido crecimiento, esta solución será crucial para impulsar el éxito empresarial (TESTINGXPERTS, 2025) .

Para entender la creación de un Modelo Predictivo se debe seguir una serie de pasos para tener éxito en la creación de estas.



Ilustración 3. Los 5 pasos para la creación de un Modelo Predictivo.

Fuente: Elaboración propia (2025)

ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO

El análisis exploratorio de datos utiliza gráficos y resúmenes numéricos para describir las variables de un conjunto de datos y las relaciones entre ellas. La distribución de una variable describe qué valores toma dicha variable y con qué frecuencia lo hace. Para describir la distribución de una variable empieza con un gráfico. Los diagramas de barras y los diagramas de sectores describen la distribución de variables categóricas. Los histogramas y los diagramas de tallos representan gráficamente las distribuciones de variables cuantitativas. Cuando examines un gráfico o un diagrama, identifica su aspecto general y las desviaciones destacables del mismo. La forma, el centro y la dispersión describen el aspecto general de una distribución. Algunas distribuciones tienen formas

sencillas, como las simétricas y las asimétricas. No todas las distribuciones tienen formas sencillas, especialmente cuando hay pocas observaciones. Las observaciones atípicas son observaciones que quedan fuera del aspecto general de una distribución. Busca siempre si hay observaciones atípicas e intenta explicarlas.

Cuando las observaciones de una variable correspondan a diferentes momentos del tiempo, haz un gráfico temporal situando la escala temporal en el eje de las abscisas y los valores de la variable en el eje de las ordenadas. Un gráfico temporal puede revelar tendencias u otros cambios a lo largo del tiempo (MOORE, 2004, pág. 23).

DISTRIBUCIONES NORMALES

Una campana. Se les llama curvas normales y describen las distribuciones normales. Todas las distribuciones normales tienen el mismo aspecto. La curva de densidad exacta de una distribución normal concreta se describe dando su media μ y su desviación típica σ . La media se sitúa en el centro de la curva simétrica, en el mismo lugar que la mediana. Si se cambia μ sin cambiar σ se provoca un desplazamiento de la curva de densidad a lo largo del eje de las abscisas sin que cambie su dispersión. La desviación típica σ controla la dispersión de la curva normal. La figura 1.19 muestra dos curvas normales con diferentes valores de σ . La curva con una mayor desviación típica presenta una mayor dispersión. La desviación típica σ es la medida natural de la dispersión de las distribuciones normales. La forma de una curva normal no sólo queda completamente determinada por μ y σ , sino que además es posible situar σ a simple vista en la curva. Clase particularmente importante de curvas de densidad se ha visto ya en las figuras 1.13 y 1.15(a). Estas curvas son simétricas, con un solo pico y tienen forma (MOORE, 2004, págs. 62-63)

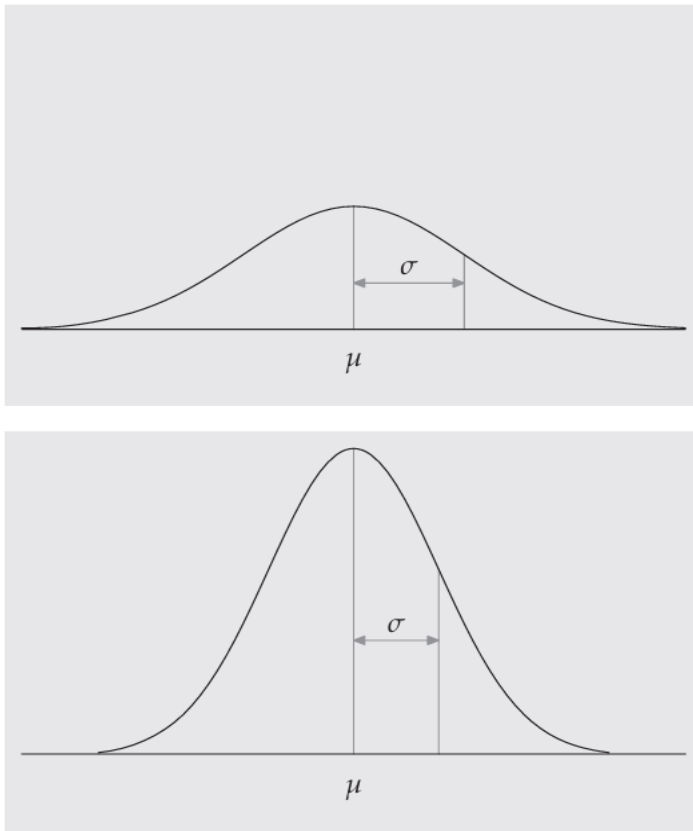


Ilustración 4. Dos curvas normales que muestran la media μ y la desviación típica σ

Fuente: (MOORE, 2004, pág. 63)

TRANSFORMACIÓN DE JOHNSON

Leiva et al. (2009) hacen referencia a la transformación de Johnson en la cual comentan que Johnson (1949) usó el método de traslación para generar distribuciones estadísticas que asumen una gran variabilidad de formas mediante el uso de la VA

$$Z = v + \delta \left(\frac{Y - \gamma}{\sigma} \right),$$

donde $Z \sim N(0, 1)$ y $g(\cdot)$ es una función monótona simple. Estas distribuciones tienen cuatro parámetros denotados por v , δ , γ y σ , donde v y δ corresponden a los parámetros de forma, y γ y σ son los parámetros de localización y de escala, respectivamente. Con base en la Ecuación (2.1), Johnson (1949) propuso considerar las siguientes variables:

$$g = (Y - \gamma \sigma) = \log \left(\frac{Y - \gamma}{\sigma} \right),$$

que se asocia con un modelo S_L de Johnson.

$$g = \left(\frac{Y - \gamma}{\sigma} \right) = \log \left(\frac{Y - \gamma}{\sigma + \gamma - Y} \right),$$

que se asocia con un modelo S_B de Johnson.

$$\left(\frac{Y - \gamma}{\sigma} \right) = g \log \left(\frac{Y - \gamma}{\sigma} \right),$$

que se asocia con un modelo S_U de Johnson (OYANEDEL MUÑOZ, 2014, pág. 29).

NORMATIVAS INTERNACIONALES

La International Standardization Organization (ISO), es la entidad internacional encargada de favorecer la normalización en el mundo, es una federación de organismos que emiten normas. La ISO, emitió diferentes normas para la aplicación de las cartas de control, las cuales se deben considerar al implementar estas cartas, para el control en el proceso de manufactura.

Número de la norma	Nombre de la norma
ISO 7870 (ISO 7870, 2004)	Gráficos de control. Guía e introducción general (ISO, 2025).
ISO 7873 (ISO 7873, 1993)	Gráficos de control para promedio aritmético con límites de advertencia (ISO, Control charts for arithmetic average with, 2025).
ISO 7966:1993 (ISO 7966, 2004)	Gráficos de control de aceptación (ISO, Acceptance control Charts, 2025)

Tabla 2 Normativas relacionadas a las cartas de control.

Fuente: Elaboración propia (2025)

LAUROPON 28:

Este producto, conocido por una variedad de nombres como Lauropon 28, Lauril Eter Sulfato de Sodio, LESS o Sles, “Es un tensoactivo aniónico, que es obtenido por la neutralización de la soda cáustica; de la sulfatación directa del alcohol graso natural C12, C14 con dos moléculas de óxido de etileno. Es un agente muy efectivo en la formación de espuma, baja irritabilidad y también tiene propiedades muy estables en aguas duras” (CHILE, s.f.).

Usos del Lauropon:

- Industria cosmética: su uso está relacionado con la elaboración de champú y jabones
- Productos de limpieza: su uso compatible con la fabricación de limpiadores espumosos (lavalozas detergentes líquidos) y productos de desinfección (clorogel).
- Farmacéuticos: su utilización se relaciona como conservantes de formulaciones líquidas y tópicas para prevenir la contaminación microbiana.

HIPOCLORITO DE SODIO

Esta solución química puede recibir diversos nombres dependiendo de la región del mundo en que se comercialice y el público a quien se dirija: agua lavandina, agua de Javel, lejía o simplemente, cloro. Aunque en muchos lugares dicho producto se conoce simplemente como cloro, no debe confundirse con el cloro como elemento químico, ya que este es simplemente parte del compuesto. Se presenta como una molécula diatómica (dicloro o Cl_2) su estado es gaseoso, es muy tóxico y reacciona con facilidad; forma compuestos, cloruros, cloritos y cloratos (POCHTECA, 2025).

Usos del Hipoclorito de Sodio:

- Limpieza y desinfección domestica : Agente blanqueador de ropas, desinfección de superficies, eliminación de olores
- Purificación de aguas: En correctas concentraciones se utiliza para potabilizar el agua.
- Usos industriales: Para le tratamiento de aguas residuales, en industrias papeleras y textiles, elaboración de productos desinfectantes.

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para la realización de las cartas de control, se han definido tamaños de muestra de 125 datos para el Lauropon y 107 datos para el Hipoclorito de sodio. La selección de estos tamaños de muestras se fundamenta en los siguientes criterios:

- **Criterio Estadístico:**

Ley de los Grandes Números

Se espera que la muestra utilizada sea suficientemente grande para representar la variabilidad real del proceso. Según la Ley de los Grandes Números, al aumentar el tamaño de la muestra, las estimaciones de la media y la desviación estándar del proceso se acercan a los valores reales de la población. Un tamaño muestral superior a 100 observaciones garantiza estabilidad en la estimación de parámetros clave.

- **Criterio Empírico:**

Reglas Prácticas de Control de Calidad

Según las sugerencias de Walter Shewhart, en control de calidad se necesitan al menos 100 observaciones individuales para que las cartas de control sean representativas. Además, los 125 y 107 datos permiten formar suficientes subgrupos en cartas \bar{X} -R o \bar{X} -S, asegurando una medición confiable de la variabilidad del proceso.

- **Criterio de Precisión y Nivel de Confianza**

Para decidir si los tamaños seleccionados garantizan una estimación precisa, se utiliza la siguiente fórmula estadística:

Donde:

- es el valor crítico de la distribución normal estándar (para un 95% de confianza,).
- es la desviación estándar estimada del proceso.
- es el margen de error permitido en la estimación de la media.

Los valores de 125 y 107 datos cumplen con este criterio, asegurando que las cartas de control evidencian con precisión la variabilidad del proceso.

- **Criterio Práctico:**

Disponibilidad de Datos y Representatividad

En estudios de calidad, el tamaño muestral también depende de la disponibilidad de datos históricos. Los 125 y 107 datos representan información recopilada durante 12 meses, garantizando una visión completa de las fluctuaciones estacionales y variaciones operativas del proceso.

Esta justificación respalda la validez del tamaño de las muestras seleccionadas, asegurando que las cartas de control sean efectivas para detectar y prevenir desviaciones en las materias primas del Clorogel.

- Se fijarán cartas de control \bar{X} -R o \bar{X} -S, según corresponda, para dar seguimiento a los parámetros críticos inferior y superior de cada materia prima.
- **Hipoclorito de sodio:** concentración de cloro activo (9,0 – 11,0 %).
- **Lauropon 28:** viscosidad cinética (12 – 30 segundos)

Se definirán **límites de control** basados en datos históricos y especificaciones de la empresa. El análisis de tendencias permitirá detectar patrones de variabilidad que puedan afectar la calidad del Clorogel.

DESARROLLO DEL MODELO PREDICTIVO

Se utilizará un planteamiento basado en regresión estadística o machine learning para correlacionar los valores de las cartas de control con la calidad del Clorogel final. El modelo se sustentará con:

- Datos históricos de lotes conformes y no conformes.
- Variaciones en los parámetros de las materias primas.
- Resultados de inspección del producto terminado.

Con esta data, se crearán predicciones sobre la probabilidad de que un lote de materia prima cause desviaciones en el producto final, permitiendo una acción correctiva anticipada

OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

- Se implementará un **plan de muestreo optimizado** en la recepción de materias primas, ajustando la frecuencia y cantidad de análisis según los resultados del modelo predictivo.
- Se establecerán estrategias de **ajuste en la dosificación** para compensar posibles desviaciones detectadas en los insumos antes de su uso en la producción.

Resultados Esperados

La implementación de esta metodología permitirá:

- **Reducción de reprocesos y pérdidas de horas hombres** mediante la anticipación de desviaciones.
- **Mayor estabilidad del producto final**, asegurando la conformidad con las especificaciones de calidad.
- **Optimización del tiempo de respuesta** por posibles lotes de materias primas con riesgo de no conformidad.

Revisar el flujo del proceso y seleccionar las variables críticas que afectan la calidad del clorogel y diagnosticar la elaboración de este, se describen a continuación en la Tabla 1 el proceso conforme de fabricación y análisis del limpiador desinfectante.

Materias primas utilizadas	Etapas del proceso	Tiempos de fabricación	Parámetro crítico	Materia prima crítica
-Agua -Soda caustica -Lauropon 28 -Hipoclorito de sodio -Fragancia	-Cargar el estanque con Agua -Adicionar Soda caustica en perlas, agitar hasta disolver. -Agregar Lauropon 28 en agitación. -Agregar Hipoclorito de sodio en agitación. -Añadir fragancia.	Pesarse e incorporar las materias primas con precaución: 1 hora. Tiempos de agitación para la incorporación de las materias primas y obtenga la viscosidad requerida: 1 hora. Tiempo total de fabricación: 2 horas	Viscosidad y concentración de cloro. Tiempo de análisis de laboratorio: 40 minutos.	Lauropon 28. Hipoclorito de sodio.

Tabla 3: Formula y proceso de elaboración de clorogel para fabricar 9000 kg.

Fuente: Elaboración propia.(2025)

RECOPIACIÓN DE DATOS

Con el objetivo de entender y predecir las no conformidades en las materias primas, se quiere desarrollar un marco teórico basado en el análisis de datos cuantitativos. Para ello, se recopila información de la base de datos SAP del laboratorio de calidad, de un período de 12 meses (enero 2023 a diciembre 2023). Este análisis detallado nos permitirá evaluar el comportamiento de los datos y verificar si siguen un patrón normal, aspecto fundamental dentro de un proceso productivo que busca alinearse con los estándares de Six Sigma.

"La recopilación de datos a lo largo de un período amplio permite capturar la variabilidad del proceso, incluyendo variaciones estacionales y otros efectos inherentes a la operación, lo cual es fundamental para establecer límites de control confiables" (MONTGOMERY, 2009).

Las muestras recopiladas son el resultado total de un año, en el caso del Lauropon 28, las 125 muestras obtenidas se dividen en un total de 10 recepciones mensuales y 2 recepciones semanales. Al igual que las 107 muestras de Hipoclorito, se dividen en 8 muestras mensuales y 2 muestras semanales promedio.

La herramienta principal para llevar a cabo los análisis estadísticos será Minitab 20, que no solo facilitará el procesamiento de los datos, sino que también permitirá generar gráficos clave para la interpretación y discusión de los resultados obtenidos. En particular, emplearemos los gráficos de Johnson para evaluar y garantizar la normalidad de los datos recopilados, una condición esencial para el desarrollo del modelo predictivo de no conformidades. Este enfoque estadístico será clave para identificar tendencias, anticipar problemas potenciales y proponer mejoras en los procesos productivos de la empresa.

Para que un proceso esté bajo control estadístico, es necesario que cumpla con ciertas condiciones básicas, como la estabilidad en el tiempo, la ausencia de causas especiales de variación y la capacidad de responder de manera consistente a las variaciones comunes inherentes al proceso. La implementación de cartas de control con un enfoque predictivo no solo permite gestionar las no conformidades, sino que también facilita la detección temprana de problemas que requieran la toma de decisiones preventivas, en lugar de reactivas. Esto asegura un control más eficiente y proactivo, que puede mejorar significativamente la calidad y la eficiencia operativa de las organizaciones.

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Análisis de distribución:

Para la evaluación de la normalidad de los datos de las materias primas **Lauropon 28 e Hipoclorito de Sodio**, se llevará a cabo un **análisis de distribución** mediante histogramas y gráficos de probabilidad normal. Además, se realizarán las **pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling** para confirmar si los datos se ajustaban a una distribución normal.

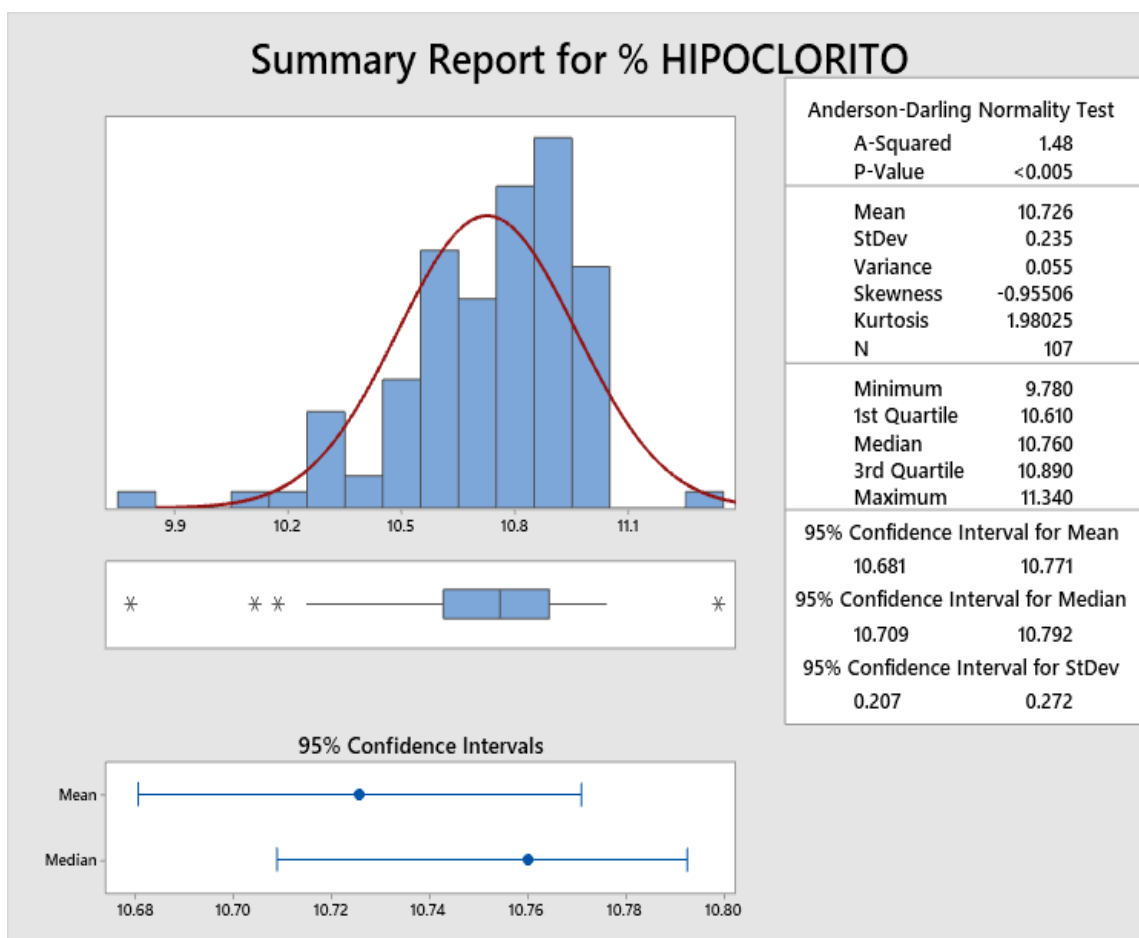


Ilustración 5: Análisis de normalidad del Hipoclorito de S. mediante Anderson-Darling

Fuente: Generado en Minitab20.

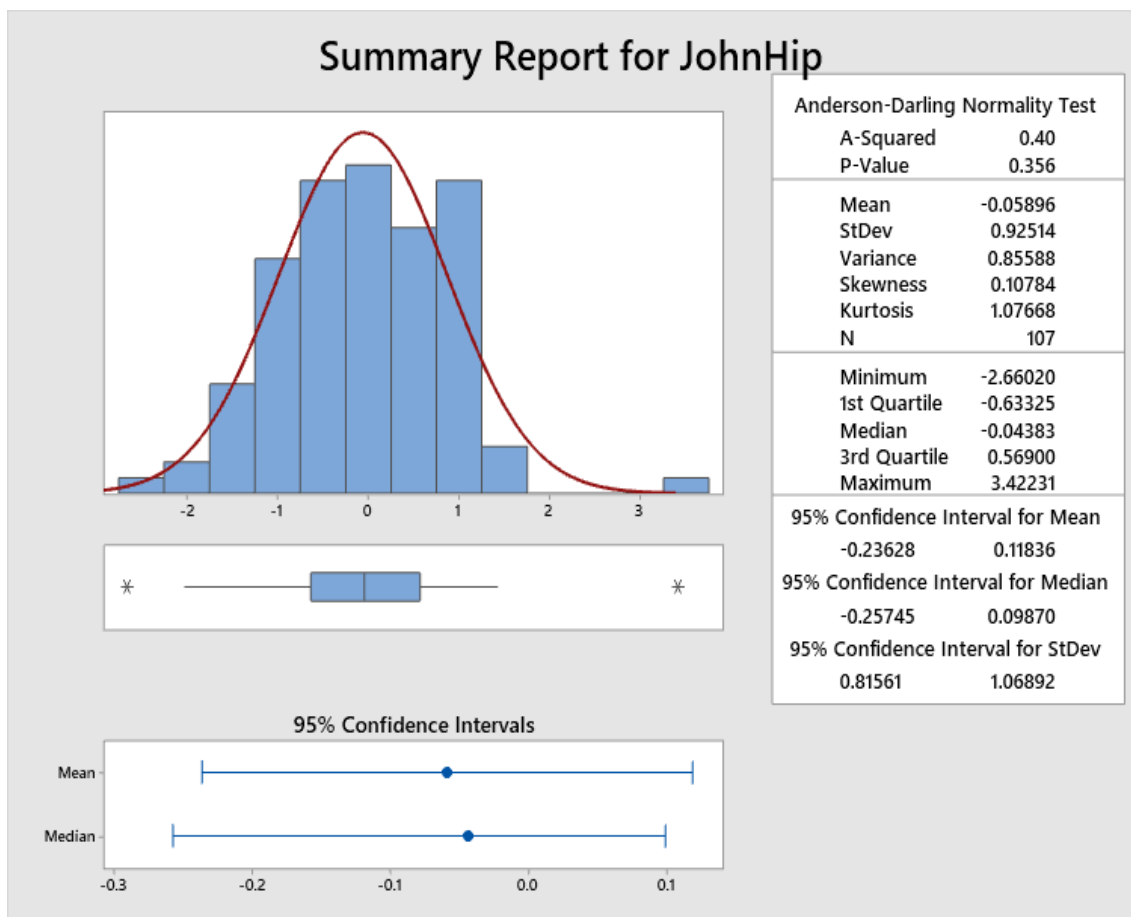


Ilustración 6: Análisis de normalidad para Johnson Hipoclorito mediante Anderson-Darling.

Fuente: Generado en Minitab20.

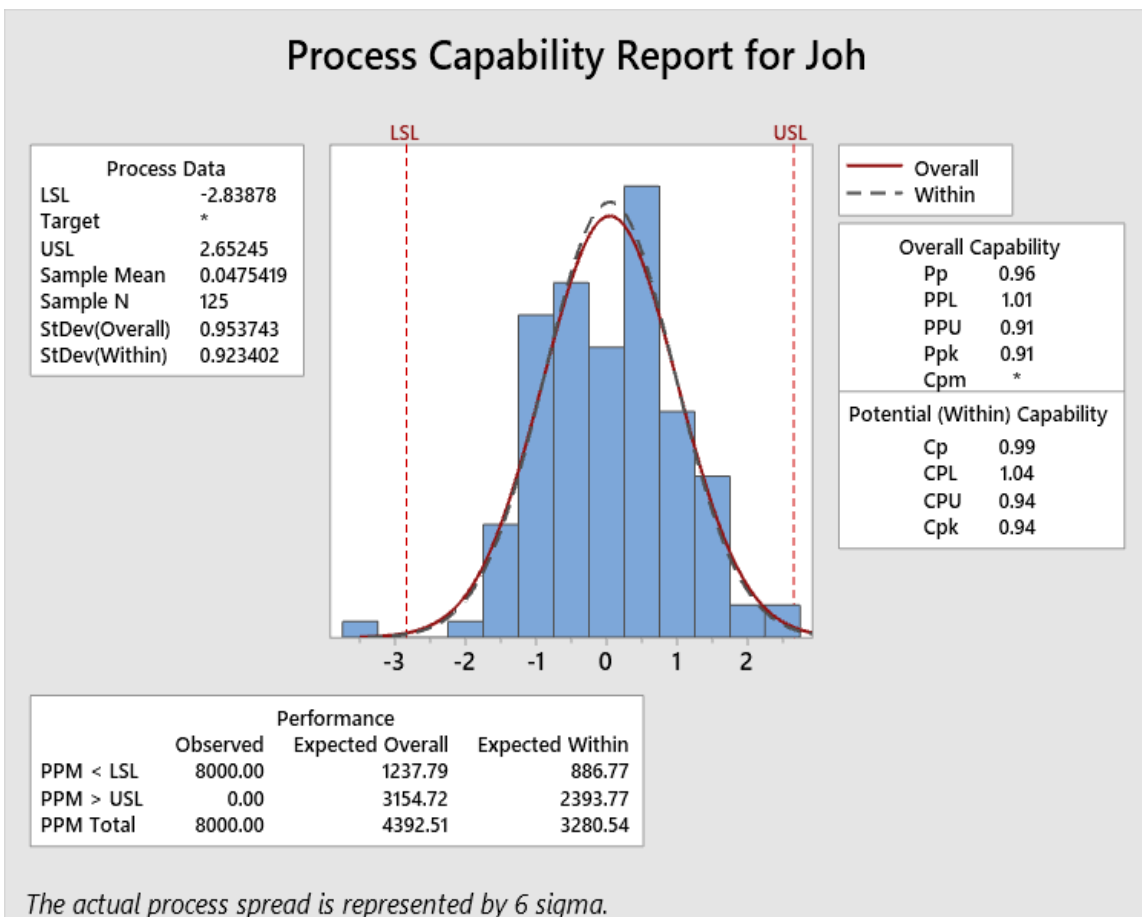


Ilustración 7: Análisis de capacidad del proceso del Lauropon 28

Fuente : Generado en Minitab 20.

Los resultados obtenidos indicaron que:

Materia prima	AD (Anderson-Darling)	p-valor	Resultado
Lauropon 28	AD = 0.99	p < 0,005	Marginalmente normal
Hipoclorito de sodio	AD = 1.48	p <0.005	No normal

Tabla 4: Análisis de distribución AD.

Fuente: Elaboración propia (2025)

Interpretación y Discusión de Resultados

- Dado que los resultados obtenidos en la prueba de Anderson-Darling son superiores a 1.0 y los p-valores son menores a 0,005, revela que ambos conjuntos de datos presentan una desviación significativa respecto a una distribución normal.
- Los datos presentados muestran una asimetría en la distribución, es decir, los valores están sesgados hacia uno de los extremos, lo que sugiere que antes de aplicar herramientas estadísticas es requerido transformar los datos a Johnson.
- Si se aplican estos análisis sin corregir la distribución de los datos, los resultados pueden ser inexactos o engañosos .

APLICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE JOHNSON

Dado los antecedentes anteriores, para la corrección de falta de normalidad, se aplicó la Transformación de Johnson a ambos grupos, Lauropón 28 e Hipoclorito de S.

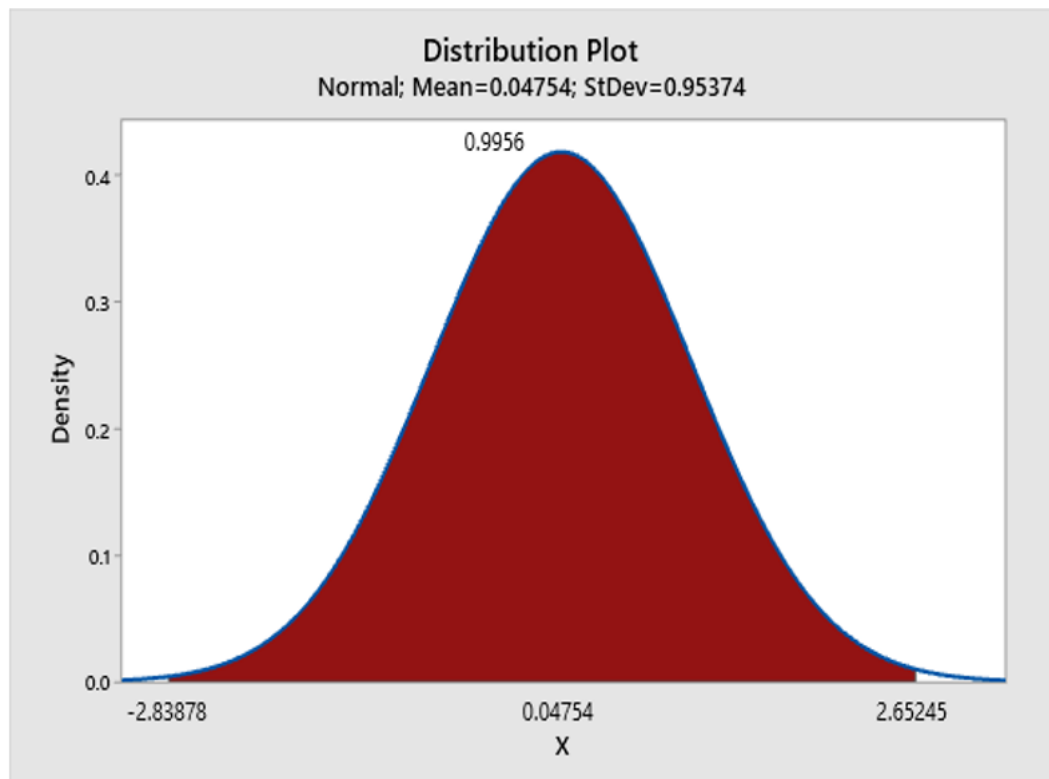


Ilustración 8: Distribución normal ajustada la transformación a Johnson de Lauropón 28.
Fuente: Generado en Minitab 20.

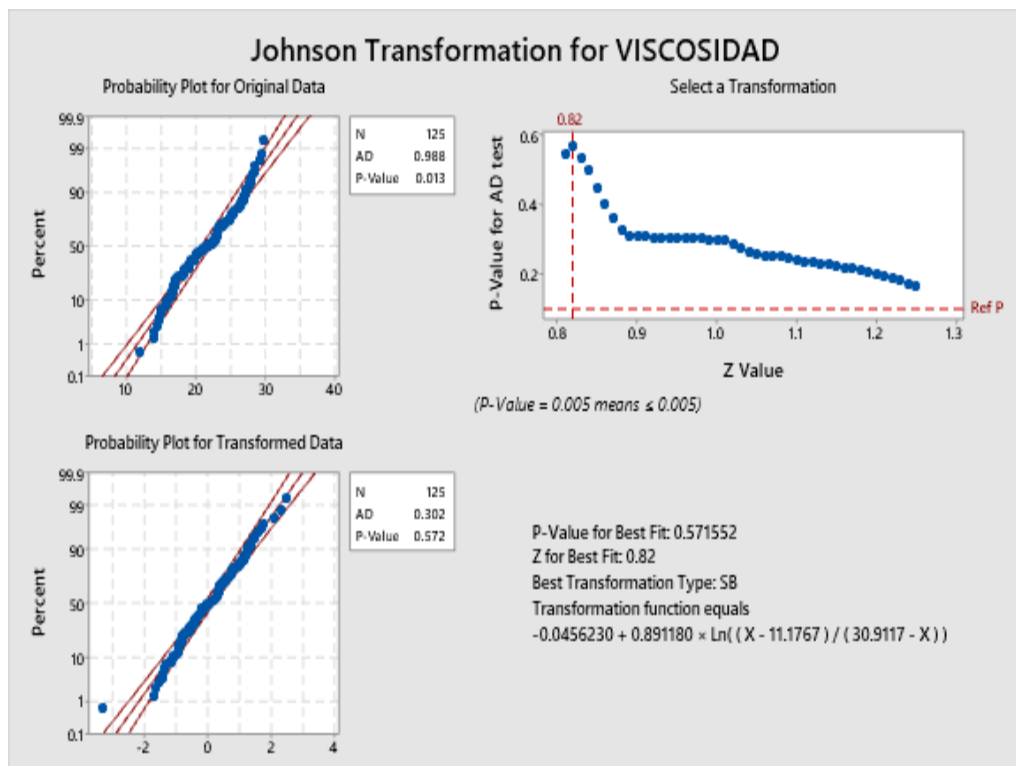


Ilustración 9: Transformación de Johnson aplicada a los datos de viscosidad
Fuente: Generado en Minitab 20.

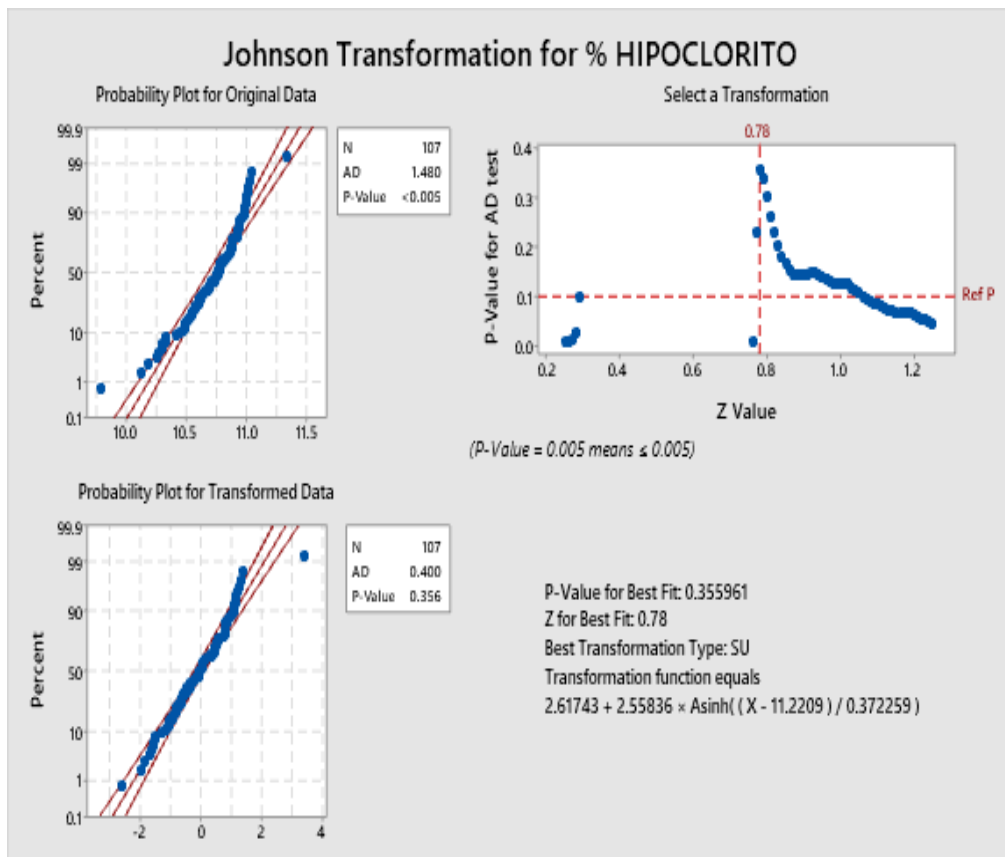


Ilustración 10: Transformación de Johnson aplicada a los datos del Hipoclorito de Sodio.

Fuente: Generado en Minitab 20.

Resultados obtenidos

Materia prima	AD (Anderson-Darling)	p-valor	Resultado
Lauropon 28	AD = 0,350	p < 0,412	Normal
Hipoclorito de sodio	AD = 0,400	p < 0.356	Normal

Tabla 5: Análisis de Johnson

Fuente: Elaboración propia (2025)

Interpretación y discusión de resultados

- Después de emplear la transformación de Johnson, los valores de la prueba de Anderson-Darling disminuyeron considerablemente, y los p-valores aumentaron por encima de 0.35. esto indica que los datos ahora se ajustan correctamente a una distribución normal con un alto nivel de confianza estadística.
- Dado los resultados obtenidos, se pueden aplicar correctamente herramientas estadísticas tales como:
 - Cartas de control ($\bar{X} - R$, $\bar{X} - S$) para el monitoreo del proceso.
 - Análisis de capacidad del proceso (C_p , C_{pk}) para la evaluación de los parámetros si cumplen o no con los requisitos de calidad.

Gracias a estas transformaciones se sortea el riesgo de obtener resultados equívocos, dado a la falta de normalidad de los datos.

APLICACIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL

Las Cartas de Control son herramientas fundamentales para el control estadístico de procesos (CEP). Estos permiten monitorear la estabilidad de los parámetros de las materias primas e identificar las desviaciones antes de que afecten la calidad del producto final.

En este estudio, se evaluará el uso de Cartas \bar{X} -R o Cartas \bar{X} -S, según el tamaño de las muestras para la evaluación de la variabilidad del Lauropon y el Hipoclorito de sodio .

Las cartas de control utilizadas en este análisis son:

Tipo de Carta	Uso	Materia prima Analizada
Carta \bar{X}-R	Se utiliza cuando los datos se agrupan en muestras pequeñas, $n \leq 10$	Lauropon 28 Hipoclorito de Sodio
Cartas \bar{X}-S	Se utilizan cuando los datos se agrupan en muestras grandes, $n \geq 10$	No aplica

Tabla 6: análisis de uso de cartas de control

Fuente: Elaboración propia (2025)

RESULTADOS DE LAS CARTAS DE CONTROL

Cartas de Control para Hipoclorito de Sodio

El "Informe de Capacidad de Proceso" para el hipoclorito señala un análisis profundo de la estabilidad y capacidad del proceso, demostrando cómo los datos se alinean con las especificaciones de calidad establecidas.

- **Límite Central (LC):** Se calculó a partir del promedio de los valores históricos de concentración de cloro activo.
- **Límite de Control Superior (LCS) y Límite de Control Inferior (LCI):** Se calcularon utilizando **3 desviaciones estándar (σ)** para definir la estabilidad del proceso.

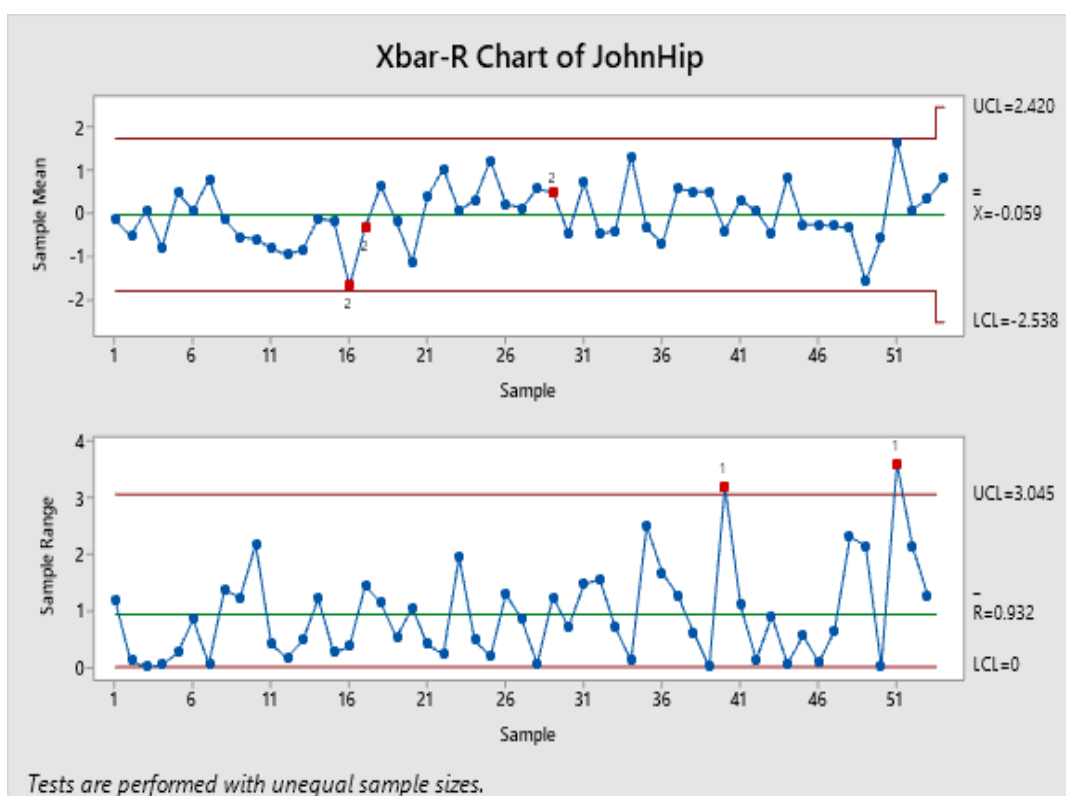


Ilustración 11: Carta \bar{X} -R para el Hipoclorito de Sodio.

Fuente Generado en Minitab 20.

Datos del Proceso:

Parámetro	Valor calculado
Límite de Control Superior (LCS)	2.420
Límite de Control Inferior (LCI)	-2.538
Media General (LC)	0.059
Desviación Detectada	Muestra 1, 16 y 31 fuera de control

Tabla 7: Resultado de análisis Carta \bar{x} -R para Hipoclorito de sodio

Fuente: Elaboración propia (2025)

Interpretación de cálculos

- Los datos se mantuvieron dentro de los límites de control, indicando que el proceso es estable.
- Se observaron ciertas tendencias en el tiempo, que podrían anticipar desviaciones futuras si no se implementan correcciones.
- La implementación de un sistema de control de calidad más detallado y un enfoque proactivo en la mejora del proceso son necesarios para asegurar que se cumplan las especificaciones de calidad y superar las expectativas de producción

Cartas De Control Para Lauropon 28

El uso de las Cartas \bar{X} -R facilita la detección de desviaciones y permite tomar acciones correctivas anticipándose al impacto que puedan tener en la calidad del producto final.

Resultados de la Carta \bar{X} -R para Lauropon 28

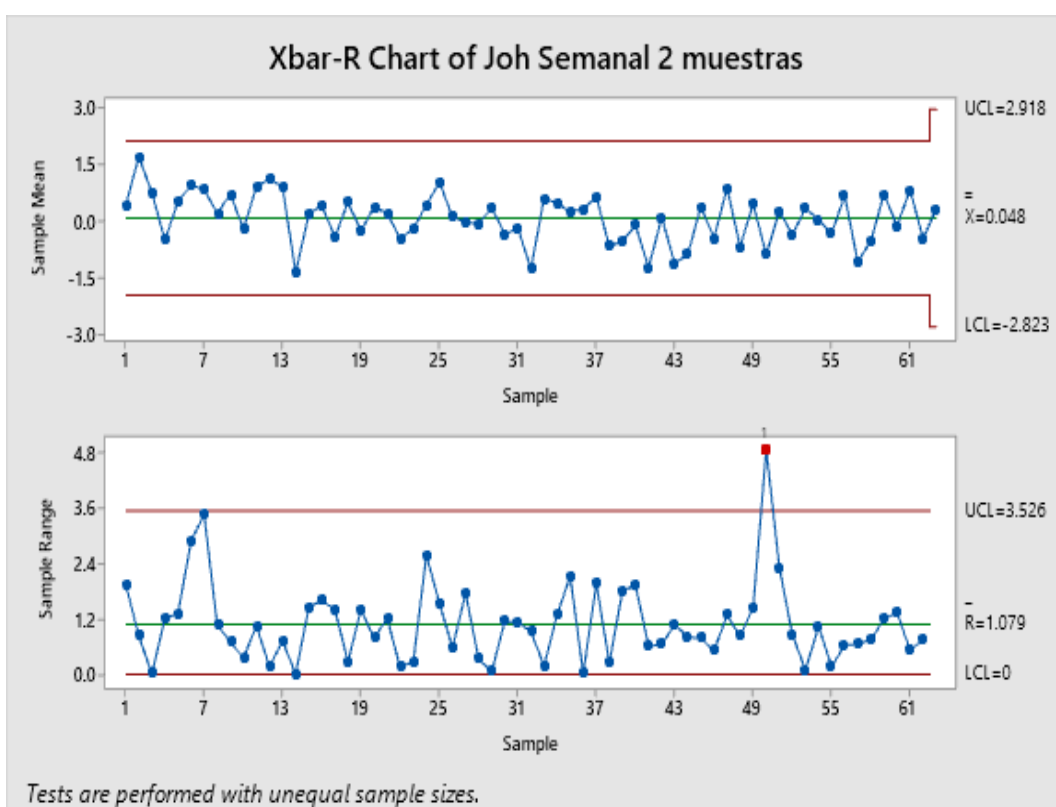


Ilustración 12: Carta \bar{X} -R para Lauropon 28.

Fuente Generado en Minitab 20.

Datos del Proceso:

Parámetro	Valor calculado
Límite de Control Superior (LCS)	2.918
Límite de Control Inferior (LCI)	-2.823
Media General (LC)	0.048
Desviación Detectada	Muestra 49 fuera de control

Tabla 8: Resultado de análisis Carta \bar{X} -R para Lauropon 28

Fuente: Elaboración propia (2025)

Interpretación de calculo

- La mayoría de los datos se encuentran dentro de los límites de control
- En el proceso se identificó una anomalía en la muestra número 49, lo que insinúa una posible fluctuación en la viscosidad del Lauropon 28.

CONCLUSIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL \bar{X} -R

- En respuesta al análisis, se confirma que la variabilidad del proceso se encuentra mayoritariamente bajo control, aunque con algunas excepciones que deben ser investigadas.
- Las desviaciones detectadas tanto en el Lauropon como en el hipoclorito pueden ser causa de alguna No conformidad, lo que requiere de un análisis mas profundo de las causas que pueden influir en la variabilidad.
- Se recomienda un monitoreo continuo y revisión de los procedimientos de recepción de materias primas y la implementación de acciones correctivas del proceso.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO (CP Y CPK)

El Índice de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk) mide si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad establecidas. Mientras que Cp evalúa la capacidad general del proceso, Cpk mide qué tan centrado está respecto a los límites de especificación.

Cálculo de Cp y Cpk

Para la determinación de capacidad del proceso en el control de materias primas, se realizaron los siguientes cálculos:

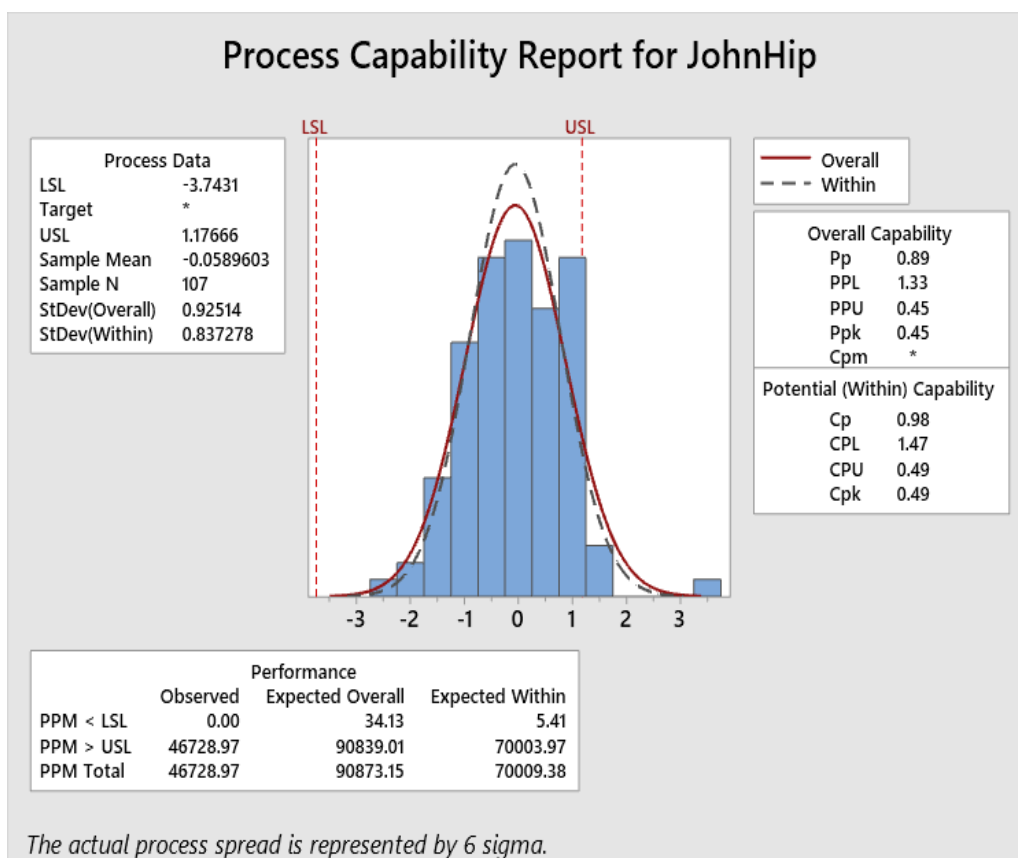


Ilustración 13: Análisis de capacidad del proceso para Johnson Hipoclorito

Fuente: Generado en Minitab 20.

Datos del Proceso:

Tabla 9: Resultados de cálculo Cp y Cpk

Materia prima	Cp. (Capacidad del proceso)	Cpk. * 3(Capacidad Centrada del proceso)
Lauropon 28	0.94	2.82
Hipoclorito de Sodio	0.49	1.47

Fuente: Elaboración propia (2025)

Conclusión:

Dado el análisis realizado, la corrección muestra que el proceso de Lauropon 28 tiene un Sigma Level de 2.82, lo que muestra que un proceso marginalmente aceptable. Por otra parte, el proceso del Hipoclorito de Sodio muestra un nivel Sigma Level de 1.47, evidenciando la necesidad de realizar mejoras oportunas en el control del proceso.

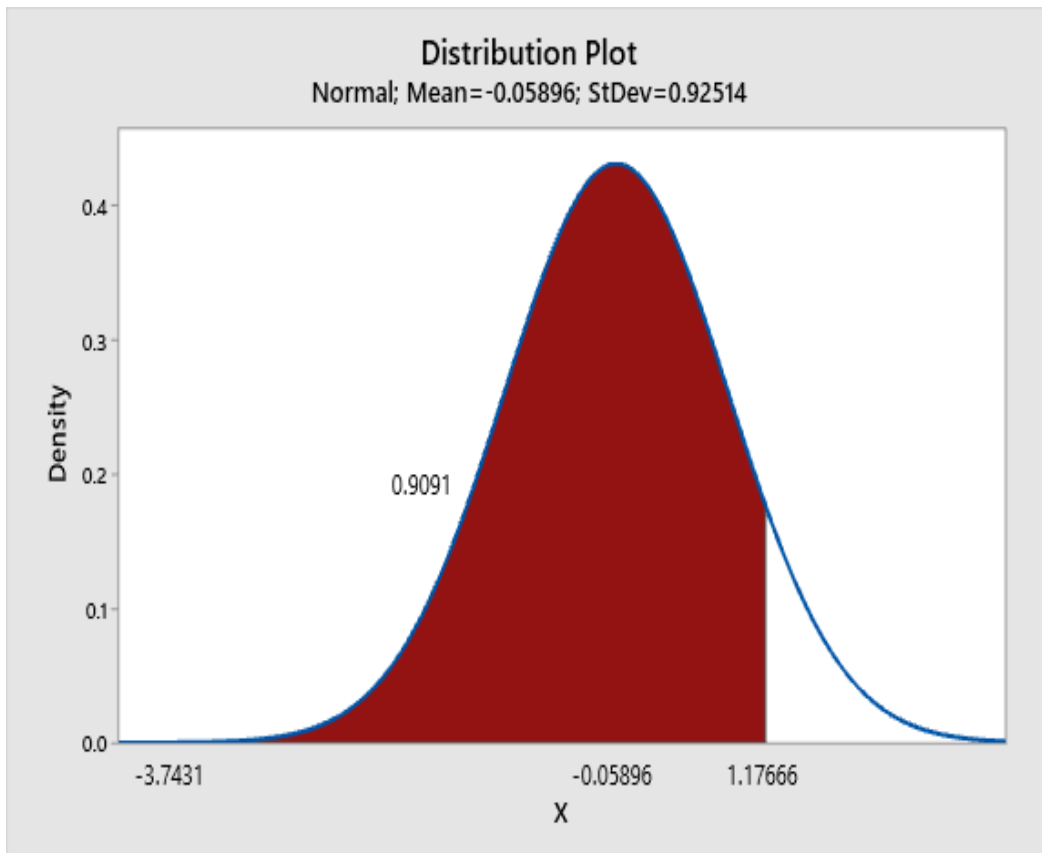


Ilustración 14: Distribución del proceso en relación con los límites de especificación Hipoclorito de Sodio.

Fuente Generado en Minitab 20.

INTERPRETACIÓN DE CÁLCULOS

Lauropon 28

- **C_p** = 0.99 indica que la variabilidad del proceso está en el límite mínimo para que este cumpla con los estándares mínimos.
- **C_{pk}** = 0.94 indica que el proceso no está completamente centrado, lo que significa que algunas muestras pueden caer fuera de los límites especificados.
- Acción recomendada: Reducir la variabilidad y mejorando el control de calidad en la recepción de materia prima para minimizar desviaciones en la viscosidad del Lauropon.

Hipoclorito de Sodio

- **C_p = 0.98** muestra que el proceso tiene una capacidad cercana a 1, pero aún con alta variabilidad.
- **C_{pk} = 0.49** es preocupante, dado que muestra que el proceso está desviado y genera una cantidad considerable de productos fuera de especificaciones.
- **Acción recomendada:** Revisar las condiciones de almacenamiento y dosificación del hipoclorito para reducir desviaciones en la concentración de cloro activo.

CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD

- El proceso del Lauropon 28 es marginalmente aceptable, pero con riesgo de desviaciones en la viscosidad.
- El Hipoclorito de Sodio presenta una capacidad deficiente (**C_{pk} = 0.49**), lo que significa que la calidad del producto puede verse afectada negativamente.
- Se recomienda mejorar el control de las materias primas, implementar mejoras en los procedimientos de recepción y almacenamiento, y reforzar la supervisión del proceso de producción.

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

El presente capítulo tiene como objetivo exponer las conclusiones generales del estudio, así como plantear una serie de propuestas de mejora basadas en los hallazgos obtenidos en el análisis de control estadístico de las materias primas Lauropon 28 e Hipoclorito de Sodio.

A lo largo de la investigación, se evidenció que ciertos factores afectan la estabilidad de estos insumos, generando variaciones en sus características y, por ende, potenciales no conformidades en el producto final. Considerando estos resultados, se establecen recomendaciones enfocadas en optimizar el control de calidad y reducir la variabilidad en los procesos de recepción, almacenamiento y uso de las materias primas.

Identificación De Problemas Detectados

A partir de la aplicación de herramientas estadísticas, se logró identificar desviaciones clave en la calidad de las materias primas analizadas. Estos hallazgos representan puntos críticos que, si no son tratados oportunamente, pueden afectar la eficiencia y calidad del proceso de fabricación del Clorogel.

PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN EL LAUROPON 28

Variabilidad en la viscosidad:

Se detectó que la viscosidad del Lauropon 28 presenta variaciones que podrían generar dificultades en la homogenización del producto final.

Capacidad del proceso marginalmente aceptable:

Con un C_p de 0.99 y un C_{pk} de 0.94, se concluye que el proceso se encuentra en el límite inferior de aceptación, indicando que existen riesgos de que algunas muestras no cumplan con las especificaciones establecidas.

Desviaciones identificadas en la Carta \bar{X} -R:

Se evidenció un punto fuera de control en la muestra 49, lo que insinúa la presencia de factores externos que podrían estar afectando la estabilidad del insumo.

PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN HIPOCLORITO DE SODIO

Alta variabilidad en la concentración de cloro activo:

Se identificaron fluctuaciones en la concentración del hipoclorito de sodio, lo que podría comprometer la efectividad del producto final en términos de poder desinfectante y estabilidad química.

Proceso fuera de control y descentrado:

Con valores de $C_p = 0.98$ y $C_{pk} = 0.49$, se observó una capacidad del proceso muy por debajo de los niveles óptimos, lo que sugiere que una proporción significativa de muestras podría estar fuera de los límites de especificación.

Puntos fuera de control en la Carta \bar{X} -R:

Se observaron las muestras 1, 16 y 31 fuera de los límites de control, lo que confirma la existencia de desviaciones en la concentración y la necesidad de implementar controles más estrictos.

Estrategias para Optimizar el Control de Calidad

Para corregir las desviaciones observadas y asegurar una mayor estabilidad en las materias primas, se proponen estrategias enfocadas en mejorar los criterios de aceptación, reforzar el monitoreo y capacitar al personal en la gestión del control estadístico de procesos.

Ajuste de Límites de Control y Especificaciones de Calidad

- Se recomienda fijar límites de control más estrictos en la viscosidad del Lauropon 28 para evitar fluctuaciones excesivas que afecten la formulación del Clorogel.
- En el caso del Hipoclorito de Sodio, se requiere ajustar las especificaciones de concentración de cloro activo, asegurando que las variaciones se mantengan dentro de un margen seguro y controlado.

FORTALECIMIENTO DEL CONTROL EN LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

- Se propone reforzar la inspección en la recepción de materias primas, asegurando que cada lote cumpla con los estándares establecidos antes de ser utilizado en la producción.
- Para reducir la variabilidad en la calidad de los insumos, se recomienda exigir certificados de análisis más detallados por parte de los proveedores.
- Mejorar las condiciones de almacenamiento, controlando temperatura, humedad y tiempo de resguardo, con el fin de minimizar las alteraciones en la composición química del hipoclorito y la viscosidad del Lauropon 28.

IMPLEMENTACIÓN DE UN MONITOREO CONTINUO DE NO CONFORMIDADES

- Se propone desarrollar un sistema de monitoreo en tiempo real, basado en Cartas de Control \bar{X} -R, con el fin de detectar variaciones antes de que afecten la calidad del producto final.
- Además, la instalación de un sistema de alerta temprana permitirá tomar acciones preventivas cuando los valores de los insumos se acerquen a los límites de especificación, evitando correcciones tardías y pérdidas de horas hombre.

Capacitación del Personal en Control Estadístico de Procesos (CEP)

- Se recomienda capacitar al personal en técnicas de control estadístico, facilitando la interpretación de gráficos de control y promoviendo la toma de decisiones basada en datos.
- La implementación de un programa de formación continua asegurará que los operadores sean capaces de identificar desviaciones, aplicar correcciones oportunas y garantizar la estabilidad del proceso.

RECOMENDACIONES FINALES PARA ESTABILIZAR EL PROCESO

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de fortalecer el control de las materias primas Lauropon 28 e Hipoclorito de Sodio, con el fin de garantizar una mayor estabilidad en la calidad del Clorogel.

- El Lauropon 28 presenta un proceso con capacidad marginalmente aceptable, pero cercano al límite inferior de conformidad, lo que sugiere la necesidad de implementar controles adicionales en su recepción y almacenamiento.
- El Hipoclorito de Sodio exhibe un proceso con alta variabilidad y un Cpk de 0.49, mostrando que es necesario establecer medidas correctivas urgentes para mejorar su estabilidad.
- La aplicación de las estrategias de mejora permitirá reducir la variabilidad en las materias primas, mejorando la eficiencia del proceso y asegurando la conformidad con los estándares de calidad exigidos.

En conclusión, se aconseja la implementación inmediata de ajustes en el control de recepción y almacenamiento, el fortalecimiento del monitoreo estadístico y la capacitación del personal, con el propósito de alcanzar procesos más estables y confiables en la producción del Clorogel.

CAPÍTULO 6: ANEXOS

ANEXOS

DATOS HISTÓRICOS DE LAUROPON 28

Data recopilada de los últimos 12 meses, enero 2023 – diciembre 2023.

N. de Datos	Lote Proveedor	Visc. Lab.	Visc. Proveedor
1	52520	27,53	24
2	52520	18,15	24
3	52530	29,25	25
4	52530	27,18	25
5	52530	25,02	25
6	52532	25,07	19
7	52532	15,66	19
8	52532	21,68	19
9	52547	26,78	15
10	52552	20,32	15
11	52555	29,66	15
12	52555	18,44	15
13	52560	16,53	12
14	52560	29,87	12
15	52571	19,35	24
16	52571	24,97	24
17	52579	23,07	16
18	52583	26,37	16
19	52590	19,07	16
20	52590	21,00	16
21	52598	27,62	16
22	52598	23,16	16
23	52598	26,91	16
24	52605	26,28	22
25	52605	27,06	22
26	52611	23,93	26
27	52611	14,75	26
28	52611	14,74	26
29	52621	18,18	20
30	52621	25,68	20
31	52621	19,09	20
32	52626	26,97	25
33	52637	22,61	25
34	52638	15,56	30
35	52650	23,10	29
36	52650	24,50	29
37	52653	16,19	18
38	52664	23,44	18
39	52664	25,15	22
40	52673	21,07	22
41	52680	25,29	22
42	52685	18,94	22
43	52685	18,25	19
44	52685	19,01	20
45	52685	19,25	24

N. de Datos	Lote Proveedor	Visc. Lab.	Visc. Proveedor
46	52689	20,75	24
47	52699	16,69	18
48	52709	28,44	18
49	52709	28,60	18
50	52721	22,53	17
51	52721	20,12	17
52	52721	23,28	25
53	52724	25,50	25
54	52724	16,52	25
55	52729	19,78	25
56	52729	21,62	16
57	52729	22,88	16
58	52729	23,19	16
59	52735	22,40	16
60	52735	16,44	24
61	52735	23,18	19
62	52735	17,19	20
63	52739	13,71	15
64	52739	16,96	19,5
65	52744	23,88	19,5
66	52744	24,78	20
67	52750	26,53	19,5
68	52750	20,13	18
69	52753	16,91	18
70	52750	27,28	17,5
71	52750	22,92	17
72	52752	22,81	24
73	52752	19,27	24
74	52752	28,20	24
75	52758	18,18	20
76	52758	17,00	25
77	52760	23,18	20
78	52760	14,53	20
79	52760	15,78	20
80	52762	25,47	19
81	52762	16,41	19
82	52762	14,22	19
83	52765	23,42	25
84	52770	19,88	25
85	52770	18,00	22
86	52771	13,88	20
87	52771	15,03	20
88	52773	18,59	17
89	52773	21,10	17,5
90	52775	25,13	19

N. de Datos	Lote Proveedor	Visc. Lab.	Visc. Proveedor
91	52775	20,06	19
92	52775	17,41	19
93	52775	27,88	19
94	52779	22,40	24
95	52779	15,75	20
96	52781	19,69	19,5
97	52781	19,63	16
98	52782	26,81	24
99	52782	27,98	19
100	52782	11,65	20
101	52786	16,56	15
102	52787	27,63	19,5
103	52787	21,49	19,5
104	52787	17,00	20
105	52787	22,72	19,5
106	52789	23,22	18
107	52789	24,10	18
108	52790	18,50	17,5
109	52790	18,87	17
110	52792	19,76	24
111	52792	23,12	24
112	52792	26,10	24
113	52793	17,18	25
114	52793	14,58	25
115	52793	20,31	25
116	52796	16,56	19
117	52796	21,69	19
118	52796	27,22	19
119	52798	17,03	15
120	52798	24,06	15
121	52798	26,46	15
122	52798	24,10	15
123	52799	20,60	12
124	52799	16,81	12
125	52814	22,84	24

DATOS HISTÓRICOS DE HIPOCLORITO DE SODIO

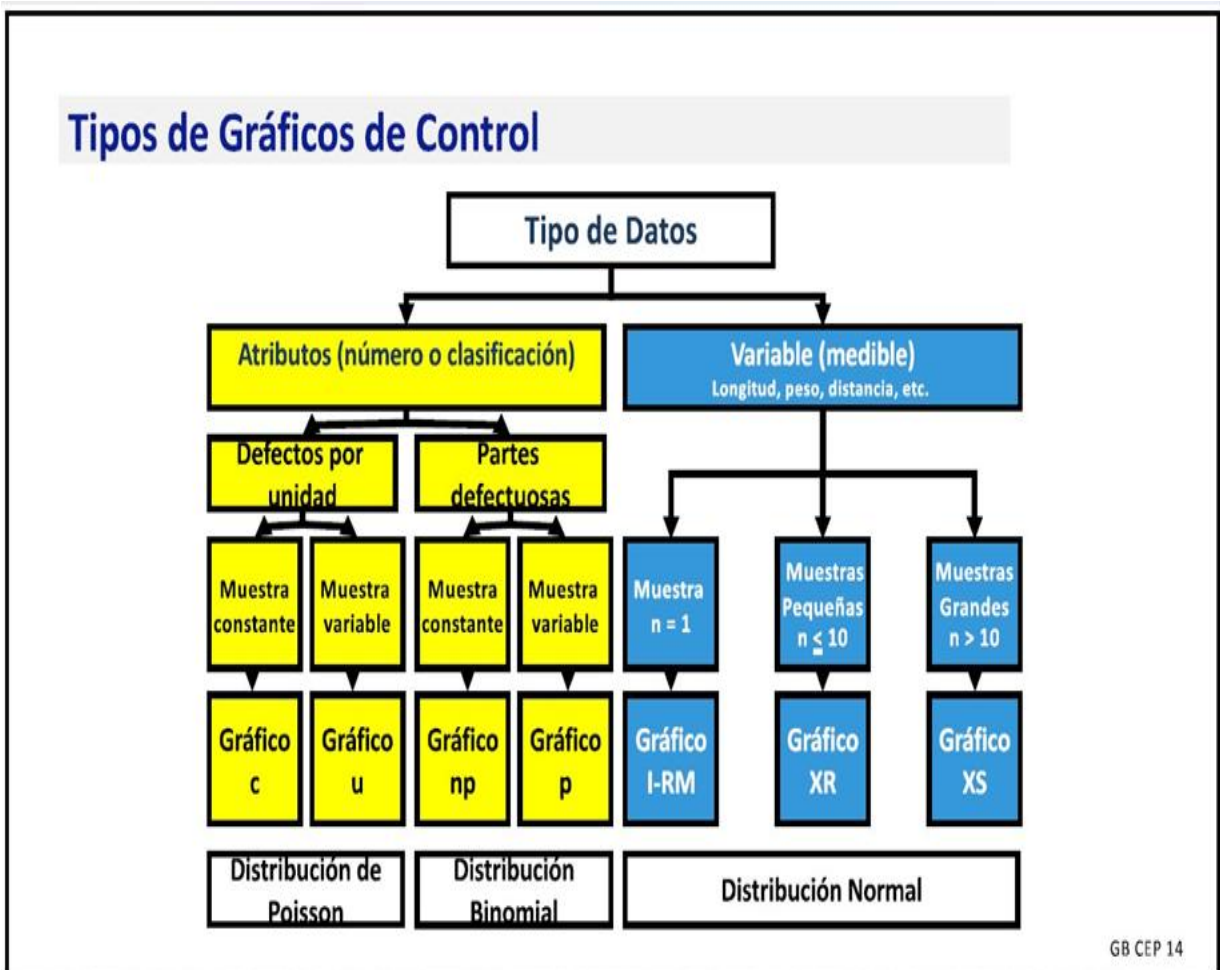
Data recopilada de los últimos 12 meses, enero 2023 – diciembre 2023.

N. de Datos	% Concentración Lab.	Johnson Hipoclorito
1	10,57	-0,8
2	10,86	0,4
3	10,62	-0,6
4	10,65	-0,5
5	10,78	0,0
6	10,78	0,0
7	10,56	-0,8
8	10,55	-0,8
9	10,84	0,3
10	10,89	0,6
11	10,87	0,5
12	10,68	-0,4
13	10,92	0,7
14	10,93	0,8
15	10,88	0,5
16	10,55	-0,8
17	10,44	-1,2
18	10,78	0,0
19	10,25	-1,7
20	10,87	0,5
21	10,61	-0,6
22	10,49	-1,0
23	10,48	-1,1
24	10,53	-0,9
25	10,61	-0,6
26	10,47	-1,1
27	10,87	0,5
28	10,58	-0,7
29	10,69	-0,3
30	10,75	-0,1
31	10,17	-1,9
32	10,32	-1,5
33	10,48	-1,1
34	10,85	0,4
35	10,78	0,0
36	11,00	1,2
37	10,65	-0,5
38	10,78	0,0
39	10,61	-0,6
40	10,26	-1,7
41	10,81	0,2
42	10,89	0,6
43	10,95	0,9
44	10,99	1,1
45	10,97	1,0

N. de Datos	% Concentración Lab.	Johnson Hipoclorito
46	10,52	-0,9
47	10,78	0,0
48	10,88	0,5
49	11,02	1,3
50	10,99	1,1
51	10,66	-0,4
52	10,94	0,8
53	10,88	0,5
54	10,69	-0,3
55	10,89	0,6
56	10,88	0,5
57	10,98	1,1
58	10,73	-0,2
59	10,55	-0,8
60	10,74	-0,1
61	11,04	1,4
62	10,76	0,0
63	10,41	-1,3
64	10,83	0,3
65	10,57	-0,8
66	10,75	-0,1
67	11,03	1,4
68	11,01	1,2
69	10,95	0,9
70	10,29	-1,6
71	10,79	0,1
72	10,30	-1,6
73	10,75	-0,1
74	11,00	1,2
75	10,93	0,8
76	10,81	0,2
77	10,87	0,5
78	10,87	0,5
79	10,11	-2,0
80	11,00	1,2
81	10,94	0,8
82	10,71	-0,3
83	10,76	0,0
84	10,79	0,1
85	10,52	-0,9
86	10,76	0,0
87	10,93	0,8
88	10,94	0,8
89	10,77	0,0
90	10,63	-0,6

N. de Datos	% Concentración Lab.	JohnHip
91	10,71	-0,3
92	10,69	-0,3
93	10,61	-0,6
94	10,77	0,0
95	10,32	-1,5
96	10,93	0,8
97	9,78	-2,7
98	10,64	-0,5
99	10,62	-0,6
100	10,62	-0,6
101	11,34	3,4
102	10,73	-0,2
103	10,50	-1,0
104	10,99	1,1
105	10,70	-0,3
106	10,96	0,9
107	10,93	0,8

TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROL



BIBLIOGRAFÍA

- 9000, I. (2015:19). *Traducción oficial Sistemas de gestión de la calidad —Fundamentos y vocabulario*. Cuarta edición.
- CHACÓN CANTOS, J., & RUGEL KAMAROVA, S. (15 de 12 de 2018). Artículo de Revisión. Teorías, Modelos y Sistemas de Gestión de Calidad. *Revista ESPACIOS*, pág. 14. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331544414_Teorias_Modelos_y_Sistemas_de_Gestion_de_Calidad_Articulo_de_Revision
- CHILE, P. (s.f.). *LAURIL ETER SULFATO DE SODIO(28%;70%)*.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H., & DE LA VARA SALAZAR, R. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y SEIS SIGMA*. MC GRAW HILL EDUCACION.
- HERRERA VIDAL, G., PÉREZ AGUAS, Y., & VENECIA PUELLO, E. (2017). Enfoque seis sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo1. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22, 610-636.
- ISO. (MARZO de 2025). *Acceptance control Charts*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/14943/ac4c97f33f6043069d682b7d32d0572d/ISO-7966-1993.pdf>
- ISO. (MARZO de 2025). Control charts for arithmetic average with. INTERNACIONAL. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/14806/777737f484724f5882917d14e74c8319/ISO-7873-1993.pdf>
- ISO. (MARZO de 2025). *GRÁFICOS DE CONTROL*. Obtenido de ISO 7879-1:2019: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:7870:-1:ed-3:v1:en>
- LÓPEZ LEMOS, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la Calidad*. FEMETAL.
- MONTGOMERY, D. C. (2009). *Introducción al Control Estadístico de Calidad*. John Wiley & Sons.
- MOORE, D. S. (2004). *Estadística aplicada básica*. Antoni Bosh.
- OYANEDEL MUÑOZ, G. A. (2014). *Indices de Capacidad de Procesos para Distribución no Normales*. Obtenido de Universidad de Valparaíso: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/2be0320c-abad-4c2a-bc74-5e265ced630d/content>
- POCHTECA. (MARZO de 2025). *HIPOCLORITO DE SODIO*. Obtenido de https://mexico.pochteca.net/hipoclorito-de-sodio/#elementor-toc__heading-anchor-0
- RIU, J. (2005). *Gráficos de control de Shewhart*. Obtenido de <https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1GXY8SDBD-2DDZG59-16YW/7.-%20GRAFICA%20DE%20CONTROL%20DE%20SHEWHART.pdf>
- SHEWHART, W. A. (1997). *Control económico de la calidad de productos manufacturados*.
- TESTINGXPERTS. (marzo de 2025). *Análisis de Datos*. Obtenido de testingxperts: <https://www.testingxperts.com/blog/predictive-data-analytics#What%20is%20Predictive%20Data%20Analytics?>