

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO EN LÍNEAS DE  
ENVASADO DE YOGURT Y PROPUESTA DE MEJORA ANTE  
PROCESOS INADECUADOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**MARTÍN ALEJANDRO RUIZ GONZALES**

**LIMA - PERÚ**

**2023**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Plantilla Trabajo de Suficiencia Profesional v.5.docx (D147650305)
<b>Submitted</b>	10/26/2022 4:54:00 AM
<b>Submitted by</b>	Julio Vidaurre Ruiz
<b>Submitter email</b>	vidaurrejm@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	10%
<b>Analysis address</b>	vidaurrejm.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Ejercicios Cartas de control Fernando Garces.pdf</b> Document Ejercicios Cartas de control Fernando Garces.pdf (D69200990)		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/yr34wr8y-elaboracion-alimentos-broilers-mediante-implementacion-produccion-alimentos-balanceados.html">https://1library.co/document/yr34wr8y-elaboracion-alimentos-broilers-mediante-implementacion-produccion-alimentos-balanceados.html</a> Fetched: 12/3/2020 7:37:22 PM		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>1566359802_190__DMAIC_(1).docx</b> Document 1566359802_190__DMAIC_(1).docx (D54933823)		<b>14</b>
<b>SA</b>	<b>1565058934_219__Practica_-_Plan_de_verificacion_Par1_Cárdenas-Lapo.docx</b> Document 1565058934_219__Practica_-_Plan_de_verificacion_Par1_Cárdenas-Lapo.docx (D54717623)		<b>4</b>
<b>SA</b>	<b>9520ae912c0af529e75e19c80d3984ae7c02fa7e.docx</b> Document 9520ae912c0af529e75e19c80d3984ae7c02fa7e.docx (D74635330)		<b>10</b>
<b>SA</b>	<b>1565021313_661__taller_de_matriz_de_ponderacion_y_verifiacion_de_causas.docx</b> Document 1565021313_661__taller_de_matriz_de_ponderacion_y_verifiacion_de_causas.docx (D54716102)		<b>1</b>

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
"ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO EN LÍNEAS DE ENVASADO DE YOGURT Y PROPUESTA DE MEJORA ANTE PROCESOS INADECUADOS"  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
MARTÍN ALEJANDRO RUIZ GONZALES  
LIMA - PERÚ  
2021  
La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)  
DEDICATORIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO EN LÍNEAS DE  
ENVASADO DE YOGURT Y PROPUESTA DE MEJORA ANTE  
PROCESOS INADECUADOS”**

Presentado por:

**MARTÍN ALEJANDRO RUIZ GONZALES**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

Dr. Edwin O. Baldeón Chamorro  
PRESIDENTE

---

Mg. Sc. Silvia M. García Torres  
MIEMBRO

---

Dr. Luis Alberto Condezo Hoyos  
MIEMBRO

---

Dr. Julio Vidaurre-Ruiz  
ASESOR

Lima – Perú

2023

## **DEDICATORIA**

*A Diosito, por guiarnos en este camino y salir airosos de las pruebas de vida.*  
*A mi papá, mamá, hermanos y sobrinas, quienes, a su manera y con mucho cariño, me han*  
*apoyado en todo este proceso de vida.*  
*A cada amistad que estuvo presente en mis momentos felices y complicados.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, mi familia, quienes siempre, de alguna manera u otra, me han apoyado en cada decisión que he tomado y que conlleva a mi crecimiento personal y profesional.

A mis grandes amigos de colegio, Víctor y Miguel, quienes mostraron, a pesar de las adversidades, su gran estima para con mi persona y familia en momentos complicados.

A mi asesor, quien pacientemente me ha brindado su apoyo en esta etapa del trabajo.

A cada persona que contribuyó en este trabajo monográfico, con la experiencia, ideas de mejora, críticas constructivas, entre otros.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## ABSTRACT

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1. YOGURT	3
2.1.1. Estilos de yogurt	4
2.1.2. Fermentación	4
2.1.3. Sensorial	5
2.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	5
2.3. TÉCNICA DE LOS CINCO ¿POR QUÉ?	6
2.4. ESTUDIO DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD DE UN PROCESO	6
2.4.1. Índices de capacidad de proceso	7
2.4.2. Interpretación del índice Cp	8
2.4.3. Índices de desempeño del proceso	9
<b>III. METODOLOGÍA</b>	10
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	10
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	10
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	10
3.3.1. Materiales	10
3.3.2. Equipos	11
- Balanza	11
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	11
3.4.1. Etapa 1: Entrevista con los encargados del proceso de envasado de yogurt	11
3.4.2. Etapa 2: Prueba de normalidad Anderson Darling	11
3.4.3. Etapa 3: Cálculo de los índices de capacidad de proceso	11
3.4.4. Etapa 4: Propuesta de mejora	11
4.1. ENTREVISTA A LOS ENCARGADOS DEL PROCESO DE ENVASADO DE YOGURT	13
4.2. PRUEBAS DE NORMALIDAD ANDERSON DARLING	14
4.2.1. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 4 – mes de julio	14
4.2.2. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 4 – mes de agosto	16

4.2.3.	Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 2 – mes de julio	17
4.2.4.	Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 2 – mes de agosto	18
4.2.5.	Prueba de normalidad Anderson Darling en línea Adipack - mes de julio	19
4.2.6.	Prueba de normalidad Anderson Darling en línea Adipack- mes de Agosto	22
4.3.	<b>CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO</b>	23
4.3.1.	Índices de capacidad de proceso en Serac 4 – mes de julio	23
4.3.2.	Índices de capacidad de proceso en Serac 4 – mes de agosto	24
4.3.3.	Índices de capacidad de proceso en Serac 2 – mes de julio	25
4.3.4.	Índices de capacidad de proceso en Serac 2 – mes de agosto	25
4.3.5.	Índices de capacidad de proceso en Adipack – mes de julio	26
4.3.6.	Índices de capacidad de proceso en Adipack – mes de agosto	26
4.4.	<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>	28
4.4.1.	Seleccionar y caracterizar un problema	28
a.	Funciones dentro del equipo	29
4.4.2.	Buscar todas las posibles causas	30
4.4.3.	Investigar cuáles de las causas son más importantes	31
4.4.4.	Elaboración de un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes	31
4.4.5.	Aplicación de las competencias profesionales	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	36
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	37
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del Cp y su interpretación.....	8
Tabla 2: Índices de capacidad de proceso de las líneas de envasado de yogurt de fresa ...	28
Tabla 3: Equipo de mejora .....	29
Tabla 4: Evaluación de los por qué .....	31
Tabla 5: Plan de acción .....	32
Tabla 6: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral .....	33
Tabla 7: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en la determinación de índices de capacidad de proceso en línea de yogurt .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de la propuesta de mejora .....	12
Figura 2: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de julio-Serac 4.....	15
Figura 3: Transformación de Johnson para los valores de la línea Serac 4-Julio .....	16
Figura 4: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de Agosto-Serac 4 .....	17
Figura 5: Transformación de Johnson para los valores de la línea Serac 4-Agosto .....	18
Figura 6: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de Julio-Serac 2 .....	19
Figura 7: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de Agosto-Serac 2 .....	20
Figura 8: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de Julio-Adipack .....	21
Figura 9: Transformación de Johnson para los valores de la línea Adipack-julio .....	22
Figura 10: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de agosto-Adipack .....	23
Figura 11: Transformación de Johnson para los valores de la línea Adipack-Agosto .....	23
Figura 12: Reporte de capacidad de proceso Sixpack para la data de la línea Serac 4-mes Julio.....	24
Figura 13: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 4-mes Agosto .....	25
Figura 14: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 2- mes Julio .....	26
Figura 15: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 2- Agosto .....	26
Figura 16: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Adipack- mes de Julio .....	27
Figura 17: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Adipack- mes de Agosto.....	27

Figura 18: Diagrama de Ishikawa para el problema: Proceso de envasado de yogurt de  
yogurt No Capaz, en línea Adipack  
.....30

## RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional se llevó a cabo en una fábrica de procesamiento de yogurt, específicamente en las líneas Serac 4 (presentación de 1kg), Serac 2 (presentación de 1.9 kg) y Adipack (presentación de 90g), con el fin de que, utilizando una metodología entendible y práctica de mejora continua, poder determinar ciertos índices de capacidad de proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) que ayudarán a, no solo la empresa en mención, sino que se puede aplicar a cualquier otra, observar un panorama del proceso de envasado en sus líneas, con el fin de determinar qué procesos son adecuados o no, y a partir de ellos, plantear una propuesta de mejora, en equipo, lo que conlleva a ahorros de productos no conformes, costos, entre otros.

Para el desarrollo de este trabajo, se usó el programa Minitab 17 para la determinación de pruebas de normalidad Anderson Darling (Serac 4 y Adipack no siguieron una distribución normal) e índices de capacidad de proceso ( $C_{pk}$  y  $P_{pk}$ , principalmente). La metodología usada constó de 4 etapas básicas, que va desde la entrevista a los dueños del proceso, hasta llegar a la propuesta de mejora continua. Conociendo esto, se obtuvo para la línea Serac 4, valores de  $P_{pk}$  1.3 y 1.34 en julio y agosto respectivamente, mientras que para la línea Serac 2, valores de 1.13 y 1.26 en dichos meses respectivamente. Finalmente, y como medio de estudio, se tomó la línea Adipack, quienes obtuvieron 0.1 y 0.2 de  $P_{pk}$  en julio y agosto respectivamente, por unanimidad, como un proceso no adecuado. Se recomendó, luego de mostrar los resultados obtenidos mediante los índices de capacidad de proceso, evaluar la implementación de las mejoras sugeridas, a través de costos de calidad y realizar, en próximas oportunidades, charlas de concientización para que el personal operativo logre captar la importancia de las mejoras de los índices de capacidad de proceso en el proceso de producción y lo que conlleva tener un proceso bajo control estadístico.

**Palabras clave:** Índices de capacidad de proceso, pruebas de normalidad, mejora continua, envasado.

## ABSTRACT

The professional sufficiency work was carried out in a yogurt processing factory, specifically in the Serac 4 (1kg presentation), Serac 2 (1.9kg presentation) and Adipack (90g presentation) lines, in order to , using an understandable and practical methodology of continuous improvement, to be able to determine certain process capacity indexes ( $C_p$  and  $C_{pk}$ ) that will help, not only the company in question, but can be applied to any other, to observe an overview of the process of packaging in their lines, in order to determine which processes are adequate or not, and from them, propose an improvement proposal, as a team, which leads to savings of non-compliant products, costs, among others. For the development of this work, the Minitab 17 program was used to determine Anderson Darling normality tests (Serac 4 and Adipack did not follow a normal distribution) and process capacity indices ( $C_{pk}$  and  $P_{pk}$ , mainly). The methodology used consisted of 4 basic stages, which goes from the interview with the owners of the process, until reaching the proposal for continuous improvement. Knowing this, it was obtained for the Serac 4 line,  $P_{pk}$  values of 1.3 and 1.34 in July and August respectively, while for the Serac 2 line, values of 1.13 and 1.26 in said months respectively. Finally, and as a means of study, the Adipack line was taken, which obtained 0.1 and 0.2  $P_{pk}$  in July and August respectively, unanimously, as an inappropriate process. It was recommended, after showing the results obtained through the process capacity indices, to evaluate the implementation of the suggested improvements, through quality costs and to carry out, in future opportunities, awareness talks so that the operating personnel can grasp the importance of the improvements of the process capacity indices in the production process and what it entails to have a process under statistical control.

**Keywords:** Process capability indices, normality tests, continuous improvement, packaging

## I. INTRODUCCIÓN

Un problema frecuente en el envasado de alimentos es controlar la cantidad necesaria de producto a envasar en el empaque. Dentro de la inspección en línea en la fábrica de alimentos, se tendrá la toma de pesos en líneas de yogurt. Esta variable juega un rol importante para los clientes, quienes se fían de la información del contenido en la etiqueta, al momento de comprar el producto; así como también es importante para la empresa, ya que, si se le da más producto de lo especificado al cliente, constituye pérdida monetaria para la compañía. Muchos colaboradores de las envasadoras tienen la idea de que “darle demás al cliente, es mejor”, por lo que no necesariamente regulan la inyección correcta de yogurt al momento de envasar, sino que suministran mayor cantidad de producto para evitarse problemas de pesos fuera de especificación, sin siquiera comprender la magnitud que conlleva esto, a las mermas de la misma producción, considerando las toneladas/mes que se tiene en el plan de producción de este producto. Otra causa que genera variación en el peso de los productos, son las fallas en máquina, que pueden evitarse si se tiene un mantenimiento autónomo de ellas, o preventivo, según sea el caso. Entra a tallar un papel importante, el operador de línea, quien es el dueño del proceso y que debe velar por ser eficaz al momento de ejercer su trabajo, siempre con la supervisión y apoyo constante de los involucrados en planta. Conociendo esto, entran a tallar los índices de capacidad de proceso. Chase et al. (2009), señalan que se usan para “medir la eficiencia en la producción del proceso en relación con las tolerancias de diseño”, mientras que Gutiérrez y de la Vara (2013) sostienen que “son mediciones especializadas que sirven para evaluar de manera práctica la habilidad de los procesos para cumplir con las especificaciones” y “compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste”. Es por ello, que se tendrá como objetivo específico, determinar si la distribución de datos obtenidos en el muestro de la variable “peso de producto” siguen una distribución normal a través de la prueba de normalidad Anderson Darling. Luego de ello, se analizará los índices de capacidad ( $C_{pk}$  y  $P_{pk}$ ) de proceso de tres líneas de envasado de yogurt (Sachet de 90 g, 1 kg y 1.9 kg), usando la prueba de capacidad de proceso “Sixpack Capability”, teniendo como variable el “peso” del producto, para ver qué procesos serán capaces de producir o no con

las especificaciones de este (procesos adecuados) y en base a estos resultados, proponer soluciones efectivas para remediar el problema. Dichas propuestas abarcarán aspectos de regulaciones de máquina, cambios de piezas, capacitaciones a los operadores, entre otros.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. YOGURT

La percepción del yogur como alimento «saludable», además, ha ido en aumento, ya que se atribuyen éstos a bacterias vivas específicas presentes en algunos yogures, en particular, *Lactobacillus acidophilus* y bifidobacterias (que se encuentran en el tracto gastrointestinal humano, especialmente en lactantes amamantados) (Buttriss, 2003).

Weerathilake et al. (2014), mencionan que el yogurt es uno de los productos fermentados lácteos más consumidos alrededor del mundo que, además, tiene gran aceptabilidad debido a sus beneficios en la salud, además, proporciona cantidades biodisponibles significativas de calcio, casi todos los aminoácidos esenciales necesarios, tolerancia a la lactosa, entre otros beneficios y puede encontrarse en variedades de estilos, ya sea bebible, griego u otros sabores, como vainilla, fresa, durazno; y contenido de grasa: alto, bajo, sin grasa (Cassell, 2014).

Actualmente, podemos decir que, la aceptabilidad del yogurt y leches fermentadas, que son unos de los productos lácteos más consumidos en el mundo, se debe a sus propiedades sensoriales. Es por ello que se debe buscar la forma de optimizar los procesos en la elaboración de yogurt, con el fin de resaltar compuestos aromáticos, textura y sabor del yogurt (Saint-Eve et al., 2006). Ante ello, Thompson et al. (2007), mencionan que “es necesario entender al yogurt y sus características sensoriales diferenciales, ya que está en auge como industria láctea y más aún es importante conocer la preferencia del consumidor”. Comúnmente, el yogurt se elabora bajo condiciones controladas de temperatura y ambiente, usando una proporción de 1:1 de bacterias que producen ácido láctico (*Lactobacillus bulgaricus* o *acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*). Estas bacterias son ideales para la fermentación de la leche, ya que competirán con otras, presentes en la misma, para acidificarla e inhibir el crecimiento de microbios patógenos (Hutkins, 2006). Al acidificarse

y, por ende, caída de pH, hará que las proteínas de la leche se desnaturalicen, brindando así, la textura y sabor agrio característico del yogurt.

Durante el proceso de fermentación de la leche, para hacer yogurt, la lactosa se convierte en ácido láctico, por lo que es recomendable el consumo de yogurt y similares, en personas que son intolerantes a este carbohidrato, además de ser una excelente fuente de proteínas, calcio, fósforo, riboflavina, ácido fólico, entre otros (Gahrue et al., 2015).

Das et al., (2019), mencionan que, para mejorar la calidad comercial del yogurt, debe ser producido a un costo bajo y a la vez, obtener una mejor calidad en cuanto a sabor y textura. Para ello, se han centrado en el efecto que proporciona el cultivo iniciador, proceso de fermentación, probióticos, prebióticos y características sensoriales: sabor y textura del yogurt.

### **2.1.1. Estilos de yogurt**

En el mercado, entre los tipos o estilos de yogurt que hay, están los preparados, batidos y bebible (Gharibzahedi y Chronakis, 2018). El yogurt estilo suizo es aquel que requiere fruta, aromatizante o cualquier otro que le aporte volumen, acompañado de un proceso de agitación para que estos se mezclen. Para realizar este tipo de yogurt, se inocula el yogurt con el cultivo, directamente en un recipiente y luego se deja fermentar. Si es que va a llevar fruta, ésta primero se deja en el recipiente antes de verter el contenido líquido (Hutkins, 2006).

Hutkins (2006) menciona que la influencia en el sabor, textura, apariencia, del producto final del yogurt, se debe, mayormente, a la elección de la bacteria acidoláctica como cultivo iniciador de fermentación en la producción de este producto. Para la producción de yogurt, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* y *S. thermophilus*, son las cepas utilizadas principalmente. Éstas suelen inocularse en una proporción de 1:1 debido a su simbiosis (Aryana y Olson, 2017; Hutkins, 2006).

### **2.1.2. Fermentación**

El proceso químico de la fermentación es aquel en el cual las enzimas, descomponen sustancias orgánicas grandes en compuestos más pequeños. Como resultado, se tienen

nutrientes más disponibles y esto logra que se prolongue la vida útil de algunos alimentos, contribuyendo también, entre otras cosas, potenciar los sabores de estos. Como ejemplos de organismos que pueden llevar a cabo la fermentación, tenemos a levaduras, bacterias y mohos (Gahruie et al., 2015). En la producción del yogurt, la acción de las bacterias acidolácticas, hará que el pH del producto disminuya, convirtiendo así la lactosa en ácido láctico (Tamime y Robinson, 1999). La coagulación y formación de gel en la leche es responsabilidad de la acidificación. A un pH de 5.3 a 5.2, la caseína comienza a desestabilizarse y se desnaturaliza y precipita a de 4.7 a 4.6 (Sert et al., 2017).

### **2.1.3. Sensorial**

El acetaldehído, etanol, acetona, diacetilo y la 2-butanona, juegan un rol importante en los compuestos deseables de sabor que se encuentran en el yogurt, ya que se encuentran en concentraciones suficientemente altas como para desempeñar un papel fundamental en su perfil sensorial (Tamin y Robinson, 1999).

El ácido láctico, producido por los cultivos iniciadores, tiene baja volatilidad por lo que no se le asocia directamente con el perfil de aroma del yogurt; sin embargo, tiene un rol vital en el perfil de sabor general del yogurt. La mayoría de estos, contienen aproximadamente 0.8-1.0% de ácido láctico con un pH inferior a 4.6 (Tamin y Robinson, 1999). Una vez que el pH del yogurt esté por debajo de 5, los consumidores son capaces de detectar la acidez en el yogurt en ausencia de edulcorantes, inclusive, cuando se trata de agregar éstos, ya sea como frutas o mermeladas (arándanos, fresas, ect.), para enmascarar la acidez, es vital hacerlo cuando se trata de la aceptabilidad del consumidor. Por otro lado, los cultivos iniciadores, pueden producir otros ácidos orgánicos, como el ácido acético, pero en bajas concentraciones, contribuyendo ligeramente en el sabor del producto final (Hutkins, 2006).

## **2.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

Se considera, en la industria japonesa, como una de las siete herramientas básicas para la mejora de la calidad, siendo su uso basado en mostrar factores que llegan a afectar un problema particular de calidad (SAS Institute, 2015). Inventado por Ishikawa, japonés estadístico de control de calidad, estos diagramas constan de cinco ejes básicos: máquina, hombre, métodos, materiales y medio ambiente. En cuanto al análisis de peligros y puntos

críticos de control (HACCP), el diagrama de Ishikawa analiza todos los peligros donde se incorporan los puntos críticos de control. Es ahí donde los peligros se describen en los ejes. Funcionalmente, se le conoce como un diagrama de causa y efecto, siendo una herramienta de análisis, ya que proporciona una investigación sistemática de causas y efectos. Los efectos son creados por dichas causas (Varzakas, 2016).

### **2.3. TÉCNICA DE LOS CINCO ¿POR QUÉ?**

La técnica de los cinco ¿por qué? abarca las relaciones de causa – efecto de los problemas, siendo una técnica fácil de realizar, formulando preguntas. Resulta útil, al momento de resolver un problema, empezar por el final y reflexionar cinco veces sobre qué es lo que pudo haber ocasionado dicho problema. Esto promueve el cuestionamiento, pudiéndose aplicar a la mayoría de problemas. Es por eso que se tienen tres elementos claves para el uso eficaz de esta técnica: enunciados precisos de los problemas; honestidad al responder preguntas y determinación de poder llegar al fondo (Serrat, 2009).

El número de ¿por qué? no es necesariamente cinco, sino que hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera, se irá buscando y preguntando el por qué hasta encontrar la solución. En este caso, no debe importar las veces que se pregunta “¿por qué?” (Puga, 2015).

### **2.4. ESTUDIO DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD DE UN PROCESO**

Gutiérrez y De la Vara (2013), mencionan que uno de los objetivos fundamentales del control de calidad es conocer la capacidad o habilidad de un proceso. Este consiste en encontrar la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada. Con esto, se permitirá conocer en qué medida, tal característica de calidad, es satisfactoria.

Generalmente, al realizar un estudio de capacidad, se toman cierta cantidad de datos del proceso durante un intervalo de periodo considerable para que el desempeño del proceso se vea bien reflejado. Este período va a depender de la velocidad del proceso, ya que si se trata de un proceso masivo (muchas unidades por día), se considera un periodo de cuatro a 10

días, en el cual se tomarán unidades para el muestreo, que puede variar de 120 a 150 unidades. Ahora bien, cuando se trata de un proceso lento, que produce pocos productos por día, será necesario que la muestra varíe de 50-60 unidades de producto, para lo cual, será necesario incrementar el periodo de estudio. Para ambos casos, mientras más datos y un período más amplio, se conocerá mejor el estado del proceso (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Evans y Lindsay (2014) mencionan que la capacidad de proceso es aquella en la cual, el proceso, genera un producto que se sujete a las especificaciones. Se necesitan de dos requisitos para evaluar la capacidad del proceso: los requerimientos del producto y la data estadística sobre el rendimiento del proceso real. Es por ello que un estudio de capacidad de proceso debe ser una investigación a detalle, la cual debe generar información específica sobre el rendimiento de un proceso en condiciones determinadas de operación.

Gutiérrez y de la Vara (2013), mencionan que, para caracterizar y mejorar un proceso, se debe, básicamente, evaluar su estado en cuanto a capacidad y estabilidad y en base a esto, el proceso podrá ser clasificado en cuatro categorías, y, por ende, se recomiendan estrategias de mejora distintas ante cada categoría.

En la industria, no existen dos productos o servicios exactamente iguales, ya que las fuentes de variación son distintas al producir cada uno de ellos (mano de obra, método, medio ambiente, etc), aun cuando estos procesos o productos se realicen en la forma prevista. Dentro de estas fuentes de variación, se encuentran las causas comunes y las causas asignables. Las primeras, son fuentes de variación aleatorias, sin identificar y más aún, imposibles de evitar mientras se siga el procedimiento actual de aquel proceso. En las causas asignables, todo factor causante de variación se identifica y elimina (Carro y González, 2000).

#### **2.4.1. Índices de capacidad de proceso**

Chase et al., (2009) señalan que se usa el índice de capacidad para “medir la eficiencia en la producción del proceso en relación con las tolerancias de diseño”, mientras que Gutiérrez y de la Vara (2013) sostienen que los índices de capacidad de proceso son especializadas, debido a que nos ayudan a evaluar, de manera sencilla, la habilidad de los procesos con el

fin de cumplir con especificaciones, comparando el ancho de las especificaciones para el proceso con la amplitud real de éste. De igual manera, Pearn y Lin (2003), mencionan que los índices de capacidad de proceso proporcionan valores numéricos sobre si un proceso es capaz o no de producir elementos dentro de los límites de especificación establecidos por la empresa.

#### 2.4.2. Interpretación del índice Cp

Para considerar un proceso como potencialmente capaz de cumplir especificaciones, se requiere que la variación natural o real siempre sea menor que la variación tolerada. Para interpretar los resultados del Cp, Gutiérrez y de la Vara (2013), proponen la siguiente tabla.

**Tabla 1: Valores del Cp y su interpretación**

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigmas
$Cp > 1,33$	1	Adecuado
$1 < Cp < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estadístico
$0,67 < Cp < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

FUENTE: Gutiérrez y de la Vara (2013)

Supuestos para la interpretación de Cp:

- La característica de calidad se distribuye de manera normal
- El proceso es centrado y estable

Evans y Lindsay (2014), mencionan que si se tienen valores de  $C_p > 1$ , el proceso será capaz de cumplir con las especificaciones, ya que su variación es más pequeña que el rango de especificaciones. Por el contrario, si  $C_p < 1$  hace suponer que el proceso no puede producir un producto sin defectos al 100%, lo que lo hará un producto centrado en el rango de las especificaciones. Para saber cómo centrar el proceso, se utilizan índices unilaterales, los cuales son:

$$C_{pu} = \frac{LES - \mu}{3\sigma} \text{ (Índice unilateral superior)}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LES}{3\sigma} \text{ (Índice unilateral inferior)}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

Por su parte el índice de capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ), es considerado una versión corregida del  $C_p$  que sí toma en cuenta el centrado del proceso.

### **2.4.3. Índices de desempeño del proceso**

En el caso que un proceso incluya causas especiales de variación, Evans y Lindsay (2014), mencionan que los profesionales utilizan índices de capacidad alternativos, llamados índices de desempeño del proceso:  $P_p$ ,  $P_{pl}$ ,  $P_{pu}$  y  $P_{pk}$ . Estos son matemáticamente iguales a los índices de capacidad del proceso  $C_p$ ,  $C_{pl}$ ,  $C_{pu}$  y  $C_{pk}$ , pero representan en sí el desempeño real, en lugar del ideal, en un ambiente controlado. Muchos expertos no recomiendan estos valores porque en sí, es importante controlar un proceso y eliminar a su vez, las causas especiales, a fin de lograr niveles elevados de calidad y satisfacción del cliente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo se llevó a cabo en una empresa de procesamiento de alimentos lácteos, ubicada en Lurigancho-Chosica, Lima, donde se realizó la toma de datos, reuniones de equipo, entre otros.

#### **3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS**

Se utilizó el yogurt de fresa de las líneas de envasado de las siguientes presentaciones: 90 g (Adipack), 1 kg (Serac 4) y 1.9 kg (Serac2), registrando los pesos de dos producciones sucesivas, tanto de los meses de julio y agosto. **A continuación, las especificaciones de peso de producto terminado, de acuerdo a la empresa:**

Presentación 90g (LES: 95g; LEI: 85g)

Presentación de 1kg (LES: 1.005 kg; LEI: 0.995 kg)

presentación 1.9kg (LES: 1.905 kg; LEI: 1.895kg)

LES: Limite de especificación superior      LEI: Limite de especificación inferior

#### **3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS**

##### **3.3.1. Materiales**

Se utilizaron los siguientes materiales:

##### **a. Herramientas de calidad**

- Diagrama de Ishikawa o causa- efecto.
- Metodología 5 ¿por qué?
- Herramientas informáticas
- Software Minitab 17.
- Laptop Acer AMD RYZEN 5.
- Microsoft Excel, Word 2019.

### **3.3.2. Equipos**

- Balanza

## **3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.4.1. Etapa 1: Entrevista con los encargados del proceso de envasado de yogurt**

Se pactaron entrevistas con los encargados del proceso de envasado de yogurt de presentaciones de 90 g, 1 kg y 1.9 kg. Los involucrados fueron el jefe de producción del área de yogurt, supervisor de turno, operarios de envasado, personal de mantenimiento y personal de calidad.

### **3.4.2. Etapa 2: Prueba de normalidad Anderson Darling**

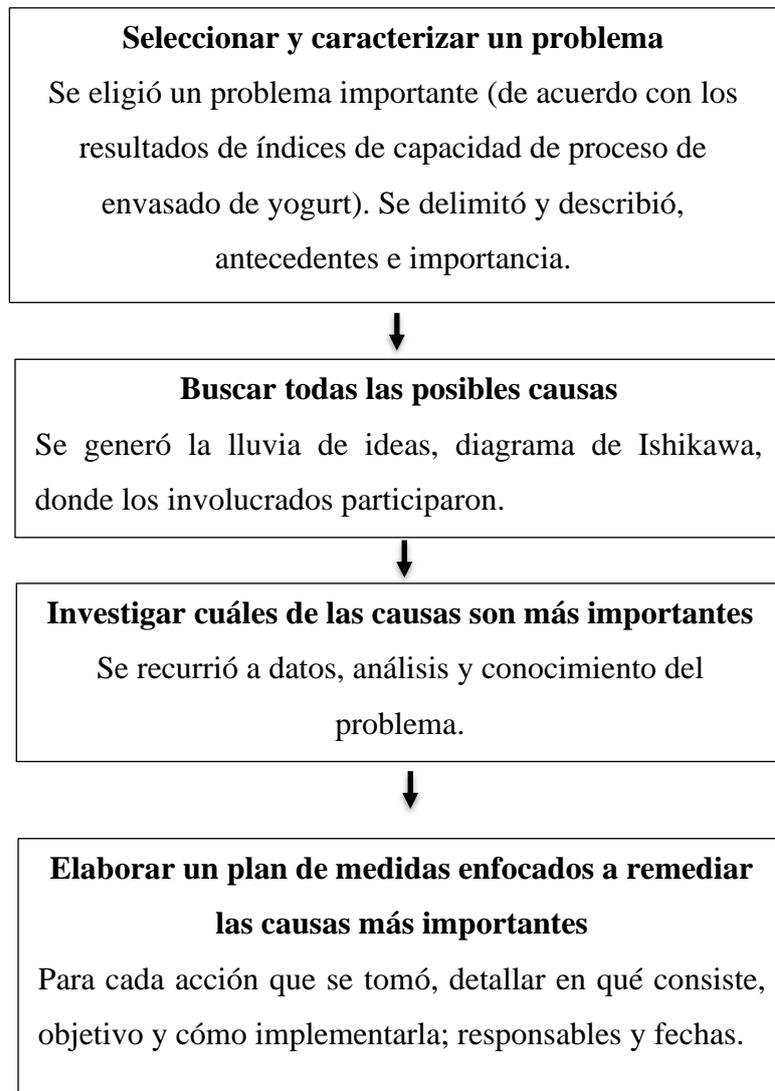
A través del programa Minitab 17, se determinó si la distribución de los datos obtenidos del muestreo, siguieron una distribución normal. Para ello, se tomó como referencia la prueba de Anderson-Darling, considerando un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha=0.05$ ). Cabe resaltar que se usó el programa Minitab 17, debido a que era un programa gratuito a nivel usuario, y fue en modo de ahorrar costos, a diferencia de otros programas que involucraban un presupuesto adicional. Se siguieron 3 pasos en esta etapa: Establecimiento de la hipótesis de trabajo, establecimiento del nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) y se estableció el criterio de decisión.

### **3.4.3. Etapa 3: Cálculo de los índices de capacidad de proceso**

Posterior a ello, se dio paso al cálculo de los índices de capacidad de proceso de las tres líneas de envasado de yogurt, de las siguientes presentaciones: 90 g, 1 kg y 1.9 kg, a través del programa Minitab, y la prueba de capacidad de proceso “Sixpack Capability”. En base a ello, se realizó una propuesta de mejora.

### **3.4.4. Etapa 4: Propuesta de mejora**

Según Gutiérrez y De la Vara (2013), propone una etapa “planear” para llevar a cabo mejoras, como se detalla a continuación en la figura 1:



**Figura 1: Etapas de la propuesta de mejora**

FUENTE: Gutiérrez y De la Vara (2013).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. ENTREVISTA A LOS ENCARGADOS DEL PROCESO DE ENVASADO DE YOGURT**

En esta entrevista, las partes involucradas, fueron los representantes del área de producción (jefe, supervisor y operador de turno de cada línea), área de calidad (supervisor e inspector), mantenimiento (supervisor). Se le explicó el detalle de este trabajo, los objetivos y a través de espacios de pregunta y respuesta, se les mostró la importancia de realizar un estudio de capacidad de proceso en las líneas de yogurt. El inspector de calidad en todo momento llevó a cabo la explicación de la metodología y asignación de roles. Ante ello, Palmberg (2009), mencionan que, como característica de los procesos, deben ser conocidos y entendidos por los miembros de la empresa que interactúan en él, así, cualesquiera de ellos, identifican los pros y contras y proponen mejoras para la ejecución del proceso. Estas mejoras son importantes en la empresa, reduciendo así costos de operación, siendo más eficientes y eliminando actividades sin valor agregado. Gonzales y Lume (2018), en su estudio de capacidad de proceso en aceitunas verdes, también recomendó y realizó entrevistas al personal que labora en planta de producción, incluyendo operadores, personal de mantenimiento, producción y calidad, con el fin de conocer mejor el proceso y obtener más información del proceso productivo e involucrar a las partes interesadas.

Se explicó al operador de turno, las funciones a realizar, que básicamente fue el de recopilar datos (registro de pesos), junto con el inspector de calidad, quien veló por la correcta toma de data. Se muestreó los productos envasados de las tres líneas de proceso de envasado de yogurt. Se eligió la variable cuantitativa “peso” como materia de investigación de los índices de capacidad del proceso.

## 4.2. PRUEBAS DE NORMALIDAD ANDERSON DARLING

Se tomó los pesos de cada línea de envasado, en los meses de julio y agosto. De la figura 2 a la figura 11, se muestra los resultados de la prueba de normalidad Anderson-Darling (que es proporcionada por el programa Minitab), tomados de la variable “peso”, de las tres líneas de envasado, en los meses de julio y agosto. Se siguieron tres pasos, los cuales están detalladas en cada figura y luego, a través del valor del “p-value”, se tomó la decisión si el muestreo de la variable “peso”, siguió una distribución normal. Como lo menciona Gutierrez y de la Vara (2013), se supone que los datos se distribuyen normalmente, para ello, mencionan, que puede usarse distintos métodos, dentro de ellos, la prueba de normalidad Anderson-Darling, que es el método que se usó.

A las tres líneas de envasado, se les denominó A, B y C. El detalle, a continuación.

- A: Envasado de yogurt de fresa en botella- Serac 4 (presentación de 1 kg)
- B: Envasado de yogurt de fresa en galonera- Serac 2 (presentación de 1.9 kg)
- C: Envasado de yogurt de fresa en sachet- Adipack (presentación de 90 g)

### 4.2.1. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 4 – mes de julio

#### a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo

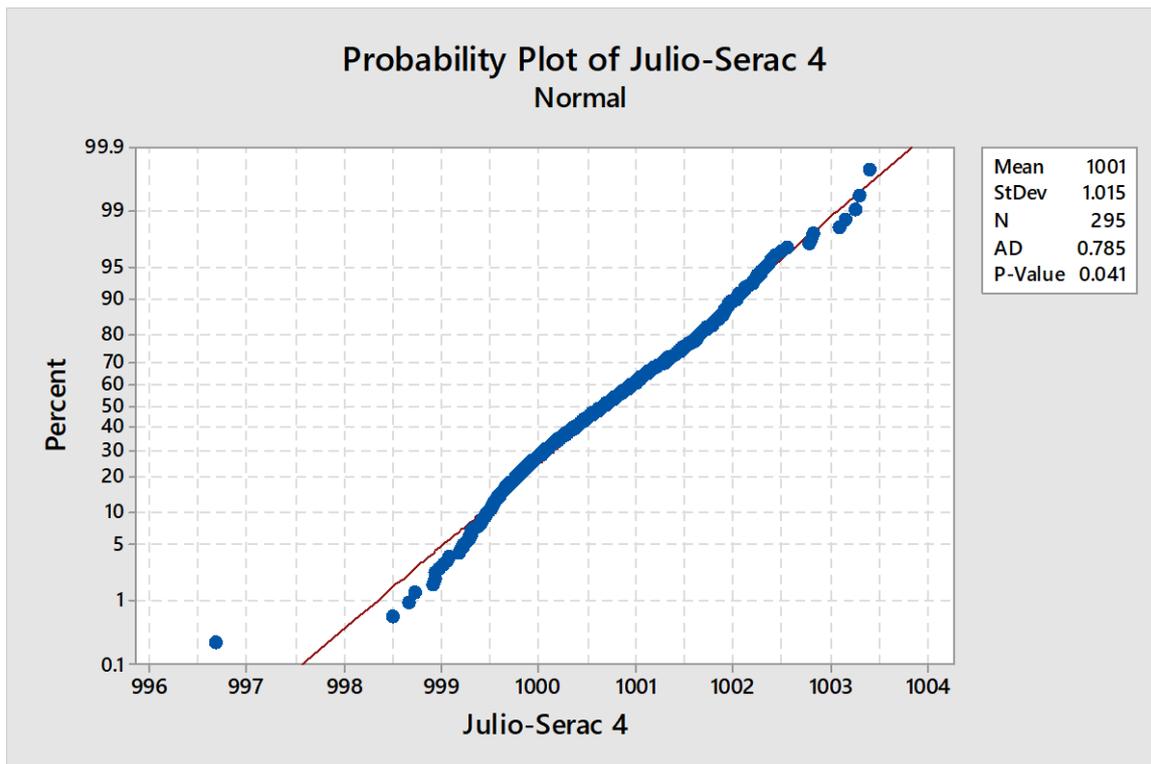
Ho: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 4, en el mes de **julio**, se distribuyen normalmente.

H1: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 4, en el mes de **julio**, no se distribuyen normalmente.

#### b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia $\alpha=0.05$

#### c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión

- Si  $p\text{-value} > \alpha$ ; Se acepta Ho
- Si  $p\text{-value} < \alpha$ ; Se rechaza Ho, los resultados se observan en la figura 2.

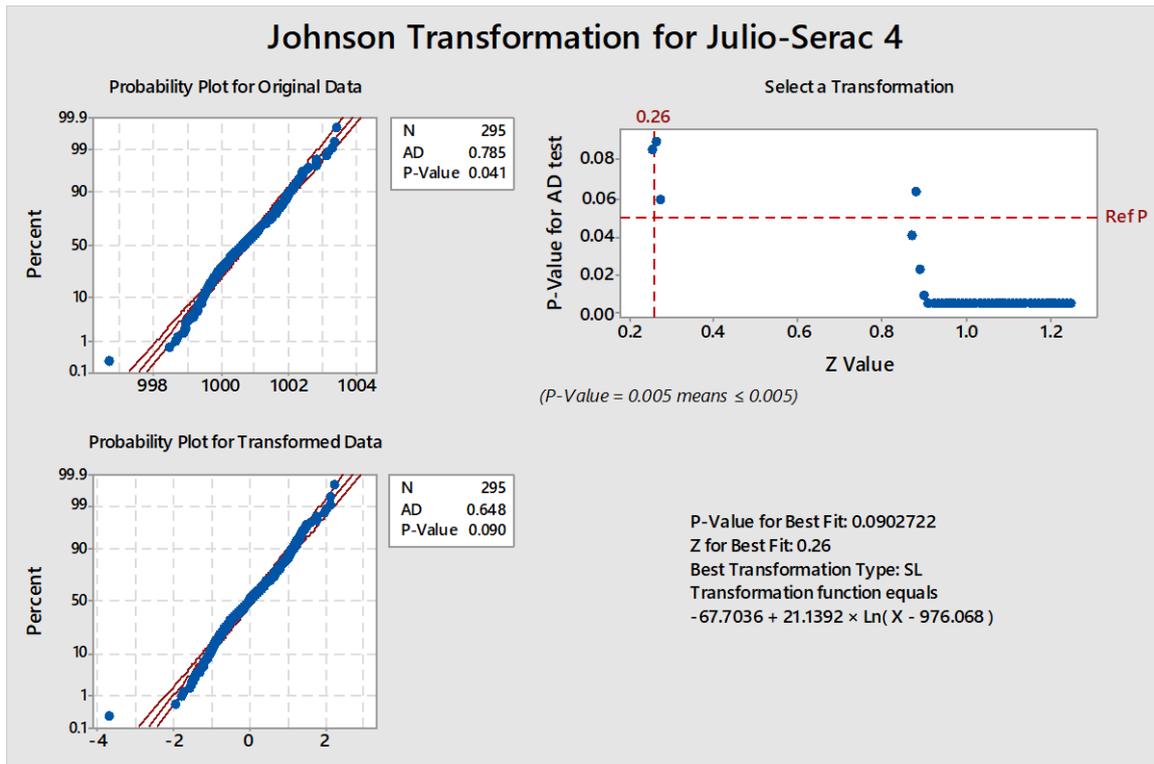


**Figura 2: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de julio-Serac 4**

Según Soporte de Minitab (2021), menciona que los resultados de una prueba de normalidad indican si la hipótesis nula debe ser aceptada o rechazada de que los datos se distribuyen normalmente y ante esto, como se muestra en la figura 2, el valor de p-value, para la data del mes de julio, es 0.041, por lo que se rechaza la  $H_0$ . Los **datos no siguen una distribución normal.**

A veces, puede transformar datos no normales aplicando una función a los datos que cambia sus valores para que sigan más de cerca una distribución normal (Soporte de Minitab, 2021). Se puede aplicar una transformación para eliminar esta asimetría en los datos.

Para el caso aplicativo en mención, se utilizó la Transformación de Johnson, debido a que la teoría indica que se puede usar este tipo cuando la Transformación Box-Cox, no encuentre una transformación adecuada y tiende a ser efectiva determinando una transformación adecuada (Soporte de Minitab, 2021). Esto se observa en la figura 3.



**Figura 3: Transformación de Johnson para los valores de la línea Serac 4-julio**

Según la figura 3, para los datos transformados, el valor de p-value es 0.090, que es mayor a 0.05, por lo que se puede decir que los datos **se ajustan a una distribución normal**.

#### 4.2.2. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 4 – mes de agosto

**a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo**

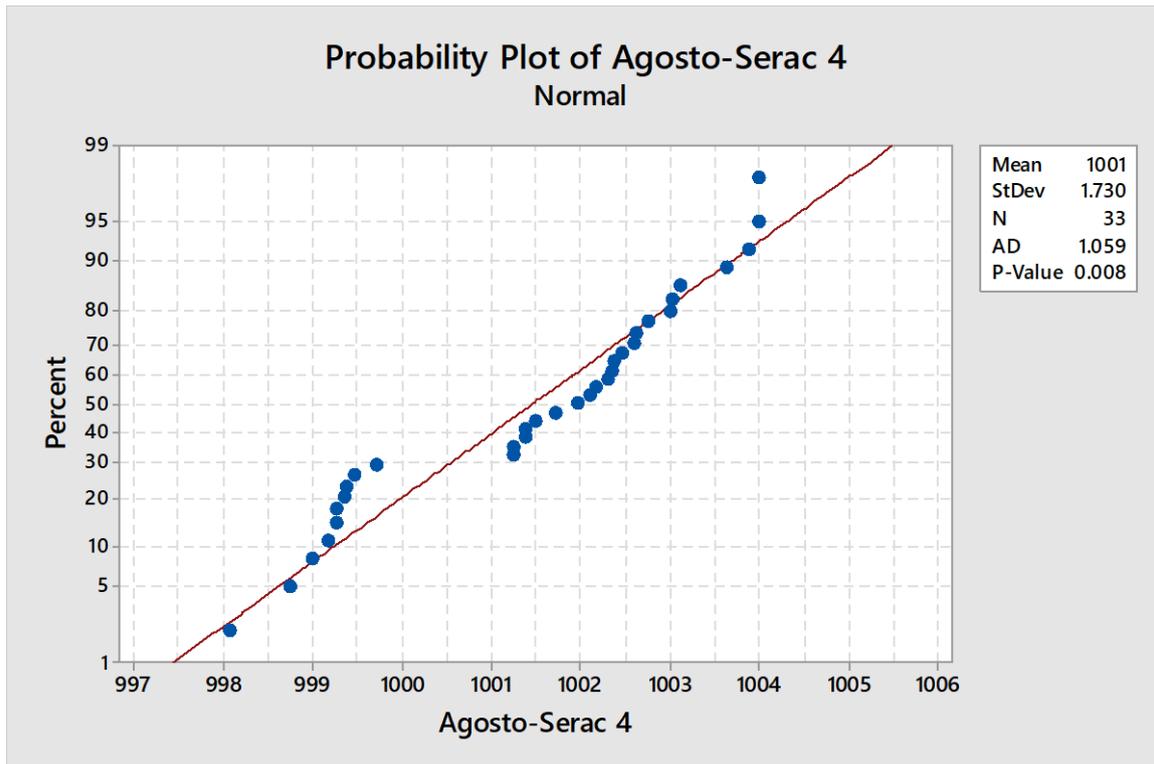
Ho: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 4, en el **mes de agosto**, se distribuyen de forma normal

H1: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 4, en el **mes de agosto**, no se distribuyen de forma normal

**b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia  $\alpha=0.05$**

**c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión**

- Si Pvalue >  $\alpha$ ; Se acepta Ho
- Si Pvalue <  $\alpha$ ; Se rechaza Ho, los resultados se observan en la figura 4.



**Figura 4: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de agosto-Serac 4**

Como se muestra en la figura 4, el valor de p-value, para la data del mes de agosto, es 0.008, por lo que se rechaza la  $H_0$ . Los **datos no siguen una distribución normal**. Como en el caso anterior, a continuación, se realizó la transformación Johnson para corroborar si la data sigue una distribución normal y se ve en la figura 5.

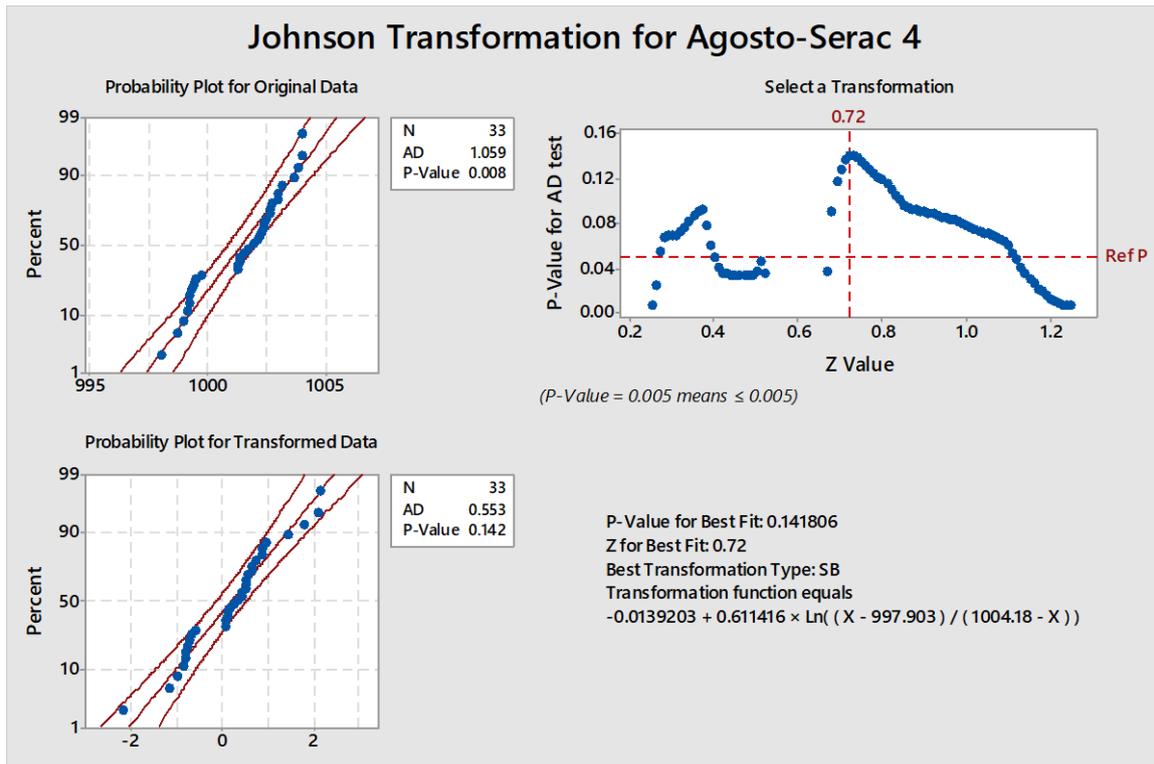
Según la figura 5, para los datos transformados, el valor de P-Value es 0.142, que es mayor a 0.05, por lo que se puede decir que los datos se ajustan a una distribución normal.

#### 4.2.3. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 2 – mes de julio

##### a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo

$H_0$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 2, en el mes de **julio**, se distribuyen de forma normal

$H_1$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 2, en el mes de **julio**, no se distribuyen de forma normal



**Figura 5: Transformación de Johnson para los valores de la línea Serac 4-agosto**

**b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia  $\alpha=0.05$**

**c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión**

- Si  $P\text{-value} > \alpha$ ; Se acepta  $H_0$
- Si  $P\text{-value} < \alpha$ ; Se rechaza  $H_0$ , los resultados se observan en la figura 6.

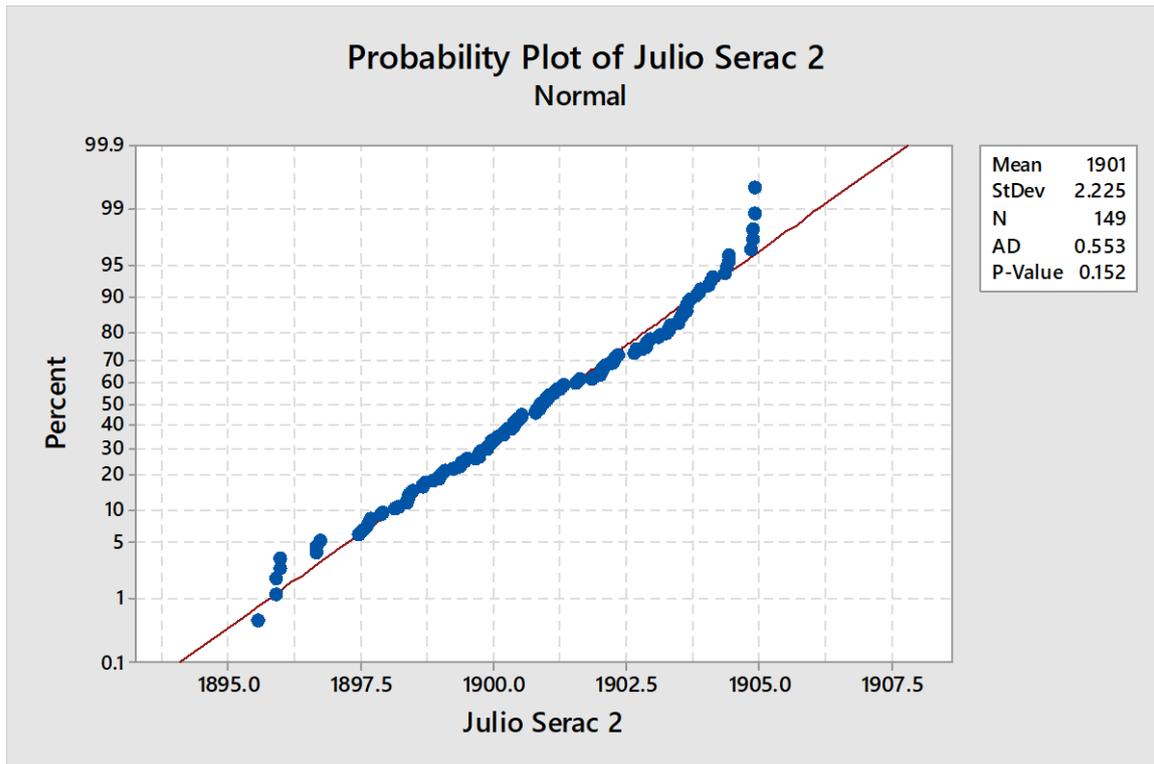
Con los resultados de la figura 6, siendo  $p\text{-Value } 0.152 > 0.05$ , se acepta  $H_0$ , por lo tanto, se puede decir que los datos de pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 2, en el mes de julio, **siguen una distribución normal.**

#### **4.2.4. Prueba de normalidad Anderson Darling en Serac 2 – mes de agosto**

**a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo**

$H_0$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 2, en el mes de **agosto**, se distribuyen de forma normal

$H_1$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Serac 2, en el mes de **agosto**, no se distribuyen de forma normal



**Figura 6: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de julio-Serac 2**

- b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia  $\alpha=0.05$**
- c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión**
  - Si Pvalue  $> \alpha$ ; Se acepta  $H_0$
  - Si Pvalue  $< \alpha$ ; Se rechaza  $H_0$ , los resultados se observan en la figura 7.

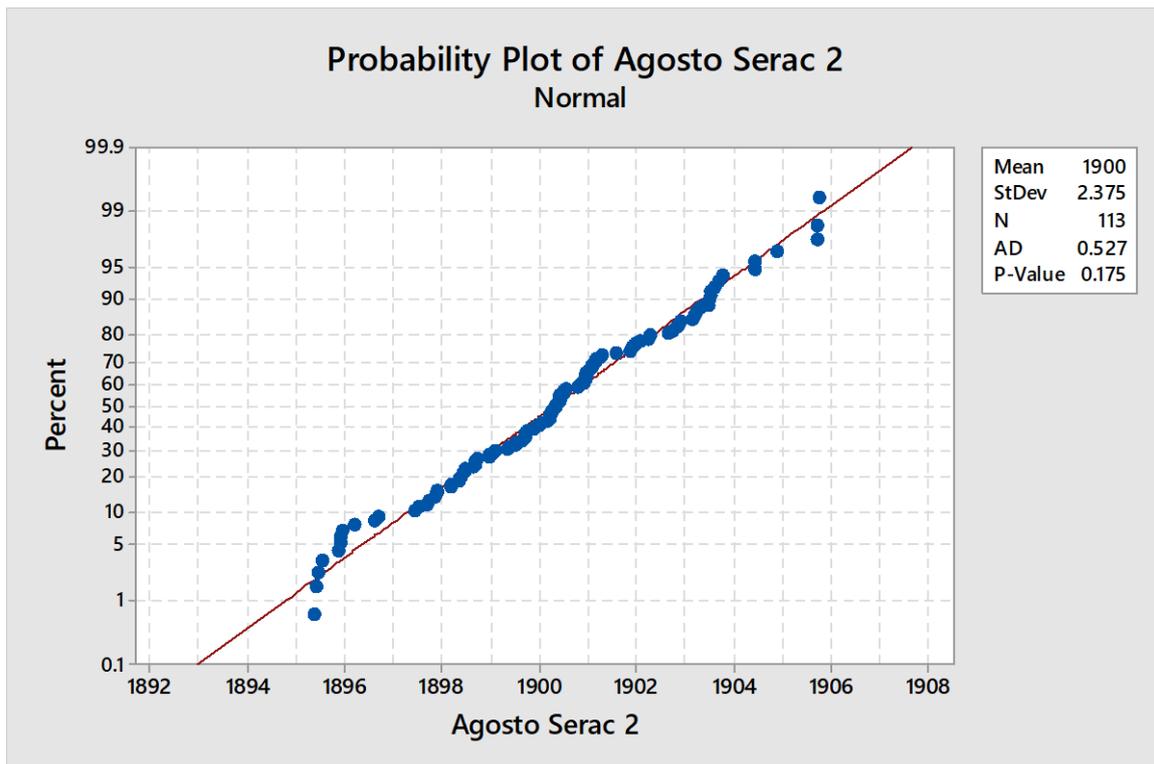
Con los resultados de la figura 7, siendo p-Value  $0.175 > 0.05$ , se acepta  $H_0$ , por lo tanto, se puede decir que los datos de pesos de yogurt de la línea Serac 2, en el mes de agosto, **siguen una distribución normal.**

#### **4.2.5. Prueba de normalidad Anderson Darling en línea Adipack - mes de julio**

- a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo**

$H_0$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Adipack, en el mes de **julio**, se distribuyen de forma normal

$H_1$ : Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Adipack, en el mes de **julio**, no se distribuyen de forma normal

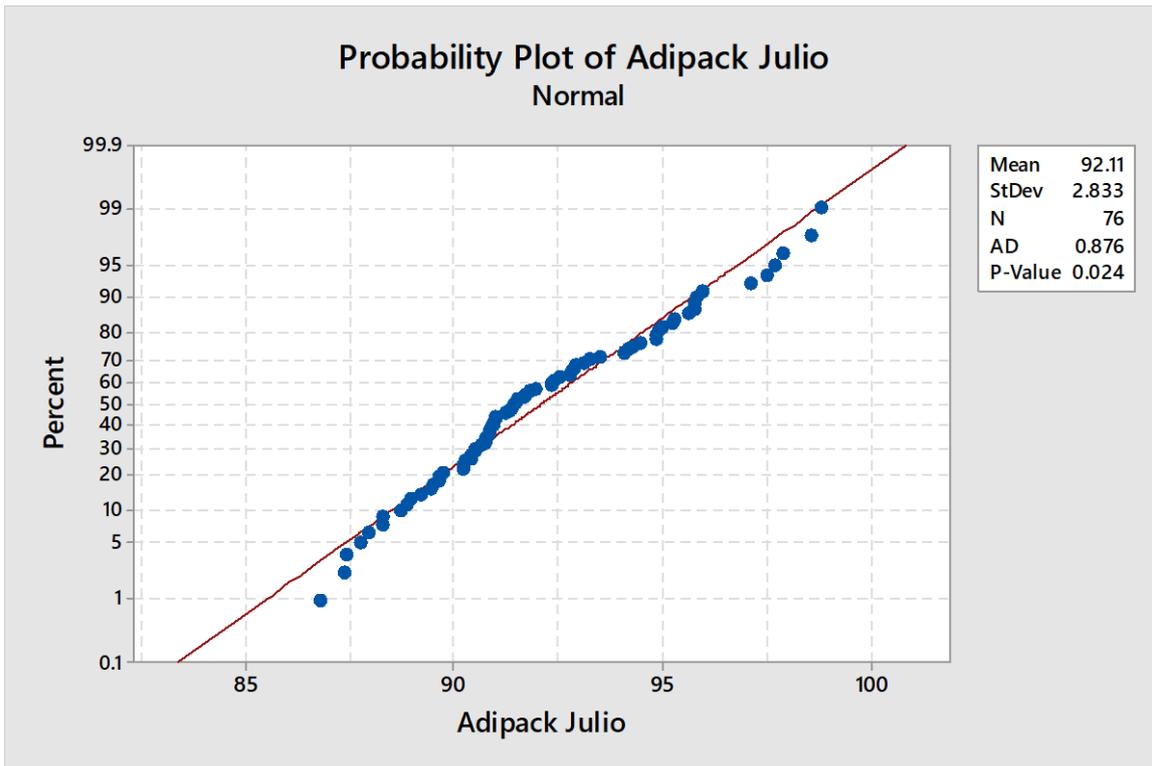


**Figura 7: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de agosto-Serac 2**

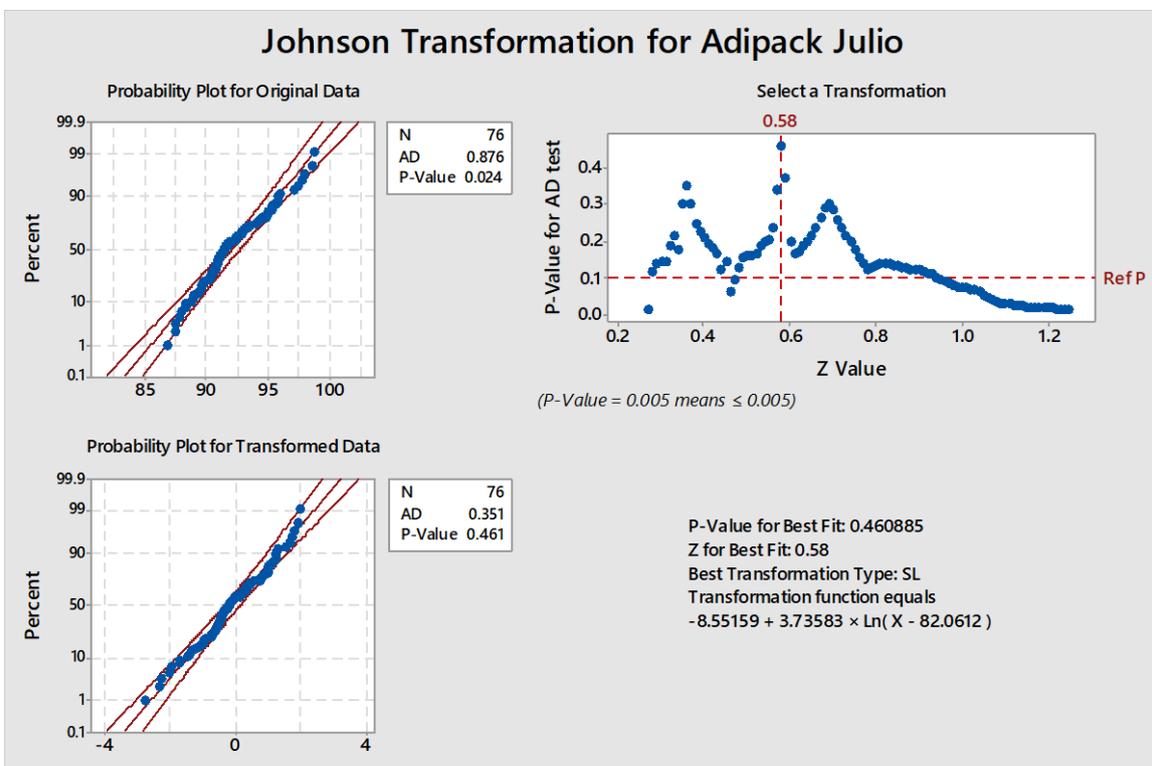
- b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia  $\alpha=0.05$**
- c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión**
  - Si Pvalue >  $\alpha$ ; Se acepta Ho
  - Si Pvalue <  $\alpha$ ; Se rechaza Ho, los resultados se observan en la figura 8.

De acuerdo con los resultados de esta figura 8, al tener p-Value=0.024 < 0.05, se rechaza la Ho, por lo que se concluye que la data no sigue una distribución normal.

Se procedió a realizar la transformación Johnson y se observa en la figura 9. Según la figura 9, para los datos transformados, el valor de p-Value es 0.461, que es mayor a 0.05, por lo que se puede decir que los datos **se ajustan a una distribución normal**.



**Figura 8: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de julio-Adipack**



**Figura 9: Transformación de Johnson para los valores de la línea Adipack-julio**

#### 4.2.6. Prueba de normalidad Anderson Darling en línea Adipack- mes de Agosto

**a. Paso 1: Establecer la hipótesis de trabajo**

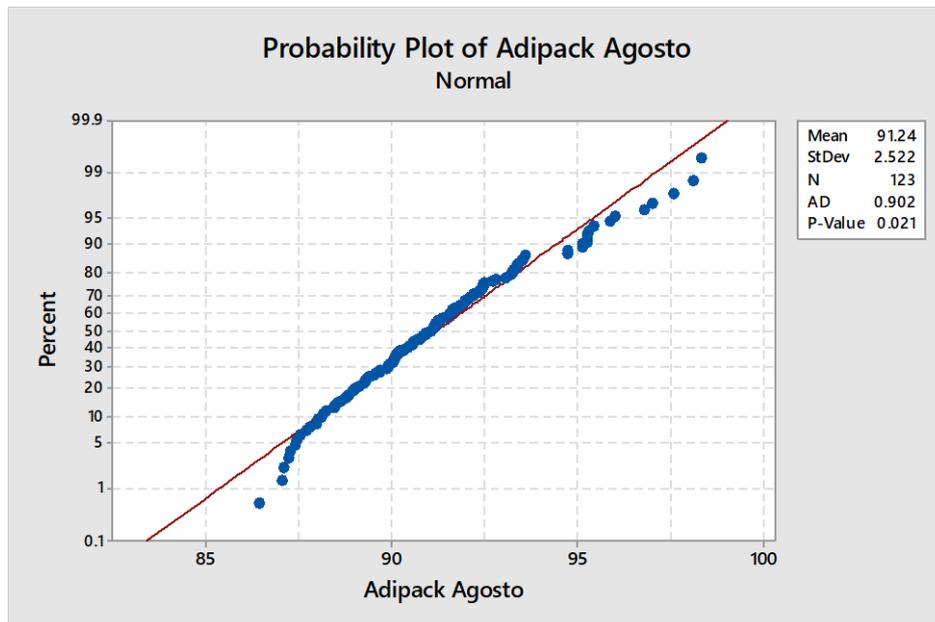
Ho: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Adipack, en el mes de **agosto**, se distribuyen de forma normal

H1: Los pesos de yogurt de fresa de la máquina Adipack, en el mes de **agosto**, no se distribuyen de forma normal.

**b. Paso 2: Establecemos un nivel de significancia  $\alpha=0.05$**

**c. Paso 3: Establecemos el criterio de decisión**

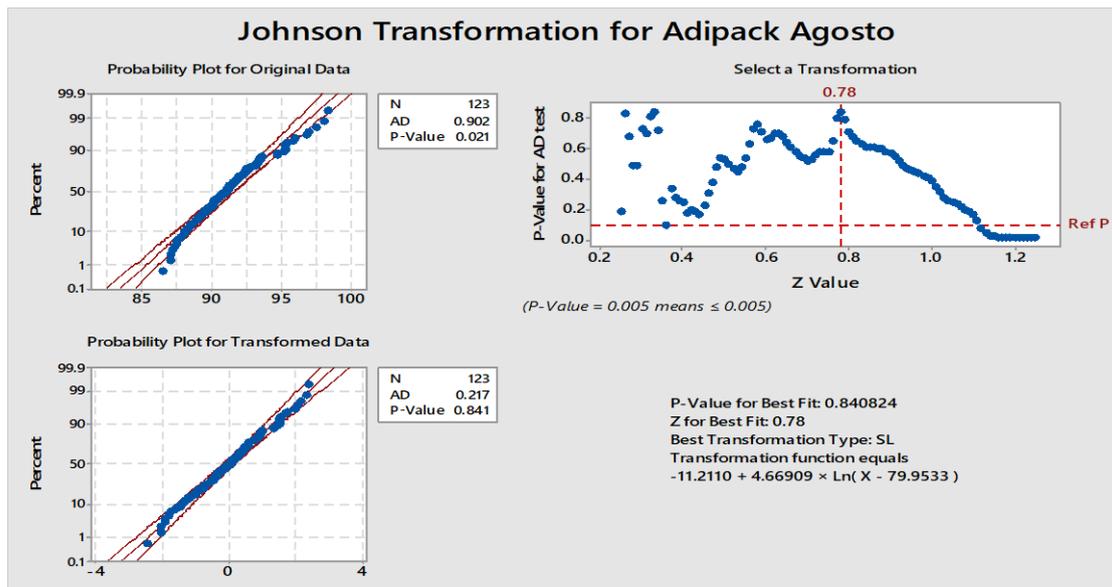
- Si Pvalue  $> \alpha$ ; Se acepta Ho
- Si Pvalue  $< \alpha$ ; Se rechaza Ho, los resultados se observan en la figura 10.



**Figura 10: Resultados de la prueba de Normalidad Anderson Darling de data de agosto-Adipack**

De acuerdo con los resultados de esta figura, al tener p-Value=0.021  $< 0.05$ , se rechaza la Ho, por lo que se concluye que la data no sigue una distribución normal.

Se procedió a realizar la transformación Johnson y los resultados se observan en la figura 11.



**Figura 11: Transformación de Johnson para los valores de la línea Adipack-agosto**

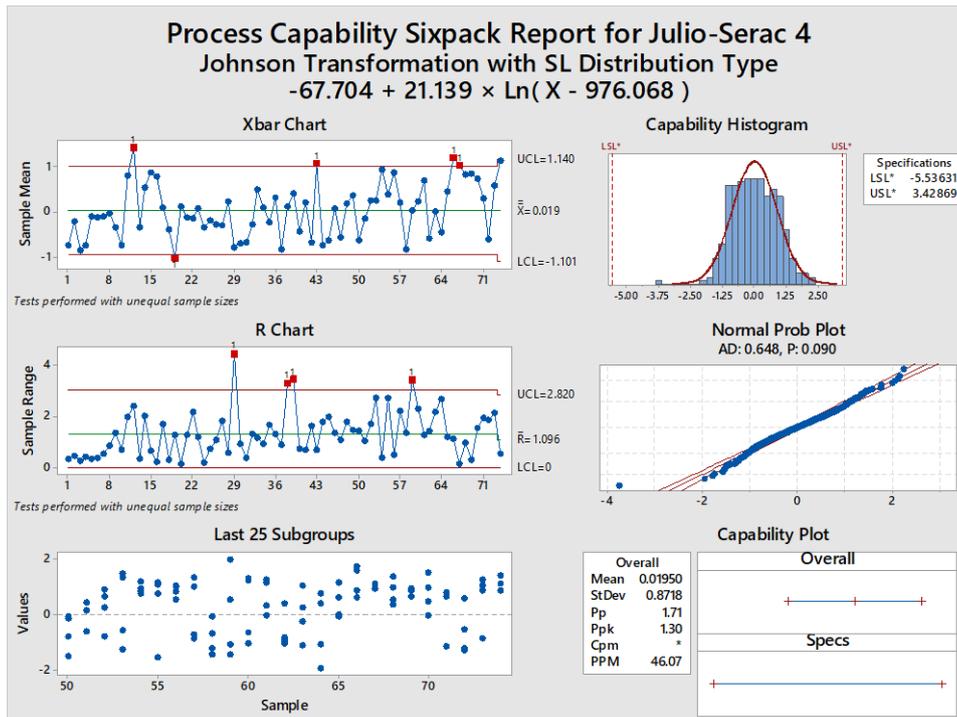
Según la figura 11, para los datos transformados, el valor de p-Value es 0.841, que es mayor a 0.05, por lo que se puede decir que los datos se ajustan a una distribución normal.

### 4.3. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO

En esta ocasión, se utilizó la opción: *Process Capability Sixpack Report*, de Minitab, para poder obtener los valores de índices de capacidad de proceso de cada línea de envasado, que se muestra desde la figura 12 a la figura 17. De lo mostrado en cada gráfica en mención, nos basamos en los valores de índices de procesos (Ppk, Cpk) y según esto, concluimos. Como información extra de estas gráficas, se muestran gráficas de cartas gráficas de promedio, rango y dispersión. Estas muestran la distribución de los promedios y rangos de los datos muestreados a lo largo del proceso.

#### 4.3.1. Índices de capacidad de proceso en Serac 4 – mes de julio

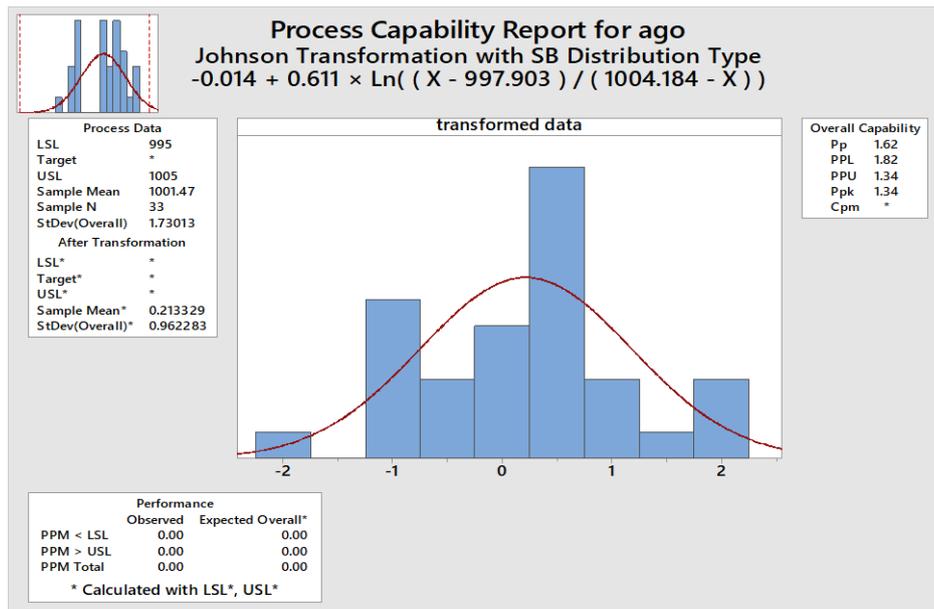
De esta figura 12, y considerando el valor de Pp=1.71 y Ppk 1.30, se dice que el proceso es **parcialmente adecuado**



**Figura 12: Reporte de capacidad de proceso Sixpack para la data de la línea Serac 4-mes julio**

#### 4.3.2. Índices de capacidad de proceso en Serac 4 – mes de agosto

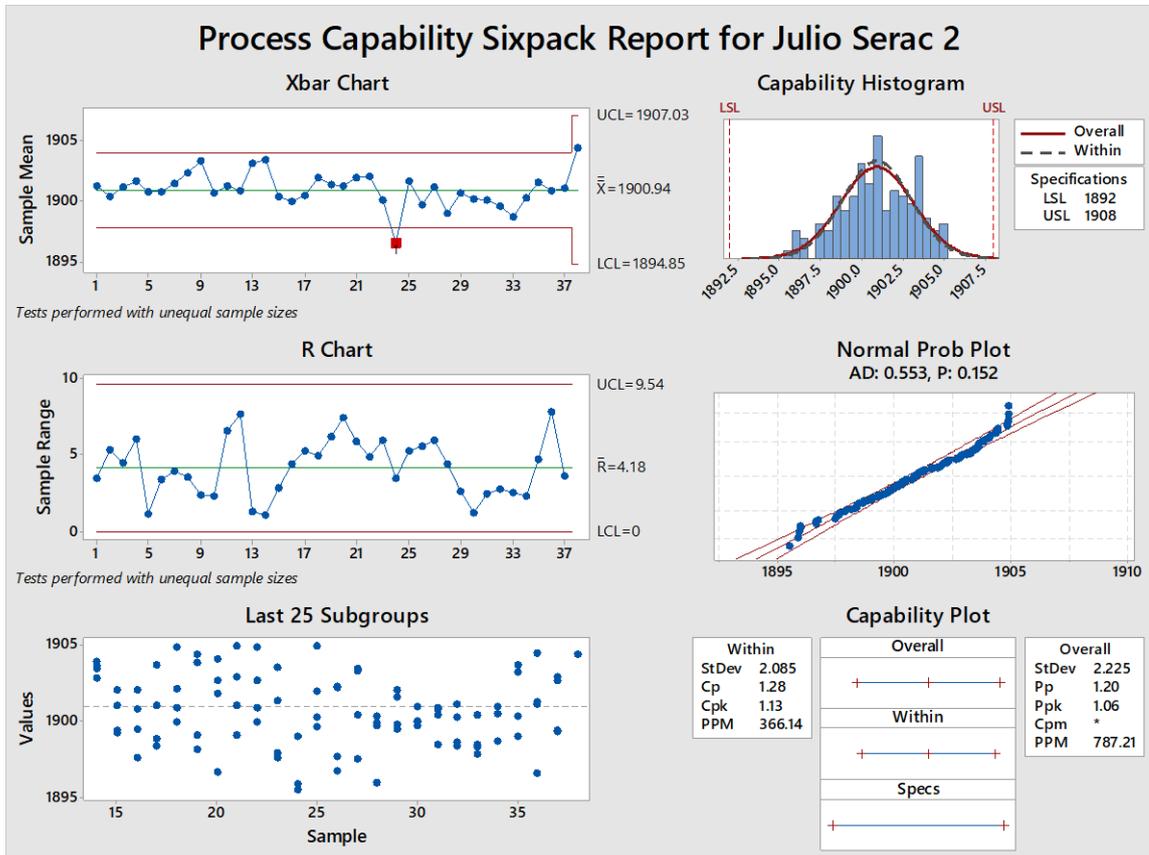
De esta figura 13 y considerando el valor de Pp= 1.62 y Ppk 1.34, se dice que el proceso es adecuado.



**Figura 13: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 4-mes agosto**

### 4.3.3. Índices de capacidad de proceso en Serac 2 – mes de julio

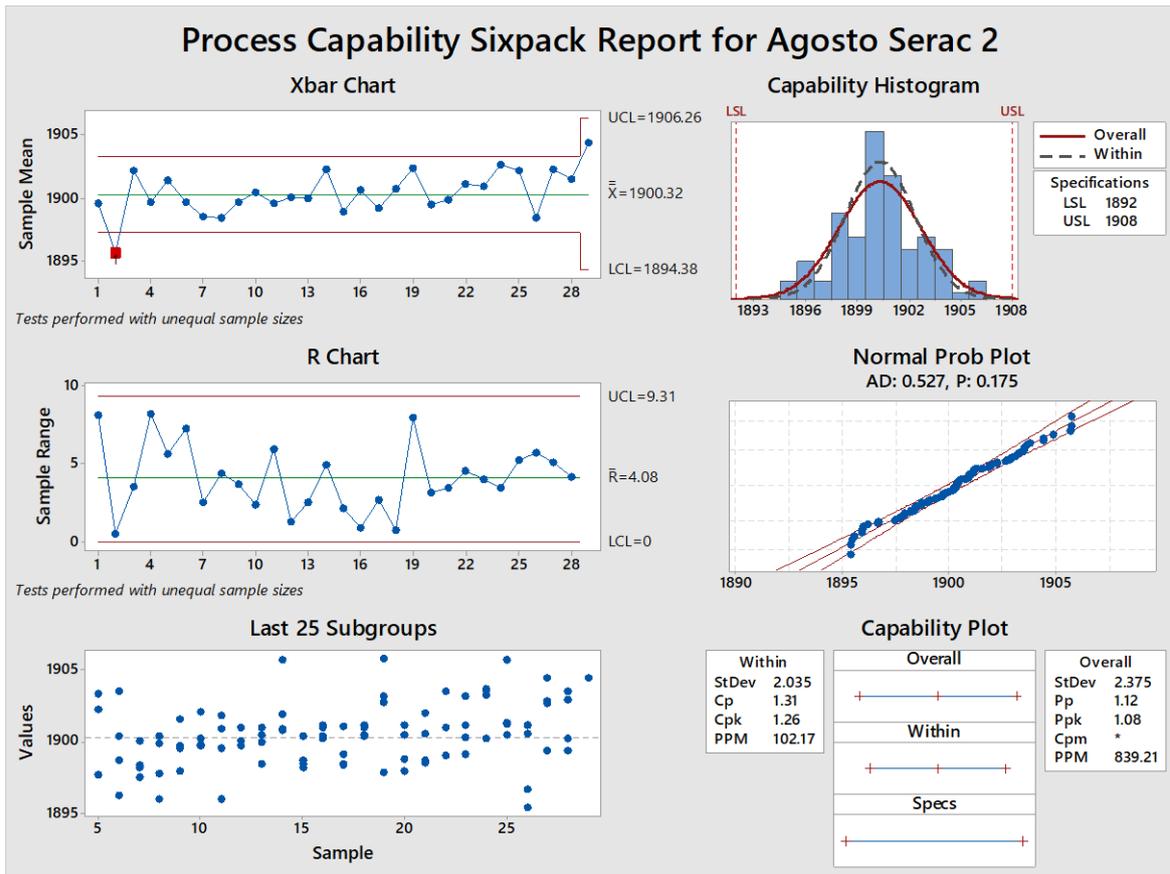
De la Figura 14 y considerando el valor de  $C_p= 1.28$  y  $C_{pk} 1.13$ , se dice que el proceso es **parcialmente adecuado para el trabajo**.



**Figura 14: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 2- mes de julio**

### 4.3.4. Índices de capacidad de proceso en Serac 2 – mes de agosto

Considerando el valor de  $C_p=1.31$  y  $C_{pk} 1.26$ , se dice que el proceso es **parcialmente adecuado para el trabajo**, como se observa en la figura 15.



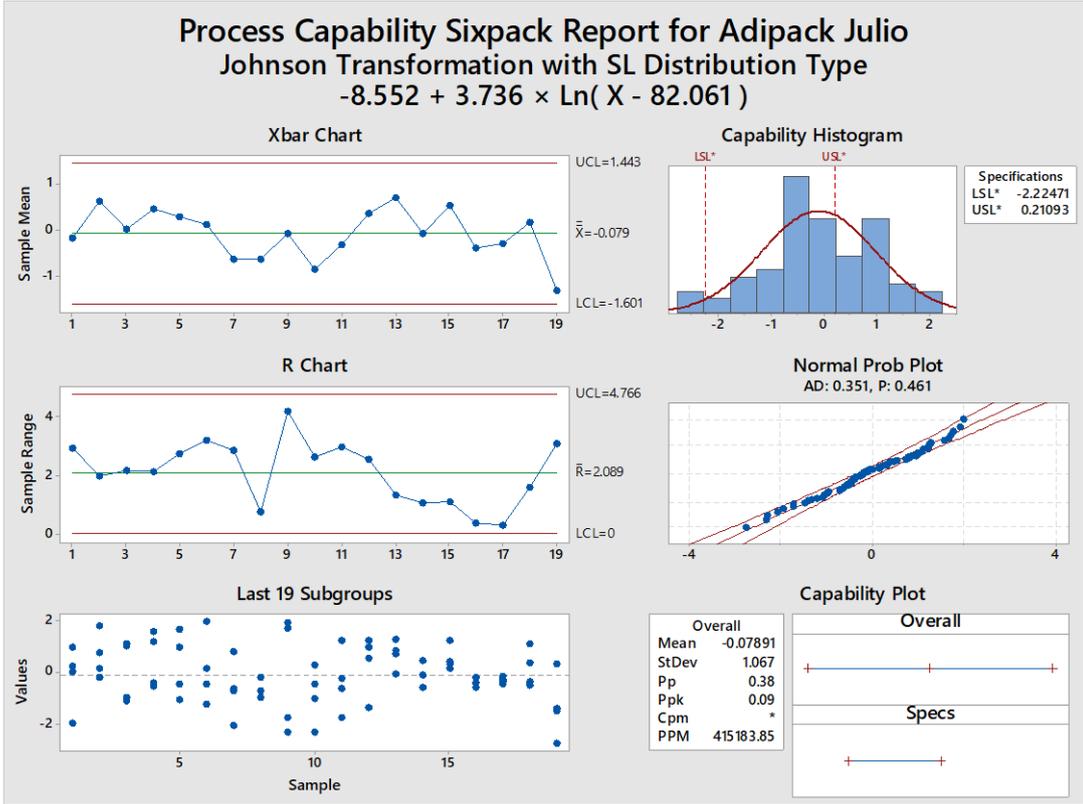
**Figura 15: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Serac 2- mes de agosto**

#### 4.3.5. Índices de capacidad de proceso en Adipack – mes de julio

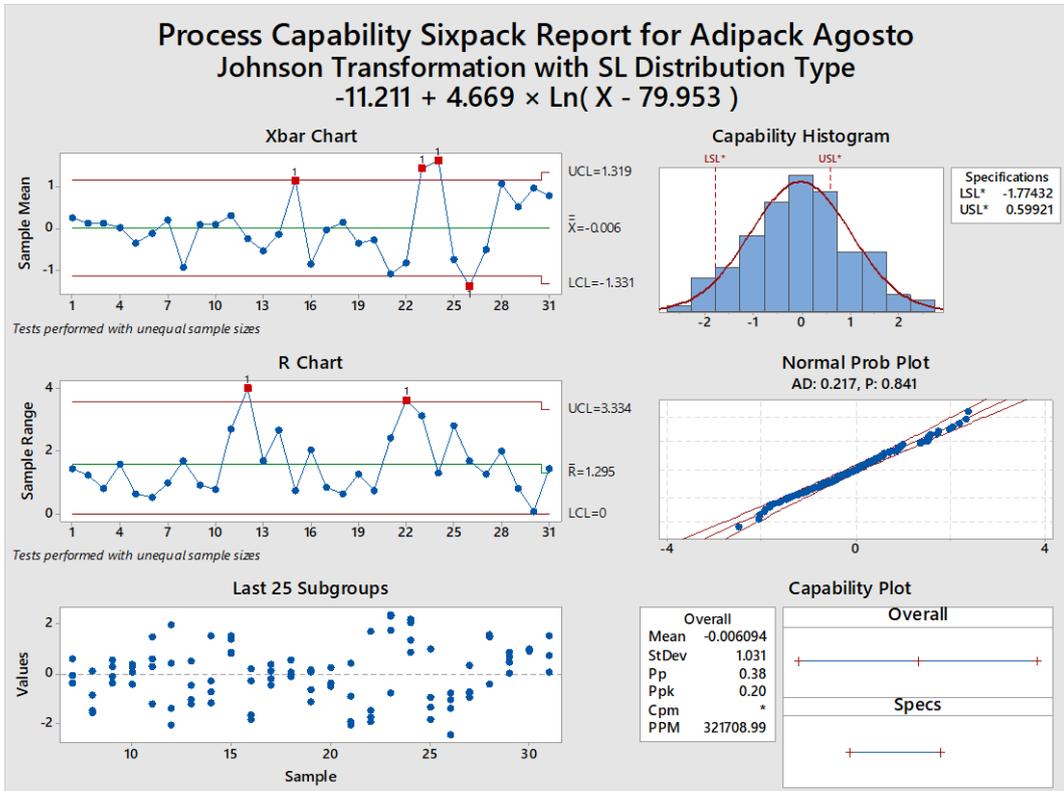
Considerando el valor de Pp=0.38 y Ppk 0.09, se dice que el proceso **no es adecuado para el trabajo**, según se observa en la figura 16.

#### 4.3.6. Índices de capacidad de proceso en Adipack – mes de agosto

Considerando el valor de Pp=0.38 y Ppk 0.20, se dice que el proceso **no es adecuado para el trabajo**, según la figura 17



**Figura 16: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Adipack-mes de julio**



**Figura 17: Reporte de capacidad de proceso para la data de la línea Adipack-mes de agosto**

Como se mencionó líneas arriba, se tomaron los valores de Ppk y Cpk para la determinación de los índices de capacidad de proceso. Para las gráficas que arrojaron valores de Ppk, se evaluó la capacidad general del proceso, teniendo como base la ubicación y dispersión del proceso, así, generalmente, los valores más altos de Ppk, indican un proceso más capaz y por el contrario, valores más bajos, indican que el proceso necesita mejoras (Soporte de Minitab, 2021). Si los valores de Ppk y Pp son aproximadamente iguales, se puede decir que el proceso está centrado en los límites especificados y por el contrario, si son distintos, el proceso no está centrado. De acuerdo con lo que menciona la tabla 2, para los valores de Ppk menores a 1.33, se deben considerar formas de mejorar el proceso (Soporte de Minitab, 2021). Esto aplicó para la línea Adipack, en los meses de julio y agosto.

En el caso de valores de Cpk para la línea Serac 2 (1.13 y 1.26 para los meses de julio y agosto, respectivamente), según Gutierrez y de la Vara (2013), al tener un valor de Cp y Cpk menores a 1.33, pero mayor a 1, se dice que el proceso es parcialmente adecuado y que requiere un control estadístico.

#### 4.4. PROPUESTA DE MEJORA

##### 4.4.1. Seleccionar y caracterizar un problema

La siguiente tabla 2, muestra los índices de capacidad de cada línea de envasado de yogurt de fresa.

**Tabla 2: Índices de capacidad de proceso de las líneas de envasado de yogurt de fresa**

Mes	Índice de capacidad	Serac 4	Serac 2	Adipack
Julio	Cpk	-	1.13	-
	Ppk	1.3	-	0.1
Agosto	Cpk	-	1.26	-
	Ppk	1.34	-	0.2

Por consenso, se toma los resultados de la línea Adipack, cuyos valores de Ppk se muestran en la Tabla 2, con el fin de realizar la propuesta de mejora. Para ello, se formó el equipo que llevó a cabo la propuesta de mejora, los cuales se muestran en la siguiente Tabla 3.

**Tabla 3: Equipo de mejora**

<b>CARGO</b>	<b>FUNCIÓN EN EL EQUIPO</b>
JEFE DE PRODUCCIÓN	Líder de Equipo
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	Apoyo técnico
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	Apoyo técnico
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD	Apoyo técnico
INSPECTOR DE CALIDAD	Facilitador

**a. Funciones dentro del equipo**

**a.1. LÍDER DE EQUIPO**

- Dirigir el equipo para asegurar que las responsabilidades asignadas, se cumplan.
- Velar por el desarrollo, implementación, verificación y seguimiento de la propuesta de implementación.
- Brindar los recursos a los miembros del equipo para llevar a cabo la propuesta
- Concientizar al equipo sobre la importancia de la propuesta, con el fin de mejoras de proceso, buscando la mejora continua.

**a.2. APOYO TÉCNICO**

- Brindar información útil y relevante al equipo con el fin de facilitar la toma de datos y/o decisiones
- Concientizar a su personal a cargo sobre la mejora a proponer, con el fin de que la comunicación sea horizontal al momento de la toma de datos con el coordinador de equipo.

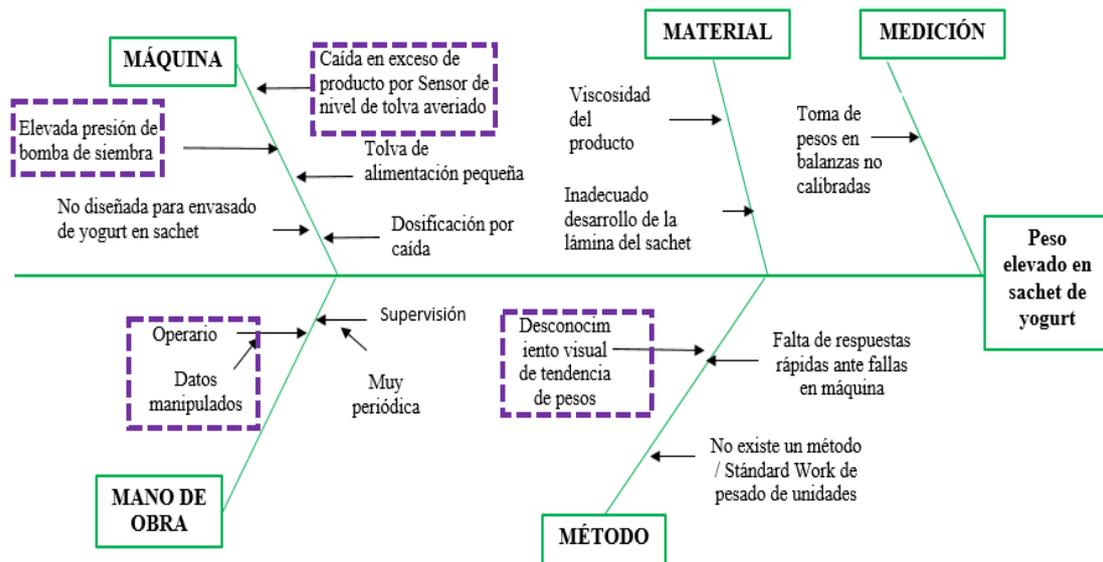
**a.3. FACILITADOR DE EQUIPO**

- Planificar y coordinar las reuniones del equipo

- Asegurarse que se aplique la metodología tomada
- Registrar los acuerdos que se tomen en las actas de reunión
- Recopilar, seleccionar y evaluar la información necesaria para elaborar la propuesta

#### 4.4.2. Buscar todas las posibles causas

A continuación, se muestra en la figura 18, el Diagrama de Ishikawa para el problema en mención



**Figura 18: Diagrama de Ishikawa para el problema: Proceso de envasado de yogurt de yogurt No Capaz, en línea Adipack**

Al realizar el diagrama de espina de pescado o Ishikawa, se colocó en “la cabeza del pescado” de la estructura, el problema principal, que fue el peso elevado de yogurt en sachet. Cabe resaltar que el equipo de mejora fue el encargado de realizar el desarrollo de esta herramienta, teniendo como facilitador al inspector de calidad. Se tuvo cinco ejes, los cuales fueron: máquina, material, medición, mano de obra y método. En cuanto al eje “máquina”, en conjunto con el equipo de mejora, se determinaron dos posibles causas: Elevada presión de bomba de siembra y caída excesiva del producto. En el eje de “método”, se tuvo un desconocimiento visual de cómo es que iba la tendencia de pesos, al realizar el control de este. Y finalmente, en cuanto a la mano de obra, se muestra la inadecuada manipulación de los registros, por parte de los operadores de envasado. Por consenso, no se tomó en cuenta las demás posibles causas, porque no aterrizaban a la realidad de la operación, siendo una probabilidad remota.

#### **4.4.3. Investigar cuáles de las causas son más importantes**

Luego de haber realizado el diagrama de Ishikawa, se procedió a seleccionar, por unanimidad, 4 posibles causas del problema. Después de ello, se procedió a realizar los cinco ¿por qué?, como se ve en la Tabla 4.

#### **4.4.4. Elaboración de un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes**

Una vez determinadas las causas raíz, se plasmaron en un formato, los planes de acción (Tabla 5) o tareas necesarias para remediar las causas raíz. Se ha considerado en conjunto, siete tareas, los cuales tendrán responsables de distintas áreas (calidad, mantenimiento y producción, quienes son los dueños del proceso). Estos planes de acción están ligados a la máquina envasadora, información documentada del proceso de envasado y manejo de personal.

#### **4.4.5. Aplicación de las competencias profesionales**

El presente trabajo de suficiencia profesional se realiza al desempeñar funciones en el área de Control de Calidad, en líneas de procesamiento en una empresa procesadora de derivados lácteos, específicamente, producción y envasado de yogurt, ubicada en Lurigancho-Chosica. Una de las principales funciones desempeñadas como Inspector de calidad, fue monitorear el proceso de elaboración de yogurt, en cuanto a parámetros de calidad se refiere, y a la vez, se explicará a los operadores, el beneficio y/o contribución de cada proceso en el producto final, ya que el conocimiento que manejan ellos, posiblemente sea de carácter empírico.

Para poder llevar a cabo estas funciones, se aplicarán diversos conocimientos adquiridos en la carrera, como, por ejemplo, el procesamiento del yogurt, donde interactúan las materias primas (leche, bacterias acidolácticas, pulpas, principalmente). Además de ello, complementarlo con los equipos del proceso, como pasteurizador, homogeneizador, tanques de fermentación.

**Tabla 4: Evaluación de los ¿por qué? (causa raíz)**

	<b>Variación de presión de bomba de siembra</b>	<b>Caída en exceso del producto</b>	<b>Se registra data manipulada</b>	<b>Se desconoce la fluctuación real de los pesos a lo largo de los turnos de producción</b>
<b>1er ¿por qué?</b>	Porque no hay una presión constante para mantener el caudal del producto.	Porque no se tiene un nivel constante de producto en el tanque.	Los operadores colocan siempre los pesos dentro del rango de especificaciones.	No se tiene visión gráfica de cómo va la tendencia de pesos en el turno.
<b>2do ¿por qué?</b>	Porque no se regula la presión de envío de producto a la máquina envasadora de sachet.	Porque el operador no se percata si el sensor del nivel de tolva tiene averías.	Porque comentan que siempre habrá variación excesiva de peso y para ahorrarse problemas, los colocan dentro del rango.	Deficiencia en el procesamiento de las cartas de control.
<b>3er ¿por qué?</b>	No hay estándares de presión de envío de cada producto.	Porque únicamente lo hacen cuando ocurren eventos de variación de peso.	Porque no hay verificación periódica de pesos por parte de producción y calidad.	No se procesan los datos registrados por los operadores.
<b>4to ¿por qué?</b>	No se ha puesto en marcha validaciones de presiones (de bomba) de envío de producto a los tanques de siembra.	Porque no tienen un mantenimiento preventivo actualizado documentado.	Porque el plan de inspección solo menciona control de pesos 1 vez al turno.	-

**Tabla 5: Plan de acción**

<b>ITEM</b>	<b>PLAN DE ACCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1	Realizar pruebas de presiones de envío de producto (variable) de tanque siembra a la llenadora Adipack y escoger la que mejor performance presente.	Supervisor de producción / Supervisor de mantenimiento
2	Capacitar a los operadores de envasado en controles adecuados de presión de bomba.	Supervisor de mantenimiento
3	Actualizar el programa de mantenimiento preventivo de la envasadora Adipack.	Supervisor de mantenimiento
4	Realizar un estándar de trabajo explicando la metodología a seguir para realizar un correcto envasado. << continuación>>	Supervisor de producción
5	Robustecer el plan de inspección: Controlar el peso cada 20 minutos por parte del operador y verificar 2 veces al turno por parte de calidad.	Inspector de calidad
6	Cotizar e implementar un sistema en el cual puedan registrarse los pesos a través de un medio informático, arrojando análisis de los mismos.	Jefe de Producción
7	Sensibilizar a los operadores, supervisores, jefes, sobre la importancia de controlar los procesos y sobre capacidad de proceso	Inspector de Calidad

Ya en el almacenamiento del producto final, será necesario conocer sobre refrigeración de alimentos, sensores de temperaturas, hermeticidad, etc. En cuanto al control y aseguramiento de la calidad, en cada parte del proceso, se precisará el conocimiento de los programas pre-requisitos y puntos críticos de control (PCC) en la elaboración del yogurt.

Por último, en el envasado del producto, se aplicará lo aprendido en el curso de Control de la Calidad, relacionándolo con capacidad de proceso, herramientas de la calidad (diagrama de Ishikawa, Pareto, histogramas). Estas funciones se desempeñaron apropiadamente ya que se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, tal como se muestra en la siguiente tabla 6.

**Tabla 6: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Introducción a la Industria alimentaria / Tecnología de leches / Taller tecnológico	Conservación y procesamiento de alimentos lácteos
Refrigeración y congelación de alimentos	Métodos de refrigeración de alimentos
Control de Calidad de Alimentos / Gestión de Calidad en alimentos	Herramientas de calidad; HACCP; control de procesos

De igual manera, en este trabajo de suficiencia profesional, se puso en práctica conocimientos específicos de la carrera de Industrias Alimentarias, como, por ejemplo, determinación de índices de capacidad de proceso, cartas gráficas de control, muestreo de producto; procesamiento de alimentos; herramientas de calidad; que sirvieron para lograr los objetivos de este trabajo de suficiencia profesional. Esto se resume en la siguiente tabla 7.

**Tabla 7: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en la determinación de índices de capacidad de proceso en línea de yogurt**

<b>Cursos</b>	<b>Conocimientos adquiridos puestos en práctica</b>
Control de Calidad de Alimentos	Herramientas de calidad; control de procesos

<<continuación>>

Introducción a la Industria alimentaria / Tecnología de leches / Taller tecnológico	Conservación y procesamiento de alimentos lácteos
Gestión de Calidad en alimentos	Análisis de Puntos críticos de control, PPRO.

---

Por último, se aplicaron habilidades blandas, como liderazgo en la gestión de análisis de causa raíz, trabajo en equipo, desde el personal operario hasta supervisores; comunicación efectiva en delimitar las funciones del equipo de mejora, entre otras habilidades, permitieron el correcto desempeño en la empresa, ejecutando las labores encomendadas con éxito.

## V. CONCLUSIONES

1. A través de la prueba de normalidad Anderson-Darling, se determinó que los datos de cada línea de proceso seguían una distribución normal. Las muestras de peso de la línea Serac 4 y Adipack, en julio y agosto no siguen una distribución normal, mientras que en la línea de envasado Serac 2, sí. Posiblemente porque en las primeras, hay demasiados valores extremos derivados de errores de medición o de introducción de datos.
2. Se determinó los índices de capacidad de proceso de las líneas de envasado: Serac 4, Serac 2 y Adipack utilizando la prueba de capacidad de proceso “Sixpack Capability”. La línea Adipack obtuvo valores de Ppk 0.1 y 0.2 en julio y agosto, respectivamente, lo que significa que no es un proceso adecuado para el trabajo y se debe plantear una propuesta de mejora.
3. Se realizó la propuesta de mejora, que involucran pruebas de medición de presión de envío de producto del tanque de siembra a la llenadora de yogurt de la línea Adipack; capacitación a los operadores sobre el proceso de envasado y controles; actualización del programa de mantenimiento preventivo de la envasadora Adipack y cotización de un sistema de control de proceso in situ.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Emplear costos de calidad al momento de evaluar la implementación.
- Uso de otros programas estadísticos (distintos al Minitab) con el fin de generar otros sustentos a lo ya mencionado en este trabajo de suficiencia profesional.
- Difundir en el área de envasado de yogurt, paneles de concientización y mejoras implementadas, a fin de hacer notar los avances que se tienen en el área.
- Incentivar, en un mediano plazo y mediante premiaciones, a los turnos de producción que logren alcanzar mejores índices de capacidad de proceso en cada línea de envasado mencionados.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aryana, K. J., & Olson, D. W. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9987-10013.
- Buttriss, J. (2003). YOGURT Dietary Importance. Doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01307-9>
- Cassell, D. (2014). Flavor trends: Yogurt's fruitful union. *Food Processing*. Recuperado de: <https://www.foodprocessing.com/product-development/rd/article/11331055/2014-flavor-trends-yogurts-fruitful-union>
- Chase, R., Jacobs, F. R., & AQUILANO, N. (2009). Administración de operaciones. Duodécima Edición.
- Das, K., Choudhary, R., & Thompson-Witrick, K. A. (2019). Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. *LWT*, 108, 69-80. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.058>
- Evans, J., & Lindsay, W. (2014). Administración y Control de Calidad (9na Edición ed.). Cengage Learning Editores.
- Gahruie, H. H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M. A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>
- Gharibzahedi, S. M. T., & Chronakis, I. S. (2018). Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. *Food Chemistry*, 245, 620-632. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.138>
- Gonzales, E. & Lume, C. (2018). Control estadístico del envasado de aceitunas verdes rellenas con castaña y elaboración de un manual de buenas prácticas de manufactura. Trabajo académico para optar el Título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México DF: Mc Graw Hill Education.
- Hutkins, R. W. (2006). Microbiology and Technology of Fermented Foods. Blackwell Publishing. First Edition. Doi: <https://doi.org/10.1002/9780470277515>

- Palmberg, K. (2009). Exploring process management: are there any whidespread models and definitions? *Revista TQM Journal*. Vol 21. 203-2016. Doi: 10.1108/17542730910938182
- Puga, M. (2015). Información para las decisiones. Universidad Arturo Prat del Estado de Chile. [www.mpuga.com/docencia/Información.pdf](http://www.mpuga.com/docencia/Información.pdf). Revisado el 04/05/2021
- Saint-Eve, A., Lévy, C., Martin, N., & Souchon, I. (2006). Influence of proteins on the perception of flavored stirred yogurts. *Journal of dairy science*, 89(3), 922-933. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72157-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72157-9)
- SAS Institute Inc. 2015Guía del usuario de SAS / QC. Chapter 8. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/qc/141/ishikawa.pdf>. Revisado el 05/05/2021.
- Serrat, O. (2009). The five whys technique. Cornell University ILR School. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/5132831.pdf>
- Sert, D., Mercan, E., & Dertli, E. (2017). Characterization of lactic acid bacteria from yogurt-like product fermented with pine cone and determination of their role on physicochemical, textural and microbiological properties of product. *LWT*, 78, 70-76. Doi: 10.1016/j.lwt.2016.12.023
- Soporte de Minitab. 2021. Temas de apoyo. ¿Qué es una distribución normal? Revisado el 01/04/2022. Recuperado de: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/transform-nonnormal-data/>.
- Tamime, A. Y.& Robinson, R. (1999). *Yoghurt-Science and Technology*. 2nd ed. *International Journal of Dairy Technology*. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1999.tb02857.x>
- Thompson, J. L., Lopetcharat, K., & Drake, M. A. (2007). Preferences for commercial strawberry drinkable yogurts among African American, Caucasian, and Hispanic consumers in the United States. *Journal of dairy science*, 90(11), 4974-4987. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0313>
- Varzakas, T. (2016). HACCP and ISO22000: Risk Assessment in Conjunction with Other Food Safety Tools Such as FMEA, Ishikawa Diagrams and Pareto. *Encyclopedia of Food and Health*, 295–302. Doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00320-2
- Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt.

International Journal of Scientific and Research Publications, 4(4), 1-10. Doi:  
10.12691/jfnr-7-4-2