

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL  
CON MENCIÓN EN PLANEAMIENTO Y GESTION EMPRESARIAL**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEJORA DE CALIDAD Y  
PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE FILETEADO Y ENVASADO DE  
PESCADOS EN CONSERVA BASADO EN LAS HERRAMIENTAS  
DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
CON MENCIÓN EN PLANEAMIENTO Y GESTION EMPRESARIAL**

**Autor: Bach. LUIS MARTÍN MATZUNAGA ZAMUDIO**

**Asesor: Dr. ALFONSO RAMÓN CHUNG PINZÁS**

**LIMA – PERÚ**

**2017**

*DEDICATORIA*

*A mi hijo Hiroshi y a mis padres,  
quienes son el motor.*

## RESUMEN

La presente tesis buscó dar solución a la problemática de calidad y productividad de los subprocesos de fileteado y envasado del proceso de elaboración de conservas de pescado de la Empresa.

Empleando la metodología DMAIC y la aplicación de las herramientas Six Sigma en cada etapa de dicha metodología; se logró mejorar el subproceso de fileteado, atacando la presencia de defectos en el pescado fileteado reduciendo en un 63.19% el nivel DPMO y mejorando la productividad de las obreras que filetean el pescado cocido en 8.37%; por último, se logró normalizar el subproceso de envasado y disminuir su variabilidad (peso en gramos por lata) para la mejora de la capacidad del proceso de envasado llegando a un nivel  $C_{pk}$  de 0.65 y  $Z$  de  $2\sigma$ .

Cabe resaltar que, se modificaron los flujos de los subprocesos y, además se tomaron como grandes impulsores de apoyo del sistema implementado al sistema de incentivos y recompensa, y capacitaciones.

Es importante señalar que dichas herramientas Six Sigma nunca fueron aplicadas anteriormente por la Empresa a sus operaciones. Fue de vital importancia, incidir en la variabilidad de los subprocesos y lograr la estabilidad de los procesos para conseguir cumplir con los objetivos propuestos por la Dirección y que persiguió conseguir el presente trabajo de tesis.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad, productividad, defectos, capacidad, variabilidad.

## ABSTRACT

This thesis sought to give a solution to the problem of quality and productivity of the operations of filleting and packaging of the process of elaboration of canned fish of the company.

Using the DMAIC methodology and the implementation of the Six Sigma tools at every stage of this methodology; it managed to improve the thread of filleting, attacking the presence of defects in the fish filleting reducing in a 63.19% the level DPMO and improving the productivity of the workers that filetean fish cooked in 8.37%; finally, it was possible to standardize the thread of packaging and decrease its variability (weight in grams per can) for the improvement of the capacity of the packaging process reaching a level  $C_{pk}$  of 0.65 and  $Z$  of  $2\sigma$ .

It should be noted that changes were made to the flows of the operations, and moreover it took as major drivers of support the system implemented to the system of incentives and rewards, and trainings.

It is important to note that these Six Sigma tools were never previously applied by the company to its operations. It was of vital importance to have an impact on the variability of the threads and ensure the stability of the processes to achieve the objectives proposed by the direction and that pursued to achieve the present thesis work.

**KEY WORDS:** Quality, productivity, defects, capacity, variability.

## INTRODUCCIÓN

La planta de procesamiento de productos pesqueros INDUSTRIAL DON MARTÍN S.A.C., en adelante LA EMPRESA, materia de estudio, con R.U.C. 20118798539, está ubicada en la Av. Pedro Luna Arieta N°479 - Puerto de Huacho, se dedica a la elaboración de productos hidrobiológicos como son las conservas de pescado cuyo proceso productivo, específicamente en los subprocesos de fileteado y envasado (donde se obtienen los filetes de pescado libre de cabeza, cola, espinas, piel y músculo oscuro para luego ser envasados en latas de ½ Lb-Tuna) no han mostrado mejoras significativas; y es precisamente en estos subprocesos donde la imagen del producto va a ser apreciada y valorada por los clientes y además en estas etapas, los rendimientos con respecto a materia prima, maquinaria y personal son vitales para la calidad y productividad del proceso en su totalidad, ya que debería verse reflejado en una disminución en costos y el producto sea más competitivo en el mercado.

Ello ha conllevado a que subprocesos clave para la idoneidad del producto perdieran de vista la excelencia que deberían tener; tal es el caso del subproceso de fileteado donde se evidencia que las trabajadoras no presentan mejoras sustanciales en sus rendimientos y actitudes, sólo hay preocupación en filetear mayores cantidades de pescado cocinado con la consigna de obtener más pago por destajo que por la calidad de su trabajo, que debe ser traducido en productividad y minimización de las no conformidades del producto obtenido (presencia de defectos).

Además, la variabilidad en la línea de envasado cobra vital importancia ya que influye en la productividad total, ya que actualmente el peso envasado evidencia incumplimiento de las especificaciones establecidas, además no cuenta con una metodología de control adecuada y no se tienen establecidos los límites de control.

Los costos del pescado (materia prima) han ido incrementándose en los últimos 10 años, en promedio llegan a un crecimiento del 500%. Este costo se ve

reflejado en el precio de venta, por tal motivo el rendimiento que se obtenga del pescado (mayor cantidad de producto por tonelada de materia prima), afectado por la productividad en el fileteado y la variabilidad en el peso envasado, es un factor muy importante en la estructura de costos de LA EMPRESA; controlar y mejorar este factor que contribuye (como se ha mencionado anteriormente) a la calidad y productividad en el proceso de fileteado y envasado es clave.

En el largo plazo, de continuar por este camino, el producto se encarecerá mucho más y afectará el precio volviéndose cada vez menos atractivo en el mercado, situación que puede ser aprovechada por los competidores.

La situación problemática se solucionaría con la *Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad de la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología Six Sigma.*

## ÍNDICE

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	8
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	8
1.2 ANTECEDENTES RELACIONADOS CON EL TEMA .....	10
1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	19
1.4 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO .....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	21
2.1 BASES TEÓRICAS RELACIONADAS CON EL TEMA .....	21
2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS USADOS .....	54
2.3 HIPÓTESIS.....	58
2.4 VARIABLES.....	58
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	62
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	63
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	65
3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	67
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	68
4.1 APLICACIÓN DEL SISTEMA BASADO EN HERRAMIENTAS SIX SIGMA.....	68
4.2 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN PRE - TEST .....	91
4.3 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN POST - TEST.....	118
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	139
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	147
CONCLUSIONES .....	147
RECOMENDACIONES.....	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	150
ANEXO.....	153

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo mejorar la Calidad y la Productividad de la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva aplicando las herramientas de la metodología Six Sigma?

### **PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- a) ¿Cómo reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas, aplicando el Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma?
- b) ¿Cómo mejorar la productividad del subproceso de fileteado, si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma?
- c) ¿Cómo mejorar la Capacidad del subproceso de envasado disminuyendo su variabilidad, mediante la aplicación de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma?

### **IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Resolver el problema de investigación sirvió para que se logre mejorar la calidad de fabricación y la productividad en los subprocesos de fileteado y envasado para la elaboración de conservas de pescado en LA EMPRESA, permitiendo aumentar el rendimiento de la materia prima y la productividad del personal, además de conseguir minimizar los costos de producción que, pueden traducirse en precios más atractivos que hagan al producto más competitivo en el mercado.

Asimismo, se logró tener medios de mejoramiento que encaminó a los subprocesos de fileteado y envasado hacia cambios en su desarrollo y



logró mejorar la calidad de fabricación (que genera una alta probabilidad de obtener calidad de producto) y la productividad de estos subprocesos para que se traduzcan en valor en la percepción en el cliente.

La tesis sirvió como medio de planteamiento a LA EMPRESA de una solución a su problema principal y demostrar que mediante la aplicación de metodologías (herramientas y/o técnicas) propias de la Ingeniería Industrial se logran beneficios sostenibles en el tiempo. Asimismo, los resultados de la tesis permitieron la adopción de las nuevas metodologías por parte de los colaboradores orientándose al cambio que propone la investigación.

Se beneficia LA EMPRESA, materia de estudio, en su conjunto, ya que podrá incrementar su rentabilidad y trasladar esa mejora hacia sus colaboradores, es decir, los trabajadores percibirán en adelante, un ambiente laboral más favorable e incrementos en sus ingresos económicos como resultado de un mejor desempeño empresarial. Los clientes resultarán beneficiados por la mejora en la gestión de LA EMPRESA, los cuales recibirán una mejor calidad en el producto, además de un precio más atractivo en el mercado que incentive la compra.

La tesis tiene justificación metódica, porque se propone, como se mencionó anteriormente, la aplicación de herramientas y/o técnicas de la Ingeniería Industrial en los procesos empresariales involucrados en las variables identificadas, que son evaluados en la tesis; tales como, el control estadístico de procesos y demás herramientas Six Sigma y la metodología DMAIC.

Y también tiene justificación práctica, ya que se aplicaron las metodologías mencionadas en los procesos de producción diarios de LA EMPRESA relacionados con el problema.

## 1.2 ANTECEDENTES RELACIONADOS CON EL TEMA

Entre los distintos antecedentes tomados para el presente trabajo de tesis tenemos a:

Bahena Quintanilla, M. (2006), que en su trabajo de tesis pretendió el mejoramiento de la calidad y la productividad del proceso de llenado en una planta de bebidas y dar solución a la variabilidad que presentaba en dicho proceso dentro del departamento de envasado en la línea de producción B, donde se desarrolló toda la aplicación de la metodología Six Sigma, mostrando en forma clara y concisa los pasos requeridos para el mejoramiento de los productos. Este antecedente permitió conocer y comprender la aplicación de los diferentes métodos y herramientas estadísticas que utiliza Six Sigma; además menciona que, la aplicación de Six Sigma favoreció la comprensión de los procesos de las empresas, de tal forma que pudieron ser optimizados con la finalidad de reducir los desperdicios que estuvieron presente en ellos. Con lo cual, se obtuvieron beneficios económicos con la reducción de los costos, asegurando que el precio de los productos fuera competitivo en el mercado, pero no con la reducción de los costos de hacer bien las cosas, sino de la eliminación de los costos de errores, defectos o desperdicios.

Además, se rescata, de este antecedente las enseñanzas del Dr. Deming, quien decía: *“el enemigo de todo proceso es la variación, por lo que es ahí en donde debemos concentrar el esfuerzo hacia la mejora continua”*, pero sobre todo porque *“la variación es el enemigo de la satisfacción de nuestros clientes”*. Y es precisamente el problema que se presentaba en la planta de bebidas, la variación en el nivel de llenado en la presentación premier, porque a pesar de estar bajo especificaciones internas establecidas en la planta y de cumplir las Normas Oficiales, dicha variación generaba un costo en la producción que se logró minimizar

En el desarrollo de la metodología Six Sigma, el autor indica que, para la implementación de proyectos bajo dicho enfoque, es importante la participación de personal y adecuado conocimiento del tema, enfocados en el trabajo en equipo y administración de proyectos. El antecedente, como se mencionó, permitió tener una guía y que además puede ser utilizada para la capacitación y para la consulta, siendo un aporte importante para la implementación de la metodología Six Sigma, además aborda la Calidad y la Productividad que son los temas que abarca el presente trabajo de investigación, mediante la minimización de la variabilidad del proceso. El autor enfatiza que gracias a la metodología Six Sigma, se logra disminuir la variabilidad y generar importantes ahorros a la organización.

También se toma como antecedente a Guevara Uvidia, M. (2011), quien establece en su trabajo de tesis, como los indicadores de gestión del área de Manufactura de la planta embotelladora Ecuador Bottling Company en el año 2010, estaban registrando rendimientos inestables, por lo tanto, no alcanzaban los objetivos mensuales planteados por la Dirección y la Gerencia de Operaciones. Los esfuerzos estaban enfocados en el mejoramiento de los indicadores de las áreas aseguramiento de calidad, gestión del medio ambiente y de la seguridad y salud ocupacional, alcanzando certificaciones importantes y sosteniendo un Sistema de Integrado de Gestión, logrando con ello la satisfacción de clientes y consumidores. Sin embargo, el antecedente se enfocó en el estudio del área de la Productividad, donde el uso de recursos y los costos de producción tenían se optimizaron a través de la aplicación de la Metodología Six Sigma. Como punto de partida, el antecedente utilizó una Matriz de Relación o Selección determinando dos indicadores claves en esta área, encontrándose que los rendimientos de edulcorante y eficiencia de líneas eran los más afectados y constituyéndose como los principales indicadores para obtener una oportunidad de mejora.

Teniendo planteado el objetivo, el antecedente estableció para el proyecto, utilizar la metodología Six Sigma, la cual permitió identificar las causas que ocasionaban el incumplimiento de los objetivos en los indicadores y determinar las acciones correctivas para optimizar el uso de recursos como el edulcorante, así como

aprovechar la capacidad instalada de los equipos en las líneas de producción para evitar pérdidas considerables de materias primas. Las etapas comprendidas en la metodología Six Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, permitieron alcanzar resultados que superaron los objetivos establecidos en los indicadores rendimientos de edulcorante, así como el mejoramiento de eficiencias de Línea. Con el análisis financiero que se desarrolla en este antecedente, se verifica la obtención de importantes ahorros económicos para el área y la Empresa en su conjunto, así como haber quedado establecida una cultura de optimización en el uso de los recursos relacionados con los indicadores planteados en el antecedente.

El antecedente aborda la mejora de la productividad, tema que trata el presente trabajo de investigación y que conlleva a impactos económicos significativos. El autor resalta la importancia de la metodología Six Sigma para el mejoramiento de los resultados de los indicadores más importantes siendo clave el trabajo en equipo para la aplicación de las herramientas Six Sigma y las acciones correctivas necesarias.

Además, en el trabajo de tesis presentado por Rueda Blanco, L. (2007), que fue realizado en las instalaciones de Becton Dickinson en México, se toma como antecedente porque propone la implementación de las metodologías Six Sigma y Lean Manufacturing para el mejoramiento del proceso de manufactura de jeringas hipodérmicas desechables de 1 mL.

La tesis como antecedente indica que la competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio. Para ser más competitivo, debe ofrecerse mejor calidad, al más bajo precio y en el menor tiempo, es por ello que con metodologías como Six Sigma o Lean Manufacturing puede conseguirse la competitividad en los procesos de una Empresa. El antecedente abarca las 9 líneas de manufactura, donde la Empresa identificó a la línea 3 como estratégica para el negocio, porque posee altos niveles de ventas, cuyos pronósticos de la demanda es a corto plazo para duplicarlos. Además, se detectó que esta línea era ineficiente por altos niveles de desperdicios, por ello, se decidió invertir recursos para el mejoramiento del proceso de manufactura.

Planteado el proyecto, se nombró al líder y se realizó un mapeo del proceso que mostraba a la etapa de empaque como la más inestable y de mayor cantidad de desperdicio generados. Adicionalmente, se observó que los materiales de empaque tenían altos costos, debido a que son importados. Se conformó el equipo Six Sigma, con el objetivo de reducir la variabilidad y el desperdicio del proceso, de esta manera aumentar los niveles de producción. Se aplicaron las 5 etapas requeridos por la metodología Six Sigma (DMAMC - Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) y cumplir con los objetivos, alcanzar los niveles estándar de producción y disminuir los desperdicios. Concluidas las etapas, se encontró que la causa por la que no se alcanzan los niveles estándar de producción se debía al mantenimiento no efectivo y que la capacitación tanto de la gente de producción como del mecánico de la línea es vital para evitar el desperdicio. También el antecedente mostró que se logró encontrar una óptima operación bajo la cual fue posible la utilización de los nuevos materiales de empaque (papel y la película) que asegura la consistencia de calidad en el producto final.

De este antecedente, se rescata la efectividad de la metodología DMAIC (DMAMC) cuya aplicación permite ocuparse de la variabilidad y alcanzar los objetivos planteados de producción.

Como antecedente tenemos además, la investigación de Roncancio Hoyos, G. (2014), que en su trabajo de tesis menciona que el nivel de servicio del proceso de calidad de las materias primas en la planta productora de *snacks*, era considerado bajo por parte de sus clientes internos y clientes externos, debido a que los proveedores (cliente externo) pasaban mucho tiempo en las instalaciones de la compañía para poder entregar sus materiales, y que para el caso del cliente interno (logística de materias primas), había una baja disponibilidad para consumo de materiales diarios, bajo esa premisa se identificó una oportunidad importante de mejora en el proceso de aprobación de materias primas. El proyecto sigue la metodología Six Sigma, aplicando los pasos respectivos de dicha metodología con las fases DMAIC, iniciando con la definición del problema, la medición tuvo una duración de tres meses, donde se recolectó la información concerniente con la cantidad de materiales recibidos, materiales retenidos

diariamente y principales causas de esas retenciones. Con un análisis de la información, se logró determinar que el proceso de aprobación de materias primas tenía una productividad del 40%, evidenciando problemas dicho proceso, es decir, menos del 50% de los materiales que ingresaban quedan disponibles para su uso. Determinando un nivel sigma del proceso de -0,46 con 671871,80 defectos por millón de oportunidades.

La mejora se obtuvo consiguiendo que los procesos de logística materias primas y calidad materias primas estén sincronizados (equilibrio entre la cantidad de materiales entregados y el tiempo requerido para los análisis de los materiales), optimizando la distribución de los pedidos, considerando la cantidad y dificultad en el proceso de aprobación del material, generando un mejor servicio. La productividad con la metodología aplicada en el antecedente, consiguió pasar del 40% a 63% con un nivel sigma de 0,72 y 234784,06 defectos por millón de oportunidades.

La importancia de este antecedente es que fundamenta la aplicación de la metodología DMAIC para el mejoramiento de la productividad del proceso objeto de estudio, esta variable es parte de la tesis, que se profundiza y amolda a LA EMPRESA, materia de estudio.

También se resalta a Parrales Rizzo y Tamayo Vargas (2012), cuyo trabajo de tesis como antecedente, identifican que factores estaban afectando a la productividad y calidad de la Empresa materia de estudio, y con ello determinar las causas que hacen que la organización vaya en detrimento de la misma. Por ello, el antecedente menciona que el problema es ocasionado por obviar controles fundamentales en el proceso y no plantear alternativas de mejora, de tal forma que hacía que el sistema presentara elevados índices de reproceso, devoluciones de los clientes por mala calidad, retrasos en las entregas de los productos y pérdidas de clientes; además de mantener altos índices de paradas en proceso y dar uso ineficiente de los recursos disponibles.

Es así que, el antecedente identifica debilidades del sistema y así, establecer un modelo de control adecuado para la mejora continua, permitiendo a la Empresa

beneficiarse con el incremento en la productividad y la calidad. Además, el antecedente incluye técnicas del Control Estadístico de Proceso, para determinar la variabilidad del sistema y proponer las acciones de mejora, empleando un cuadro de indicadores y un cuadro de mando operativo para el control de todo el sistema. Describen además que, en varias operaciones del proceso productivo, no se cumplían con las especificaciones dadas, como en el caso de la molienda, entre un 46 a 48% está fuera de especificación el tamaño de partícula de la mezcla; en la operación de acondicionamiento la temperatura está entre un 86.5 a 92°C, cuando lo óptimo es 90 a 100°C. El modelo de gestión propuesto, integra todos los mecanismos de control, con el empleo de indicadores de desempeño para la mejora de la eficacia y eficiencia del sistema o mediante el control estadístico de procesos para mejorar la calidad del producto y de la productividad de la Empresa.

Este antecedente permite observar la utilidad de las gráficas de control en el uso del control estadístico de procesos que es una de las herramientas de análisis y control que utiliza la metodología Six Sigma, midiendo la capacidad del proceso y los rendimientos para plantear mejoras. Es importante resaltar que la aplicación de este antecedente, mejora la calidad y por consiguiente la productividad de la planta de alimentos balanceados.

Otro antecedente ilustrativo es el trabajo de tesis de Díaz Medrano, S. (2008), que pone énfasis en que la competitividad de toda empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto, precio y la calidad de servicio. Uno de los componentes más importantes de la calidad en el servicio es el tiempo de entrega de sus productos o servicios, que está vinculado con el tiempo del ciclo, definido como el tiempo que transcurre desde que el cliente iniciaba una solicitud de servicio, el cual se transformaba en una orden de conexión para el Proceso de Pins, en una orden de certificación, hasta que finalizaba en un producto (factura de Energía Eléctrica) en las manos del cliente. El tiempo del ciclo reflejaba la eficiencia y coordinación que se presentaba en todo el proceso, este factor influye en los costos y en los plazos de entrega.

Ante ello, el antecedente desarrolló el proyecto de mejora Six Sigma, determinando cuales son las variables críticas de la calidad (VCC) que debían mejorarse y de esta manera poder disminuir las fallas por reprocesos, pagar por elaborar productos que no cumplen con las especificaciones establecidas, paralizaciones y errores en el proceso, además de inspecciones excesivas para evitar que los productos de mala calidad no salgan al mercado, reinspecciones y eliminación de rechazo, costos por devoluciones y clientes insatisfechos; todo ello acarrea más costos por mala calidad con la correspondiente disminución de la competitividad. Es así que este antecedente muestra un análisis sobre la problemática que padece el proceso de Facturación, donde considera los aspectos de satisfacción del cliente, costos y tiempo de ejecución de las actividades del proceso. Para ello, emplea las 5 etapas de la Metodología de Six Sigma: Definir, Medir, Analizar, Implantación o Mejorar y Control (DMAIC).

Los resultados concluyeron que la metodología de Six Sigma es una herramienta de gran utilidad para establecer estrategias de mejora para lograr un cambio significativo en el proceso y alcanzar niveles de calidad mundial, encaminados a la satisfacción de cliente y ahorro en costos que resalta este antecedente.

También se añade como antecedente, el trabajo de Alor, Aparicio, Calatayud, y Rojas (2014), que en su tesis realizaron el diagnóstico de la situación actual del inventario de repuestos de la empresa en estudio y determinaron las posibles causas que originaron los altos costos de estos en el almacén con los correspondientes problemas. El antecedente consideró a los tres principales almacenes de la empresa: almacén de Insumos, almacén de materia prima y almacén de repuestos, detectando que el 51% de los repuestos no habían tenido una rotación mayor a un año y sólo el 19% del valor de los repuestos habían tenido una rotación en los últimos tres meses. Identificada la oportunidad de mejora, el antecedente muestra el análisis de la distribución de los repuestos en valor monetario, planteando la aplicación de la mejora enmarcado en la metodología Six Sigma (DMAIC) por la presencia de la alta variabilidad en el origen y elaboración de las solicitudes de repuestos. Es vital una correcta identificación de la problemática, para medir y definir el alcance del mismo y obtener los mejores resultados, incluyendo la capacitación del personal.



Complementando a la herramienta Six Sigma, el antecedente desarrolla un análisis de Pareto para determinar el 20 % de los materiales de repuestos que más nos impactan en el 80% costo.

La propuesta de mejora presentada en el antecedente, busca optimizar la utilización de los repuestos asociados a la frecuencia de fallas y a la criticidad del repuesto, atacando la variabilidad en las solicitudes de repuestos con la aplicación de las herramientas que comprende la metodología Six Sigma.

Por otra parte, la tesis desarrollada por Aguirre Sayago, E. (2012), también tomada como antecedente, está centrada en una de las empresas Cerveceras de Venezuela, sector embotelladoras y menciona que el proceso de llenado es muy importante para garantizar la calidad del producto, el incumplimiento de los aspectos requeridos por el cliente se traduciría en la entrega de productos con un nivel de llenado en las botellas fuera de las especificaciones establecidas, trayendo como consecuencia incurrir en costos por fallas internas y externas, haciendo que estas empresas dejen de ser competitivas en el mercado. El antecedente pone énfasis que, para garantizar la disminución de los costos por falta de calidad se debe controlar reprocesos, desperdicios, devoluciones, productos defectuosos, demoras, atención a quejas y cumplimiento de garantías. Para ello, se analizó la utilización en los procesos productivos cerveceros específicamente en la fase de llenado, los conceptos y lineamientos de la filosofía Six Sigma como herramienta para garantizar la entrega de productos al consumidor con un nivel de llenado dentro de las especificaciones, un líquido sin la presencia de partículas, con el color y sabor adecuado.

El antecedente es concluyente en que las empresas del sector cervecero venezolano desarrollan y aplican los principios que sustenta la metodología Six Sigma como lo son las Características Críticas de Calidad, mediciones del desempeño del proceso, diseño de experimentos y el establecimiento de estrategias para controlar la variabilidad en sus procesos.

Además, Chiza Ocaña, J. (2013), tiene como propósito en su trabajo de tesis implementar la metodología Six Sigma en el proceso de Encolado de empresa

Plywood Ecuatoriana, y lograr disminuir los tableros de madera contrachapada tipo industrial de un 6% de su producción total al 4% de productos no conforme. El antecedente propone implementar la metodología Six Sigma y sus cinco etapas como son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

En la etapa Definir, el antecedente identificó y seleccionó el proyecto correcto, encontrándose como vital el Proceso de Encolado, porque es allí donde se realizaba la diferenciación de los productos. En la etapa de Medir, se identificaron las causas de la variación que presentaba el proceso de elaboración de tableros de tipo industrial, midiendo la capacidad en ese momento. En la etapa de Analizar, se utilizó el software Minitab, se investigó las diferentes variables de la fabricación del tablero de tipo industrial con su % mensual producido y de esta manera encontrar la causa raíz de las no conformidades. En la etapa de Mejorar, se optimizó el desempeño del proceso, estableciendo estrategias de mejora que combaten la causa raíz y que logren el objetivo de reducción a 4% como de obtención de productos no conforme. Y, por último, en la etapa de Controlar se emplearon un plan de control y gráficas para el monitoreo de las variables clave que fueron causa raíz de la problemática y obtener las ganancias que la mejora conlleva.

Y, por último, Gómez Mendiola, E. (2010), en su trabajo de tesis, implementa la estrategia de mejora Six Sigma en el departamento de producción de la línea dos de arillos (sector manufacturero), que es la segunda etapa del proceso de producción de ruedas de acero. La aplicación de Six Sigma buscaba reducir el tiempo de ciclo que se requiere en la producción de las ruedas de acero.

La estrategia de mejora en el antecedente se hace en base a la metodología Six Sigma denominada DMAIC, la cual cuenta con las fases de Definir y Medir que se basa en el proceso de célula de soldadura, identificaba cuellos de botella que propiciaban un aumento en el tiempo ciclo de la producción, utilizando un tiempo en promedio de 7.29 segundos por pieza y con una capacidad del proceso de 1.21, muy por debajo del valor óptimo 2.00. En la fase de Analizar, se estableció que las variables (se empleó el diagrama de Ishikawa): materia prima, temperatura y maquinaria y equipo son las que tenían mayor impacto en el tiempo de ciclo de producción. En la materia prima se encontraron láminas con distintas

propiedades mecánicas y espesores, en la maquinaria y equipo se encontraban maquinas desalineadas, mal calibradas, válvulas mal calibradas, exceso de vibración de brazos, herramientas desgastadas y en malas condiciones, entre otros. En base a este análisis se hicieron cambios mecánicos necesarios para solucionar los problemas descritos. Por último, en la fase de Controlar se implementó un programa piloto de mantenimiento para el proceso materia de estudio con la finalidad de conservar el tiempo de ciclo (variable crítica de calidad) en 6 segundos por pieza, que es equivalente a tener un índice de capacidad de 1.77 que se puede considerar bueno puesto que es mayor a 1.33 pero menor a 2.

Los antecedentes indican que la metodología Six Sigma y sus herramientas consiguen mejorar tanto la productividad y la calidad de los productos, siendo cada uno de ellos, un motivador para el presente trabajo de tesis.

## **1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **GENERAL**

Mejorar la Calidad y la Productividad de la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva mediante un sistema de mejora basado en las herramientas de la metodología Six Sigma.

### **ESPECÍFICOS**

- a) Reducir los defectos en el pescado cocinado presentado en bandejas aplicando el Control Estadístico de Procesos para las no conformidades en el subproceso de fileteado.
- b) Mejorar la productividad del subproceso de fileteado, aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.
- c) Mejorar la Capacidad del subproceso de envasado si se reduce su variabilidad, mediante la utilización de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.

## 1.4 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO

Entre las limitaciones que se encontraron en el desarrollo del estudio están:

- El permiso o autorización para la realización de las pruebas y experimentación en pleno desarrollo de la producción de conservas.
- El incremento de las horas de capacitación a los trabajadores (dentro y fuera del proceso), siendo estas adicionales al programa de capacitaciones.
- La utilización de horas laborales por parte del tesista para la realización del estudio.
- La aprobación y aplicación del sistema de incentivos y recompensa dentro de la planilla de pagos.

Para enfrentar estas limitaciones, se procedió a proponer a la Gerencia la aplicación de la presente investigación, exponiendo las ventajas y beneficios que conlleva su implementación, tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.

El presente trabajo de tesis tiene como alcance los subprocesos de fileteado y envasado en la elaboración de conservas de pescado, concierne a las producciones de trozos de atún en los meses de abril y noviembre del año 2015 en LA EMPRESA.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 BASES TEÓRICAS RELACIONADAS CON EL TEMA

#### **CALIDAD**

Hablar de Calidad hoy en día, nos hace inmediatamente pensar en productos o servicios que cumplen con lo que requerimos y que definitivamente volveremos a adquirir, más aún si nos sorprenden dándonos más de lo que esperábamos.

Para precisar mejor el concepto de Calidad, Gutiérrez Pulido, H y De La Vara Salazar, R. (2009) afirman que:

Desde el punto de vista de los clientes, las empresas y/u organizaciones existen para proveer un producto material o inmaterial, un bien o un servicio, ya que ellos necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas. Estos productos son resultado de un proceso, el cual es un conjunto de actividades entrelazadas o interrelacionadas que reciben determinados insumos (entradas) que son transformados en un resultado (salidas) o en un producto. Un proceso está conformado por varias etapas o subprocesos, mientras que los insumos incluyen sustancias, materiales, productos o equipos. Los resultados pueden ser un producto en sí o alguna modificación de los insumos, que a su vez será un insumo para otro proceso. Las variables de salida, es decir, las características de calidad, son las variables en las que se reflejan los resultados obtenidos en el proceso. A través de los valores que toman estas variables se evalúa la eficacia del proceso; por ello, al analizarlas se estará escuchando la “voz” de éste.

También existen varias definiciones para la Calidad, por ejemplo, Juran (1990) sostiene que: “Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en la ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente”; mientras que la American Society for Quality (ASQ) la define como: “la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en su capacidad para satisfacer necesidades dadas”. (pp.4-5).

La calidad debe traspasar todos los procesos en una organización, que permitan cumplir con los requisitos del cliente teniendo como objetivo su satisfacción, con respecto a un producto o servicio en el mercado. Un cliente queda satisfecho cuando se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y supere sus expectativas, es decir, el enfoque empresarial debe tener una orientación al cliente, no cumplir con sus requisitos es costoso y afecta mucho la competitividad de las organizaciones, aquí el enlace con la metodología Six Sigma, porque si las empresas hoy en día se enfocan en maximizar utilidades sin tomar en cuenta la satisfacción del cliente, no es Six Sigma.

## **PRODUCTIVIDAD**

La presente investigación busca mejorar uno de los aspectos que la metodología Six Sigma trabaja, que es la productividad, tal como lo hizo Motorola que obtuvo incremento de la productividad de un 12.3 % anual; reducción de los costos de no calidad por encima de un 84.0 %; eliminación del 99.7 % de los defectos en sus procesos; ahorros en costos de manufactura sobre los once billones de dólares y un crecimiento anual del 17.0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones.

Es así que, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), definen a la productividad como:

La relación entre lo producido y los medios empleados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades. Mientras que los recursos empleados se cuantifican por medio del número de trabajadores, tiempo total empleado, horas-máquina, etc. De manera que mejorar la productividad es optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. De aquí que la productividad suele dividirse en dos componentes: eficiencia y eficacia. La primera es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, se mejora principalmente optimizando el uso de los recursos, lo cual implica reducir tiempos desperdiciados, paros de equipo, falta de material, retrasos, etc. Mientras que la eficacia es el grado con el cual las actividades previstas son realizadas y los resultados planeados son logrados. Por lo tanto, ser eficaz es cumplir con objetivos y se atiende mejorando los resultados de equipos, materiales y en general del proceso. (p.7).

Por otro lado, Heizer y Render (2009), establecen que la productividad es:

Mejorar la razón entre las salidas y las entradas. Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia. Esta mejora puede lograrse de dos formas: mediante una reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien con un incremento en la salida mientras la entrada permanece constante. Ambas formas representan una mejora en la productividad. Los autores refieren a la medición de la productividad que:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumo\ empleado} \dots (1) \text{ (p.15).}$$

De acuerdo a lo que establecen los autores citados, se concluye que las empresas deben maximizar sus resultados para poder ser competitivos en el mercado y de acuerdo a los conceptos establecidos, ser productivos implica reducir los medios para conseguir los resultados. La búsqueda de la productividad en cada proceso que genera valor para los clientes tiene que ser prioridad en una empresa y ser entendido por sus miembros. Ser productivos significa reducción de costos optimizando el uso de los recursos con efectos significativos en la rentabilidad de las empresas.

## **VARIABILIDAD**

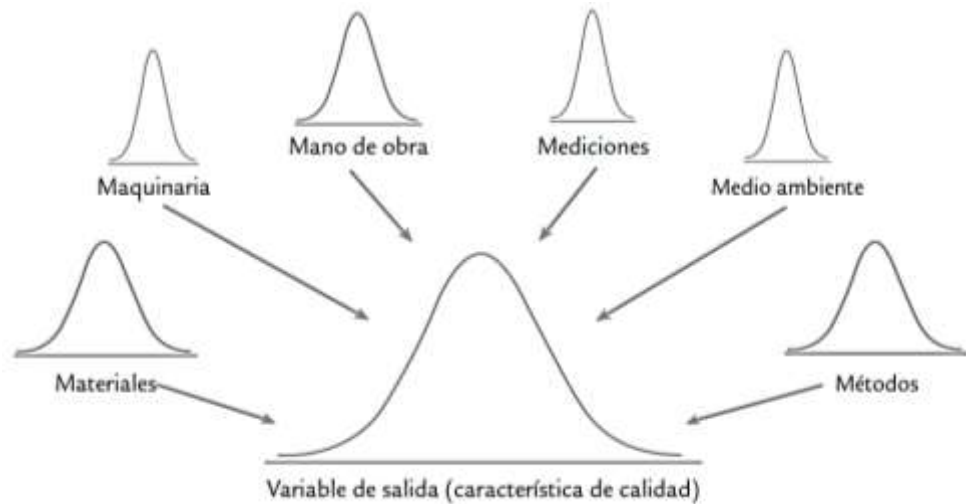
La variabilidad está presente en cada proceso y por tal motivo, en los procesos que añaden valor afecta su desempeño; esta variabilidad es uno de los aspectos que tanto la calidad mediante el uso del control estadístico de procesos como la metodología Six Sigma buscan reducir con la finalidad de cumplir las especificaciones establecidas que no son más que la traducción de los requisitos de cliente hacia los procesos clave.

Es así que, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), se refieren a la variabilidad como:

La diversidad de resultados de una variable o de un proceso. Reducir la variación de los procesos es un objetivo clave del control estadístico y de Seis Sigma. Por lo tanto, es necesario entender los motivos de la variación, y para ello se parte de que en un proceso (industrial o administrativo) interactúan materiales, máquinas, mano de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos (las 6M) determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso. (p.11).



Como se muestra en la figura 1, cada elemento de las 6M en acción conjunta, influyen para que el resultado de un proceso presente variabilidad. Si hay un cambio significativo en el desempeño del proceso, sea accidental u ocasionado, la causa se encuentra en una o más de las 6M.



*Figura 1.* La variabilidad de un proceso.

Fuente: Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, (2009). Control estadístico de calidad y Seis Sigma. (p. 12).

## DEFECTOS Y DEFECTUOSOS

Todo producto o artículo que no cumple con ciertos requisitos o atributos establecidos para satisfacer a un cliente o si es un producto en proceso pueda continuar a la siguiente etapa de las operaciones es catalogado como un defecto o una unidad defectuosa. Por ello, Minitab Inc (2015), en su página web de soporte, establece una marcada diferencia entre:

### a) DEFECTOS

Un defecto es cualquier artículo o servicio que presente una desviación de las especificaciones. Un defecto no necesariamente significa que el producto o servicio no se pueda utilizar, simplemente

que no es lo que se espera. Un defecto indica solamente que el resultado del producto no es exactamente lo que se esperaba.

## **b) DEFECTUOSOS**

Un artículo o servicio defectuoso es aquel que se considera completamente inaceptable para el uso. Cada artículo o experiencia de servicio se considera defectuoso o no - solo existen dos opciones.

Es de suma importancia para la tesis, la nota que presenta la página de soporte de Minitab Inc. (2015), donde: “El término ‘no conformidad’ se utiliza a veces para indicar un defecto. El término ‘no conforme’ se utiliza a veces para indicar un defectuoso”.

## **SIX SIGMA**

Six Sigma ha evolucionado desde su creación en 1987 con una primera orientación a la calidad de productos y procesos, pasando a una segunda generación, de orientación metodológica, basada en el ciclo de mejora DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), para más tarde, en su tercera generación, convertirse en una auténtica Estrategia de Mejora. La tesis busca que LA EMPRESA, introduzca como estrategia de mejora a la metodología Six Sigma para que incremente la calidad, permita reducir los costos y mejore la productividad con menor variabilidad y defectos en los procesos que la tesis se enfoca.

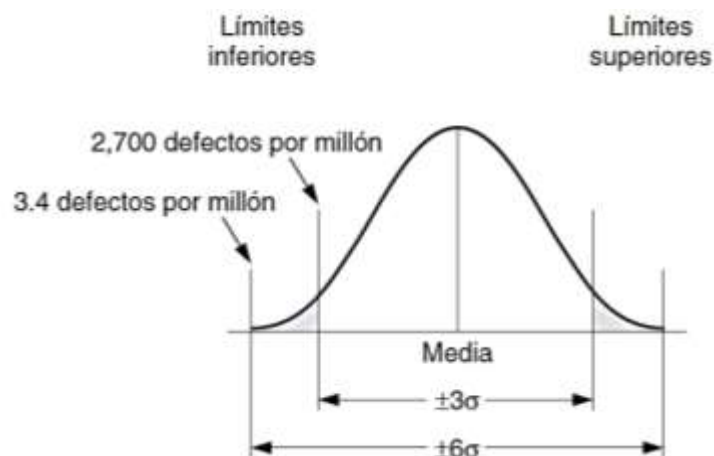
### **a) DEFINICIONES**

Según Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), Six Sigma es:  
Una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los

procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia  $6\sigma$  se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico.

Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de  $6\sigma$ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Six Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades. (p.420).

La meta que pretende Six Sigma se logra mediante un programa robusto de mejora, diseñado e impulsado por la Dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos Six Sigma a través de toda la organización con el objetivo de eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. Se puede afirmar que la metodología Six Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso, en la búsqueda de cumplir con las especificaciones establecidas. Además, las oportunidades de mejora de desempeño para procesos que agregan valor al cliente, es fundamental en toda organización que quiere ser competitiva. Obtener un desempeño de clase mundial (3.4 defectos por millón de oportunidades) permitirá la reducción de los costos con efectos notorios en la rentabilidad de las empresas. En la figura 2 se muestra la diferencia en los defectos por millón aplicando  $\pm 3\sigma$  vs.  $\pm 6\sigma$ .



*Figura 2. Defectos por millón por  $\pm 3\sigma$  vs.  $\pm 6\sigma$*

Fuente: Heizer J. y Render, B. (2009). Principios de administración de operaciones. (p. 199).

Así también, Camisón, Cruz, y Gonzáles (2007), indican que Six Sigma es:

Una metodología que emplea, para conseguir sus objetivos, simultáneamente herramientas tradicionales, como, por ejemplo: métodos de resolución de problemas, las famosas 7 herramientas clásicas de la calidad, QFD (Quality Function Deployment), Control Estadístico de Procesos (gráficos de control), estudios de capacidad, métodos estadísticos más o menos complejos, equipos de mejora o círculos de calidad y la aplicación del PDCA (Plan, Do, Check, Act). El Six Sigma interrelaciona todos estos métodos y los aplica en toda la empresa, priorizando las actuaciones sobre aquellos procesos clave que aporten valor añadido al cliente. Se concibe, pues, como una herramienta de gestión integral de la empresa, que se traduce en una mejora notable de la rentabilidad y la satisfacción del cliente. (p.1312).

Finalmente, Evans y Lindsay (2008), establecen que:

En la terminología Six Sigma, un defecto, o no conformidad, es un error o equivocación que llega al cliente. Una medida de la calidad de los resultados son los defectos por unidad (DPU):

Defectos por unidad = número de defectos descubiertos/número de unidades producidas

Sin embargo, este tipo de indicador de resultados suele enfocarse hacia el producto final y no hacia el proceso; además, es difícil usarlo en procesos de complejidad diversos, sobre todo en las actividades de servicios. Dos procesos diferentes pueden tener una cantidad de oportunidades de error totalmente diferente, con lo que se dificultan las comparaciones apropiadas. El concepto Six Sigma

redefine el desempeño de la calidad como defectos por millón de oportunidades (dpmo):

$$\text{dpmo} = (\text{número de defectos descubiertos/oportunidades de error}) \times 1\,000\,000 \dots \text{(p.502)}.$$

La metodología Six Sigma se constituye por tanto, en un enfoque orientado a minimizar errores y satisfacer al cliente, lo que se vincula al concepto de “*cero defectos*”, buscando prevenir la aparición de defectos, identificando y eliminando procesos que no aportan valor al cliente, es decir, no sólo trata de alcanzar un producto o servicio de calidad, exento de errores, sino que busca que los procesos se optimice y así eliminar todo aquello que resulte ineficaz dentro de una organización.

## **b) FASES DE UN PROYECTO SIX SIGMA**

Las fases de un proyecto Six Sigma, en las cuales la tesis se basa, toma como referencia el ciclo PDCA de Deming, que es un proceso de mejoramiento continuo. Six Sigma adapta el ciclo de Deming y plantea la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve and Control) por sus siglas en inglés y se detallan a continuación:

### **FASE 1: DEFINIR**

Esta fase de definición, debe fijarse la situación problemática de importancia que se va a atender, demostrando mediante herramientas adecuadas que muestren que existe tal problema y que es significativo para los procesos clave de la empresa y como todo proyecto, debe formalizarse.

Por ello, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), establecen que la etapa de Definición:

Se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas (equipo) que intervienen en éste. (pp.426)

La etapa Definición queda establecida mediante la elaboración del *Marco del Proyecto* (Ver tabla 1), en él se establece de qué trata el proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, las métricas, etc. Entre los criterios que menciona Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), para la selección y definición de proyectos Six Sigma y que son pertinentes para la tesis, están:

- Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso.
- Ligado directamente a la satisfacción del cliente.
- Mejorar la capacidad de los procesos.
- La importancia del proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.
- El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección (o gerencia) de la empresa.
- Se espera que el proyecto tenga beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejen en un tiempo menor a un año.
- Tener métricas cuantitativas claras, por lo que es fácil medir el punto de partida y los resultados. (pp.427).

**Tabla 1.**

Marco del proyecto Six Sigma

MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	FECHA	VERSIÓN
<p><b>Título/propósito:</b> es una declaración breve de la intención del proyecto (usar métricas: financieras, calidad, tiempo de ciclo).</p> <p><b>Necesidades del negocio a ser atendidas:</b> indicar los argumentos (desde la óptica de la empresa) para llevar a cabo el proyecto. ¿Por qué se debe apoyar el proyecto?</p> <p><b>Declaración del problema:</b> resume los problemas que serán abordados. Debe incluir condiciones actuales o históricas, tales como índices de defectos y/o costos por el pobre desempeño, en términos de variables críticas para la calidad (Y).</p> <p><b>Objetivo:</b> es una declaración más específica del resultado deseado.</p> <p><b>Alcance:</b> establecer el aspecto específico del problema que será abordado.</p> <p><b>Roles y responsabilidades:</b> los que intervienen en el proyecto.</p> <p><b>Propietarios:</b> se refiere a los departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto o por sus resultados.</p> <p><b>Patrocinador o champion:</b> directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento.</p> <p><b>Equipo:</b> miembros específicos de los grupos de propietario que juegan un papel activo en el proyecto.</p> <p><b>Recursos:</b> son los procesos, equipos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo, y que se pueden requerir para la realización del proyecto.</p> <p><b>Métricas:</b> variable a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto.</p> <p><b>Fecha de inicio del proyecto:</b></p> <p><b>Fecha planeada para finalizar el proyecto:</b></p> <p><b>Entregable del proyecto:</b> incluye todos los beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto.</p>		

Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y Vara Salazar, R. D. L. (2009). Control estadístico de calidad y Seis Sigma. (p.428).

Además, Escalante Vásquez (2013), menciona que para definir de forma objetiva el problema es: “ Actuar asertivamente y poder definir el problema objetivamente mediante la recolección de información y pasarla por algunas de las herramientas que se usan para definir un problema, como son: diagrama de Pareto, histograma, gráficas de tendencia, gráficas de control, etc.”. (p.42).

## **FASE 2: MEDIR**

En esta fase se busca determinar la situación en que se encuentra el proceso que se ve afectado por el problema que el proyecto va a abordar, es así que, Escalante Vásquez (2013), afirma que primero se debe: “Desarrollar un mapa detallado del proceso, identificar entradas y salidas, evaluar el sistema de medición y evaluar la capacidad inicial del proceso”. (p.71).

Además, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), nos dicen que:

Para esta fase que el objetivo general es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; asimismo, se establecen con mayor detalle las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto. Además, se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las métricas pueden medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual (o línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto. (p.426).

Las herramientas de mayor utilidad en esta etapa y que son pertinentes para la tesis, de acuerdo a los autores mencionados, son: diagramas de flujo, gráficas de control, estudio de capacidad de proceso con métricas Six Sigma, para determinar el estado inicial del proceso.



### **FASE 3: ANALIZAR**

Conociendo la magnitud del problema, se tiene que abordar el mismo mediante la identificación de qué lo origina, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009) establecen que:

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. Es necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema. Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas, por ejemplo, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, despliegue de la función de calidad para relacionar variables de entrada con variables de salida, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, entre otras. (pp.428-429).

Las variables que generan los problemas que se plantean en el presente trabajo de investigación, van a ser confirmadas en esta fase, entender las causas que los originan y determinarlas con profundidad. La tesis se vale de herramientas como: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto.

### **FASE 4: MEJORAR**

Para las variables trabajadas en la tesis, conociendo las causas que generan la problemática identificada, se deben entrar en el ámbito de la mejora, punto clave en los procesos de mejora continua y que en la metodología DMAIC, no es la excepción. Es por eso que, para esta fase, Escalante Vásquez (2013), establece que:

Se debe optimizar las entradas críticas, generar y probar soluciones posibles, seleccionar la mejor solución, diseñar un plan de implementación y verificar la capacidad final del proceso.

Después de evaluar la estabilidad y capacidad del proceso, si esta última resultara insatisfactoria, se deberá optimizar el proceso. (pp.365-366).

Por otro lado, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), dicen que: “El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema”. (pp.429). Las alternativas de solución deben desarrollarse apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, histogramas, gráficas de control, etc. La clave es pensar en soluciones que ataquen el origen de la problemática (causas) y no el efecto.

## **FASE 5: CONTROLAR**

La etapa Controlar permite establecer medidas para verificar que la implementación de las mejoras den los resultados esperados y sean sostenibles y pertinentes en el tiempo, de cambiar las condiciones, aplicar la mejora continua. Por ello, Escalante Vásquez (2013), menciona que para esta fase se debe: “Desarrollar un plan de control y monitoreo, obtener la aprobación-recibo del dueño del proceso, elaborar el reporte final/lecciones aprendidas y mejorar continuamente”. (pp.485-486). Para complementar, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), dicen que:

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones. (p.425)

En la figura 3, se resume la metodología DMAIC.

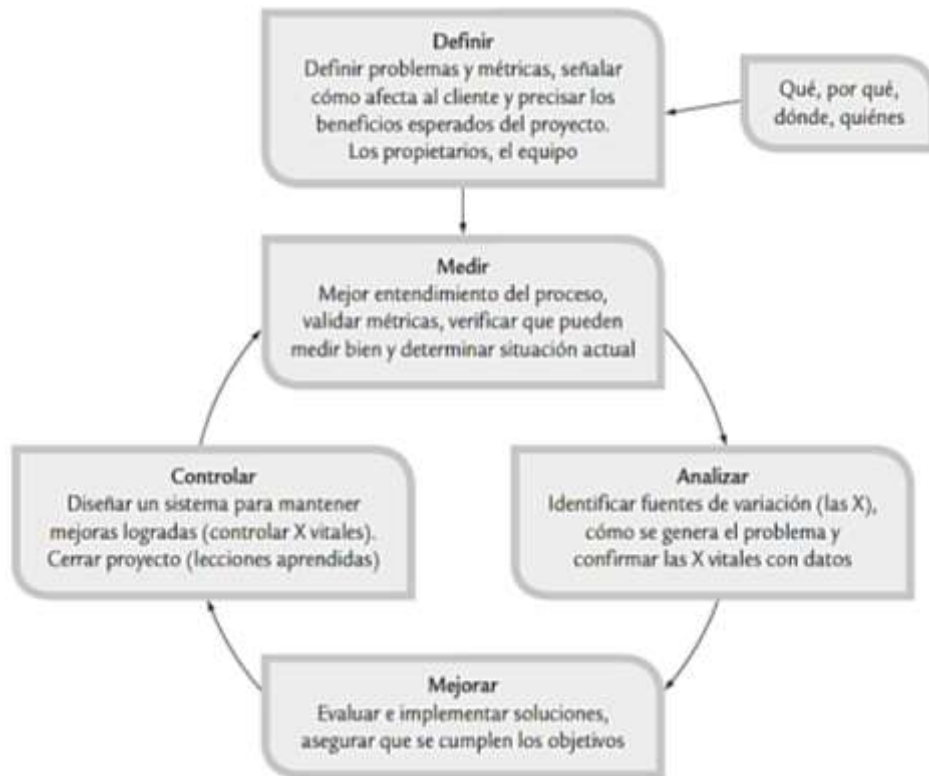


Figura 3. Las cinco etapas en la realización de un proyecto 6 $\sigma$

Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y Vara Salazar, R. D. L. (2009). Control estadístico de calidad y Seis Sigma. (p.425).

Complementando para esta fase, Montoya, Portilla, y Benjumea (2008), establecen que para verificar la confiabilidad del diseño se proponen las siguientes alternativas:

- Pruebas de confiabilidad: se trata sobre todo de la confiabilidad del artículo y sus componentes, para lo cual se necesitan pruebas reales simulando las condiciones ambientales de maniobrabilidad que permitan verificar el desempeño, su tiempo de acción y la forma como se presentan sus fallas.
- Evaluación del sistema de medición: se debe disponer de sistemas de medición confiables para verificar las características de calidad, sistemas que incluyen los sentidos humanos e instrumentos de alta y baja tecnología según las necesidades.
- Evaluación de la capacidad de los procesos: la capacidad de los procesos es el rango dentro el cual puede oscilar el proceso y las

piezas fabricadas son aceptadas como de óptima calidad, este se mide por medio del índice de capacidad del proceso ( $C_p$ ) que se usa para determinar objetivos y mejorar los procesos. (p.267).

### c) HERRAMIENTAS SIX SIGMA

La metodología Six Sigma hace uso de diferentes herramientas que permiten la obtención de información para diagnosticar procesos y mostrar tanto los resultados de la situación pre-test (antes de los cambios y/o mejoras) y definir objetivamente la problemática, como la situación post-test (después de cambios y/o mejoras) que desarrolla el presente trabajo de investigación.

Entre las herramientas utilizadas están las siete herramientas de la Administración de la Calidad Total, así como de otras herramientas que son básicas para Six Sigma (ver tabla 2 y tabla 3), que son:

**Tabla 2.**

*Herramientas Six Sigma más comunes para DMAIC*

<p><b>Definir:</b>            Carta del proyecto            Costo de análisis de calidad            Análisis de Pareto            Proceso de mapeo de alto nivel</p>	<p><b>Medir:</b>            Hojas de chequeo            Estadística descriptiva            Medición y sistema de evaluación            Análisis de la capacidad del proceso            Benchmarking</p>
<p><b>Analizar:</b>            Mapeo detallado del proceso            Inferencia estadística            Diagramas de causa-efecto            Modo de falla y análisis de los efectos            Análisis de la raíz de la causa</p>	<p><b>Mejorar:</b>            Diseño de experimentos            Prueba de errores            Producción esbelta            Ciclo de Deming            Siete herramientas de la administración y la planeación</p>
<p><b>Control:</b>            Control estadístico de procesos            Procedimientos de operación estándar</p>	

Fuente: Evans y Lindsay, (2008). Administración y Control de la Calidad. (p.515).

**Tabla 3.**

*Las siete herramientas de Control de Calidad en Six Sigma*

<b>Herramienta</b>	<b>Aplicaciones en DMAIC</b>
Diagramas de flujo	Definir, controlar
Hojas de verificación	Medir, analizar
Histogramas	Medir, analizar
Diagramas de causa-efecto	Analizar
Diagramas de Pareto	Analizar
Diagramas de dispersión	Analizar, mejorar
Gráficas de control	Controlar

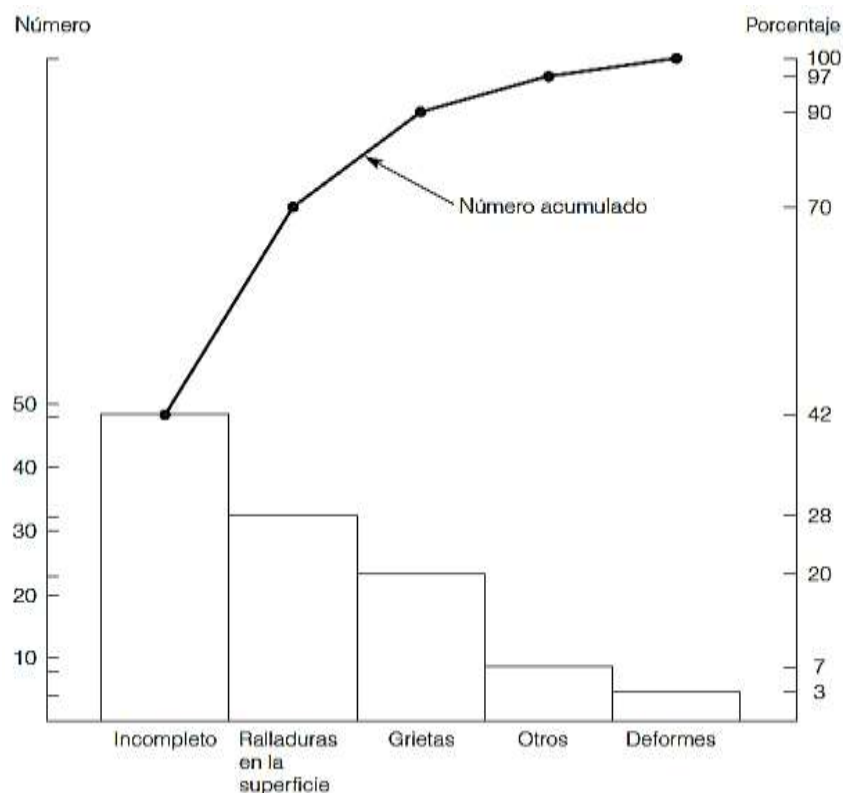
Fuente: Evans y Lindsay, (2008). Administración y Control de la Calidad. Pág. 663.

Para el trabajo de tesis se toman las herramientas más adecuadas para los subprocesos de fileteado y envasado de conservas de pescado. Entre las herramientas Six Sigma utilizadas tenemos:

### **c.1) DIAGRAMA DE PARETO**

En una herramienta que permite identificar los problemas que son más relevantes y los cuáles deben ponerse atención, bajo la regla 80/20, donde el 80% del problema se origina con el 20% de las causas. Para Camisón, Cruz, y Gonzáles (2007), el diagrama de Pareto es: “Una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención”. (p.1234). La herramienta permite analizar las causas y resultados para generar mejora continua, basado en las causas más significativas para discriminar los esfuerzos de solución.

Por otra parte, Evans y Lindsay (2008), establecen que el análisis de Pareto: “Se utiliza a menudo para examinar los datos recopilados en las *hojas de verificación*. También es posible trazar una curva de frecuencia acumulada en el histograma”. (p.672)., como se muestra en la figura 4. Esta ayuda visual muestra la magnitud relativa de los defectos encontrados y se puede utilizar para identificar las oportunidades de mejora. Los problemas más costosos o significativos saltan a la vista.



*Figura 4.* Diagrama de Pareto.

Fuente: Evans, J.R., y Lindsay, W.M. (2009). Administración y Control de la Calidad. p. 673.

Esta herramienta se aplica en las fases iniciales, permitiendo identificar y priorizar que problemas en la planta de producción de conservas está afectando más la calidad y la productividad, sustentando de este modo, por qué los subprocesos de fileteado y envasado vienen afectando dichas variables.

### **c.2) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**

Esta herramienta permite definir con claridad un proyecto de mejora de procesos Six Sigma o de cualquier tipo, donde primero es necesario entender el proceso que generan los resultados que reciben los clientes internos o externos. Evans y Lindsay (2008) establecen que:

Un diagrama de flujo o mapa de proceso identifica la secuencia de actividades o flujo de materiales e información en un proceso. Los diagramas de flujo ayudan a la gente que participa en el proceso a entenderlo mucho mejor y con mayor objetividad al ofrecer un panorama de los pasos necesarios para realizar la tarea. (p.663).

Entender los procesos permite conocer a los proveedores y clientes de los mismos y tener las bases para identificar y revisar las cuestiones críticas de calidad, analizar los indicadores e identificar las causas – raíz de los problemas, separando los pasos que no agregan valor y reduciendo la variación. Los diagramas de flujo también ayudan a señalar los lugares en que es necesario tomar indicadores relacionados con la calidad. Esta herramienta se utiliza en la fase de MEDICIÓN de la metodología DMAIC, ya que permite obtener toda la información relacionada a los subprocesos de fileteado y envasado, con la interacción que ocurre entre personal obrero y operadores con los materiales utilizados, los equipos y las maquinarias. El diagrama de flujo puede utilizarse para capacitar al personal en el proceso donde se desenvuelven.

### **c.3) HOJA DE VERIFICACIÓN**

Evans y Lindsay (2008), afirman que las hojas de verificación son:

Herramientas sencillas para la recopilación de datos. Casi cualquier tipo de forma se puede utilizar para reunir información. Las hojas de datos son formas sencillas de columnas o tabulares que sirven para registrar datos. Sin embargo, para generar información útil a partir de los datos en bruto, por lo regular es necesario un procesamiento más avanzado. (p.669).

Uno de los modelos de hojas de verificación como se muestra en la figura 5, son fáciles de usar e interpretar para el personal de piso de planta, donde se incluyen los límites de las especificaciones, facilita la observación del número de productos no conformes y proporciona información del estado de la calidad del proceso.

(Uso continuo de datos) No. \_\_\_\_\_

Hoja de verificación

<u>Nombre del producto</u>	<u>Fecha</u>
<u>Uso</u>	<u>Nombre de la fábrica</u>
<u>Especificación</u>	<u>Nombre de sección</u>
<u>Número de inspecciones</u>	<u>Recopilador de datos</u>
<u>Número total</u>	<u>Nombre del grupo</u>
<u>Número de lote</u>	<u>Comentarios</u>

Dimensiones	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
40																		
35			Especificación										Especificación					
30																		
25																		
20																		
15																		
10																		
5																		
0																		
Frecuencia total	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1

Figura 5. Hoja de verificación de recopilación de datos.

Fuente: Evans, J.R., y Lindsay, W.M. (2009). Administración y Control de la Calidad. p. 670.

Ahora bien, a la hoja de verificación de la figura 5, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009) la conoce como *Hoja de verificación para distribución de proceso*, pero también desarrolla la *Hoja de verificación para productos defectuosos*, el cual mencionan que esta hoja de registro es útil cuando es necesario registrar el tipo de problemas y la frecuencia



con que se presentan. Tiene la ventaja de la oportunidad, ya que al final de cierto periodo (semana, mes) permite apreciar qué tipos de problemas se presentaron con mayor frecuencia. Además, recuerda de manera objetiva y permanente a la dirección cuáles son los principales problemas, lo cual puede estimular la generación de planes para reducirlos. Ver figura 6.

HOJA DE VERIFICACIÓN		
Productor: _____		Fecha: _____
		Inspector: _____
DEFECTUOSA POR	FRECUENCIA	SUBTOTAL
Movida	//// // // // // // // //	24
Mordida	//// /	6
Ángulo	//// // // // // // //	17
Otros	////	4
	Total	51

Figura 6. Hoja de verificación para productos defectuosos.

Fuente: Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar. (2009). Control Estadístico y Seis Sigma. p. 151.

Las hojas de verificación se utilizan en la fase MEDIR del DMAIC, facilitando la recopilación de los datos para las variables que en la presente tesis se establecen, permitiendo la visualización del comportamiento de los datos, identificando los producto no conforme o fuera de las especificaciones.

#### c.4) HISTOGRAMAS

Son herramientas que permiten ver el comportamiento o distribución de los datos en base a la frecuencia de los valores obtenidos de dichos datos. Render y Heizer (2009), indican que: “Los histogramas muestran el intervalo de valores de una medida y la frecuencia con que ocurre cada valor. Muestran las lecturas que ocurren con mayor frecuencia, así como las variaciones en las medidas”. (p.208). Ver figura 7.

<i>Datos de una serie de muestras de concentrado de jugo de naranja</i>		
<i>Concentración comprendida entre</i>	<i>Numero de muestras</i>	<i>Porcentaje de las muestras</i>
4% y 4,2%	3	15%
4,2% y 4,4%	8	40%
4,4% y 4,6%	4	20%
4,6% y 4,8%	3	15%
4,8% y 5%	2	10%
total	20	100%

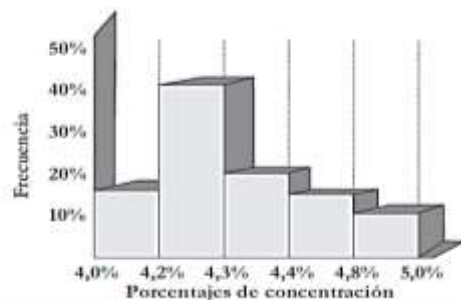


Figura 7. Ejemplo de histograma.

Fuente: Carro Paz R., Gonzáles Gómez, D. (2009). Administración de la Calidad Total. p. 25.

También Camisón, Cruz, y Gonzáles (2007), mencionan que:

Los histogramas son diagramas de barras que muestran el grado y la naturaleza de variación dentro del rendimiento de un proceso. El histograma muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras. Los histogramas pueden tener distintas formas según la distribución de la frecuencia de las variables consideradas. (p.1232).

Es importante señalar que el análisis de la distribución permite determinar la tendencia central y la dispersión de los datos. Los histogramas se utilizan en la fase MEDIR del DMAIC, determinando el comportamiento de los datos obtenidos, por ejemplo, en la toma de muestras para el subproceso de envasado, la distribución en la gráfica permite observar el centrado, la dispersión y la forma del proceso, pudiendo compararlo con las especificaciones determinadas o fijadas por las organizaciones que se tienen que cumplir.

### **c.5) LA CAPACIDAD DE UN PROCESO**

Para el análisis de la capacidad, el trabajo de tesis desarrolla los índices de capacidad potencial y real a corto y de desempeño potencial del proceso a largo plazo, de igual forma de emplea la métrica Z, la cual toma en cuenta el centrado de la distribución de los datos del proceso. Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), establece que: “La capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación

natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).” (p.18).

Para medir la capacidad del proceso, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), indican que se tienen el Índice  $C_p$ :

El índice de capacidad potencial del proceso,  $C_p$ , se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar del proceso, mientras que  $ES$  y  $EI$  son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice  $C_p$  compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste. (p. 101).

Para la interpretación de los valores del Índice  $C_p$ , ver tabla 4.

**Tabla 4.**

*Valores del  $C_p$  y su interpretación.*

VALOR DEL ÍNDICE $C_p$	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: Gutiérrez Pulido, H. (2010). Calidad total y productividad. p. 167.

Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), establecen que se tienen el Índice  $C_{pk}$ :

Indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como una versión corregida del índice  $C_p$  que si toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias formas equivalentes para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[ \frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Como se aprecia, el índice  $C_{pk}$  es igual al valor más pequeño de entre  $C_{pi}$  (índice de capacidad inferior) y  $C_{ps}$  (índice de capacidad superior), es decir, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice  $C_{pk}$  es satisfactorio (mayor que 1.25), eso indica que el proceso en realidad es capaz.

Si  $C_{pk} < 1$ , entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice  $C_{pk}$  son:

- El índice  $C_{pk}$  siempre va a ser menor o igual que el índice  $C_p$ . Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice  $C_{pk}$  es mucho más pequeño que el  $C_p$ , significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice  $C_{pk}$  estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice  $C_p$ .
- Cuando el valor del índice  $C_{pk}$  sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que  $C_{pk} > 1.45$ .

- Es posible tener valores del índice  $C_{pk}$  iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones. (p. 105).

Para conocer el centrado de un proceso se tiene el Índice K, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), afirman que:

Un aspecto importante en el estudio de la capacidad de un proceso es evaluar si la distribución de la característica de calidad está centrada con respecto a las especificaciones, por ello es útil calcular el Índice de centrado del proceso, K, que se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2} (LES - LEI)} \times 100$$

Este indicador mide la diferencia entre la media del proceso,  $\mu$ , y el valor objetivo o nominal,  $N$  (o target), para la correspondiente característica de calidad, y a esta diferencia la compara contra la mitad de la amplitud de las especificaciones. La interpretación de los valores de K es:

- Si el signo del valor de K es positivo, significa que la media del proceso es mayor que el valor nominal, y será negativo cuando  $\mu, N$ .
- Valores de K menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo cual contribuye de manera significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja.
- El valor nominal,  $N$ , es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello, cuando un proceso esté descentrado de manera significativa, se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo, lo que regularmente es más fácil que disminuir la variabilidad. (pp. 105-106).

Y como métrica Six Sigma se tiene al Índice Z, que permite analizar y comprender el nivel de calidad en términos de sigmas. Es así que, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), afirman que:

Otra forma de medir la capacidad del proceso es mediante el índice Z, el cual consiste en calcular la distancia entre las especificaciones y la media  $\mu$  del proceso en unidades de la desviación estándar,  $\sigma$ . De esta manera, para un proceso con doble especificación se tiene Z superior,  $Z_s$ , y Z inferior,  $Z_i$ , que se definen de la siguiente manera:

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \quad \text{y} \quad Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma} \times 100$$

La capacidad de un proceso medida en términos del índice Z es igual al valor más pequeño de entre  $Z_s$  y  $Z_i$ , es decir:

$$Z = \text{mínimo} [Z_s, Z_i] \dots \text{(p.109).}$$

Es importante señalar que para realizar un análisis de capacidad es que el proceso presente datos que obedezcan a una distribución normal y que esté bajo control, es decir, que sea estable estadísticamente. El análisis de la capacidad se emplea para la fase MEDIR de la metodología DMAIC en el presente trabajo de tesis, por ejemplo, se mide la capacidad del subproceso de envasado para cumplir las especificaciones de peso envasado en gramos determinadas, a la vez que se determina que tan centrado está dicho subproceso.

#### **c.6) DIAGRAMA DE ISHIKAWA (O DE CAUSA-EFECTO)**

“Su propósito es proveer una vista gráfica de una lista en donde se pueden identificar y organizar posibles causas a problemas para asegurar el éxito dentro de algún proyecto”. (Carro Paz y González Gómez, 2012, p.26).

Por otra parte, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), dicen que el *diagrama de causa-efecto* o *de Ishikawa* es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. El uso del diagrama de Ishikawa (DI), ayudará a no dar por obvias las causas, sino que se trate de ver el problema desde diferentes perspectivas. (p.152).

El método más utilizado es el llamado *método de las 6M* que consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Como complemento, Evans y Lindsay (2008), mencionan que:

Debido a su estructura, a menudo se le llama *diagrama de espina de pescado*. Al final de la línea horizontal se menciona un problema. Cada ramificación que se dirige al tronco principal representa una posible causa. Las ramificaciones que señalan hacia las causas contribuyen a ellas. (p.674).

El diagrama permite identificar las causas más probables de un problema a fin de poder recopilar y analizar más datos. Los diagramas de causa-efecto se crean gracias a otra herramienta como es la lluvia de ideas o *brainstorming*. La estructura general de un diagrama de causa-efecto se muestra en la figura 8.

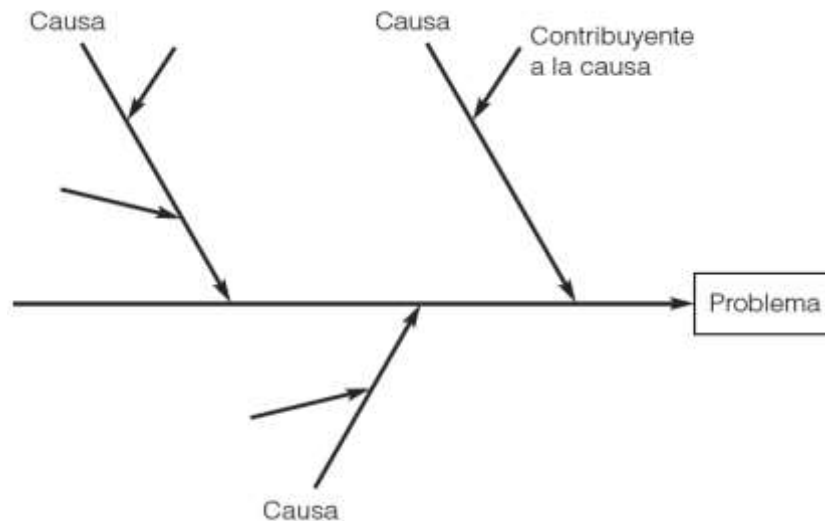


Figura 8. Estructura general de un diagrama de causa-efecto.

Fuente: Evans, J.R., y Lindsay, W.M. (2009). Administración y Control de la Calidad. p. 676.

Utilizando la lluvia de ideas se deben encontrar todas las causas probables de forma concreta. Para la determinación de las causas importantes del problema a resolver se deben hacer cuantificables, por ello, según Gutiérrez Pulido H., (2010) se debe:

Decidir cuáles son las causas más importantes mediante diálogo y discusión respetuosa y con apoyo de datos, conocimientos, consenso o votación del tipo 5, 3, 1. En este tipo de votación, cada participante asigna 5 puntos a la causa que considera más importante, 3 a la que le sigue y 1 a la tercera en importancia; después de la votación se suman los puntos, y el grupo deberá enfocarse en las causas que recibieron más puntos. (p. 198).

El análisis de causa – efecto, es de gran utilidad en la tesis, ya que se emplea en la fase ANALISIS del DMAIC, para identificar las causas que generan la variabilidad en el peso envasado o los defectos en el fileteo de pescado que repercuten en la reducción de la calidad de producto y de fabricación sin perder de vista al cliente.



### **c.7) LA INFERENCIA ESTADISTICA**

Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), dicen que:

La inferencia estadística tiene como objetivo establecer las características de una población o proceso con base en la información contenida en una muestra. Por lo general, la inferencia se divide en estimación y prueba de hipótesis, y se apoya en cantidades o estadísticos calculados de las observaciones de la muestra. Los estadísticos, como medidas o funciones de los datos muestrales, que no contienen parámetros desconocidos, ayudan a caracterizar la distribución de tales datos. (p.65).

La inferencia estadística empleada en la fase ANALIZAR, es muy utilizada en la presente tesis, nos permite estimar parámetros como la media o la desviación estandar mediante los intervalos de confianza y en especial para las pruebas de hipótesis acerca de las carácter de la población contenidos en una muestra.

### **c.8) EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (SPC)**

La búsqueda de la calidad debe permitir reducir la variabilidad de los procesos, beneficiando tanto al fabricante como al cliente, una herramienta esencial es el Control Estadístico de Procesos (Statistical Process Control o SPC). Por tal motivo, Cuatrecasas (2010), menciona que:

Es esencial para el seguimiento de las diversas fases de un proceso mediante el tratamiento estadístico de los datos recopilados, con el objeto de reducir la variabilidad y controlar y mejorar dicho proceso. El SPC permite abordar y resolver los dos problemas clave que se presentan en la implantación de los procesos: la mejora y el control de la calidad obtenida. (p.250).

También hace énfasis en que, el SPC hace uso de las gráficas o cartas de control y las siete herramientas de calidad, éstas últimas también empleadas en la metodología DMAIC como herramientas Six Sigma desarrolladas según pertinencia en la presente tesis.

### **c.9) GRÁFICAS O CARTAS DE CONTROL**

Parte del Control Estadístico de Procesos, el cual se encarga medir los procesos para poder determinar las causas de las variaciones y emprender acciones correctivas, las gráficas de control son muy utilizadas y son básicas para mejorar la calidad. Es así que, Cuatrecasas, (2010), establece que:

Las gráficas o cartas de control representan el valor de una característica de calidad cuya variabilidad se quiere controlar (en el eje de las ordenadas), en función de las unidades de producto controladas (en el eje de las abscisas).

Por otra parte, en el 2009, Render y Heizer, indican que:

Las gráficas de control son presentaciones gráficas de datos ubicados en el tiempo que muestran los límites inferior y superior permitidos para el proceso que se desea controlar. Las gráficas de control están construidas de tal forma que permiten la rápida comparación de los nuevos datos contra la información del desempeño anterior. Tomamos muestras de la salida del proceso y graficamos el promedio de estas muestras en una gráfica que contenga los límites. En una gráfica de control, los límites inferior y superior se definen en unidades de temperatura, presión, peso, longitud, etcétera. Cuando el promedio de las muestras está dentro de los límites de control inferior y superior y no se presenta ningún patrón descifrable, se dice que el proceso está bajo control (proceso estable) y que sólo hay variaciones naturales. De otra forma, el proceso está fuera de control o desajustado. (p.208).

En la figura 9, se aprecia el comportamiento de los datos enmarcados por los límites de control.

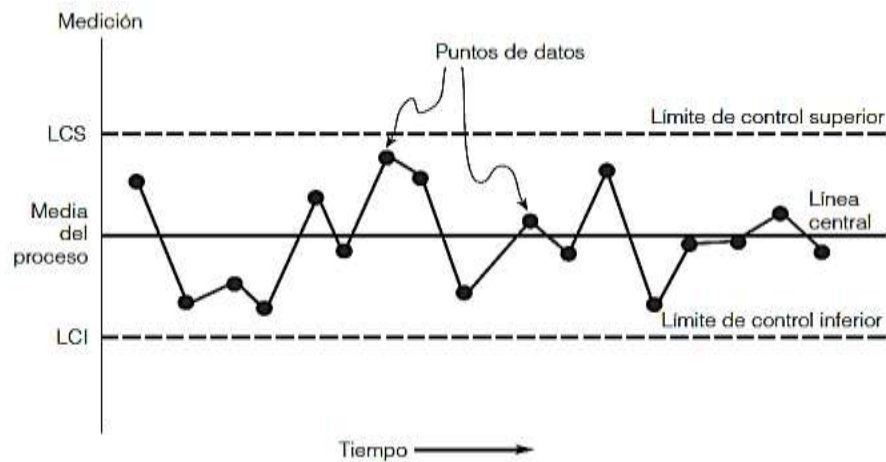


Figura 9. Estructura de una gráfica de control.

Fuente: Evans, J.R., y Lindsay, W.M. (2009). Administración y Control de la Calidad. p. 667.

Si los valores de la muestra caen fuera de los límites de control o si ocurren patrones no aleatorios en la gráfica es posible que causas especiales afecten el proceso, por lo que no es estable y es preciso examinarlo y emprender las acciones correctivas adecuadas. Si la evaluación y corrección se llevan a cabo en tiempo real, se minimiza la probabilidad de crear un producto no conforme. Por tanto, como herramienta para solucionar problemas, las gráficas de control permiten identificar los problemas de calidad según se presenten. Desde luego, las gráficas de control por sí solas no pueden determinar el origen del problema. Los operadores, supervisores e ingenieros deberán recurrir a otras herramientas para solucionar problemas a fin de buscar la causa de origen.

Por otra parte, Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009), dicen que:

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y para atributos; las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (peso,

volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.). Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- $\bar{X}$  (de medias).
- $\bar{R}$  (de rangos).
- $S$  (de desviaciones estándar).
- $X$  (de medidas individuales).

Las distintas formas de llamarle a una carta de control se deben al correspondiente estadístico que se representa en la carta, y por medio de la cual se busca analizar una característica importante de un producto o proceso. Existen características de calidad de un producto que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una numérica. En estos casos, el producto se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; también, al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. Este tipo de características de calidad son monitoreadas a través de las cartas de control para atributos:

- $p$  (proporción o fracción de artículos defectuosos).
- $np$  (número de unidades defectuosas).
- $c$  (número de defectos).
- $u$  (número de defectos por unidad). (pp.188).

A continuación, se detalla la Gráfica  $\bar{X}-\bar{R}$  (datos tipo variable) y la Gráfica C (datos tipo atributo), puesto que son consideradas pertinentes para el desarrollo de la tesis:

- **Gráfica o Carta  $\bar{X}-\bar{R}$**

La Gráfica o Carta  $\bar{X}$  analiza la variación entre las medias de los subgrupos, para así detectar cambios en la media del proceso mientras que la Gráfica o Carta  $\bar{R}$  analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, lo que permite detectar cambios en la

amplitud de la variación del proceso. A su vez, Cuatrecasas, (2010), indica que:

Es la gráfica más utilizada, donde una vez recogidos todos los datos, se establecen los subgrupos y se realizan los cálculos de la media  $\bar{X}$  y el rango  $R$  de cada subgrupo para representar los gráficos, así como la media de las medias y la media de los rangos. (p. 268).

Tapia Vargas, F. (2016) menciona sobre las Cartas  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  que: “El tamaño de subgrupo  $n$  debe estar entre 5 y 10”, caso contrario se utiliza la Carta  $\bar{X}$ - $S$  y además, Gutiérrez Pulido H. (2010) indica que:

Para el establecimiento de los límites de control, en un estudio inicial, se calcula de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Como se observa, se ha introducido la constante  $A_2$  para simplificar los cálculos y depende del tamaño del subgrupo  $n$ . Cuando ya se conocen la media,  $\mu$ , y la desviación estándar del proceso,  $\sigma$ , entonces estos límites para la carta de medias están dados por:

$$LCS = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Línea central} = \mu$$

$$LCI = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Los límites de control para el gráfico de rangos se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

La constante  $A_2$  está tabulada en el anexo 6 de la tesis.

- **Gráfica o Carta C (número de defectos)**

La gráfica o carta C muestra la evolución del número de defectos encontrados en una muestra seleccionada para inspección. Cuatrecasas, (2010), indica que:

Es completamente necesario que el tamaño de los subgrupos sea constante. Únicamente se debe establecer el número de defectos por cada subgrupo  $C_i$ , que será lo que se representa en el gráfico C.

$$\mu_{c_i} = \bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de subgrupos}}$$

$$\sigma_{c_i} = \sqrt{\bar{c}}$$

Los límites de control para el gráfico C, se calculan de la forma siguiente:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{Línea central} = \bar{c}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \dots (\text{p.} 285).$$

Las gráficas o cartas de control son utilizadas en las fases MEDIR y CONTROL de la presente tesis, para el monitoreo de la variación en el peso envasado que como proceso continuo le corresponde la gráfica de control tipo variable utilizando una balanza calibrada, para el control de los defectos en el fileteado se maneja el tipo atributos.

## 2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS USADOS

### **Ajuste**

Operación destinada a llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento y exactitud adecuados para su uso. (Escalante Vásquez, 2013, p.91).

### ***Competitividad***

Tanto la competitividad de una empresa como la satisfacción del cliente están determinadas principalmente por tres factores: la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio. Se es más competitivo cuando se ofrece mejor calidad a bajo precio y mediante un buen servicio. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.5).

### ***Confiabilidad***

Se define como la probabilidad de que un producto, pieza de equipo o sistema tenga el desempeño para el que se diseñó, durante un período establecido, bajo las condiciones operativas que se especifican. (Montoya, Portilla, y Benjumea, 2008, p.266).

### ***Datos tipo atributos***

Son aquellas características de calidad que se clasifican como conformes o no conformes a las especificaciones, como un “calibrador pasa-no pasa.” (Besterfield, 2009, p.119).

### ***Datos tipo variable***

Son aquellas características de la calidad que se pueden medir, como peso en gramos. (Besterfield, 2009, p.119).

### ***Estadísticos***

Mediciones o cálculos que se obtienen a partir de un conjunto de datos con el objetivo de conocer sus características más relevantes. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.18).

### ***Gráfica dinámica***

Muestra el desempeño y la variación de un proceso o algún indicador de calidad o productividad a través del tiempo en forma gráfica fácil de entender e interpretar; asimismo, identifican los cambios y tendencias en los procesos a través del tiempo y muestran los efectos de las acciones correctivas. (Evans y Lindsay, 2008, p.665).

### ***Índice de inestabilidad***

Proporciona una medición de qué tan inestable es un proceso, con lo que se podrán diferenciar los procesos que de manera esporádica tengan puntos o señales especiales de variación, de los que con frecuencia funcionan en presencia de causas especiales de variación. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.203).

### ***Marco del Proyecto***

Se elabora en la etapa Definir (DMAIC), y en él se resume de qué trata el proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, las métricas, etcétera. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.427).

### ***Orientación al cliente***

Este principio postula la consideración de los clientes como el eje de la actividad empresarial, que debe estar enfocada a su satisfacción, por ser quienes finalmente enjuician la calidad del servicio que la empresa les presta. (Camisón, Cruz, y Gonzáles, 2007, p.279).

### ***Proceso estable***

Proceso bajo control estadístico en que los puntos en la carta caen dentro de los límites de control, y fluctúan o varían en forma aleatoria a lo ancho de la carta con tendencia a caer cerca de la línea central. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.198).

### ***Requisito***

Es una necesidad o expectativa por lo general implícita u obligatoria. (Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, 2009, p.5).

### ***Repetibilidad (precisión)***

Se define como la variación alrededor de la media. Esta variación debe ser pequeña con respecto a las especificaciones y a la variación del proceso. (Escalante Vásquez, 2013, p.105).



### ***Reproducibilidad***

Variación entre sistemas (entre métodos, condiciones, equipos, piezas, etc.) entre las medias de las mediciones hechas por varios operarios con las mismas piezas y con el mismo instrumento de medición. (Escalante Vásquez, 2013, p.105).

### ***Sesgo***

Es la diferencia entre el promedio de las mediciones hechas por un operario (VP) y el valor de referencia (VR). (Escalante Vásquez, 2013, p.95).

### ***Subproceso***

Todo proceso puede dividirse en subprocesos, que son partes bien definidas de un proceso. Los procedimientos simbolizan la estructura de subprocesos que, integrados, forman un proceso. (Camisón, Cruz, y Gonzáles, 2007, p148).

### ***Valor***

Es un indicador de la percepción de la calidad del producto por el mercado. La decisión de compra del consumidor se tomaría entonces comparando la relación calidad / precio entre los productos competidores en el mercado. (Camisón, Cruz, y Gonzáles, 2007, p.194).

### ***Variaciones por causas asignables***

Son causadas por situaciones o circunstancias especiales que no están de manera permanente en el proceso.

Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello. (Gutiérrez Pulido, H et al., 2009, p.184).

### ***Variaciones por causas naturales o comunes***

Son fuentes de variación puramente aleatorias, no identificables e imposibles de evitar mientras se utilice el procedimiento actual. (Carro Paz R. et al., 2012, p.4).

## 2.3 HIPÓTESIS

### GENERAL

Mediante la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma se conseguirá mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado.

### ESPECÍFICAS

- a) Aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma, se conseguirá reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.
- b) Si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma, mejorará la productividad en el subproceso de fileteado.
- c) Si se reduce la variabilidad del subproceso de envasado mejorará su Capacidad, mediante la utilización de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.

## 2.4 VARIABLES

A continuación, se muestra la relación entre las variables dependientes e independientes con sus respectivos indicadores en la tabla 5 y en la tabla 6 se muestra la operacionalización de las variables tanto independientes como dependientes, mediante la matriz de operacionalidad de las variables.

En el anexo 1, se muestra la conexión lógica y coherente entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables e indicadores, mediante la Matriz de Consistencia.

**Tabla 5.**

*Relación de hipótesis y variables con sus indicadores*

<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR VI</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR VD</b>
<b>Principal</b>				
Mediante la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma se conseguirá mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma.	Aplica / No aplica.	Mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado.	DPMO Productividad del subproceso de fileteado C <sub>p</sub> , C <sub>pk</sub> , Índice Z
<b>Secundarias</b>				
Aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma, se conseguirá reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a los defectos en el pescado fileteado.	Aplica / No aplica.	Defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.	% No conformidades. DPMO
Si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma, mejorará la productividad en el subproceso de fileteado.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la productividad en el subproceso de fileteado.	Aplica / No aplica.	Productividad en el subproceso de fileteado.	Índice de inestabilidad (S <sub>t</sub> ). Kg. de pescado fileteado / bandeja.
Si se reduce la variabilidad del subproceso de envasado mejorará su Capacidad, mediante la utilización de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la variabilidad en el subproceso de envasado.	Aplica / No aplica.	Capacidad subproceso envasado.	del Índice C <sub>p</sub> y C <sub>pk</sub> . de Índice P <sub>p</sub> y P <sub>pk</sub> . Índice Z.

FUENTE: Elaboración propia.

**Tabla 6.**  
*Matriz de operacionalidad*

(Continúa)

VARIABLES	INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>			
Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a los defectos en el pescado fileteado.	Aplica / No aplica.	El Control Estadístico de Procesos (SPC) tiene como objetivo hacer predecible un proceso en el tiempo. Las herramientas usadas para este fin son las gráficas de control que permiten distinguir causas especiales de las causas comunes de variación.  FUENTE: Carro Paz y Gonzáles Gómez, <i>Control estadístico de procesos</i> . (2012). Universidad Nacional de Mar del Plata. (p. 1).	Mediante la toma de muestras de bandejas con pescado fileteado y análisis para la detección de defectos (espinas, piel, carne oscura, entre otros).
Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la productividad en el subproceso de fileteado.	Aplica / No aplica.	La variable se refiere a técnicas y/o herramientas que permiten conocer la variabilidad de un proceso, donde reducir esta variación es el objetivo del Control Estadístico de Procesos.  FUENTE: Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar. (2009). <i>Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma</i> . McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Segunda Edición. (p. 11).	Mediante la toma de muestras de bandejas con pescado fileteado y uso de instrumentos de medición adecuados (balanza para la obtención del peso envasado).
Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la variabilidad en el subproceso de envasado.	Aplica / No aplica.	La variabilidad se refiere a la diversidad de resultados de la variable en estudio o de un proceso; donde es necesario entender los motivos que la causan partiendo de un proceso industrial o administrativo, en las cuales interactúan materiales, máquinas, mano de obra, mediciones, medio ambiente y métodos.  FUENTE: Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, (2009). <i>Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma</i> . McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Segunda Edición. (p. 11).	Mediante la toma de muestras de producto envasado y uso de instrumentos de medición adecuados (balanza para la obtención del peso envasado).

VARIABLES	INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>			
Defectos en el pescado cocinado presentado en bandejas.	DPMO	Un defecto es cualquier artículo o servicio que presente una desviación de las especificaciones. Un defecto no necesariamente significa que el producto o servicio no se pueda utilizar, simplemente que no es lo que se espera. Un defecto indica solamente que el resultado del producto no es exactamente lo que se esperaba.	Los datos se obtendrán mediante las inspecciones rutinarias de calidad realizadas a las bandejas con los filetes o lomos de pescado presentadas por las obreras al término de cada ciclo de operación.
	% de No Conformidades	FUENTE: Minitab, (2015). Defectos y defectuosos. Obtenido de: <a href="http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/data-and-data-assumptions/defects-and-defectives/">http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/data-and-data-assumptions/defects-and-defectives/</a>	
Productividad en el subproceso de fileteado.	Índice de inestabilidad (St).	Definida como la productividad expresada en kilogramos de pescado fileteado por bandeja. La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.	Se obtendrán los datos mediante toma de muestras en intervalos de tiempo determinados en el subproceso de fileteado, analizando el comportamiento del rendimiento de las obreras.
	Kg. de pescado fileteado / bandeja.	FUENTE: (Gutiérrez Pulido H., 2010). <i>Calidad Total y Productividad</i> . McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Tercera Edición. (p. 21).	
Capacidad del subproceso de envasado.	Índice $C_p$ y $C_{pk}$ .	La Capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada; esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).	Se obtendrán los datos mediante toma de muestras en intervalos de tiempo determinados en el subproceso de envasado, analizando el comportamiento de variabilidad en una carta de control y análisis de capacidad.
	Índice $P_p$ y $P_{pk}$ .	FUENTE: Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar, (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Segunda Edición. (p. 18).	
	Índice Z.		

FUENTE: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la muestra se utilizó el método probabilístico, mediante el método aleatorio, porque se tomaron muestras de las poblaciones determinadas en el punto 3.2 en diferentes periodos de tiempo para los subprocesos de fileteado de pescado y de envasado como parte del proceso de producción de conservas de pescado, cuyos datos se recopilaron en la planta de procesamiento para luego ser analizados y obtener resultados cuantitativos

El diseño empleado en la tesis fue el diseño experimental del tipo cuasi – experimental utilizando las series de tiempo, cuyo esquema es el siguiente:

O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> O<sub>3</sub> X O<sub>4</sub> O<sub>5</sub> O<sub>6</sub>

Donde:

- O : Observación o resultado de la variable dependiente.  
X : Aplicación de la variable independiente.

Cabe señalar que el tipo de investigación desarrollado fue una investigación aplicada, toda vez que se buscó la solución de un problema práctico que aquejaba a LA EMPRESA y que buscó generar nuevo conocimiento, pero basado en la aplicación de dicha solución.

Por otro lado, la tesis fue también del tipo tecnológica, puesto que se verificó la validez y eficacia de la herramienta de solución mencionada anteriormente.

Finalmente, la investigación tuvo un carácter experimental, debido a que se intervino en la situación problemática descrita anteriormente con el fin de solucionarla.

El nivel de la investigación fue de comprobación de hipótesis causales, puesto que se verificó si la aplicación de una variable independiente había ocasionado cambios significativos en una variable dependiente.

### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población del estudio comprendió los datos del proceso de elaboración de conservas de pescado de LA EMPRESA correspondiente a los subprocesos de fileteado y envasado, incluyendo la satisfacción del cliente los cuales pretendieron mejorar el nivel del mismo. En la tabla 7, se detallan las poblaciones, muestras y unidad de análisis por cada hipótesis formulada.

**Tabla 7.***Población, muestra y unidad de análisis por hipótesis planteadas*

<b>HIPÓTESIS</b>	<b>POBLACION</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b>
H <sub>1</sub> Aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma, se conseguirá reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.	Todos los pescados no fileteados en bandejas. (N es infinito)	Una muestra de tamaño 10 unidades por día, durante 18 días (03 semanas) consecutivos de producción durante los meses de abril y noviembre del año 2015	Una bandeja con pescado fileteado.
H <sub>2</sub> Si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma, mejorará la productividad en el subproceso de fileteado.	Todos los pescados fileteados en bandejas. (N es infinito)	Una muestra de 10 unidades de tamaño por lote (01 lote por día) durante 18 días (03 semanas) consecutivos de producción durante los meses de abril y noviembre del año 2015	Una bandeja con pescado fileteado.
H <sub>3</sub> Si se reduce la variabilidad del subproceso de envasado mejorará su Capacidad, mediante la utilización de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.	Todos los lotes de conservas de pescado líquido de gobierno provenientes de la zona de envasado. (N es infinito)	Una muestra de 10 unidades de tamaño por lote (01 lote por día) durante 18 días (03 semanas) consecutivos de producción durante los meses de abril y noviembre del año 2015	Una lata de conserva de pescado sin líquido de gobierno.

FUENTE: Elaboración propia.



### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se tomaron muestras aleatorias de datos de las poblaciones establecidas en el punto 3.2 en determinados periodos de tiempo para el estudio pre-test de datos y conocer que tanto cambian los mismos (variabilidad), conocer cómo están distribuidos los datos y qué relación existen entre los ellos, mediante la utilización de la herramienta de la Estadística Descriptiva.

Del mismo modo, para la recopilación de datos para el estudio post-test, según el diseño cuasi-experimental desarrollado; se empleó el análisis inferencial con la prueba *Z para 1 muestra* para datos paramétricos con pruebas de hipótesis, realizando estimaciones y demostrando causalidad.

#### TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos utilizó los enfoques tanto descriptivo como inferencial; tal como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.**  
Matriz de análisis de datos

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	ANÁLISIS INFERENCIAL
<b>Defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.</b>	DPMO  % de No Conformidades	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (desviación estándar). Posición (cuartiles). Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.
<b>Productividad en el subproceso de fileteado</b>	Índice de inestabilidad ( $S_t$ ).  Kg. de pescado fileteado / bandeja.	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (desviación estándar). Posición (cuartiles). Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.
<b>Capacidad subproceso envasado.</b>	Índice $C_{pk}$ . Índice $P_p$ y $P_{pk}$  Índice Z.	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (desviación estándar). Posición (cuartiles). Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.

FUENTE:

Elaboración

propia.

### 3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

Mediante la tabla 9 se presentan las diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos considerando el tipo y diseño del estudio, los objetivos y el tipo de muestra.

**Tabla 9.**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>APLICACIÓN DE LA TÉCNICA</b>
Entrevista	Libreta de apuntes.	Aplicación de entrevistas a docentes y especialistas referentes al tema de solución.  Aplicación de entrevistas a operarios que laboran en la zona de fileteado y envasado, obreros(as) y supervisores de planta.
Observación	Video cámara y/o libreta de apuntes.	Recopilación de datos mediante la observación y registro para las variables dependientes de variabilidad en el peso envasado, producto no conforme en el fileteado de pescado y la productividad de las obreras en el fileteado de pescado.
Revisión de gabinete	de Libreta de apuntes.	Revisión de libros, e-books, revistas, artículos y demás documentos que sustenten el tema de solución correspondiente a las variables independientes.  Revisión de los datos históricos (registros de control de peso envasado y control de destajos) de cada variable dependiente en estudio.

FUENTE: Elaboración propia.

# CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4.1 APLICACIÓN DEL SISTEMA BASADO EN HERRAMIENTAS SIX SIGMA

### GENERALIDADES

El sistema de herramientas SIX SIGMA para incrementar la calidad y productividad tiene como finalidad mejorar el desempeño los subprocesos de fileteado y envasado desde tres enfoques:

- La minimización de los defectos que presenta el pescado fileteado presentado en bandejas por parte de las obreras, estos defectos pueden ser carne oscura, piel, espinas y coágulos.
- El incremento en la productividad de las obreras en el subproceso de fileteado, con la intención de obtener mayor peso de pescado fileteado, mejorando el aprovechamiento del recurso.
- Reducir la variabilidad en el peso envasado (peso del pescado más peso del envase) de las conservas sin líquido de gobierno en el subproceso de envasado.

Para tal motivo, se han aplicado herramientas propias de la estrategia SIX SIGMA en las distintas etapas de la metodología DMAIC (DMAMC): Definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Estas herramientas están enfocadas al Control Estadístico de Procesos concerniente a la estabilidad que determina el estado de los subprocesos que son materia de estudio mediante la utilización de Cartas de Control para variables y para atributos, así como también estudios de Capacidad y el uso de Herramientas de Calidad como Análisis de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Hojas de Verificación, Diagramas de Flujo, entre otros, que la estrategia Six Sigma emplea dentro de su metodología DMAIC.

Se emplea y se implementa el software MINITAB para las Cartas de Control y análisis de Capacidad en la situación pre-test como parte de la medición en el diagnóstico y también en la situación post-test con nuevas mediciones y

controles de los subprocesos para la visualización de los cambios con las mejoras que resultaron de la aplicación del presente trabajo de tesis; el MS Visio se utilizó para los diagramas de flujo que permiten visualizar las actividades que comprenden los subprocesos sobre todo aquellas actividades que van a ser intervenidas y también el análisis de Ishikawa; y por último el MS Excel para el registro de la toma de datos, Pareto y otros.

La aplicación de las diferentes herramientas SIX SIGMA no sólo han sido parte del estudio que la presente tesis persigue (estudio pre-test, test y post-test), sino también dichas herramientas han sido implementadas como parte de las actividades de mejora que propone la tesis y que permitieron lograr incrementar el desempeño en los subprocesos mencionados con la consecuente obtención de beneficios en productividad y calidad con efectos positivos económicos. Dicha aplicación estratégica de herramientas se complementa en la solución de los problemas con capacitaciones e incentivos económicos para el personal involucrado directamente en los subprocesos.

Es de suma importancia tomar en cuenta lo que mencionan Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009) para la toma de muestras y datos que se requieren para el cálculo de las métricas que se establecieron para el presente trabajo de tesis:

Por lo general, para realizar un estudio de capacidad se toman datos del proceso durante un periodo considerable para que se refleje bien el desempeño del proceso. El periodo de referencia depende de la velocidad del proceso, ya que, si se trata de un proceso masivo que produce muchas piezas por día, entonces se considera un periodo de cuatro a 10 días, y de ahí, cada determinado tiempo se toma una pequeña cantidad de productos hasta completar una muestra de 120 a 150. (p.18).

Además, establecen que,

Es posible considerar a la población como las mediciones de toda la producción de las últimas semanas, o si las mediciones se toman por muestras, entonces una buena idea es obtener los parámetros poblacionales ( $\mu$  y  $\sigma$ ) con todas las mediciones realizadas en las últimas semanas, siempre y cuando estas no sean pocas; de 120 a 150 mediciones en adelante es una buena cantidad. (p.21).

## **HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA APLICADAS A LOS DEFECTOS EN EL PESCADO FILETEADO**

El subproceso de fileteado se caracteriza por el retiro de la piel, vísceras, carne oscura (sangacho), espinas, espinazo, cabeza y cola de los pescados cocinados con la finalidad de obtener lomos limpios. El subproceso es manual y es realizado por 65 trabajadoras, a las cuales se les paga por destajo, es decir, cada obrera presenta una bandeja con los lomos o filetes para que pueda ser pesada en una balanza digital (registro de peso en kilogramos para su pago) y ser sometida a revisión aleatoria de la idoneidad de los lomos o filetes.

En la situación pre-test se procedió a evaluar el estado del subproceso de fileteado, basándose en la muestra descrita en el ítem 3.2., para la cual se realizó la evaluación en cuanto a su control estadístico desde el punto de vista de los atributos del producto.

### **a) ETAPA 1: DEFINIR**

Se aplicó la metodología DMAIC del Six Sigma, comenzando con la definición del proyecto cuya problemática está planteada en el Capítulo 1 del presente trabajo de tesis, dicho planteamiento define el problema que ha sido trasladado al “Marco del Proyecto” (ver Anexo 2. Marco del Proyecto), que fue presentado oportunamente a la Gerencia. De esta manera, quedaron sentadas las bases la investigación, estableciendo: el tema del proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, etc.

## b) ETAPA 2: MEDIR

En la figura 10, se presenta el diagrama de flujo del subproceso de fileteado con las actividades que comprenden el mismo. El diagrama de flujo se describe de la siguiente manera:

- *Recoger canastilla y bandeja limpia:* cada obrera fileteadora recoge una canastilla con pescado cocinado y las vierten en su mesa de trabajo, previamente debe contar con una bandeja plástica limpia y desinfectada para colocar los lomos de pescado limpios.
- *Fileteado y eviscerado:* el trabajo consiste en retirar la cabeza, la cola, la piel, el espinazo, las espinas, la carne oscura (sangacho) y vísceras.
- *Revisión de bandejas:* actividad realizada por el área de Calidad, para mantener la idoneidad en la limpieza de lomos de pescado. Si en caso, el pescado no esté conforme a la calidad deseada (restos de piel, espinas, sangacho, etc.), la obrera fileteadora deberá corregir las observaciones.
- *Pesaje de pescado:* actividad que consiste en pesar las bandejas con pescado (descontando el peso de la tara), este peso se registra para el control de los destajos.
- *Colocar lomos para envasado:* donde cada obrera fileteadora que ya hizo su registro de pesaje, procede a entregar su pescado para el envasado, disponiendo a su vez, de una bandeja vacía para continuar con el proceso.
- *Enjuagar bandeja:* la obrera fileteadora procede a enjuagar la bandeja vacía para retirar los restos de pescado.
- *Entregar bandeja para limpieza y desinfección:* la obrera fileteadora entrega la bandeja plástica enjuagada al equipo de limpieza, quienes entregan a su vez a la obrera fileteadora una bandeja limpia y desinfectada para reiniciar el subproceso.

Cabe señalar que este subproceso proviene de la culminación del subproceso de cocinado, para continuar posteriormente con el envasado. En dicho diagrama de flujo se resaltan las actividades que van a ser intervenidas mediante la variable dependiente 1: *Defectos en el pescado*

fileteado presentado en bandejas, con la variable independiente 1: *Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a los defectos en el pescado fileteado* para dicho subproceso por el presente trabajo de tesis; estas actividades comprenden las operaciones de fileteado y eviscerado de pescado y la inspección de las bandejas mediante actividades de muestreo y control de calidad. Teniendo definido el problema enmarcado en las actividades del subproceso (diagrama de flujo), se procedió a MEDIR el estado del proceso, el cual se realizó mediante los siguientes pasos:

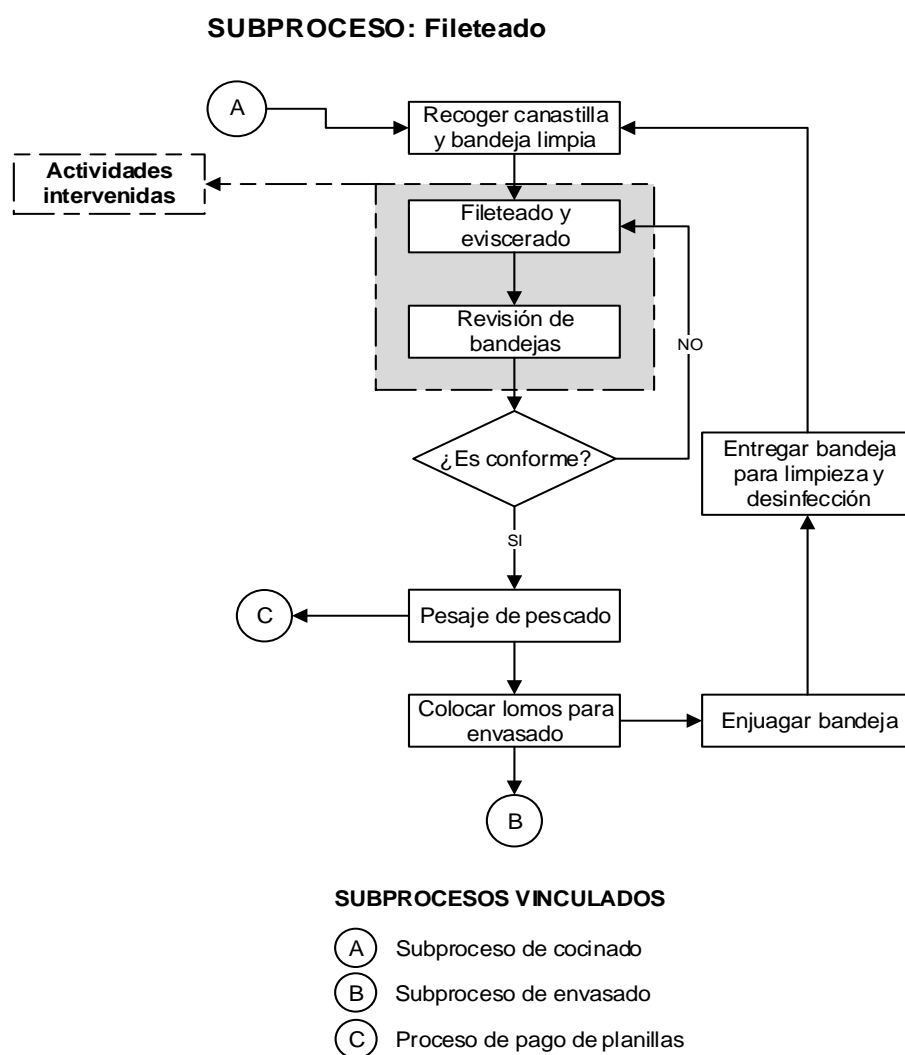


Figura 10. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Pre-test  
Fuente: Elaboración propia.



Las actividades intervenidas son: *fileteado y revisión de bandejas*, donde se aplica el sistema propuesto para reducir los defectos y mantener la idoneidad de los lomos de pescado.

### **b.1) OBTENCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS**

Estos datos históricos se basan en los registros contenidos en el FR-GCI-04 Control de fileteado y eviscerado, mediante la extracción de muestra descrita en el punto 3.2, reflejando la realidad del subproceso en cuando a la variable de salida *Defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas*, se procesó la información en una Hoja de Verificación por defectos y registro de los mismos por subgrupo de muestra.

### **b.2) ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

Valiéndose de la toma de datos históricos de los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas, se aplicó la Carta C (ver ítem 4.2 y 4.3) con la ayuda del software MINITAB, debido a que en una misma bandeja pueden tener incidencia de defectos de diferente tipo (coágulos, espinas, carne oscura o sangacho y piel); además, la presencia de los defectos no causa que el producto en proceso se descarte (se corrige para que continúe el proceso productivo), solamente no es lo que se esperaba para el subproceso de envasado como cliente interno del subproceso de fileteado. Se verificó entonces que el estado del subproceso está bajo control estadístico con presencia de variabilidad incipiente, sin embargo, el nivel de defectos no es el adecuado (elevado).

### **b.3) ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MÉTRICA SIX SIGMA PARA ATRIBUTOS**

Se utilizaron métricas como DPU y DPMO, indicadores empleados para sustentar la viabilidad de las mejoras propuestas en el presente trabajo de tesis para la variable *Defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas*.

Se concluyó que el proceso se presenta estable, pero con una alta tasa de defectos que se debe minimizar (el detalle de los resultados se presenta en los ítems 4.2 y 4.3).

### **c) ETAPA 3: ANALIZAR**

Con estos resultados de las mediciones se prosiguió a ANALIZAR porqué de la presencia de defectos en el pescado fileteado, por ello, el equipo de trabajo establecido en el *Marco del Proyecto* identificó las posibles causas y valiéndose de la lluvia de ideas se construyó un Diagrama de Ishikawa analizando las 6M, pero en este caso se basa en 4M: materia prima, mano de obra, mediciones y método puesto que los factores maquinaria y medio ambiente no son pertinentes para el estudio. Para la priorización de causas, se cuantifican las mismas aplicando la votación 5, 3, 1 (ver ítem 2.1.5 inciso c.6) del Capítulo II – Diagrama de Ishikawa).

### **d) ETAPA 4: MEJORAR**

Con el objetivo de MEJORAR el subproceso de fileteado para minimizar los defectos en el pescado cocinado y fileteado para que tenga el desempeño requerido, se realizaron las siguientes estrategias de mejora:

- Se modificó el Sistema de Monitoreo y Control (revisión de bandejas, registro y análisis de defectos) que se venía empleando, implementándose las *Cartas de Control* c para atributos, para lo cual se tuvo que realizar capacitaciones al personal del Área de Calidad (ver

Anexo 4). El Sistema de Monitoreo y Control utiliza la métrica DPU y DPMO de la metodología Six Sigma.

- Se modificó el diagrama de flujo del subproceso de fileteado (ver figura 11), adoptando el Control Estadístico de Procesos en la revisión y registro del subproceso de fileteado.
- El Sistema de Evaluación y Recompensa se implementó con la consigna de lograr motivación en el trabajo que desempeñan las obreras fileteadoras y lograr disminuir la presencia de defectos, para lo cual se presentó a la Dirección un Plan (ver Anexo 3. Plan de incentivos y recompensa) que emplea indicadores operativos como el DPU y a la métrica Six Sigma DPMO (Defectos por millón de oportunidades) como medio de sustento del logro de la mejora en el subproceso para la aplicación de los incentivos económicos. Esta estrategia logró ser un impulsor para una reducción significativa de los defectos que conlleve a una mayor apreciación de la conserva por parte de los clientes consumidores, mejorando su percepción.
- Se implementó un Programa de Capacitaciones (ver Anexo 4) para dar a conocer la implementación de la metodología Six Sigma y lo que se espera conseguir con el proyecto, teniendo para este subproceso, la aplicación de las herramientas Six Sigma que mejoran y modifican las actividades que comprenden el subproceso de fileteado y el sistema de evaluación y recompensa como motivador. Así como también, la aplicación de las herramientas Six Sigma que mejoran y modifican las actividades que comprenden el subproceso de fileteado.

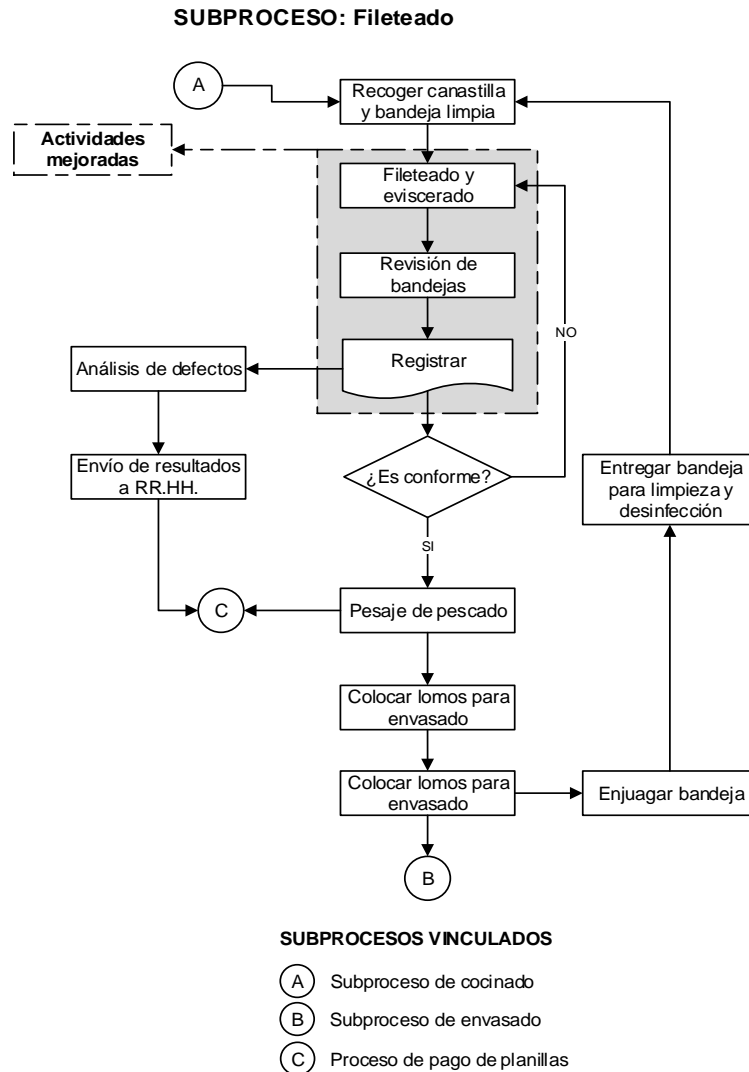
De esta manera, se interviene de manera integrada en las causas raíz identificadas que son: la motivación insuficiente por pago a destajo y el no uso de herramientas estadísticas (Ver Diagramas de Ishikawa en el ítem 4.2.).

## e) ETAPA 5: CONTROLAR

Se aplicaron las estrategias de mejora descritas y se establecieron las actividades para CONTROLAR empleando la Carta C y la métrica DPU y DPMO para permitir que las acciones de mejora sean sostenibles en el tiempo, dentro de la metodología DMAIC.

En la situación post-test, se procedió a volver a evaluar (MEDIR y ANALIZAR) el estado del subproceso, esto permitió contrastar la hipótesis de investigación  $H_1$ , afirmando que la variable independiente (VI1) influyó positivamente en la variable dependiente (VD1), además el flujo del subproceso quedó modificado y mejorado (ver figura 11), teniendo como actividades mejoradas y añadidas a:

- *Fileteado y eviscerado*: las obreras tienen más cuidado y mayor compromiso en presentar lomos o filetes sin defectos (incentivos y capacitaciones).
- *Revisión de bandejas*: el personal de Calidad, de manera sistemática, procede al muestreo operativo por día laborado, en función a 4 subgrupos de 65 datos (por cada obrera fileteadora) para posterior análisis individual y grupal. Aquí la obrera fileteadora presenta su bandeja al personal de Calidad, antes de que su pescado sea pesado (pago a destajo).
- *Registrar*: donde en adelante se procede al registro conforme a la toma de datos por muestreo descrito previamente, durante la jornada laboral, de los defectos en la revisión de bandejas.
- *Análisis de defectos*: donde el personal de Calidad revisa y procesa la data por obrera fileteadora obtenido de los registros, graficando la Carta C y calculado los indicadores DPU y DPMO. Aquí se podrá monitorear a cada obrera en cuanto a su desempeño se refiere.
- *Envío de resultados a RR.HH.*: los datos procesados son enviados para el pago de planillas y aplicación de incentivos de acuerdo a las metas de los indicadores utilizados para tal fin.



*Figura 11.* Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Post-test  
Fuente: Elaboración propia.

## HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA APLICADAS A LA PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE FILETEADO

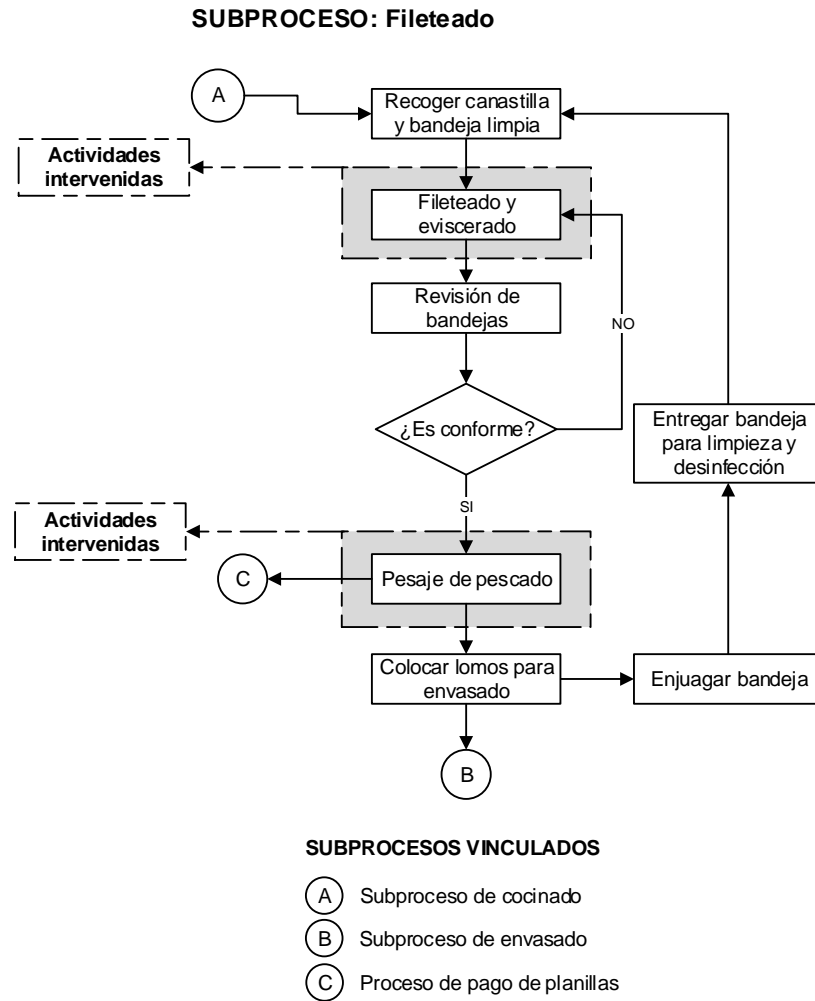
En la situación pre-test se procedió a evaluar el estado del subproceso de fileteado desde el punto de vista de la productividad (rendimiento de las obreras) en la obtención de mayor peso de pescado fileteado por bandeja, basándose en la muestra descrita en el ítem 3.2., para la cual se procedió a realizar la evaluación en cuanto a su control estadístico se refiere, determinando el estado del subproceso con respecto al promedio del peso de pescado fileteado por bandeja y por trabajadora.

## **a) ETAPA 1: DEFINIR**

Hace referencia al planteamiento del problema, establecimiento del “Marco del Proyecto” y aplicación de la metodología DMAIC, tal y como se describe en el ítem 4.1.2., inciso a). (Ver Anexo 2).

## **b) ETAPA 2: MEDIR**

En la figura 12, se presenta el diagrama de flujo del subproceso de fileteado donde se resaltan las actividades que van a ser intervenidas por el trabajo de tesis. Mediante la variable dependiente 2: *Productividad en el subproceso de fileteado*, con la variable independiente 2: *Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la productividad en el subproceso de fileteado* en dicho subproceso por el presente trabajo de tesis; estas actividades comprenden desde las operaciones de fileteado y eviscerado de pescado cocinado, pesaje de bandejas con pescado fileteado y registro de las mismas.



*Figura 12.* Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Pre-test  
Fuente: Elaboración propia.

Las actividades intervenidas para la segunda variable dependiente es el fileteado (desde el punto de vista de peso de pescado) y el pesaje propiamente dicho del pescado. Teniendo definido el segundo problema que afecta el subproceso de fileteado, se procedió a MEDIR el estado del proceso, el cual se realizó mediante los siguientes pasos:

### **b.1) OBTENCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS**

Estos datos históricos se basan en los registros contenidos en el *Control de Destajos*, mediante la extracción de muestra descrita en el punto 3.2, reflejando la realidad del subproceso en cuanto a la *productividad de las obreras fileteadoras* y se procesa la información.

### **b.2) ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

Valiéndose de la toma de datos históricos por cada obrera fileteadora (pesos de las bandejas con pescado fileteado) que generan durante la jornada laboral, se aplicó las *Gráficas o Cartas  $\bar{X}-\bar{R}$*  con la ayuda de MINITAB (utilizado para tamaños de muestra por subgrupo no mayores a 10) y el estado del índice de inestabilidad a nivel pre-test.

Se concluyó que el subproceso presenta inestabilidad con alta variabilidad (los resultados se presentan en el ítem 4.2.) y necesita incrementar el peso del pescado fileteado teniendo como objetivo el desplazamiento de la media del subproceso en 0.5 Kg.

### **c) ETAPA 3: ANALIZAR**

Con los resultados obtenidos de las mediciones se prosiguió a ANALIZAR el porqué de la existencia de la inestabilidad sobre todo de aquellos puntos que se manifiestan por debajo del límite inferior y que perjudica la productividad al obtenerse menos pescado para envasar, por ello, para poder identificar las posibles causas se designó un equipo de trabajo y valiéndose de la lluvia de ideas se construyó un Diagrama de Ishikawa empleando la metodología de las 6M, pero en este caso se analiza 4M que son: materia prima, mano de obra, mediciones y método; maquinaria y medio ambiente no son pertinentes para el estudio. Para la priorización de causas, se cuantifican las mismas aplicando la votación 5, 3, 1 (ver ítem 2.1.5 inciso c.6) del Capítulo II – Diagrama de Ishikawa).



#### **d) ETAPA 4: MEJORAR**

Con el objetivo de MEJORAR el subproceso de fileteado respecto a su productividad expresado en kilogramos de pescado fileteado por bandeja, se realizaron las siguientes estrategias de mejora:

- Se modificó el Sistema de Monitoreo y Control que se venía empleando (registro de peso de pescado fileteado por obrera), implementándose las Cartas de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  para variables, con ello, se analiza la estabilidad del subproceso y se detectan cambios en la media del subproceso, previa capacitación al personal del Área de Producción y Recursos Humanos (ver Anexo 4). Es importante recalcar que, los límites de control fueron establecidos en la Carta de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  en la situación post-test y se utilizarán para el análisis de datos futuros hasta que haya cambios permanentes en materia prima, métodos, mediciones o la mano de obra.
- Se modificó el diagrama de flujo del subproceso de fileteado (ver figura 13), adoptando el Control Estadístico de Procesos en el pesaje de bandejas del subproceso de fileteado.
- El Sistema de Evaluación y Recompensa se implementó con la consigna de lograr motivación en el trabajo que desempeñan las obreras fileteadoras y lograr aumentar la obtención de pescado para envasar (ver Anexo 3), permitiendo apreciar la mejora e incremento en la media del peso de pescado fileteado con el correspondiente incremento de la producción (cajas x 48 latas).
- Se implementó un Programa de Capacitaciones (ver Anexo 4) para dar a conocer la implementación de la metodología Six Sigma y lo que se espera conseguir con el proyecto, teniendo para este subproceso, el sistema de evaluación y recompensa como motivador. Así como también, la aplicación de las herramientas Six Sigma que mejoran y modifican las actividades que comprenden el subproceso de fileteado.

De esta manera, se interviene de manera integrada en las causas raíz identificadas que son: la motivación insuficiente por pago a destajo y el no uso de herramientas estadísticas (Ver Diagramas de Ishikawa en el ítem 4.2.).

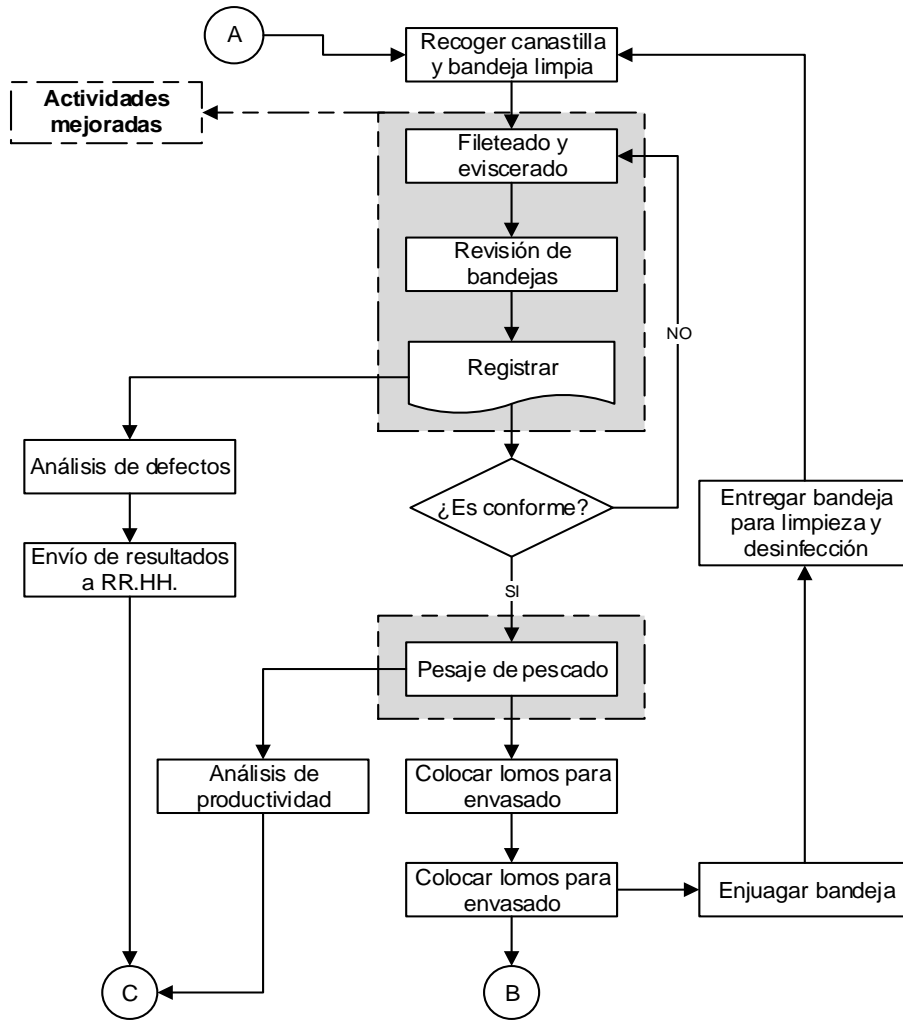
### **e) ETAPA 5: CONTROLAR**

Al aplicar las estrategias de mejora descritas y se establecieron las actividades para CONTROLAR como las Cartas de Control para variables  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  e índice de inestabilidad, para que las acciones de mejora sean sostenibles en el tiempo, conforme a la metodología DMAIC.

En la situación post-test, se procedió a volver a evaluar (MEDIR y ANALIZAR) el estado del subproceso que permitió contrastar la hipótesis de investigación  $H_2$ , afirmando que la variable independiente (VI2) influyó positivamente en la variable dependiente (VD2), además el flujo del subproceso quedó modificado y mejorado (ver figura 13), teniendo como actividades mejoradas y añadidas a:

- *Fileteado y eviscerado*: las obreras tienen más cuidado y mayor compromiso para obtener mayor peso de lomos o filetes y evitar que parte de ellos se vaya con los residuos de pescado a la planta de harina.
- *Pesaje de pescado*: aquí se pesa la totalidad de bandejas por cada obrera fileteadora para el pago a destajo.
- *Análisis de productividad*: donde el personal de Calidad, de manera sistemática, procede al muestreo operativo, en función a 4 subgrupos de tamaño 10 (bandejas) por 6 días de producción (240 datos semanales) para posterior análisis grupal. Aquí se emplea la Carta de Control  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  y se trabaja el indicador Kg. Pescado fileteado / Bandeja.
- *Envío de resultados a RR.HH.*: los datos procesados son enviados para el pago de planillas y aplicación de incentivos de acuerdo a las metas de los indicadores utilizados para tal fin.

**SUBPROCESO: Fileteado**



**SUBPROCESOS VINCULADOS**

- (A) Subproceso de cocinado
- (B) Subproceso de envasado
- (C) Proceso de pago de planillas

Figura 13. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Post-test  
Fuente: Elaboración propia.

## **HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA APLICADAS A LA VARIABILIDAD EN EL SUBPROCESO DE ENVASADO**

El subproceso de envasado se caracteriza por el empaquetado de lomos o filetes de pescado en los envases ½ Lb – Tuna de hojalata del tamaño 307 x 109, mediante el uso de la empacadora marca HERFRAGA modelo SM-200 con una velocidad de 150 latas / minutos, cuya alimentación es manual, acomodando los lomos o filetes en cantidad suficientes en el conducto compuesto por tres fajas sanitarias que dirige el pescado hacia la cuchilla que corta la cantidad por lata deseada y los pistones o émbolos los añaden lata por lata y posteriormente se revisa el peso envasado con muestras de 10 latas cada hora.

Como antecedente sintomático del problema que aqueja a este subproceso, tenemos que en cada revisión según la metodología utilizada en ese momento, siempre se hallaba variabilidad en el peso envasado (peso del pescado más el envases de hojalata sin líquido de gobierno), corrigiéndose cada vez sólo manipulando la empacadora para aumentar o disminuir la cantidad por lata, es decir, no se habían identificado las causas que originan esta variabilidad en el subproceso, tampoco si el mismo se tiene la capacidad de proceso necesaria para cumplir con las especificaciones establecidas y mucho menos si el subproceso está centrado o que tan inestable pueda llegar a ser.

En la situación pre-test se procedió a evaluar el estado del subproceso de envasado, basándose en la muestra descrita en el ítem 3.2., para la cual se realizó como una de las tareas primordiales para caracterizar y mejorar el subproceso, la evaluación en cuanto a su capacidad y estabilidad.

### **a) ETAPA 1: DEFINIR**

Hace referencia al planteamiento del problema, establecimiento del “Marco del Proyecto” y aplicación de la metodología DMAIC, tal y como se describe en el ítem 4.1.2., inciso a).

## **b) ETAPA 2: MEDIR**

En la figura 14, se presenta el diagrama de flujo del subproceso de envasado con las actividades que comprenden el mismo. El diagrama de flujo se describe de la siguiente manera:

- *Alimentar la envasadora:* donde se designa hasta dos obreras para que alimente con lomos o filetes de pescado la máquina envasadora de forma manual.
- *Envasado:* empleando la máquina envasadora HERFRAGA se va añadiendo automáticamente el pescado a cada lata cuya alimentación de envases (codificados) se da por gravedad.
- *Control de peso envasado:* se verifica que el peso sea el especificado para el producto y se registrar: conjuntamente con la actividad de control de peso, se registra en el formato correspondiente, en cada hora de trabajo, una muestra de tamaño 10 (latas).
- *Reprocesar:* en caso de no estar en el rango establecido, retorna a la máquina para su reproceso.

Cabe señalar que este subproceso proviene de la culminación del subproceso de fileteado, para continuar posteriormente con la adición de insumos. En dicho diagrama de flujo se resaltan las actividades de que van a ser intervenidas mediante la variable dependiente 3: *Capacidad del subproceso de envasado*, con la variable independiente 3: *Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la variabilidad en el subproceso de envasado*, para dicha etapa por el presente trabajo de tesis; estas actividades comprenden desde la alimentación a la máquina HERFRAGA de forma manual, el envasado propiamente dicho por la máquina en mención, hasta las actividades de muestreo y control de calidad en el peso envasado.

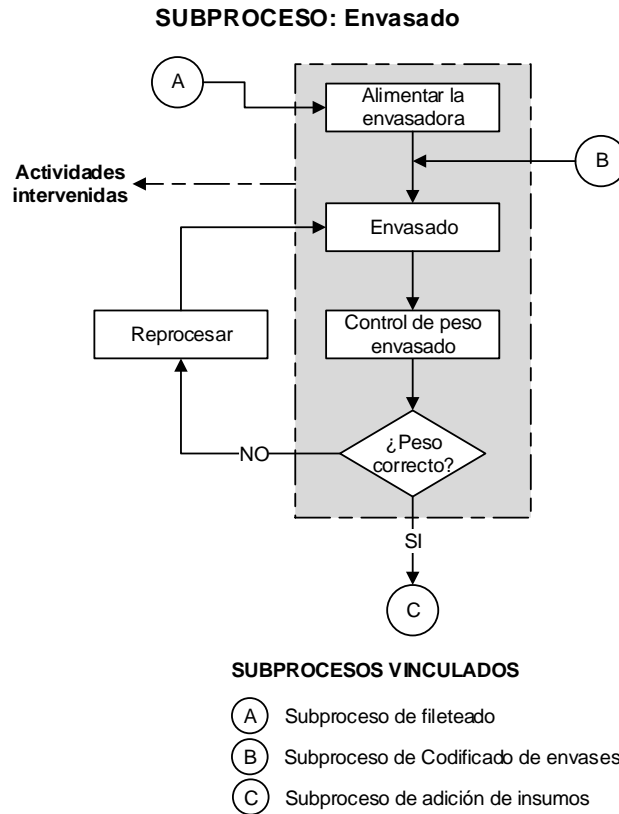


Figura 14. Diagrama de flujo del subproceso ENVASADO – Pre-test.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo definido el problema, se procedió a MEDIR el estado del proceso, el cual se realizó mediante los siguientes pasos:

### b.1) OBTENCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

Estos datos históricos se basan en los registros contenidos en el FR-GCI-05 Control de líquido de gobierno y peso envasado, mediante la extracción de muestra descrita en el punto 3.2, en relación a la variable de salida *Capacidad del Subproceso de Envasado*.

### b.2) ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Valiéndose de la toma de datos históricos del peso envasado, se aplicó las Cartas  $\bar{X}$ -R con la ayuda de MINITAB y las pruebas de causas especiales, concluyendo que existe mucha inestabilidad

(variabilidad) en el peso envasado. El tipo de inestabilidad que se aprecia se muestra como variaciones cíclicas. Además, se aprecia que el subproceso no cumple con las especificaciones y no se realiza el análisis de capacidad puesto que el subproceso no es estable ni centrado.

Se concluyó que el proceso se presentaba inestable e incapaz y necesita corregirse y mejorar, incluso se determinó un comportamiento cíclico.

### **c) ETAPA 3: ANALIZAR**

Con los resultados de las mediciones se prosiguió a ANALIZAR el porqué de la variabilidad determinada, por ello, para poder identificar las posibles causas, el equipo de trabajo y valiéndose de la *lluvia de ideas* o *Brainstorming*, se propusieron y se expusieron las posibles causas tanto principales como secundarias del problema, mediante consenso se construyó un *Diagrama de Ishikawa* empleando el método de las 6M. Posteriormente, se priorizó las causas raíces encontradas cuantificando mediante el consenso o votación 5, 3, 1 (ver ítem 2.1.5 inciso c.6) del Capítulo II – Diagrama de Ishikawa).

### **d) ETAPA 4: MEJORAR**

Con el objetivo de MEJORAR el subproceso de envasado para reducir la variabilidad con tendencia cíclica y que tenga la capacidad requerida, se realizaron las siguientes estrategias de mejora:

- De todas las obreras que han estado interviniendo en la alimentación de pescado a la máquina empacadora, se escogieron a las mejores en cuanto a aproximación de media a las especificaciones del subproceso, dichas obreras fueron nombradas (12 obreras) de manera estable, siendo entrenadas de forma exclusiva para incrementar las destrezas (trabajan en pareja rotando cada 02 horas). De esta manera, se está evitando que

todo el universo de obreras intervenga en esta actividad, minimizando la alta rotación que existía. Como incentivo, se les reconoce el doble de horas (jornal), es decir, el equivalente a 04 horas que compense el tiempo que no se dedican a filetear.

- Se modificó el Sistema de Monitoreo y Control que se venía empleando, implementándose las Cartas de Control para variables  $\bar{X}-\bar{R}$ , previa capacitación al personal del Área de Calidad con análisis de Capacidad con la métrica Six Sigma del índice Z y los índices de capacidad; permitiendo verificar de esta manera, si el subproceso realmente mejora y cumple con las especificaciones establecidas (calidad de proceso).
- Se modificó el diagrama de flujo del subproceso de fileteado (ver figura 15), adoptando el Control Estadístico de Procesos en el peso envasado.
- Se implementó un Programa de Capacitaciones para dar a conocer la implementación de la metodología Six Sigma y lo que se espera conseguir con el proyecto, teniendo para este subproceso, el sistema de evaluación y recompensa como motivador. Así como también, la aplicación de las herramientas Six Sigma que mejoran y modifican las actividades que comprenden el subproceso de envasado.

De esta manera, se interviene de manera integrada en las causas raíz identificadas que son: la motivación insuficiente por pago a destajo, el sistema actual de alta rotación y el no uso de herramientas estadísticas (Ver Diagramas de Ishikawa en el ítem 4.2.).

#### **e) ETAPA 5: CONTROLAR**

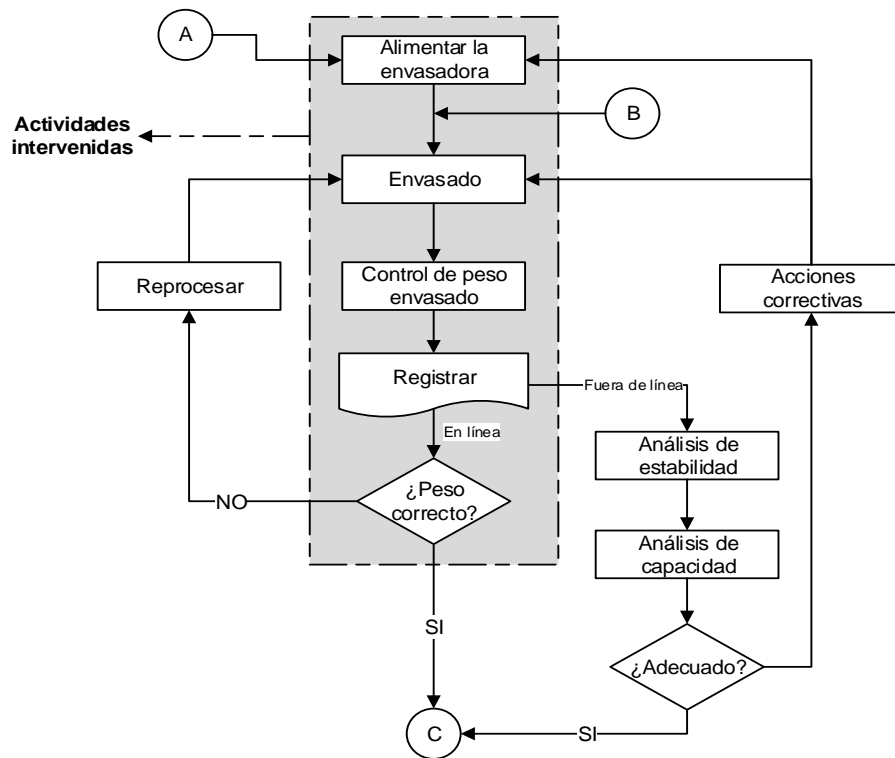
Se aplicaron las estrategias de mejora descritas y se establecieron las actividades para CONTROLAR como las Cartas de Control para variables  $\bar{X}-\bar{R}$ , analizando la Capacidad del subproceso, para que las acciones de mejora sean sostenibles en el tiempo, conforme a la metodología DMAIC.



En la situación post-test, se procedió a volver a evaluar (MEDIR y ANALIZAR) el estado del subproceso que permitió contrastar la hipótesis de investigación H<sub>3</sub>, afirmando que la variable independiente (VI3) influyó positivamente en la variable dependiente (VD3), además el flujo del subproceso quedó modificado y mejorado (ver figura 15), teniendo como actividades mejoradas y añadidas a:

- *Alimentar la envasadora*: donde se implementa la disposición de los equipos seleccionados para esta actividad.
- *Registrar*: identificación de esta actividad en el flujo.
- *Análisis de estabilidad*: se extrae de los registros una muestra diaria de 4 subgrupos de tamaño 10 (latas) por 6 días de producción, equivalente a 240 datos semanales), aquí se emplea la Carta de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  determinando si existen o no estabilidad de acuerdo al comportamiento de los datos enmarcados con sus límites de control.
- *Análisis de capacidad*: a la muestra trabajada en el punto anterior, se aplica un estudio de capacidad, donde se obtienen los índices C<sub>p</sub> y C<sub>pk</sub> con el índice Z, también los índices P<sub>p</sub> y P<sub>pk</sub>, verificando el nivel de cumplimiento del subproceso con las especificaciones establecidas.
- *Acciones correctivas*: en caso de no estar cumpliendo con las expectativas, se aplicarán acciones correctivas, determinadas previamente mediante un análisis de causas.

### SUBPROCESO: Envasado



#### SUBPROCESOS VINCULADOS

- (A) Subproceso de fileteado
- (B) Subproceso de Codificado de envases
- (C) Subproceso de adición de insumos

Figura 15. Diagrama de flujo del subproceso ENVASADO – Post-test.

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN PRE - TEST

### DEFECTOS EN EL PESCADO FILETEADO

#### a) TOMA DE MUESTRA PRE-TEST

Se realizó la toma de muestra pre-test extrayendo 180 unidades (10 bandejas con pescado fileteado por subgrupo) en el período de tiempo conforme a la tabla 7 del ítem 3.2. Para ello, utilizamos la *hoja de verificación para productos defectuosos*, en este caso, para defectos, desde el 03 al 30 de abril del 2015, con un total de 18 días de producción (ver tabla 10).

**Tabla 10.**

*Hoja de verificación de defectos: Muestra pre-test.*

<b>HOJA DE VERIFICACIÓN</b>		
Producto:	Trozos de atún en aceite vegetal	
Fecha de registro:	30/04/2015	
Inspector:	Luis Martín Matzunaga Zamudio	
Días laborados:	18	
DEFECTOS POR:	FRECUENCIA	SUBTOTAL
Coágulo	//// //	30
Espinas	//// //	52
Carne oscura	//// //	136
Piel	//// //	108
<b>TOTAL</b>		<b>326</b>

(\*) Fechas de producción: 03, 04, 06, 07, 08, 09, 10, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29 y 30 de abril del 2015

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se presenta en la tabla 11, los defectos por tipo, presentados por cada subgrupo de muestra de 10 bandejas cada uno.

**Tabla 11.***Tipos de defectos. Muestra pre-test.*

SUBGRUPOS	BANDEJAS	NÚMERO DE DEFECTOS				Total de Defectos
		Coágulo	Espinas	Carne oscura	Piel	
1	10	1	3	9	6	19
2	10	1	1	9	5	16
3	10	6	4	10	7	27
4	10	2	6	8	8	24
5	10	1	6	6	2	15
6	10	0	3	6	6	15
7	10	3	4	8	10	25
8	10	2	4	8	7	21
9	10	2	3	7	7	19
10	10	1	2	9	5	17
11	10	2	3	7	10	22
12	10	0	2	8	6	16
13	10	2	2	7	4	15
14	10	1	1	6	4	12
15	10	2	1	8	4	15
16	10	2	3	7	6	18
17	10	1	2	7	6	16
18	10	1	2	6	5	14
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>52</b>	<b>136</b>	<b>108</b>	<b>326</b>

Fuente: Elaboración propia.

**b) NIVEL DE INCIDENCIA DE DEFECTOS**

Con los datos obtenidos de la hoja de verificación, se pudo establecer la incidencia de los defectos (ver tabla 12) que presenta el pescado fileteado como resultado de la operación manual de fileteado mediante el diagrama de Pareto (ver figura 16).

**Tabla 12.***Ocurrencias de defectos*

Defectos	# Defectos	% Frecuencia	% Acumulado
Carne oscura	136	41.72	41.72
Piel	108	33.13	74.85
Espinas	52	15.95	90.80
Coágulos	30	9.20	100.00
<b>Total de defectos</b>	<b>326</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Elaboración propia.

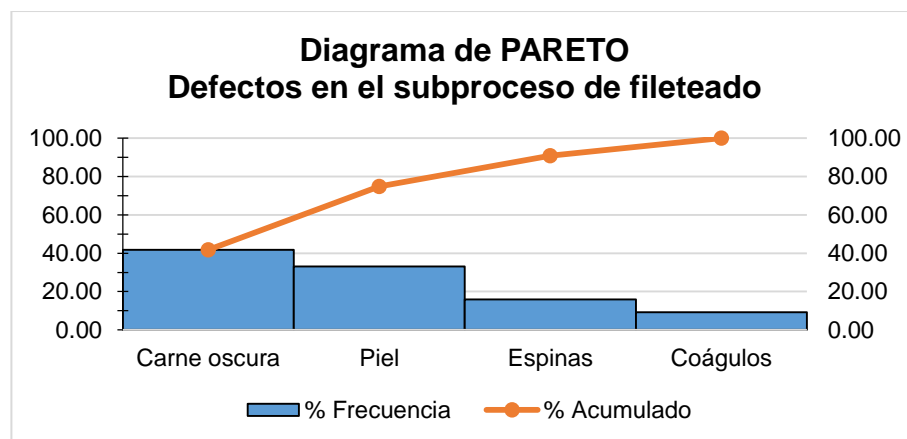


Figura 16. Diagrama de Pareto aplicado a los defectos.

Fuente: Elaboración propia.

Con ello, se determinó que la carne oscura como la piel, son los defectos con mayor presencia con un 74.85% de presencia, dicho diagrama fue empleado en el ciclo de capacitaciones a las obreras a manera informativa.

### c) ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Mediante el uso del software MINITAB, se extrajeron las estadísticas descriptivas de la muestra pre-test (ver tabla 13).

**Tabla 13.**

*Estadísticas Descriptivas.*

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	18.111
Desviación estándar	4.157
Primer cuartil (Q1)	15.000
Mediana	16.500
Tercer cuartil (Q3)	21.250
Moda	15
Asimetría	0.80
Curtosis	-0.21

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 13, la muestra pre-test tiene un promedio de 18.111 defectos por cada 10 bandejas con una desviación estándar de 4.157, cabe resaltar el valor de la moda de 15, un valor de defectos considerado muy alto. En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra pre-test arroja como resultado -0.21, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico levemente aplanado que la distribución normal (distribución platycúrtica), ya que presenta un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma leve por su cercanía a cero.
- El valor de asimetría de la muestra pre-test tiene como resultado 0.80, el cual es mayor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente positiva ( $\bar{x} > Md > Mo$ ) o asimétricos a la derecha debido a que la “cola” de la distribución apunta a la derecha, es decir, una pequeña concentración de valores se encuentra a la derecha de la media.

#### **d) PRUEBA DE NORMALIDAD**

Para la prueba de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software MINITAB, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov, (ver la figura 17).

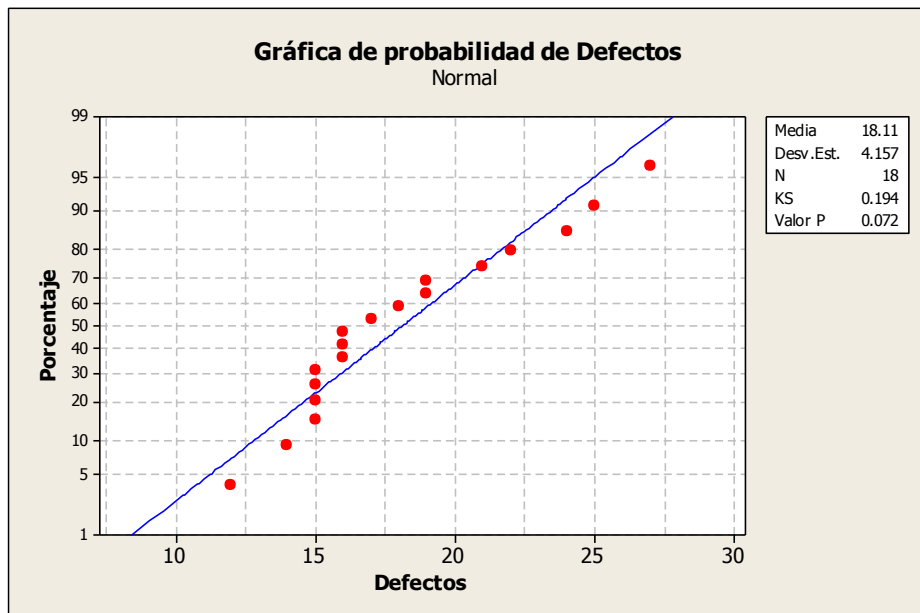


Figura 17. Gráfica de probabilidad de Defectos: Prueba K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:

- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor  $P = 0.072$ , valor que es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia, por lo tanto, según el criterio de evaluación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo de esta manera, que los datos de la muestra siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

### e) ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Se utiliza la Gráfica de Control C (ver figura 18), puesto que el tamaño de los subgrupos es constante y porque una bandeja con pescado puede presentar varios tipos de defectos como: coágulos, espinas, carne oscura, y piel.

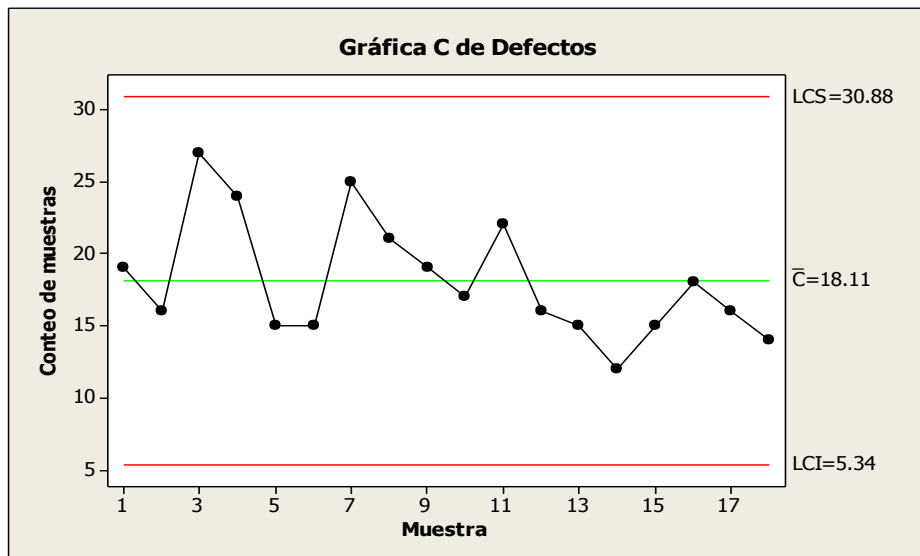


Figura 18. Gráfica C de defectos en el subproceso de fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

Para tal fin, se empleó el software MINITAB y de acuerdo a la muestra tomada, se espera que el número de defectos por bandeja de pescado varíe entre 5.34 como LCI (límite de control inferior) y 30.88 como LCS (límite de control superior) con un promedio de 18.111. Los límites de una Gráfica C reflejan la variación esperada para el número de defectos por subgrupo, donde se aprecia que el proceso es estable puesto que no hay puntos fuera de los límites de control.

En la prueba pre-test, a pesar de la estabilidad del subproceso, se evidencia una alta ocurrencia de defectos, por tanto, se aplicó la metodología descrita en el punto 4.2, modificando el sistema (cambio en una de las Ms que afectan al subproceso, ver diagrama de Ishikawa – punto g) buscando mejorar este problema reduciendo la variabilidad común, es decir, reducir significativamente el valor del estadístico C (promedio de no conformidades del subproceso) y seguir vigilando estadísticamente su normalidad.



## f) MÉTRICA DPMO

Para el análisis pre-test es importante evaluar el subproceso desde el punto de vista la métrica Six Sigma (ver tabla 14) para atributos (defectos) como indicador establecido para la variable dependiente. Es importante resaltar que cada bandeja tiene 04 oportunidades de error por unidad (bandeja con pescado).

**Tabla 14.**

*Métrica Six Sigma para atributos*

MÉTRICA	VALOR
DPU	1.81
DPO	0.4528
<b>DPMO</b>	<b>452.778</b>

Fuente: Elaboración propia.

La primera métrica DPU, indica que, en promedio, cada bandeja con pescado fileteado tiene 1.81 defectos (casi la presencia de dos defectos por bandeja). La segunda métrica DPO, este indicado trabaja con las oportunidades de presencia de defectos por unidad (bandeja), con lo cual el valor de 0.4528 indica que, de 720 oportunidades de presencia de defectos, 326 errores o defectos fueron detectados.

El DPMO obtenido indica que se esperan 452,778 defectos por millón de posibilidades de incidencia de defectos (04 por bandeja).

Bajo este indicador se determina la viabilidad del proyecto en cuanto a la variable *defectos en el pescado fileteado* se refiere.

## **g) ANÁLISIS DE CAUSAS MEDIANTE DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

Con estos resultados de las mediciones se prosiguió a ANALIZAR por qué sucede la variabilidad del subproceso de envasado, *Diagrama de Ishikawa*. Para ello, se formó un equipo de trabajo (ver conformación del equipo en el Anexo 2. Marco del Proyecto), quienes utilizando la lluvia de ideas o *Brainstorming*, se propusieron y se expusieron las posibles causas tanto principales como secundarias del problema; mediante consenso se estableció el diagrama de Ishikawa (ver figura 19); considerándose 4M de las 6M, descartando dos de las ramas por no ser factores que afecten al desenvolvimiento de la operación.

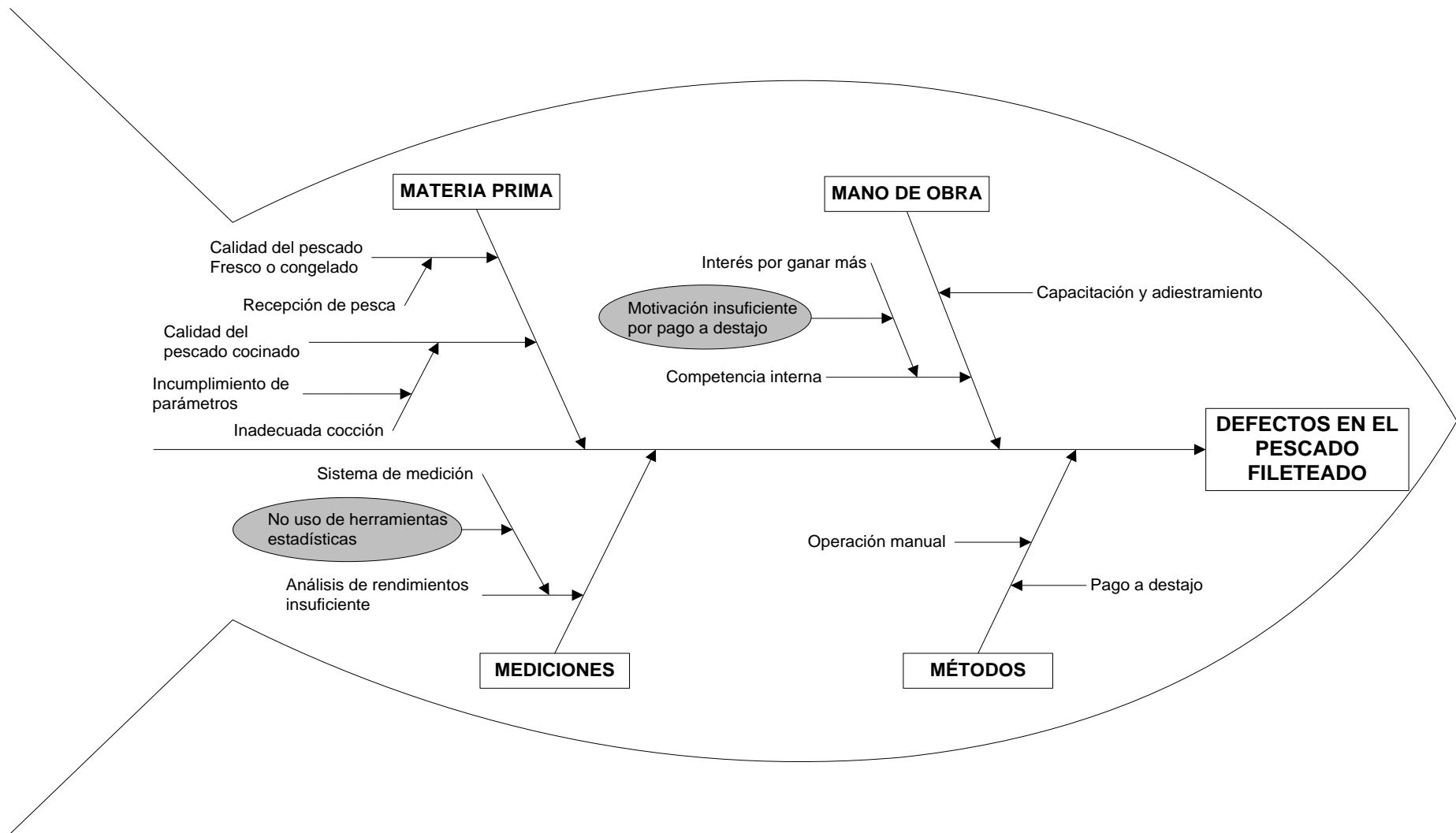


Figura 19. Diagrama de Ishikawa: Defectos en el pescado fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a identificar las causas raíz a abordar en la tesis (priorización) que se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15.**

*Evaluación para la priorización de las causas*

<b>CAUSAS PRINCIPALES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>TOTAL</b>
<i>No uso de herramientas estadísticas</i>	5	5	5	5	3	3	5	5	36
<i>Motivación insuficiente por pago a destajo</i>	5	3	5	5	5	5	3	5	36
<i>Capacitación y adiestramiento</i>	5	5	5	3	3	3	3	5	32
<i>Operación manual</i>	3	1	1	3	3	1	3	3	18
<i>Pago a destajo</i>	3	1	3	1	3	1	3	1	16
<i>Recepción de pesca</i>	1	3	1	3	1	1	1	3	14
<i>Incumplimiento de los parámetros de cocción</i>	1	3	1	1	1	1	1	3	12
<b>PUNTAJE TOTAL</b>									<b>164</b>

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se determinaron como causas raíz a priorizar para resolver el problema de la variabilidad a:

- El no uso de herramientas estadísticas en el sistema medición del proceso, puesto que, no había control estadístico, ni se empleaba métrica para datos del tipo atributo, que permita evaluar el subproceso de fileteado y el desempeño de las obreras.
- Motivación insuficiente por pago a destajo, donde las obreras impulsadas por el tema económico, buscan rapidez dejando de lado la calidad de su trabajo.

## PRODUCTIVIDAD DE LAS OBRERAS FILETEADORAS

### a) TOMA DE MUESTRA PRE-TEST

Se realizó un estudio inicial (pre-test) obteniendo 18 subgrupos (muestras) con un tamaño de 10 bandejas con pescado fileteado cada uno, en el período de tiempo conforme a la tabla 7: Población, muestra y unidad de análisis por hipótesis planteadas (ver tabla 16).

**Tabla 16.**

*Kilogramos por bandeja de pescado fileteado: Muestra pre-test.*

SUBGRUPO	MEDICIONES DE PESO DE PESCADO FILETEADO (en kilogramos)									
1	6,5	6,6	6,5	6,8	6,2	6,4	5,6	5,3	5,2	5,7
2	5,4	5,8	5,4	5,6	5,5	6,0	5,8	5,2	6,7	6,1
3	6,1	5,3	5,4	4,9	5,5	6,1	5,5	5,1	6,1	5,7
4	6,6	4,9	5,2	5,4	5,3	4,8	6,2	5,2	5,5	4,8
5	6,4	6,5	7,0	7,1	6,7	7,4	6,5	7,0	7,0	7,0
6	6,9	6,0	6,0	6,5	5,6	5,8	5,9	6,1	6,4	7,0
7	6,0	5,8	5,3	4,9	4,6	4,8	4,9	5,9	5,0	5,9
8	6,4	5,4	6,3	6,4	6,1	6,2	6,2	6,5	6,4	6,4
9	6,2	6,4	6,2	6,8	6,3	6,1	6,5	6,6	6,1	5,6
10	5,3	6,0	5,5	5,4	5,5	5,9	6,0	5,7	5,2	6,0
11	5,1	5,6	5,5	5,6	5,4	5,7	5,0	6,0	5,5	5,3
12	6,3	6,1	6,2	5,9	5,5	5,8	6,4	7,2	6,3	6,6
13	5,1	5,6	5,5	5,6	5,4	5,7	5,0	6,0	5,5	5,1
14	6,3	6,1	6,2	5,9	5,5	5,8	6,4	7,2	6,3	6,0
15	5,6	5,8	5,6	5,7	5,4	5,6	5,5	6,0	6,3	6,0
16	6,0	6,5	6,0	5,8	6,9	6,5	6,2	6,0	5,7	6,7
17	6,6	6,7	6,8	5,7	6,1	5,8	5,9	6,9	6,0	5,8
18	5,8	6,4	5,4	5,9	5,9	5,7	6,2	5,6	6,4	7,4

Fuente: Elaboración propia.

### b) ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En la tabla 17, se aprecian los principales estadísticos descriptivos que permiten ver claramente el comportamiento y las tendencias de los datos de la muestra pre-test de la variable dependiente: *Productividad en el subproceso de fileteado*, se emplea el software MINITAB.

**Tabla 17.**

*Estadísticas Descriptivas*

<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>VALOR</b>
Media	5.9411
Desviación estándar	0.5761
Primer cuartil (Q1)	5.5000
Mediana	5.9000
Tercer cuartil (Q3)	6.4000
Moda	6.0
Asimetría	0.16
Curtosis	-0.34

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la muestra pre-test tiene un promedio de 5.9411 kilogramos de pescado fileteado por bandeja con una desviación estándar de 0.5761, cabe resaltar el valor de la moda de 6, que es el valor en kilogramos de pescado fileteado que más se repite de la muestra pre-test.

En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra pre-test arroja como resultado -0.34, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico levemente aplanado que la distribución normal, esta curva se cataloga como distribución platicúrtica, ya que presenta un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma leve por su cercanía a cero.
- El valor de asimetría de la muestra pre-test tiene como resultado 0.16, el cual es mayor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente positiva ( $\bar{x} > Md > Mo$ ) o asimétricos a la derecha debido a que la “cola” de la distribución apunta a la derecha, pero de acuerdo al valor obtenido la asimetría es muy leve debido a que el valor obtenido es muy cercano a cero, es

decir, una pequeña concentración de valores se encuentra a la derecha de la media.

### c) PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$ .

Mediante el uso del software MINITAB, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (ver la figura 20).

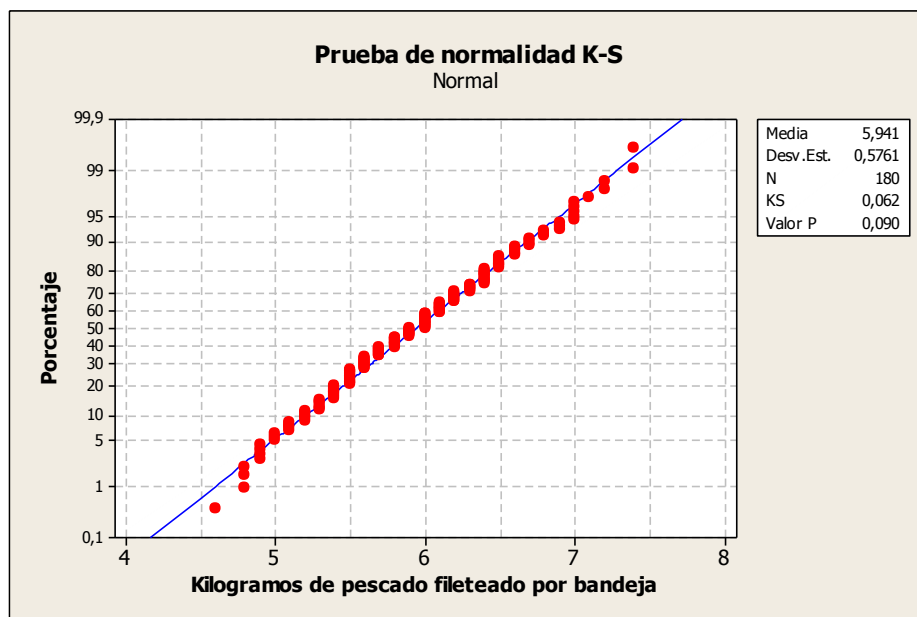


Figura 20. Gráfica de probabilidad: Prueba K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:

- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba K-S muestran un valor  $P = 0.090$ , valor que es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo tanto, se acepta

la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

#### d) ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Se utiliza la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , puesto que dicha gráfica es aplicable a procesos masivos y los datos son variables (características de calidad de tipo continuo). En la figura 21, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , mediante el software MINITAB.

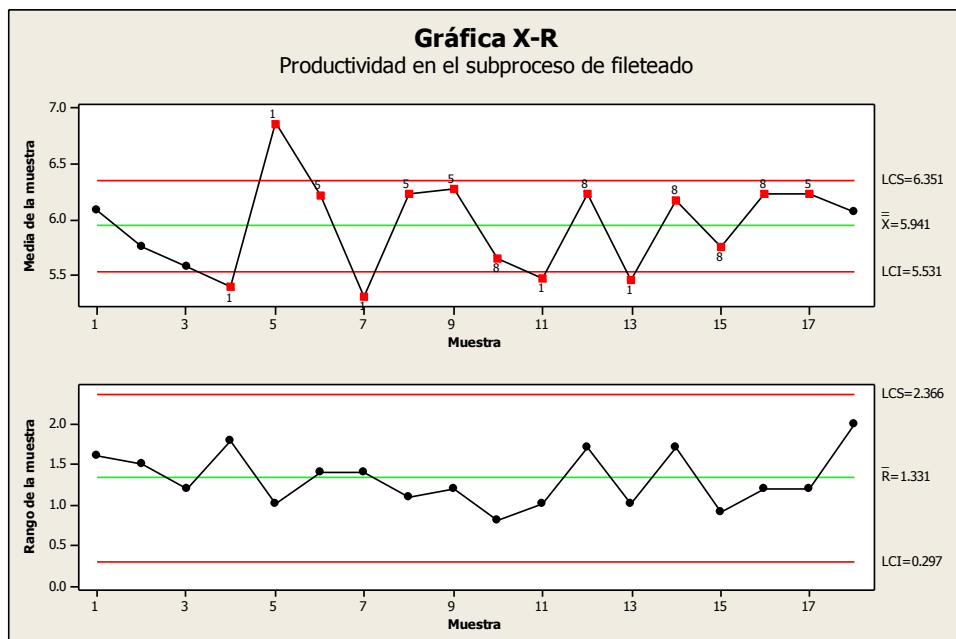


Figura 21. Gráfica de control  $\bar{X}-\bar{R}$  para la productividad del fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , mediante el software MINITAB, pero con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .



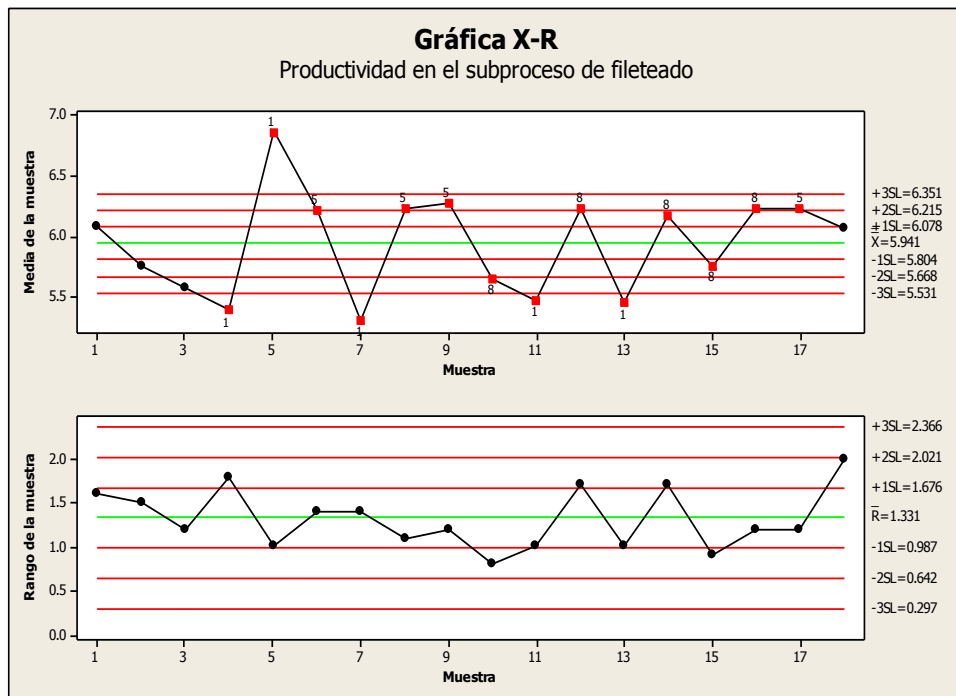


Figura 22. Gráfica de control  $\bar{X}-\bar{R}$  con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .

Fuente: Elaboración propia.

La gráfica  $\bar{R}$  indica que los datos están bajo control, por lo tanto, es apropiado examinar la gráfica  $\bar{X}$  que, de acuerdo a la muestra, se espera que el peso del pescado fileteado presentado en bandejas varíe entre 5.531 como LCI y 6.351 como LCS con un promedio de 5.941. En la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  se refleja una alta variabilidad, notándose que el proceso no es estable, puesto que hay puntos fuera de los límites de control. Además, no supera una de las pruebas para causas especiales, como es el caso de:

- PRUEBA 1. Que advierte un punto con valor mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central, es decir, puntos fuera de los límites de control, prueba contundente de falta de control. La prueba falló en los puntos: 4; 5; 7; 11; 13 de la gráfica de control.

Para complementar la prueba 1 para detectar causas especiales, se recurrió a pruebas como la N° 5, N°6 y N°8.

- PRUEBA 5. Que advierte 2 de cada 3 puntos con valores mayores a 2 desviaciones estándar respecto a la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en los puntos: 4; 6; 8; 9; 11; 13; 17.

- PRUEBA 6. Que advierte 4 de cada 5 puntos con valores mayores a 1 desviación estándar desde la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en el punto: 9.
- PRUEBA 8. Que advierte 8 consecutivos con valores mayores a 1 desviación estándar desde la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en los puntos: 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17.

### e) ÍNDICE DE INESTABILIDAD

Para el análisis pre-test es importante evaluar el subproceso mediante índice de inestabilidad, cuyo resultado fue:

$$St = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}}$$

$$St = \frac{5}{18}$$

$$St = 27.78\%$$

De acuerdo a la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , donde se muestran los puntos especiales, se puede concluir que con 27.78% de índice de inestabilidad, el proceso es inestable con alta variabilidad, requiriendo atención y mejora.

### f) ANÁLISIS DE CAUSAS MEDIANTE DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Con los resultados obtenidos en las mediciones, se prosiguió a ANALIZAR por qué sucede la variabilidad del subproceso de envasado mediante la herramienta *Diagrama de Ishikawa*.

Para ello, el equipo de trabajo designado empleó la lluvia de ideas o *Brainstorming*, donde se propusieron y se expusieron las posibles causas tanto principales como secundarias del problema; mediante consenso se estableció el diagrama de Ishikawa (ver figura 23); y como ya se mencionó, para el diagrama de Ishikawa sólo se consideró 4M de las 6M, descartando dos de las ramas por no ser factores que afecten al desenvolvimiento de la operación.

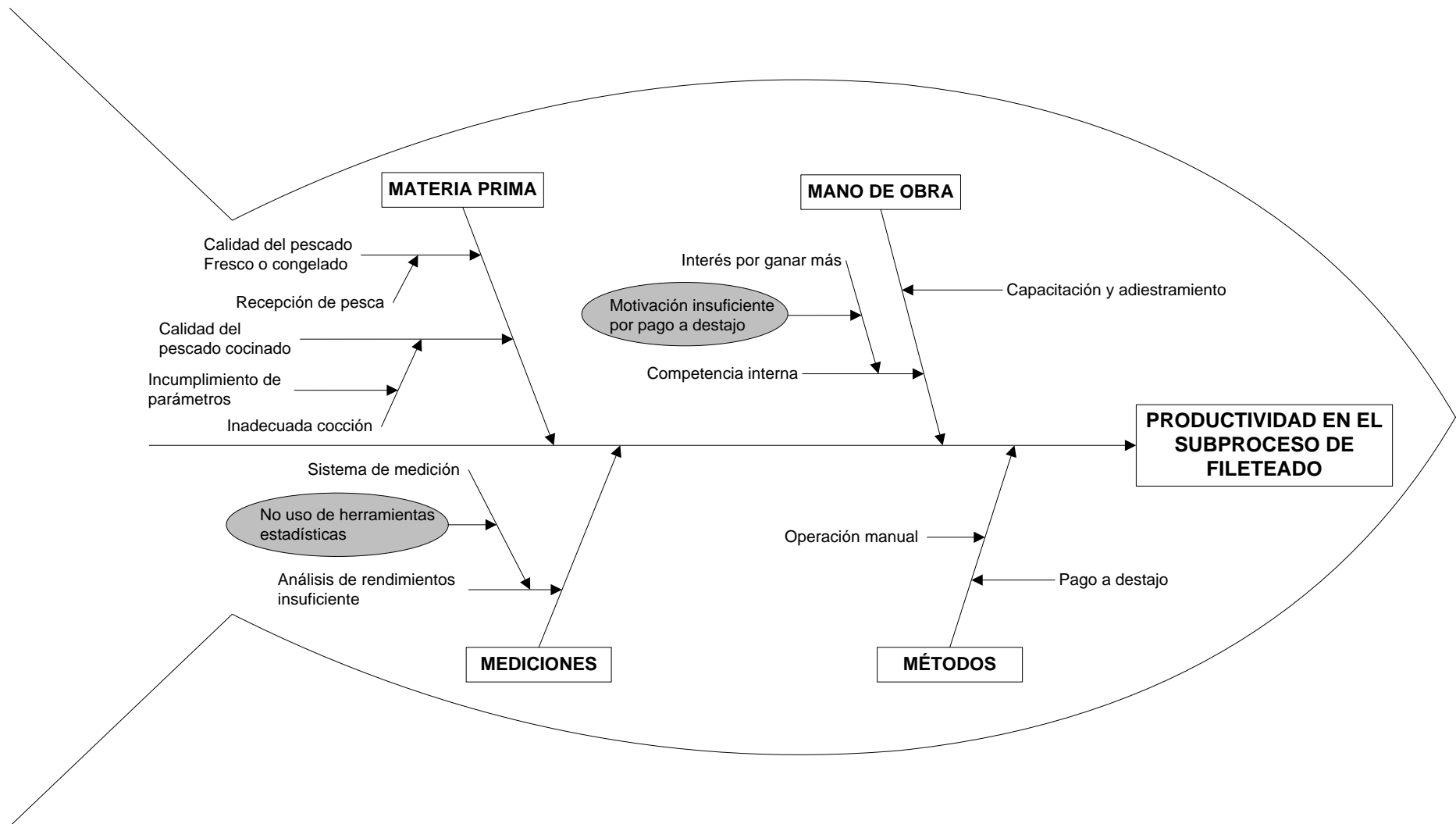


Figura 23. Diagrama de Ishikawa: Productividad en el subproceso de fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a identificar las causas raíz a abordar en la tesis (priorización) que se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18.**

*Evaluación para la priorización de las causas raíz*

<b>CAUSAS PRINCIPALES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>TOTAL</b>
<i>No uso de herramientas estadísticas</i>	5	5	5	5	3	3	5	5	36
<i>Motivación insuficiente por pago a destajo</i>	5	3	5	5	5	5	3	5	36
<i>Capacitación y adiestramiento</i>	5	5	5	3	3	3	3	5	32
<i>Operación manual</i>	3	1	1	3	3	1	3	3	18
<i>Pago a destajo</i>	3	1	3	1	3	1	3	1	16
<i>Recepción de pesca</i>	1	3	1	3	1	1	1	3	14
<i>Incumplimiento de los parámetros de cocción</i>	1	3	1	1	1	1	1	3	12
<b>PUNTAJE TOTAL</b>									<b>164</b>

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se determinaron como causas raíz a priorizar para resolver el problema de la variabilidad a:

- El no uso de herramientas estadísticas en el sistema medición del proceso, puesto que, no se conocía los límites de control, no se controlaba el centrado ni la estabilidad. El monitoreo era reactivo, puesto que sólo cuando los valores que se registraban eran considerados bajos se les llamaba la atención a las obreras.
- Motivación insuficiente por pago a destajo, donde las obreras impulsadas por el tema económico, buscan obtener mayor peso en pescado (pago a destajo), pero traducido a un mayor número de bandejas trabajadas y no en la obtención de un mayor peso por bandeja.

## CAPACIDAD DEL SUBPROCESO DE ENVASADO

### a) TOMA DE MUESTRA PRE-TEST

Se realizó un estudio inicial denominado pre-test, obteniendo 18 subgrupos (muestras) con un tamaño de 10 latas con pescado envasado cada una, el período de tiempo establecido está conforme a la tabla 7 del ítem 3.2 (Ver tabla 19).

**Tabla 19.**

*Peso envasado (pre-test)*

SUBGRUPOS	MEDICIONES DE PESO ENVASADO									
	(en gramos)									
1	126.2	122.1	125.3	124.5	125.4	124.8	121.9	129.4	126.6	125.1
2	123.3	122.9	126.2	124.7	125.0	122.2	122.8	125.4	123.6	126.3
3	126.4	127.2	125.4	126.6	123.8	127.4	124.3	122.8	126.6	121.7
4	125.8	125.3	125.0	125.1	126.0	125.3	125.6	126.1	126.4	125.8
5	122.7	125.2	124.5	124.0	126.5	124.3	123.9	123.4	123.5	126.0
6	124.0	124.3	126.7	125.4	126.0	121.0	126.0	125.5	126.8	124.3
7	123.4	126.0	126.2	126.5	126.0	126.4	125.6	123.0	123.4	123.8
8	128.8	126.5	127.5	129.3	128.5	126.5	125.4	127.0	128.5	124.5
9	127.7	126.3	127.0	126.5	128.2	127.9	128.1	126.4	130.2	130.7
10	122.5	128.6	124.2	125.5	126.6	125.7	126.1	127.2	124.0	125.4
11	125.2	125.5	122.8	121.4	126.6	121.5	124.5	126.6	125.4	122.9
12	124.4	126.0	123.3	122.1	125.5	121.8	123.1	122.4	125.0	122.5
13	122.5	124.2	123.7	128.5	127.2	122.7	124.9	126.3	125.3	125.8
14	127.5	122.8	123.0	122.0	126.6	125.9	123.9	123.6	127.3	120.5
15	122.8	127.6	123.2	127.1	121.4	122.3	128.4	125.8	122.5	123.7
16	121.8	124.5	129.0	126.3	126.3	125.2	121.7	124.8	123.9	121.5
17	128.2	125.7	124.4	126.2	127.6	126.3	122.9	126.6	123.3	124.6
18	127.2	127.5	126.8	127.6	128.3	127.6	127.1	127.4	126.5	125.0

Fuente: Elaboración propia.

## b) ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En la tabla 20, se aprecian los principales estadísticos descriptivos que permiten ver claramente el comportamiento y las tendencias de los datos de la muestra pre-test de la variable dependiente: *Capacidad del Subproceso de Envasado*.

**Tabla 20.**  
*Estadísticas Descriptivas.*

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	125.24
Desviación estándar	2.02
Primer cuartil (Q1)	123.70
Mediana	125.40
Tercer cuartil (Q3)	126.60
Moda	126.60
Kurtosis	-0.05
Asimetría	-0.45

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la muestra pre-test tiene un promedio de 125.24g de peso envasado, con una desviación estándar de 2.02, cabe resaltar el valor de la moda de 126.60g, que es el valor que más se repite de la muestra.

En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra pre-test arroja como resultado -0.05, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico levemente aplanado que la distribución normal, esta curva se cataloga como distribución platicúrtica, ya que presenta un

reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma muy leve por su cercanía a cero.

- El valor de asimetría de la muestra pre-test tiene como resultado -0.45, el cual es menor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente negativa ( $\bar{x} < Md < Mo$ ) o asimétricos a la izquierda debido a que la “cola” de la distribución apunta a los valores más bajos aunque ligeramente debido a que el valor obtenido es muy cercano a cero, es decir, una baja concentración de valores se encuentra a la izquierda de la media (leve tendencia de los valores a reunirse en la zona de los valores menores a la media).

### c) PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad se plantearon las hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software Minitab, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (ver la figura 24).

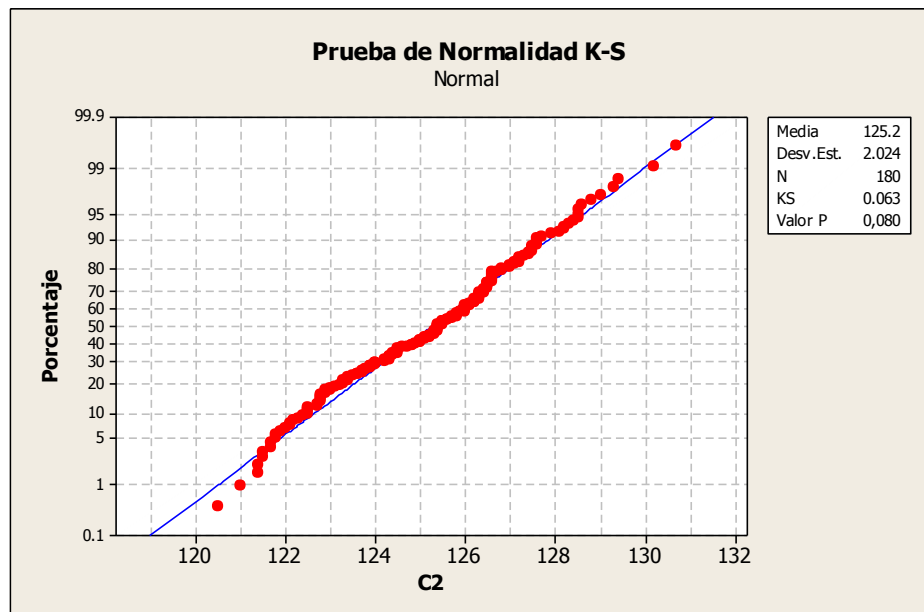


Figura 24. Gráfica de probabilidad: Prueba K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:

- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor  $P = 0.08$ , valor que es mayor a  $0.05$  que es el nivel de significancia, por lo tanto, según el criterio de evaluación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo de esta manera, que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

#### **d) ANÁLISIS APLICANDO CONTROL ESTADÍSTICO**

Para la muestra pre-test, se utilizó la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  mediante el software MINITAB (ver figura 25), puesto que dicha gráfica es aplicable a procesos masivos y los datos son tipo variables (características de calidad de tipo continuo), permitiendo determinar si el subproceso está o no bajo control estadístico (proceso estable).

En la figura 26, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , mediante el software MINITAB, pero con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .



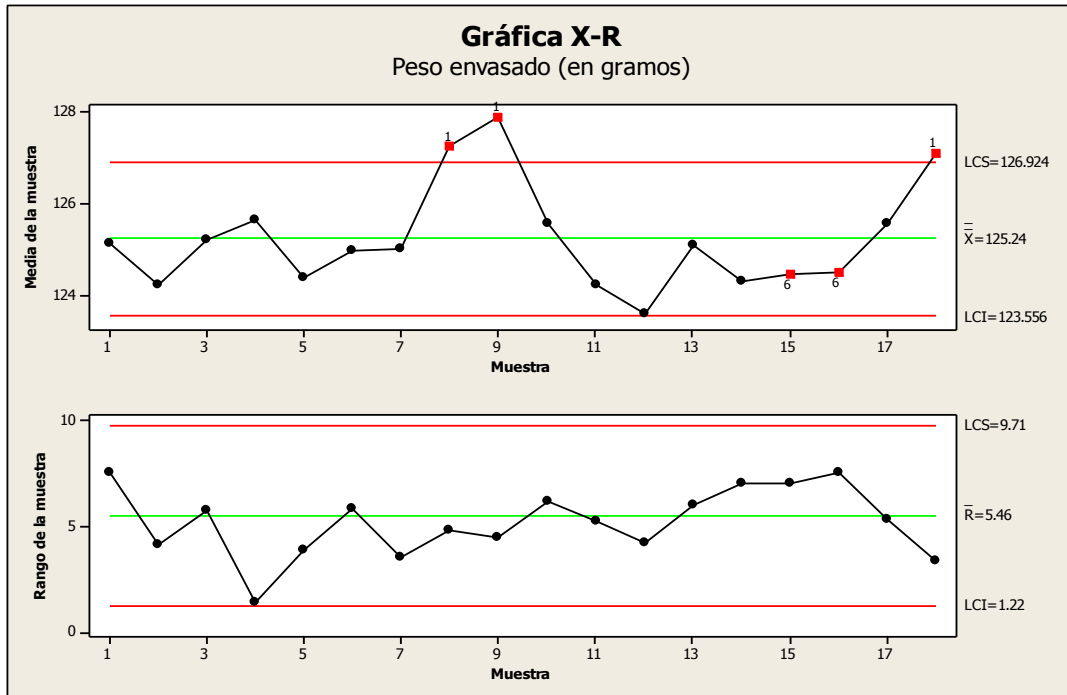


Figura 25. Gráfica de control  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  para el peso envasado.

Fuente: Elaboración propia.

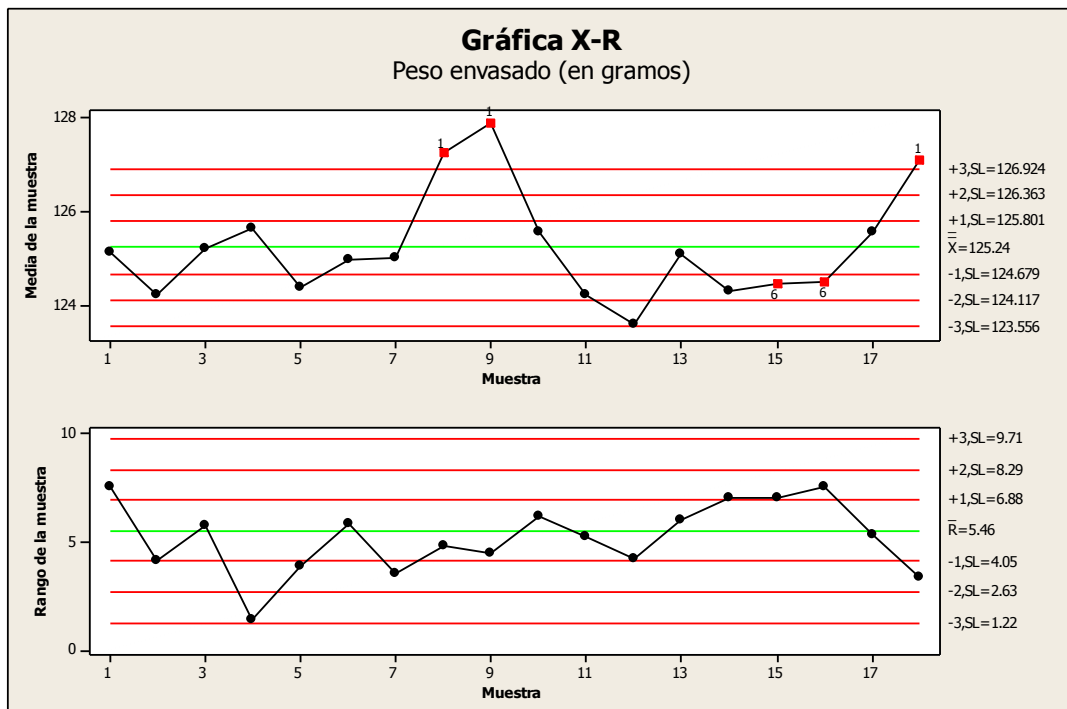


Figura 26. Gráfica de control  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  con límites  $1\sigma$ - $2\sigma$ - $3\sigma$ .

Fuente: Elaboración propia.

Para los datos de la muestra pre-test (peso envasado), la gráfica  $\bar{R}$  indica que el subproceso está bajo control. En la gráfica  $\bar{X}$  se puede identificar que, la línea central (estimado del promedio del proceso) es 125.24g, mientras que los límites de control superior e inferior son 126.924g y 123.556g, respectivamente, por lo tanto, se espera que los promedios de los subgrupos se ubiquen en dicho rango.

Los datos mostrados en la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  reflejan una alta variación, verificándose que el subproceso no estaba estable, puesto que hay puntos fuera de los límites de control. Además, no superó una de las pruebas para causas especiales en las gráficas de control (se identificaron patrones específicos de datos), como es el caso de:

- PRUEBA 1. Que advierte un punto con valor mayor a 3 desviaciones estándar desde la línea central, es decir, puntos fuera de los límites de control, prueba contundente de falta de control. La prueba falló en los puntos: 8; 9; 18; de la gráfica de control.

Para complementar la prueba 1 en la detección de causas especiales, se recurrió a pruebas adicionales como la N° 5 y N°6 del software MINITAB:

- PRUEBA 5. Que advierte 2 de cada 3 puntos con valores mayores a 2 desviaciones estándar respecto a la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en el punto: 9.
- PRUEBA 6. Que advierte 4 de cada 5 puntos con valores mayores a 1 desviación estándar desde la línea central (en un lado de LC). La prueba falló en los puntos: 15; 16.

Por tanto, se concluye que el subproceso estaba fuera de control, antes de la aplicación de la propuesta de mejora del presente trabajo de tesis, debido a causas especiales que hacen al promedio inestable.

Como el subproceso no estaba estadísticamente estable, no es adecuado realizar un análisis de capacidad. A pesar de ello, se puede afirmar que el

subproceso no está centrado y tampoco cumple con las especificaciones fijadas por la Dirección, que son:

- Límite de la especificación superior: 126g.
- Media objetivo: 123g.
- Límite de la especificación inferior: 120g.

#### **e) ANÁLISIS DE CAUSAS MEDIANTE DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

Con los resultados obtenidos de las mediciones de la muestra pre-test, se prosiguió a ANALIZAR por qué sucede la variabilidad en el peso envasado, mediante el *Diagrama de Ishikawa*.

Para ello, el equipo de trabajo designado, empleó la lluvia de ideas o *Brainstorming*, donde se propusieron y se expusieron las posibles causas tanto principales como secundarias del problema; mediante consenso se estableció el diagrama de Ishikawa (ver figura 27); considerándose 5M de las 6M, descartando dos de las ramas por no ser factores que afecten al desenvolvimiento de la operación.

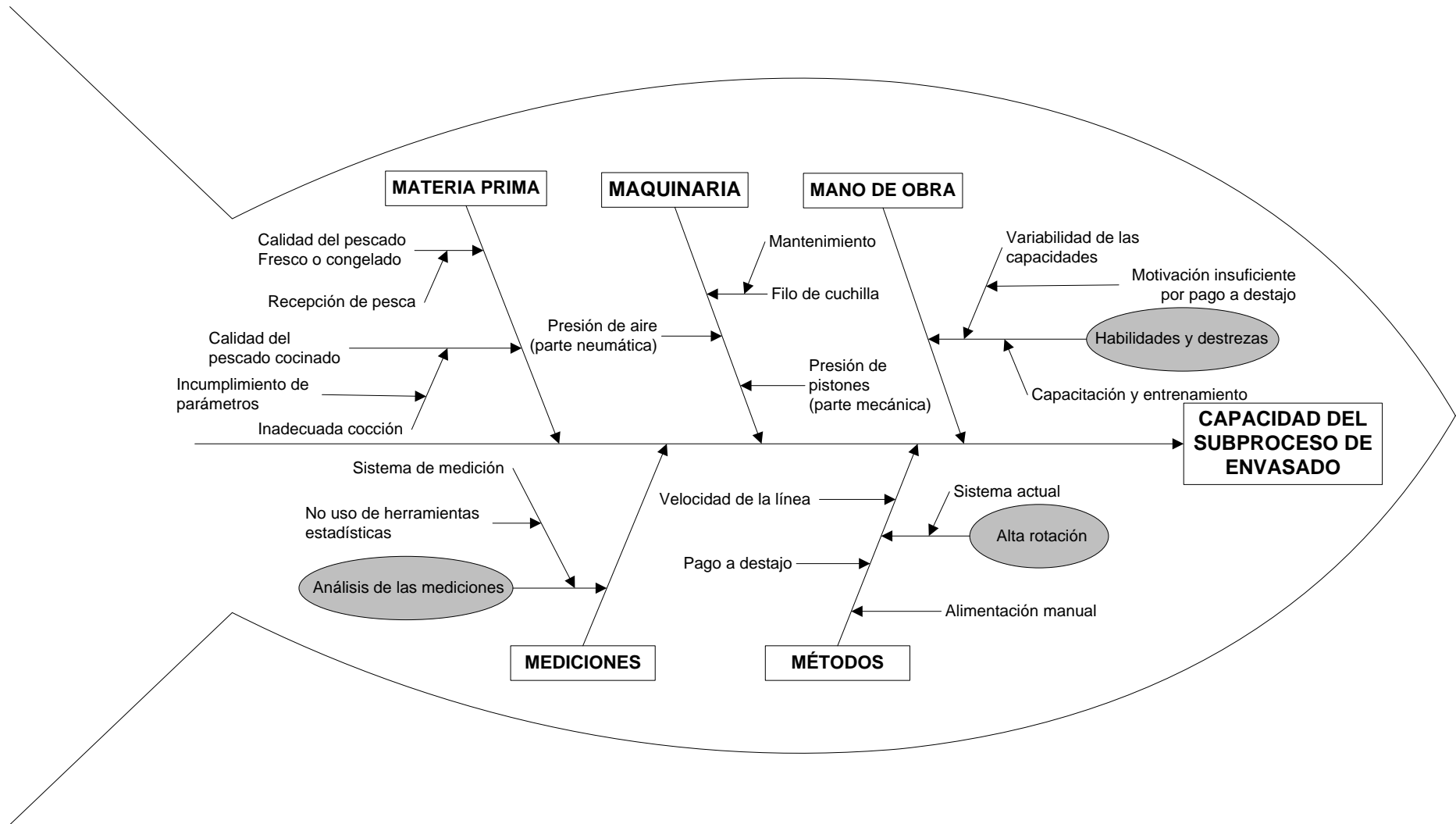


Figura 27. Diagrama de Ishikawa: Capacidad del subproceso de envasado.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a establecer las causas raíz a abordar en la tesis (priorización) que se muestran en la tabla 21.

**Tabla 21.**

*Evaluación para la priorización de las causas raíz*

<b>CAUSAS PRINCIPALES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>TOTAL</b>
<i>Motivación insuficiente por pago por jornal</i>	3	5	5	3	3	5	5	3	32
<i>No uso de herramientas estadísticas</i>	5	5	5	3	3	3	5	3	32
<i>Sistema actual de alta rotación</i>	5	5	3	3	5	5	3	3	32
<i>Velocidad de la línea</i>	3	5	3	3	3	3	3	1	24
<i>Mantenimiento de la cuchilla</i>	3	3	1	3	3	3	1	1	18
<i>Alimentación manual</i>	3	1	1	3	3	1	3	3	18
<i>Pago a destajo</i>	3	1	3	1	3	1	3	1	16
<i>Recepción de pesca</i>	1	3	1	3	1	1	1	3	14
<i>Incumplimiento de parámetros de cocción</i>	1	3	1	1	1	1	1	3	12
<i>Presión de aire (parte neumática)</i>	1	3	1	1	3	1	1	1	12
<i>Presión de pistones (parte mecánica)</i>	1	1	1	1	3	1	1	1	10
<b>PUNTAJE TOTAL</b>									<b>220</b>

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se determinaron como causas raíz a priorizar para resolver el problema de la variabilidad a:

- Motivación insuficiente por pago a destajo, influye porque la operación de llenado en la máquina envasadora al ser manual, requiere personal en equipos, percibiéndose variabilidad en las capacidades de los mismos y además que cada dos horas se rota al personal (20 equipos de 2 personas), la alta rotación hace insuficiente la capacitación y entrenamiento de estos equipos sumado al desaliento de trabajar allí, debido a que se paga por

jornal (a diferencia del subproceso de fileteado que se paga por destajo).

- El sistema actual de alta rotación de la mano de obra, en la alimentación de pescado a la máquina HERFRAGA se debía a que el sistema actual de utilización de las obreras mezcla de pagos al destajo y jornales hacía que el universo de obreras reciba el mismo tratamiento de rotación y,
- El no uso de herramientas estadísticas, en el sistema medición del proceso, puesto que, no se conocía los límites de control, no se controlaba el centrado ni la estabilidad, tampoco se conocía si el subproceso es capaz o no. El monitoreo era reactivo, puesto que sólo cuando los valores que se registraban salían de los límites de las especificaciones de forma continua, se tomaba acciones.

### 4.3 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN POST - TEST

#### DEFECTOS EN EL PESCADO FILETEADO

##### a) TOMA DE MUESTRA POST-TEST

Se realizó la toma de muestra post-test extrayendo 180 unidades (10 bandejas con pescado fileteado por subgrupo) en el período de tiempo conforme a la tabla 7 del ítem 3.2.

Para ello, utilizamos nuevamente la *hoja de verificación para productos defectuosos*, en este caso, para defectos en toda la muestra, desde el 02 al 25 de noviembre del 2015, teniendo en dicho rango de fechas un total de 18 días de producción (ver tabla 22).

**Tabla 22.***Defectos: Muestra Post-test.*

SUBGRUPO	BANDEJAS	NÚMERO DE DEFECTOS				TOTAL
		Coágulo	Espinas	Carne oscura	Piel	
1	10	1	2	2	5	10
2	10	1	0	2	2	5
3	10	2	1	2	4	9
4	10	0	2	3	1	6
5	10	0	0	2	1	3
6	10	1	1	3	2	7
7	10	1	1	3	0	5
8	10	1	1	1	1	4
9	10	1	0	5	1	7
10	10	0	1	5	2	8
11	10	0	1	1	2	4
12	10	0	1	4	2	7
13	10	1	2	3	2	8
14	10	1	3	4	1	9
15	10	0	2	4	3	9
16	10	1	0	2	2	5
17	10	0	3	4	1	8
18	10	1	1	3	1	6
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>	<b>22</b>	<b>53</b>	<b>33</b>	<b>120</b>

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se presenta en la tabla 23, los defectos por tipo, por cada subgrupo de muestra de 10 bandejas cada uno.

**Tabla 23.***Hoja de verificación de defectos: Muestra post-test.*

<b>HOJA DE VERIFICACIÓN</b>		
Producto:	Trozos de atún en aceite vegetal	
Fecha de registro:	26/11/2015	
Inspector:	Luis Martín Matzunaga Zamudio	
Días laborados:	18	
<b>DEFECTOS POR:</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Coágulo	//// // //	12
Espinas	//// // //	22
Carne oscura	//// // // //// //	53
Piel	//// // //	33
<b>TOTAL</b>		<b>120</b>

(\*) Fechas de producción: 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24 y 25 de noviembre del 2015

Fuente: Elaboración propia.

## **b) NIVEL DE INCIDENCIA DE DEFECTOS**

Con los datos obtenidos de la hoja de verificación, se pudo establecer la incidencia de los defectos (ver tabla 23) que presenta el pescado fileteado como resultado de la operación manual que emplea el subproceso mediante el diagrama de Pareto (ver tabla 24 y figura 28).

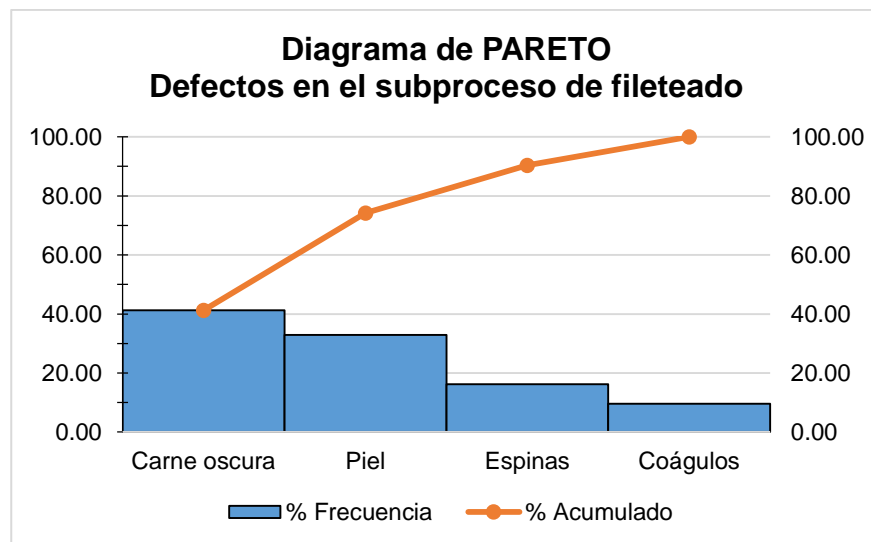


**Tabla 24.**

*Análisis de Pareto*

<b>Defectos</b>	<b># Defectos</b>	<b>% Frecuencia</b>	<b>% Acumulado</b>
Carne oscura	53	44.17	44.17
Piel	33	27.50	71.67
Espinas	22	18.33	90.00
Coágulos	12	10.00	100.00
<b>Total de defectos</b>	<b>120</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 28.* Diagrama de Pareto aplicado a los defectos.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de Pareto determinó que la carne oscura como la piel siguen siendo los defectos con mayor presencia con un 71.67% de presencia. Con la aplicación de la propuesta de solución del presente trabajo de tesis, se pudo comprobar que el nivel de incidencia de defectos en el pescado fileteado disminuye en un 63.19%, es decir, de 326 defectos disminuye a 120 defectos para en un mismo tamaño de muestra.

### c) ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Mediante el uso del software MINITAB, se extrajeron las estadísticas descriptivas de la muestra post-test (ver tabla 25).

**Tabla 25.**

*Estadísticas Descriptivas.*

<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>VALOR</b>
Media	6.667
Desviación estándar	2.029
Primer cuartil (Q1)	5.000
Mediana	7.000
Tercer cuartil (Q3)	8.250
Moda	5, 7, 8, 9
Asimetría	-0.15
Curtosis	-1.01

Fuente: Elaboración propia.

Lo que se aprecia en la tabla 25, es que la muestra post-test tiene un promedio de 6.667 defectos por cada muestra (tamaño de 10 bandejas), con una desviación estándar de 2.029; con una moda de 5, 7, 8, 9 defectos por cada 10 bandejas según muestra. En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra pre-test arroja como resultado -1.01, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico aplanado (distribución platicúrtica), ya que presenta un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma leve por su cercanía a cero.

- El valor de asimetría de la muestra pre-test tiene como resultado - 0.15, el cual es mayor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente negativa ( $\bar{x} < Md < Mo$ ) o asimétricos a la izquierda debido a que la “cola” de la distribución apunta a la izquierda, es decir, una pequeña concentración de valores se encuentra a la derecha de la media.

#### d) PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software MINITAB, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (ver la figura 29).

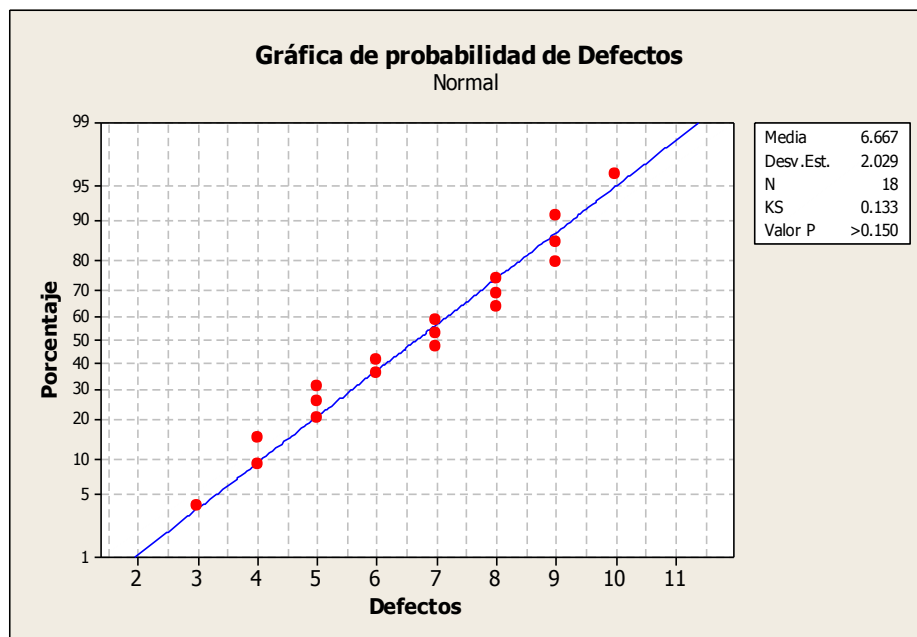


Figura 29. Gráfica de probabilidad de Defectos: Prueba K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:

- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor  $P > 0.150$ , valor que es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia, por lo tanto, según el criterio de evaluación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo de esta manera, que los datos de la muestra siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

### e) ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Para la muestra post-test se utiliza nuevamente la Gráfica de Control C (ver figura 30), por los motivos expuestos para la muestra pre-test.

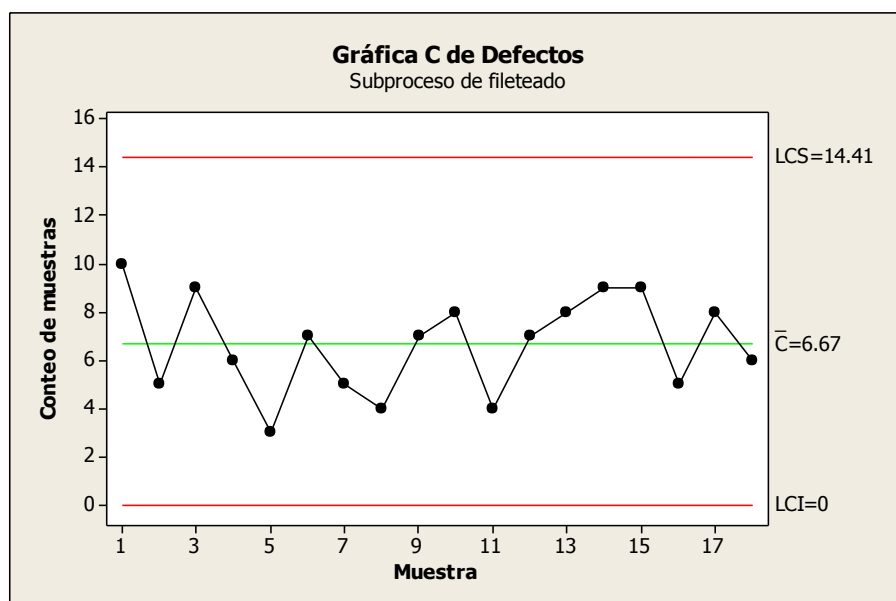


Figura 30. Gráfica C de defectos en el subproceso de fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la muestra tomada, se espera que el número de defectos por bandeja de pescado varíe entre 0 (-1.08 se iguala a cero) como LCI (límite de control inferior) y 14.41 como LCS (límite de control superior) con un promedio del subproceso de 6.67 defectos, dando una notoria mejoría al disminuir el promedio de defectos por cada 10 bandejas, es decir, un promedio por bandeja de  $1.81 \approx 2.00$  a menos de 1.00 defecto, con respecto a la muestra pre-test.

Los límites de una Gráfica C reflejan la variación esperada para el número de defectos por subgrupo, donde se aprecia que el proceso sigue siendo estable puesto que no hay puntos fuera de los límites de control. Además, se superan las pruebas para causas especiales.

#### f) MÉTRICA DPMO

Para el análisis post-test se evalúa nuevamente desde el punto de vista la métrica Six Sigma para atributos (defectos), tal como se muestra en la tabla 26.

**Tabla 26.**

*Métrica Six Sigma para atributos*

<b>MÉTRICA</b>	<b>VALOR</b>
DPU	0.67
DPO	0.1667
<b>DPMO</b>	<b>166.667</b>

Fuente: Elaboración propia.

La primera métrica DPU, indica en promedio, que cada bandeja con pescado fileteado tiene 0.67 defectos (presencia de menos de 01 defecto por bandeja). La segunda métrica DPO, este indicado trabaja con las oportunidades de presencia de defectos por unidad (bandeja), con lo cual el valor de 0.1667 indica que, de 720 oportunidades de presencia de defectos, 120 errores o defectos fueron detectados.

El DPMO obtenido indica que se esperan 166,667 defectos por millón de posibilidades de incidencia de defectos (04 por bandeja), valor que es mucho menor al indicador DPMO de la muestra pre-test que tiene 447,222 defectos por millón de oportunidades, reduciendo el índice DPMO en 63.19%.

## PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE FILETEADO

### a) TOMA DE MUESTRA POST-TEST

Luego del período de aplicación de prueba (test) donde se ejecutó la metodología descrita en el ítem 4.1 y se realizó la toma de la muestra post-test obteniendo 18 subgrupos (muestras) con un tamaño de 10 bandejas con pescado fileteado cada uno, conforme a la tabla 7 del ítem 3.2 (ver tabla 27).

**Tabla 27.**

*Kilogramos por bandeja de pescado fileteado: Muestra post-test. (Continúa)*

SUBGRUPO	MEDICIONES DE PESO DE PESCADO									
	FILETEADO									
	(en kilogramos)									
1	6,1	6,0	6,5	5,9	5,8	7,3	5,5	6,8	6,0	7,0
2	6,2	6,6	6,9	6,2	6,3	6,9	5,5	6,5	7,3	6,3
3	5,8	6,7	6,3	6,7	6,3	7,2	7,1	6,3	6,0	5,8
4	5,7	6,1	6,4	5,5	6,5	6,0	6,8	6,0	7,2	6,0
5	5,4	5,8	6,5	6,0	6,7	5,9	6,5	7,1	6,6	6,7
6	7,0	6,4	6,3	6,1	6,4	6,9	6,4	6,9	6,3	6,5
7	5,9	6,1	6,4	5,5	6,2	6,1	5,9	6,5	6,3	7,2
8	6,2	7,2	6,9	5,6	6,1	6,3	7,3	6,7	5,8	6,6
9	7,0	5,7	5,5	8,0	6,4	6,5	6,6	6,0	6,6	6,5
10	6,9	6,4	5,9	7,0	6,6	6,1	6,1	6,8	7,2	6,8
11	6,7	7,3	5,8	6,5	6,6	6,8	6,6	5,6	6,3	6,1
12	6,4	6,5	6,1	6,4	6,8	7,4	7,2	6,6	6,8	6,3
13	5,4	7,1	6,5	6,6	6,1	6,3	6,8	6,2	7,1	7,2
14	6,7	7,2	6,3	6,8	6,0	6,8	6,7	6,2	6,2	6,4
15	6,2	7,1	6,9	6,0	6,7	6,7	6,5	6,5	6,2	6,3
16	6,7	6,2	6,0	6,5	6,4	5,9	6,1	6,2	6,5	5,7
17	6,5	6,6	6,9	6,5	6,9	6,4	6,3	7,0	6,4	6,0
18	6,5	6,3	7,0	6,0	6,3	7,2	5,9	6,8	6,6	6,4

Fuente: Elaboración propia.

## b) ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En la tabla 28, se aprecian los principales estadísticos descriptivos que permiten ver claramente el comportamiento y las tendencias de los datos de la muestra post-test de la variable dependiente (VD2): *Productividad en el Subproceso de Fileteado*, se emplea el software MINITAB.

**Tabla 28.**

*Estadísticas Descriptivas*

<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>VALOR</b>
Media	6.4389
Desviación estándar	0.4671
Primer cuartil (Q1)	6.1000
Mediana	6.4000
Tercer cuartil (Q3)	6.8000
Moda	6.5
Asimetría	0.12
Curtosis	-0.07

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la muestra post-test tiene un promedio de 6.4389 kilogramos de pescado fileteado por bandeja con una desviación estándar de 0.4671, cabe resaltar el valor de la moda de 6.5, que es el valor en kilogramos de pescado fileteado que más se repite de la muestra post-test. En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra pre-test arroja como resultado -0.07, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico levemente aplanado que la distribución normal, esta curva se cataloga como distribución platicúrtica, ya que presenta un menor grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma muy leve por su cercanía a cero.
- El valor de asimetría de la muestra post-test tiene como resultado 0.12, el cual es mayor a cero, por tanto, se determina que la curva

que distribuye a los datos es asimétricamente positiva ( $\bar{x} > Md > Mo$ ) o asimétricos a la derecha debido a que la “cola” de la distribución apunta a la derecha, pero de acuerdo al valor obtenido la asimetría es muy leve debido a que éste es muy cercano a cero, es decir, una baja concentración de valores se encuentra a la derecha de la media (leve tendencia de los valores a reunirse en la zona de los valores menores a la media).

### c) PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad se plantean las hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software Minitab, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (ver la figura 31).

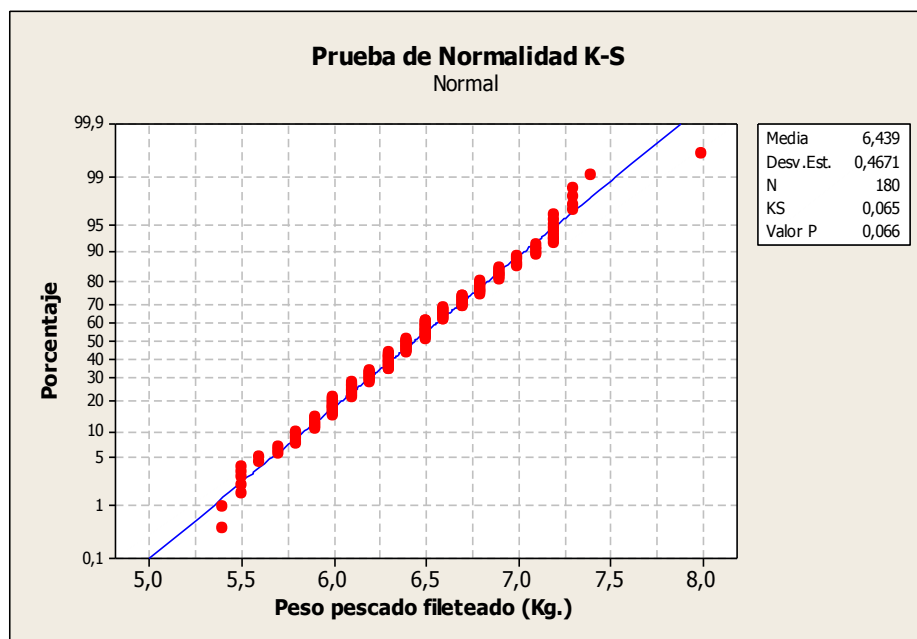


Figura 31. Gráfica de probabilidad: Prueba K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:



- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor  $P = 0.066$ , valor que es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia, por lo tanto, según el criterio de evaluación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo de esta manera, que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

#### d) ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Para la muestra post-test nuevamente se empleó la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , que permitió determinar si el subproceso, luego de la aplicación de la alternativa de solución propuesta por el presente trabajo de tesis, está o no bajo nivel estadístico. En la figura 32, se muestra los resultados post-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , mediante el software Minitab.

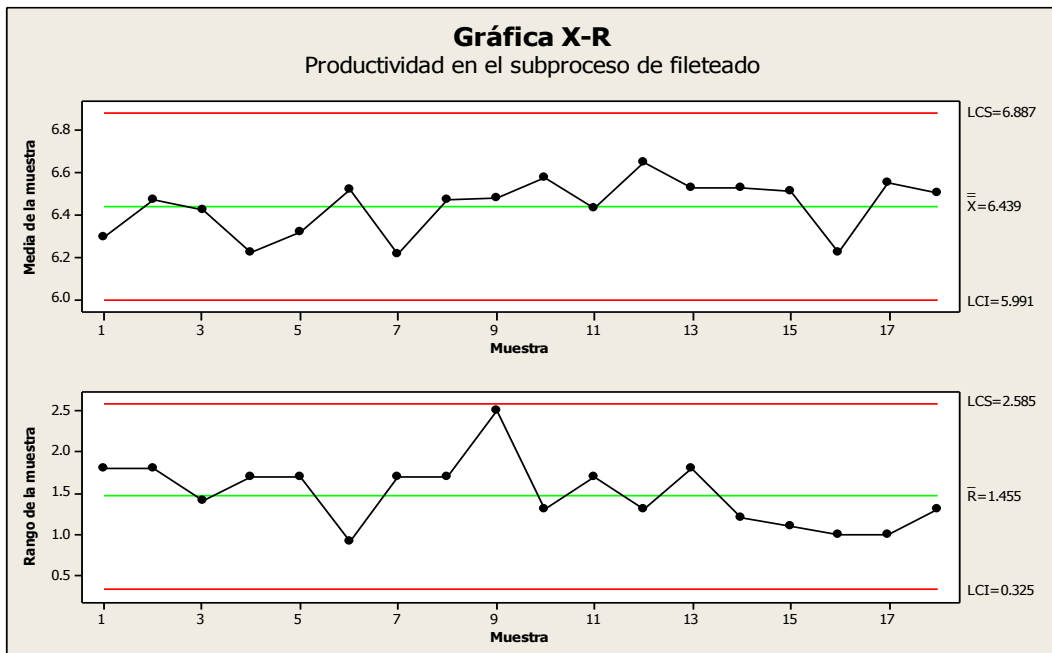


Figura 32. Gráfica de control  $\bar{X}-\bar{R}$  para la productividad en el fileteado.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 33, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , mediante el software MINITAB, pero con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .

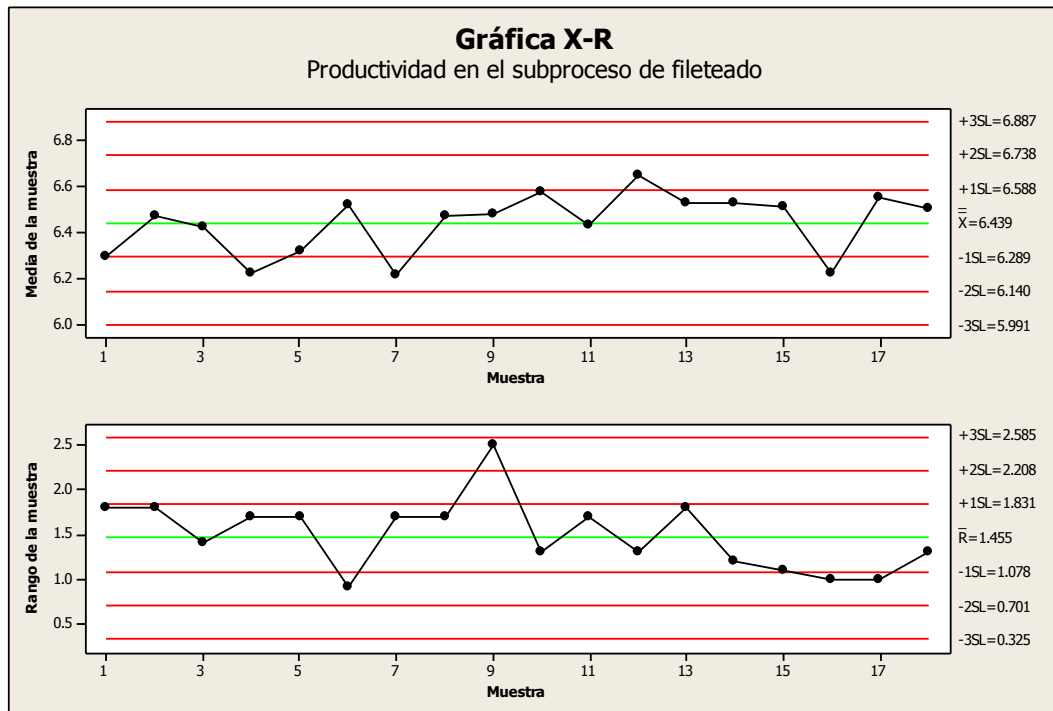


Figura 33. Gráfica de control  $\bar{X}-\bar{R}$  con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .

Fuente: Elaboración propia.

Para los datos obtenidos de la muestra post-test, tanto la gráfica  $\bar{X}$  como la gráfica  $\bar{R}$  están bajo control estadístico, además la muestra logró superar todas las pruebas de causas especiales en las gráficas de control (no se identificaron patrones específicos de datos). Por lo tanto, se concluye que el subproceso está bajo control estadístico, porque no hay puntos fuera de los límites de control como resultado de la aplicación de la propuesta de mejora del presente trabajo de tesis.

En comparación con la muestra pre-test, la aplicación de la propuesta de mejora ha conllevado a desplazar la media de 5.919 a 6.439 kg de pescado por bandeja, de esta manera, se está incrementando en 8.37% la obtención de peso de pescado fileteado, que da como resultado mayor cantidad de producto terminado final.

### e) ÍNDICE DE INESTABILIDAD

Para el análisis post-test se vuelve a evaluar el subproceso mediante índice de inestabilidad, cuyo resultado fue:

$$St = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}}$$

$$St = \frac{0}{18}$$

$$St = 0.00\%$$

De acuerdo a la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , donde se muestran los puntos especiales, se puede concluir que con 0.00% de índice de inestabilidad, el proceso tiene una estabilidad buena.

Cabe destacar lo que señalan Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009): “Aunque no existen acuerdos de qué tan pequeño tiene que ser el índice  $St$  para considerar que un proceso posee una buena estabilidad, nosotros creemos que un valor entre 0 y 2% corresponde a un proceso con una estabilidad relativamente buena, de 2 a 5%, regular; y en la medida de que  $St$  supere estos porcentajes se considerará qué tan mala es su estabilidad”. (pp.204).

## CAPACIDAD DEL SUBPROCESO DE ENVASADO

### a) TOMA DE MUESTRA POST-TEST

Luego del período de aplicación de prueba (test) ejecutando la metodología descrita en el ítem 4.1, se realizó la toma de la muestra para la situación post-test obteniendo 18 subgrupos (muestras) con un tamaño de 10 latas con pescado envasado cada uno (sin líquido de gobierno), en el período de tiempo conforme a la tabla 7 del ítem 3.2 (ver tabla 29).

**Tabla 29.***Peso envasado (post-test)*

SUBGRUPOS	MEDICIONES DE PESO ENVASADO (en gramos)									
1	126,1	123,4	122,4	124,1	122,6	123,1	120,9	123,2	121,3	125,1
2	121,5	122,2	121,9	126,1	123,8	122,3	122,9	124,3	123,3	122,6
3	121,6	123,2	122,5	122,0	124,0	122,9	121,9	121,4	122,9	124,5
4	123,4	122,3	123,0	122,5	126,4	123,2	124,1	122,4	126,2	123,8
5	122,5	122,9	120,9	125,1	123,3	122,2	121,6	122,6	124,8	124,6
6	124,1	125,2	123,2	124,6	119,8	124,3	122,8	120,8	124,6	121,8
7	120,8	124,5	121,2	125,1	121,7	120,3	126,2	123,8	121,9	119,8
8	124,0	121,0	123,3	122,5	123,1	122,8	119,9	124,1	124,1	123,4
9	123,2	125,0	122,8	121,4	122,9	122,9	124,0	125,1	123,2	126,0
10	124,2	122,2	121,8	120,4	121,9	120,5	123,5	125,6	124,0	125,1
11	121,9	124,0	124,2	124,5	121,8	124,3	123,6	121,0	121,4	122,6
12	123,6	125,1	124,8	121,4	123,0	123,6	125,1	124,2	124,5	122,9
13	122,4	125,2	121,6	124,2	121,7	120,9	126,4	123,8	120,8	119,6
14	121,5	123,8	122,2	123,5	123,4	123,0	124,1	125,2	122,5	124,6
15	122,4	123,6	121,3	120,1	123,3	119,8	122,1	123,6	123,0	122,5
16	122,1	124,0	125,4	123,8	124,1	123,2	119,8	122,8	121,6	123,4
17	122,3	121,9	125,2	123,7	124,0	122,1	121,8	124,4	122,6	125,3
18	123,4	124,8	122,3	121,5	123,5	121,6	122,1	121,4	124,0	123,2

Fuente: Elaboración propia.

**b) ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

En la tabla 30, se aprecian los principales estadísticos descriptivos que permiten ver claramente el comportamiento y las tendencias de los datos de la muestra post-test de la variable dependiente (VD3): *Capacidad del subproceso de envasado*.

**Tabla 30.**

*Estadísticas Descriptivas*

<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>VALOR</b>
Media	123.05
Desviación estándar	1.50
Primer cuartil (Q1)	121.90
Mediana	123.10
Tercer cuartil (Q3)	124.10
Moda	123.2; 124
Curtosis	-0.40
Asimetría	-0.04

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la muestra post-test tiene un promedio de 123.05g de peso envasado, que es un valor muy aproximado al objetivo central de 123g, con una desviación estándar de 1.50, con respecto al valor de la moda se tiene varios valores que se repitieron como 123.2g y 124g. En lo que respecta a las medidas de forma, tenemos que:

- El valor de curtosis de la muestra post-test arroja como resultado - 0.40, que indica que la distribución tiene colas ligeras y un pico levemente aplanado que la distribución normal, esta curva se cataloga como distribución platicúrtica, por presentar un menor grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, aunque de forma muy leve por su cercanía a cero.
- El valor de asimetría de la muestra post-test tiene como resultado - 0.04, el cual es menor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente negativa ( $\bar{x} < Md < Mo$ ) o asimétricos a la izquierda debido a que la “cola” de la distribución apunta a la izquierda aunque ligeramente debido a que el valor obtenido es muy cercano a cero, es decir, una baja concentración de valores se encuentra a la izquierda de la media (leve tendencia de los valores a reunirse en la zona de los valores menores a la media).

### c) PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad se plantean las hipótesis:

$H_0$  = Los datos siguen una distribución normal.

$H_1$  = Los datos no siguen una distribución normal.

Con un nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Mediante el uso del software Minitab, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov (ver la figura 34).

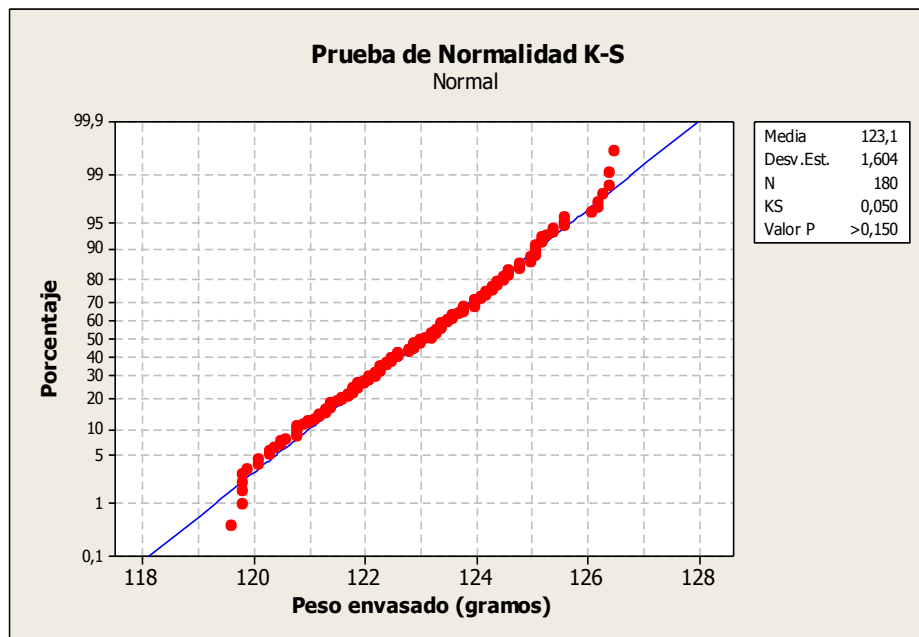


Figura 34. Prueba de normalidad K – S.

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de evaluación indica que:

- Valor  $P > \alpha \rightarrow$  Se acepta  $H_0$
- Valor  $P \leq \alpha \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$

Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor  $P > 0.150$ , valor que es mayor a 0.05 que es el nivel de significancia, por lo tanto, según el criterio de evaluación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), concluyendo de esta manera, que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

#### d) ANÁLISIS APLICANDO CONTROL ESTADÍSTICO

Para la muestra post-test (peso envasado), se volvió a utilizar la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$ , puesto que como se mencionó anteriormente, dicha gráfica es aplicable a procesos masivos y los datos son del tipo variables (características de calidad de tipo continuo), que corrobore que el proceso, después de la aplicación de la variable independiente (VI3), esté estable (bajo control estadístico).

En la figura 35, se muestra los resultados post-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  en Minitab.

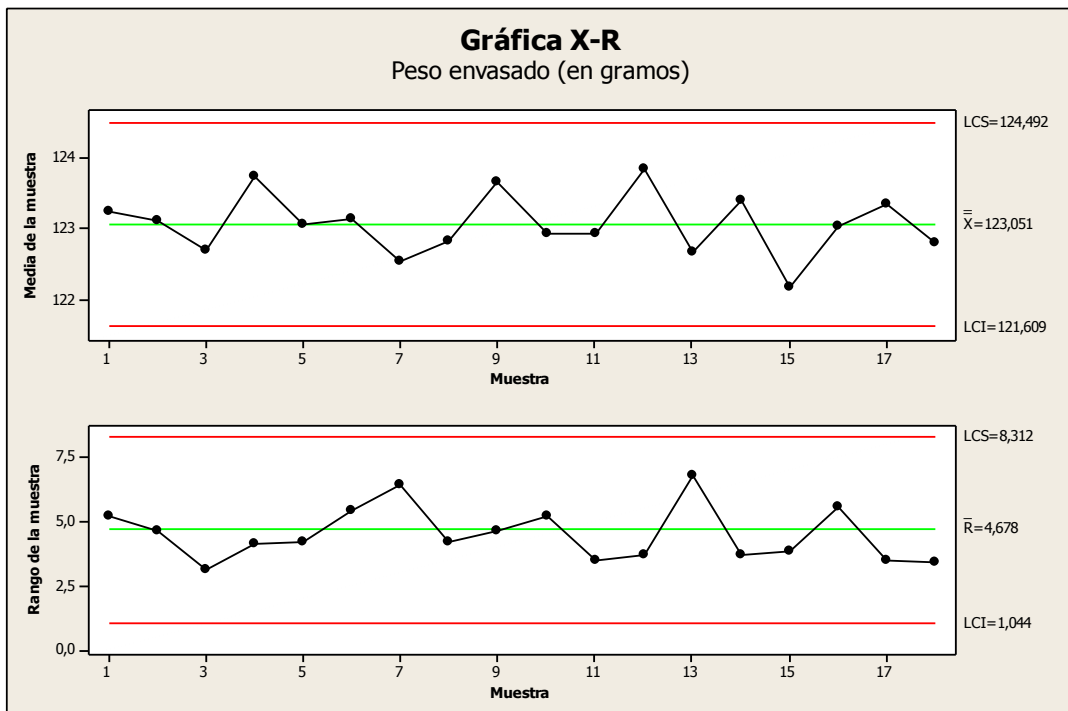


Figura 35. Gráfica de control  $\bar{X}-\bar{R}$  para el peso envasado.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 36, se muestra los resultados post-test empleando la Gráfica de Control  $\bar{X}-\bar{R}$  que ofrece el software MINITAB, pero con límites  $1\sigma-2\sigma-3\sigma$ .

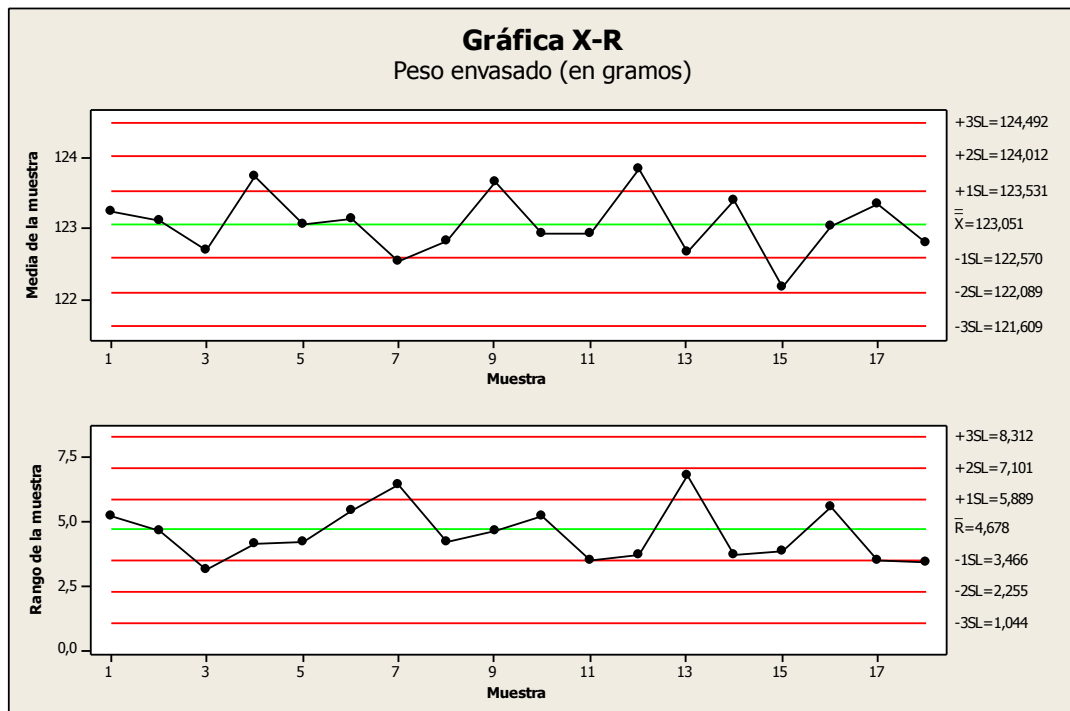


Figura 36. Gráfica de control  $\bar{X}$ - $\bar{R}$  con límites  $1\sigma$ - $2\sigma$ - $3\sigma$ .

Fuente: Elaboración propia.

Para los datos obtenidos sobre el peso envasado, tanto la gráfica  $\bar{X}$  como la gráfica  $\bar{R}$  están bajo control estadístico, además la muestra logró superar todas las pruebas de causas especiales en las gráficas de control (no se identificaron patrones específicos de datos), por lo tanto, se concluye que el subproceso está estable y es normal, porque no hay puntos fuera de los límites de control como resultado de la aplicación de la propuesta de mejora del presente trabajo de tesis.

Teniendo el subproceso de envasado bajo control estadístico, se aplicó el análisis de capacidad para conocer el estado post-test de los índices de capacidad potencial y real del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ) y los índices de desempeño potencial y real del proceso ( $P_p$  y  $P_{pk}$ ) – proceso de doble especificación. En la figura 37, se muestran los resultados post-test empleando en Análisis de Capacidad con los índices de capacidad y desempeño potencial y real del proceso.



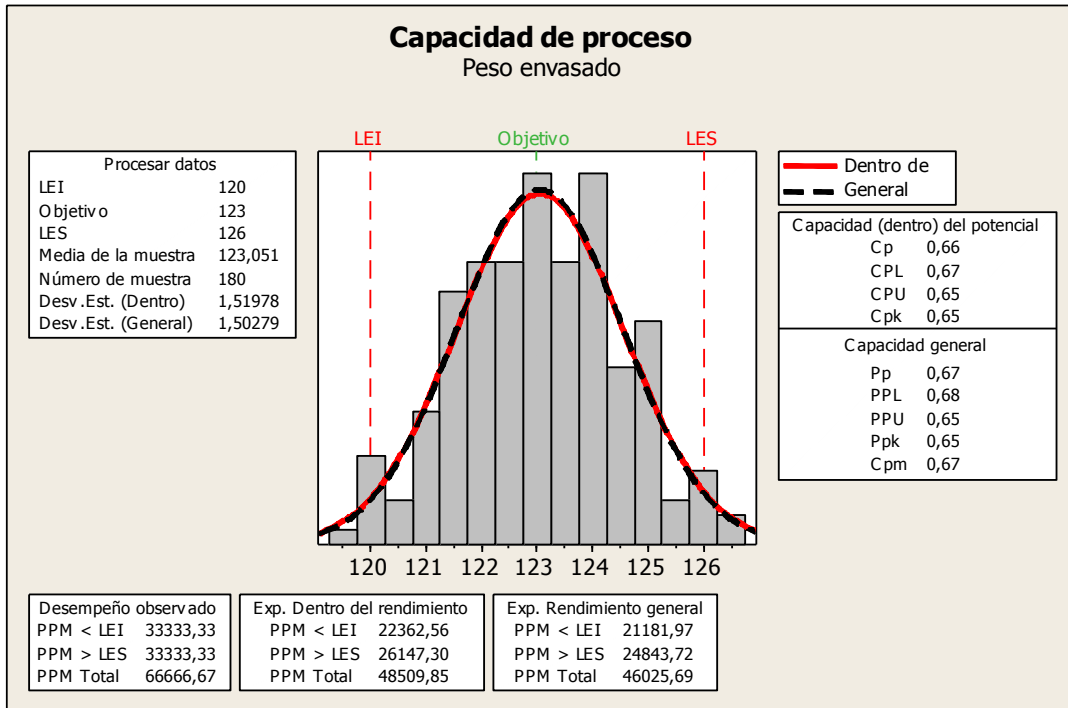


Figura 37. Análisis de Capacidad – Índices de capacidad post-test.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los índices de capacidad potencial y real a corto plazo (por cada subgrupo de la muestra) arrojan un  $C_p$  con un valor de 0.66 y un  $C_{pk}$  de 0.65, siendo estos valores muy próximos entre sí, significa que la media del subproceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, tal y como se muestra en el histograma de la figura 37, pero que aún debe mejorar. Por otro lado, los resultados de los índices de desempeño potencial (a largo plazo) arrojan un  $P_p$  con un valor de 0.67 y un  $P_{pk}$  de 0.65, los cuales también indican que se cuenta con un desempeño en proyección de mejora mostrando un proceso centrado, tal como se aprecia en la diferencia de los índices en mención.

El valor del índice de Taguchi ( $C_{pm}$ ), sigue siendo menor a uno y significa que queda más por mejorar, sobre todo, en lograr reducir aún más la desviación estándar. Cabe resaltar que un valor  $C_p = 0.66 \approx 0.67$ , valor que califica al subproceso como clase 3, el cual se indica que aún no es adecuado para el trabajo, aunque la mejoría en cuanto a la situación pre-test es notable. (Ver tabla 4 en el Capítulo II).

El nivel de centrado se comprobó aplicando el Índice K, teniendo como resultado:

$$K = \frac{123.05 - 123}{\frac{1}{2} (126 - 120)} \times 100$$

$$K = 1.69\%$$

Con un Índice K de 1.69%, se verifica que el subproceso sólo está desviado un 1.69% a la derecha del valor nominal (123g), el cual es un valor bastante aceptable y que en términos operativos demuestra que por cada lata está siendo añadido una cantidad de pescado adecuada.

Por otra parte, también se presenta el análisis de capacidad utilizando la métrica Z. En la figura 38, se muestran los resultados post-test empleando el Análisis de Capacidad con los índices Z de doble especificación.

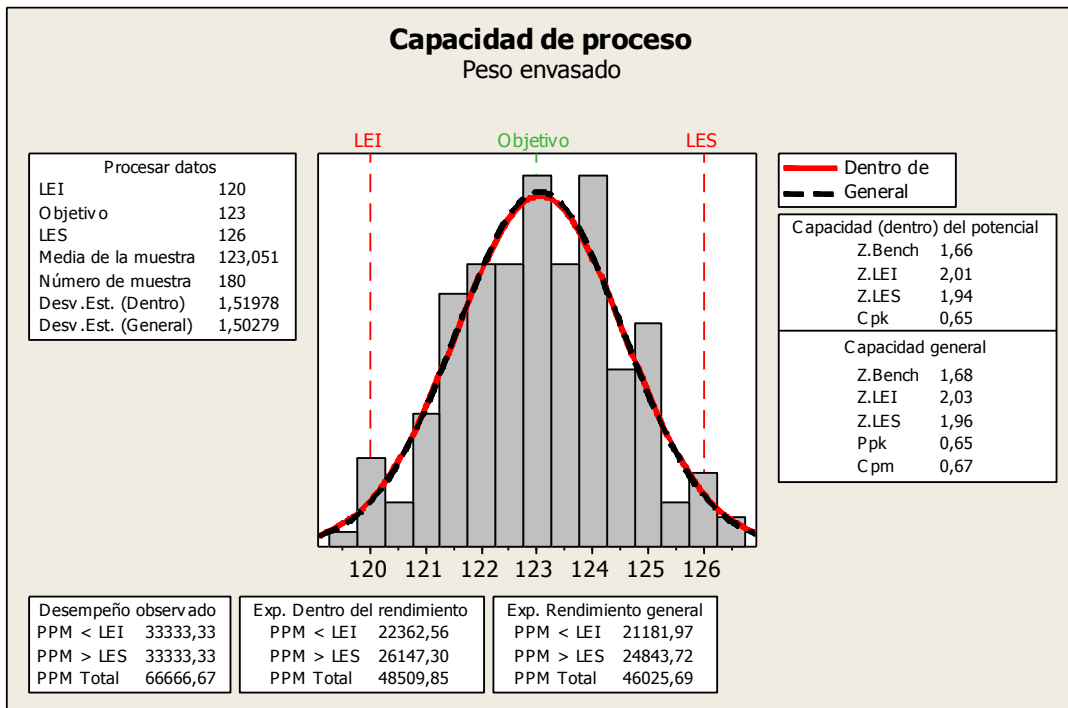


Figura 38. Análisis de Capacidad – Métrica Z.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la métrica Z, el análisis de capacidad potencial arroja que se tiene un nivel sigma de  $1.94\sigma$  (menor valor entre Z.LEI y Z.LES), que en términos operativos se puede considerar un nivel  $2\sigma$  y en la capacidad general se tiene un valor Z de sólo  $1.96\sigma$  (menor valor entre Z.LEI y Z.LES)  $\approx 2\sigma$ , ratificando que el subproceso ha incrementado su desempeño con respecto a su estado inicial (pre-test).

En conclusión, el subproceso que normalizado (estable) y, a partir de ello, tener un valor de capacidad como punto de inicio para seguir incrementando el desempeño del subproceso, el cual tiene un valor de 66666,67 PPM fuera de especificación con un nivel  $2\sigma$ . Los resultados obtenidos muestran que el subproceso ha mejorado notablemente en el cumplimiento de los valores fijados por la Gerencia, por otra parte, indica claramente que la producción diaria ha incrementado su productividad en la obtención de mayor cantidad de producto (cajas x 48 unidades de conservas de pescado) empleando la misma cantidad de materia prima por día de producción.

#### 4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de resultados se busca la contrastación de las hipótesis planteadas para la presente tesis, tanto para la situación pre-test como para la situación post-test.

##### **HIPÓTESIS SECUNDARIA 1**

*Aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma, se conseguirá reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.*

##### **a) SITUACIÓN PRE-TEST**

Se busca demostrar que se consigue reducir en un 50% la incidencia de defectos, es decir, la contrastación de la hipótesis se da en función a 9 defectos por cada 10 bandejas (equivalente a 0.9 defectos por bandeja), menos de un defecto por bandeja.

**a.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas**

$$H_0 : \mu_1 = 9$$

$$H_1 : \mu_1 > 9$$

$$\alpha : 0.05$$

**a.2) Prueba Z para 1 muestra**

Se utiliza la prueba Z para 1 muestra mediante el software MINITAB para la contrastación de hipótesis, ya que la muestra tanto pre-test como post-test obedece a lo señalado por Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009) en la página 92 de la presente tesis y también debido al teorema del límite central que menciona MINITAB en su página web de soporte que establece que: *“Se puede utilizar este procedimiento (prueba Z para 1 muestra) si tiene una muestra grande, sustituyendo la desviación estándar de la muestra por  $\sigma$ . Generalmente, puede considerar que las muestras con un tamaño de 30 o más son muestras grandes”*. Los resultados que MINITAB proporciona son:

**Z de una muestra: Defectos**

Prueba de  $\mu = 10$  vs.  $> 10$

La desviación estándar supuesta = 4.157

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V1	18	18.111	4.157	0.980	16.499	8.28	0.000

### a.3) Interpretación de resultados

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0.000, el cual es menor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula, con lo cual, se acepta la hipótesis alternativa donde la media del subproceso está por encima a 9 defectos por cada 10 bandejas con pescado fileteado, reafirmando estadísticamente, que la tasa de defectos no es el adecuado y que necesita reducirse.

## b) SITUACIÓN POST-TEST

### b.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu_2 = 9 \\ H_1 &: \mu_2 > 9 \\ \alpha &: 0.05 \end{aligned}$$

### b.2) Prueba Z para 1 muestra

#### Z de una muestra: Defectos

Prueba de  $\mu = 10$  vs.  $> 10$

La desviación estándar supuesta = 2.029

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V1	18	6.667	2.029	0.478	5.880	-6.97	1.000

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 1.000, el cual es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a aceptar la hipótesis nula, es decir, mediante la alternativa de solución planteada, se logra reducir estadísticamente los

defectos en el pescado fileteado y como consecuencia mejora la performance del subproceso de fileteado requerida por la Dirección, para la tesis desarrollada.

## **HIPÓTESIS SECUNDARIA 2**

*Si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma, mejorará la productividad en el subproceso de fileteado.*

### **a) SITUACIÓN PRE-TEST**

Se busca demostrar que se consigue aumentar en un 0.50 kg, en promedio, la obtención de pescado fileteado.

#### **a.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas**

$$\begin{aligned} H_0 &: \mu_1 = 6.45 \text{ kg} \\ H_1 &: \mu_1 < 6.45 \text{ kg} \\ \alpha &: 0.05 \end{aligned}$$

#### **a.2) Prueba Z para 1 muestra**

Se utiliza la prueba Z para 1 muestra mediante el software MINITAB para la contrastación de hipótesis, ya que la muestra tanto pre-test como post-test obedece a lo señalado por Gutiérrez Pulido y De La Vara Salazar (2009) en la página 92 de la presente tesis y también debido al teorema del límite central (ver punto 5.3.1., inciso a.2). Los resultados que MINITAB proporciona son:

#### **Z de una muestra: Rendimiento de las obreras**

Prueba de  $\mu = 6.45$  vs.  $< 6.45$

La desviación estándar supuesta = 0.5761

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V2	180	5.9411	0.5761	0.0429	6.0117	-11.85	0.000

### a.3) Interpretación de resultados

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0.000, el cual es menor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula, con lo cual, se acepta la hipótesis alternativa donde la media del subproceso está por debajo a 6.45 kg de pescado fileteado por bandeja, reafirmando estadísticamente que no se estaba consiguiendo el objetivo en el rendimiento de las obreras.

## b) SITUACIÓN POST-TEST

### b.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas

$$\begin{aligned}
 H_0 &: \mu_2 = 6.45 \text{ kg} \\
 H_1 &: \mu_2 < 6.45 \text{ kg} \\
 \alpha &: 0.05
 \end{aligned}$$

### b.2) Prueba Z para 1 muestra

Los resultados que MINITAB proporciona son:

#### Z de una muestra: Rendimiento de las obreras

Prueba de  $\mu = 6.45$  vs.  $< 6.45$

La desviación estándar supuesta = 0.4671

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V2	180	6.4389	0.4671	0.0348	6.4962	-0.32	0.375

### b.3) Planteamiento de hipótesis estadísticas

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0.375, el cual es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a aceptar la hipótesis nula, con lo cual, la media del subproceso es igual a 6.45 kg de pescado fileteado por bandeja, de esta manera la aplicación de la alternativa de solución consigue la mejora esperada en cuanto a rendimiento de las obreras se refiere.

## HIPÓTESIS SECUNDARIA 3

*Si se reduce la variabilidad del subproceso de envasado mejorará su Capacidad, mediante la utilización de la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.*

### a) SITUACIÓN PRE-TEST

Se busca demostrar que se consigue estabilizar y centrar el proceso para cumplir con las especificaciones del subproceso de envasado para una media objetivo de 123g.

#### a.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas

$$H_0 : \mu_1 = 123 \text{ g}$$

$$H_1 : \mu_1 > 123 \text{ g}$$

$$\alpha : 0.05$$



### a.2) Prueba Z para 1 muestra

Se utiliza la prueba Z para 1 muestra, de la misma forma en que se empleó para la variable dependiente 2. Los resultados que MINITAB proporciona son:

#### Z de una muestra: Peso envasado

Prueba de  $\mu = 123$  vs.  $> 123$

La desviación estándar supuesta = 2.024

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V3	180	125.240	2.024	0.151	124.992	14.85	0.000

### a.3) Interpretación de resultados

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0.000, el cual es menor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula, con lo cual, se acepta la hipótesis alternativa donde la media del subproceso está por encima a 123 g de peso envasado por lata, reafirmando estadísticamente que no se consigue el objetivo.

## b) SITUACIÓN POST-TEST

### b.1) Planteamiento de hipótesis estadísticas

$H_0$  :  $\mu_2 = 123$  g  
 $H_1$  :  $\mu_2 > 123$  g  
 $\alpha$  : 0.05

### b.2) Prueba Z para 1 muestra

Los resultados que MINITAB proporciona son:

#### Z de una muestra: V3

Prueba de  $\mu = 123$  vs.  $> 123$

La desviación estándar supuesta = 1.503

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V3	180	123.051	1.503	0.112	122.866	0.45	0.326

### b.3) Interpretación de resultados

CONCLUSIÓN: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0.326, el cual es mayor a 0.05 de nivel de significancia, por lo que se procede a aceptar la hipótesis nula, con lo cual, la media del subproceso es igual a 123 g de peso envasado por lata, de esta manera la aplicación de la alternativa de solución consigue la mejora esperada en cuanto a la cantidad de pescado en gramos por lata de conservas.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Queda demostrada la hipótesis secundaria 1, por lo tanto, la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a los defectos en el pescado fileteado, genera la mejora de la calidad en los resultados del subproceso de fileteado, con respecto a la reducción en la incidencia de defectos en el pescado fileteado por obrera y por bandeja.
2. Queda demostrada la hipótesis secundaria 2, por lo tanto, la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la productividad en el subproceso de fileteado, genera la mejora de la productividad (rendimiento de las obreras) expresada en el aumento de hasta 0.5 kg en promedio por obrera y por bandeja, en lo que respecta a una mayor cantidad de pescado fileteado.
3. Queda demostrada la hipótesis secundaria 3, por lo tanto, la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la variabilidad en el subproceso de envasado, genera la mejora en la capacidad del subproceso de envasado, estabilizándolo y generando cumplimiento con los parámetros fijados por la Gerencia.
4. Se concluye también que, la aplicación de las variables independientes como herramientas de mejora conjuntamente con otras herramientas Six Sigma, enmarcados bajo la metodología DMAIC, se alinean y funcionan como un sistema de mejora de calidad y productividad.
5. La tesis mediante la aplicación del proyecto de mejora propone incurrir en costos de calidad como prevención para disminuir los costos de no calidad en el desarrollo de la producción en el alcance del presente trabajo de investigación.
6. La aplicación de un incentivo salarial como herramienta de motivación y recompensa ayudó como impulsor de las herramientas Six Sigma implementadas, para la consecución de los objetivos que perseguía la tesis.

7. El cumplimiento del ciclo de capacitaciones que propuso la tesis fue fundamental para el adiestramiento y entendimiento en el manejo de las herramientas Six Sigma por parte del personal de mando medio del área de Calidad; así como también del personal obrero en el mejoramiento de sus destrezas en las operaciones de fileteado y envasado que les compete.
8. El apoyo y comprensión dentro de la Empresa sobre lo que pretendió generar el trabajo de tesis, fue de vital importancia para un mejor traslado de ideas y conceptos mediante la participación activa del personal de las áreas de la Empresa involucradas.
9. Los cambios generados en los flujos de procesos con la implementación del sistema de mejora de calidad y productividad permitieron una mejor adaptación de las modificaciones para los subprocesos que la tesis interviene dentro del proceso de elaboración de conservas de pescado.
10. La metodología Six Sigma por intermedio de sus herramientas en cada etapa DMAIC, permite reducir la variabilidad en los procesos que se ven afectados por causas asignables, tal como se ha planteado en la tesis dentro del capítulo IV, punto 4.1 y anexos.
11. Finalmente, de igual forma que en el punto anterior, también se concluye que, la metodología Six Sigma por intermedio de sus herramientas, permite reducir los defectos en los procesos que se ven afectados por causas asignables.

## **RECOMENDACIONES**

1. Continuar con la propuesta del presente trabajo de tesis, puesto que se requiere de mayor tiempo de aplicación de la solución desarrollada, con la finalidad de continuar mejorando los indicadores planteados para los subprocesos de fileteado y envasado.
2. Extender el alcance de la propuesta de solución de la tesis hacia otros subprocesos dentro de la elaboración de conservas de pescado.
3. Ampliar el estudio empleando las herramientas Six Sigma para otras presentaciones de conservas de pescado como es el caso de filetes,

lomitos o grates y también empleando otras especies como: caballa, jurel o bonito.

4. Tomar como base el presente trabajo de investigación para la realización de estudios de los beneficios económicos y disminución de costos de no calidad que no fueron abarcados en la presente tesis, tanto para el logro de la mejora alcanzada y para cuando el sistema alcance un mayor grado de madurez con mejores índices.
5. Se recomienda tomar como referencia esta tesis para la aplicación de las herramientas de la metodología Six Sigma para el beneficio de otras empresas o negocios que no utilizan las mismas en sus procesos u operaciones para la mejora de la calidad y productividad.
6. Se recomienda, que los estudios que deriven de la presente tesis y que trabajen la calidad de fabricación o la calidad de producto para el cumplimiento de especificaciones y tener procesos estables, no pierdan de vista las necesidades y requerimientos de los clientes (internos y externos).
7. Introducir a largo plazo, nuevas herramientas estratégicas como Lean Six Sigma, puesto que habiendo implementado herramientas Six Sigma bajo la metodología DMAIC, permitiría integrar Lean para principalmente reducir o eliminar los desperdicios e incrementar la productividad.
8. Certificar a los líderes del proyecto Six Sigma, mediante programas de especialización con certificación Green Belt hasta Black Belt.
9. Continuar promoviendo los programas de inducciones, capacitaciones y entrenamiento en el equipo, que permitan sostenibilidad del sistema de mejora desarrollado en la tesis.
10. Al tomar una motivación extrínseca como es el nuevo sistema de recompensa, se recomienda monitorear la pertinencia de la misma en el tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Sayago, E. M. (2012). *Enfoque calidad Seis Sigma en empresas de producción en el sector cervecero*. (Tesis de Maestría), Universidad del Zulia, Maracaibo.
- Alor, E., Aparicio, E., Calatayud, M., y Rojas, D. (2014). *Reducción de stock en los almacenes de repuestos en una empresa que fabrica cajas de cartón corrugado, aplicando metodología Six Sigma*. (Tesis de Maestría), Lima.
- Bahena Quintanilla, M. (2006). *Aplicación de la metodología Seis Sigma para mejorar la calidad y productividad en una planta de bebidas*. (Tesis de maestría), Universidad Iberoamericana Puebla, Puebla. Obtenido de <http://es.slideshare.net/MOSHERG/aplicacin-de-la-metodologia-seis-sigma-tesis-m-bahena>
- Besterfield, D. H. (2009). *Control de Calidad* (Octava ed.). México: Pearson Educacion.
- Camisón, C., Cruz, S., y Gonzáles, T. (2007). *Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson.
- Carro Paz, R., y Gonzáles Gómez, D. (2012). *Control estadístico de procesos*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Obtenido de [http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12\\_control\\_estadistico.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12_control_estadistico.pdf)
- Carro Paz, R., y González Gómez, D. (2012). *Administración de la calidad total*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Obtenido de [http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09\\_administracion\\_calidad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf)
- Chiza Ocaña, J. D. (2013). *Reducción del producto no conforme (tableros tipo industrial) de la empresa Plywood ecuatoriana, utilizando la metodología Seis Sigma*. (Tesis de Maestría), Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8040>
- Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión Integral de la Calidad. Implantación, control y certificación*. Barcelona: Profit Editorial.
- Díaz Medrano, S. (2008). *Aplicación del método Seis Sigma en la mejora del proceso de facturación en la agencia*. (Tesis de maestría), Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/handle/123456789/975>

- Escalante Vásquez, E. (2013). *Seis Sigma: Metodología y técnicas* (Segunda ed.). México: Limusa.
- Evans, J., y Lindsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México D.F.: CENGAGE learning.
- Guevara Uvidia, M. G. (2011). *Aplicación de la metodología Seis Sigma como herramienta de mejora a los principales indicadores de gestión en el área de manufactura de la planta Ecuador Bottling Company en la ciudad de Quito*. (Tesis de maestría), Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4938>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Gutiérrez Pulido, H., y De La Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Segunda edición ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Heizer, J., y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas* (Octava ed.). Madrid: Pearson Education.
- Heizer, J., y Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones* (Séptima ed.). México: Pearson Education.
- Hernández Matías, J. C., y Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial. Obtenido de <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F., México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Minitab Inc. (2010). *Meet Minitab 16*. Obtenido de [www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/meet-minitab/ES-ES16\\_MeetMinitab.pdf](http://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/meet-minitab/ES-ES16_MeetMinitab.pdf)
- Minitab Inc. (2016). *Soporte de Minitab 17*. Obtenido de Minitab Inc. Web Site: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/>
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (Segunda ed.). México D.F., México: Editorial Limusa S.A.

- Montoya, L. A., Portilla, L. M., y Benjumea, J. C. (2008). Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia et Technica*. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3759/2003>
- Okeda Tanaka, R. (2008). Mejora de procesos de una empresa a través de Six Sigma. (PUCP, Ed.) *Holística - Revista de Ingeniería Industrial*. Obtenido de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/holistica/article/view/1478>
- Parrales Rizzo, V., y Tamayo Vargas, J. (2012). *Diseño de un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados*. (Tesis de maestría), Instituto de Ciencias Matemáticas, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24849>
- Pyzdek, T. (2014). *The six sigma handbook*. United States of America: McGraw-Hill Education.
- Roncancio Hoyos, G. M. (2014). *Estrategia de mejoramiento para el proceso de recepción de materia prima en una planta productora de snacks*. (Tesis de maestría), Universidad de La Sabana, Chía. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/7276>
- Rueda Blanco, L. C. (2007). *Aplicación de la metodología Seis Sigma y Lean Manufacturing para la reducción de costos en la producción de jeringas hipodérmicas desechables*. (Tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Obtenido de <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/489>
- Tapia Vargas, F. (2016). Cartas de Control. Lima: Univerdad Ricardo Palma. Obtenido de Apunte de clase: Cartas de Control
- Terrés-Speziale, A. M. (2007). Determinación de metas analíticas. *Rev Mex Patol Clin*, 54(1), 28-39. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2007/pt071g.pdf>



# ANEXO

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 31.

Matriz de consistencia

(Continua)

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Principal	General	Principal				
¿Cómo mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva aplicando las herramientas de la metodología Six Sigma?	Mejorar la calidad y la productividad de la línea de fileteado y envasado de pescados en mediante aplicación de las herramientas de metodología Six Sigma.	Mediante la implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma se conseguirá mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma.	Aplica / No aplica.	Mejorar la Calidad y Productividad de la línea de fileteado y envasado.	Productividad del subproceso de fileteado y envasado.  DPMO  C <sub>p</sub> , C <sub>pk</sub> , Índice Z

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Secundarios	Específicos	Secundarias				
¿Cómo reducir los defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas, aplicando el Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma?	Reducir los defectos en el pescado fileteado en bandejas, aplicando el Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma.	Aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos para las no conformidades de la metodología Six Sigma, se conseguirá reducir los defectos en el pescado fileteado en bandejas.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a los defectos en el pescado fileteado.	Aplica / No aplica.	Defectos en el pescado fileteado en bandejas.	% de No Conformidades  DPMO
¿Cómo mejorar la productividad del subproceso de fileteado, si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma?	Mejorar la productividad del subproceso de fileteado, aplicando la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma.	Si se aplica la herramienta Control Estadístico de Procesos de la metodología Six Sigma, mejorará la productividad en el subproceso de fileteado.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la productividad en el subproceso de fileteado.	Aplica / No aplica.	Productividad en el subproceso de fileteado	Índice de inestabilidad (St).  Kg. de pescado fileteado / bandeja.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Secundarios	Específicos	Secundarias				
¿Cómo mejorar la Capacidad del subproceso de envasado disminuyendo su variabilidad, mediante aplicación de herramienta Estadístico Procesos de metodología Sigma?	Mejorar la Capacidad de subproceso de envasado si se reduce su variabilidad, mediante la utilización de herramienta Estadístico Procesos de metodología Sigma.	la del de subproceso de envasado su Capacidad, mediante la utilización de herramienta Estadístico de la metodología Sigma.	Si se reduce la variabilidad del subproceso de envasado mejorará su Capacidad, mediante la utilización de herramienta Control Estadístico de la metodología Six Sigma.	Implementación de las herramientas de la metodología Six Sigma aplicadas a la variabilidad en el subproceso de envasado.	Aplica / No aplica. Capacidad del subproceso de envasado.	Índice C <sub>p</sub> y C <sub>pk</sub> . Índice P <sub>p</sub> y P <sub>pk</sub> . Índice Z.

FUENTE:

Elaboración

propia.

## ANEXO 2. MARCO DEL PROYECTO

**Tabla 32.**

*Marco del Proyecto:*

*Sistema de mejora de la calidad y productividad basado en las herramientas de la metodología Six Sigma*

(Continua)

MARCO DEL PROYECTO SIX SIGMA	FECHA: 12-AGOSTO-2015	VERSIÓN 1.1
<p><b>Título/propósito:</b></p> <p><b>Necesidades a ser atendidas:</b></p>	<p>Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología Six Sigma.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En el subproceso de fileteado se evidencian defectos (no conformidades) en el pescado fileteado, manifestado con la presencia de piel, carne oscura (sangacho), espinas y coágulos. Esto trae como consecuencia que las revisiones sean más rigurosas y afectando la fluidez del proceso, sumado al riesgo de que estos defectos se filtren y lleguen a mostrarse en el producto terminado.</li> <li>- En el subproceso de fileteado, las trabajadoras sólo tienen preocupación en filetear mayores cantidades de bandejas con pescado cocinado con la consigna de obtener más pago por destajo y que no es traducido en una mejor productividad, es decir, obtener mayor cantidad de peso de pescado fileteado que se requiere por bandeja. Las consecuencias se reflejan en el incremento del costo del producto final.</li> <li>- Es necesario atender la variabilidad que sufre el subproceso de envasado en lo que respecta al peso del pescado envasado sin líquido de gobierno, puesto que no cumplir con las especificaciones del subproceso ha conllevado a tener una tendencia a obtener mayor peso envasado (cercado o superior al límite superior) con consecuencias en obtención de menos producto terminado, es decir, menos productividad.</li> </ul>	
(Continua)		

***Declaración  
problema:***

- del*** - Los defectos que se detectan en el subproceso de fileteado es un factor importante en el ciclo del final de esta operación ya que el subproceso de envasado como cliente interno en ocasiones se queda sin producto para empacar por las inspecciones de Control de Calidad que detecta defectos en las bandejas con pescado cocinado, retrasos que generan detención de la línea e incurrir en horas extras en el peor de los casos.
- El rendimiento que se debe obtener de la materia prima (pescado) es fundamental, por ello, las obreras en el subproceso de fileteado deben mejorar su productividad en razón a obtener mayor peso de pescado fileteado, que permita aumentar los volúmenes de producción como consecuencia del incremento de la productividad expresadas en Cajas/t de pescado.
  - La variabilidad en la línea de envasado también cobra vital importancia ya que influye en la productividad total, ya que actualmente el peso envasado no es controlado adecuadamente y no se tiene establecido los límites de control.

***Objetivos:***

- La minimización de los defectos que presenta el pescado fileteado presentado en bandejas por parte de las obreras, estos defectos pueden ser carne oscura, piel, espinas y coágulos.
- El incremento en la productividad de las obreras fileteadoras en el subproceso de fileteado expresado en kilogramos de pescado fileteado por bandeja, con la intención de obtener mayor peso para envasar, mejorando el aprovechamiento del recurso.
- Reducir la variabilidad en el peso envasado (peso del pescado más envase) de las conservas sin líquido de gobierno en el subproceso de envasado.

---

(Continua)

---

<b>Alcance:</b>	El proyecto tiene como alcance a los subprocesos de fileteado y envasado del proceso de producción de trozos de atún en aceite vegetal, implementando las herramientas Six Sigma bajo la metodología DMAIC.
<b>Roles y responsabilidades:</b>	Propietarios: Área de Producción y Calidad.
<b>Patrocinador:</b>	Gerente de Planta.
<b>Equipo designado:</b>	A: Jefe de Producción y Calidad. B: Supervisores de Calidad 1. C: Supervisores de Calidad 2. D: Supervisores de Producción 1. E: Supervisores de Producción 2. F: Jefe de Mantenimiento G: Asesor. H: Jefe de RR.HH.
<b>Recursos:</b>	Registro de control de fileteado, registro de control de destajo en fileteado y registro de control de peso envasado.
<b>Métricas:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Para el control de defectos en el fileteado: DPMO.</li><li>- Para el control de productividad en el fileteado: Índice de Inestabilidad y Kg de pescado/bandeja.</li><li>- Para el control de la variabilidad: Índice <math>C_p</math>, <math>C_{pk}</math>, <math>P_p</math>, <math>P_{pk}</math> e Índice Z.</li></ul>

(Continua)

**Fecha de inicio del proyecto:** 10/08/2015

**Fecha planeada para finalizar el proyecto:** 10/05/2016

**Entregable del proyecto:** Subprocesos con actividades de control modificados y documentados. Reducción de defectos, mejora del promedio de obtención de peso de pescado fileteado por bandeja y estabilidad y capacidad del subproceso de envasado para la obtención de mayor cantidad de producto terminado y reducción de costos.

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 3. PLAN DE INCENTIVOS Y RECOMPENSA

**Tabla 33.**

*Sistema de incentivos y recompensa*

CATEGORÍA	INDICADORES DE MEDICIÓN	CRITERIO DE PAGO	META		BENEFICIADO	RESPONSABLE	COSTO ESTIMADO
			Mínimo	Máximo			
<b>SOBRE OBJETIVOS INDIVIDUALES / POR EQUIPO</b>							
<b>Plan de destajo</b>							
Incentivos para reducir los defectos en el pescado cocinado presentado en bandejas.	Número de defectos por bandeja - DPU	Bandeja con pescado sin defectos en toda la jornada laboral y se reconoce un monto adicional equivalente a una bandeja de pescado fileteado.	0.0	0.9	Obreras (Fileteadoras)	Jefe de Producción / Jefe de RR.HH.	S/. 12,801.75
Incentivos para reducir los defectos en el pescado cocinado presentado en bandejas.	Número de defectos por bandeja - DPMO	Calificación grupal en base a los <i>defectos por millón de oportunidades</i> que se obtiene del desempeño global de las trabajadoras.	-	225000	Obreras (Fileteadoras)	Jefe de Producción / Jefe de RR.HH.	S/. 12,801.75
Incentivos por productividad grupal en el subproceso de fileteo	Kg. Pescado fileteado / Bandeja	Pago el equivalente a una bandeja de pescado fileteado por día.	6.0	7.0	Obreras (Fileteadoras)	Jefe de Producción / Jefe de RR.HH.	S/. 12,801.75
Incentivo al equipo de envasado	N/A	Pertenecer al equipo de envasado que se reconocer con el doble de horas laboradas en el subproceso de envasado.	N/A	N/A	Obreras (Envasadoras)	Jefe de Producción / Jefe de RR.HH.	S/. 9,000.00
<b>TOTAL DE INCENTIVOS</b>							<b>S/. 47,405.25</b>

\* Información basada en 50 días de producción de trozos de atún.

\*\* Costo estimado en base a que se cumpla las metas en el 100% de las trabajadoras.

\*\*\* Se recomienda modificar las metas de acuerdo al avance de cumplimiento de las mismas.



Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 4. PROGRAMA DE CAPACITACIONES

**Tabla 34.**

*Programa de Capacitaciones*

CICLO DE CAPACITACIONES	TIEMPO (En horas)		DIRIGIDO A:	sep-15														oct-15				COSTO					
	T	P		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		1	2	3	4	
	Explicación del proyecto.	1		0	Obrera (fileteadoras)		X		X		X																
Técnicas de fileteado de pescado (Teoría y práctica).	2		Obrera (fileteadoras)		X		X		X					X	X	X			X	X	X	X					S/. 650.00
Calidad del producto (Teoría y práctica).	2	56	Obrera (fileteadoras)											X	X	X			X	X	X	X					S/. 650.00
Manipulación de pescado en el envasado (Teoría y práctica).	2		Equipo de envasado											X	X	X			X	X	X	X					S/. 650.00
Fundamentos Six Sigma.	2	2	Personal de Calidad							X																	S/. 500.00
Herramientas Six Sigma.	4	2	Personal de Calidad							X		X															S/. 1,000.00
Control estadístico de procesos para variables y su aplicación.	2.5		Personal de Calidad								X																S/. 1,000.00
Control estadístico de procesos para atributos y su aplicación.	2.5	56	Personal de Calidad									X															S/. 1,000.00
Estudio de Capacidad y su aplicación.	2.5		Personal de Calidad										X	X													S/. 1,000.00
Aplicación del sistema de mejora de calidad y productividad	1.5		Personal de Calidad											X													S/. 650.00
Interpretación de primeros resultados.	0	2	Personal de Calidad																				X	X			S/. 400.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>		<b>138</b>																									<b>S/. 7,500.00</b>

\* Del 14 al 18 de setiembre se capacitan a las obreras para el subproceso de fileteado.

---

\*\* Del 19 al 23 de setiembre se capacitan al personal de calidad.


\*\*\* Para las clases teóricas se establecieron grupos de 10 personas de obreras.

\*\*\*\* Cabe señalar que se aprovechó que no hubo pesca para las capacitaciones.

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO 5. FORMATOS DE REGISTRO UTILIZADOS**

Se presentan los formatos de registro que se utilizaron para la extracción de la data de muestreo tanto de los subprocesos de fileteado y eviscerado como del subproceso de envasado de conservas de pescado. Los formatos se muestran en las figuras 39 y 40.

	<b>CONTROL DE LÍQUIDO DE GOBIERNO Y PESO ENVASADO</b>		
	Versión: 04	Código: FR-GCI-05	Fecha de emisión: 18/11/2013

FECHA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

PROCESO: \_\_\_\_\_

RANGO DE PESOS:      Trozos: \_\_\_\_\_      Filetes: \_\_\_\_\_      Grated: \_\_\_\_\_      Sólidos: \_\_\_\_\_      Anchoqueta: \_\_\_\_\_  
 Trozos: \_\_\_\_\_      Filetes: \_\_\_\_\_      Grated: \_\_\_\_\_      Sólidos: \_\_\_\_\_      Anchoqueta: \_\_\_\_\_

ESPECIE	CODIGO	HORA	LÍQUIDO DE GOBIERNO (mL)			MUESTRAS (g)										OBSERVACIONES	ACCIÓN CORRECTIVA	
			ACEITE	AGUA	OTRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			

Parámetros:      Al inicio del llenado y después de una parada o interrupción por cambio de especie de pescado.      K: Caballa      A: Anchoqueta      R1: Atún  
                             Con una frecuencia de 1 hora.      B: Bonito      J: Jurel      R2: Barrilete

Realizado por: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Jefe de Producción y Calidad

**Figura 39. Formato de control de peso envasado**  
**FUENTE:                                  Industrial                                  Don                                  Martín                                  S.A.C.**



**CONTROL EN FILETEADO Y EVISCERADO**

Versión: 04

Código: FR-GCI-04

Fecha de emisión: 06/07/2013

Página: 1 de 1

FECHA: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

PROCESO: \_\_\_\_\_

ESPECIE	CÓDIGO DEL PRODUCTO	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS DE LA TRABAJADORA	PRESENTACIÓN DEL FILETE					LAVADO DE MANOS		OBSERVACIONES	ACCIONES CORRECTIVAS	
				A	R					A			R
					C	E	MN	P	O				

Parámetros: Realizar cada hora de trabajo una toma de 3 muestras verificando el correcto fileteado y eviscerado por parte de las trabajadoras.  
 En caso de reprobación, señalar el tipo de disconformidad que presenta.

LEYENDA:      A = Aprueba      R = Reprueba      C = Coágulo      E = Espinas      MN = Músculo negro      P = Piel      O = Otros

Realizado por: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Jefe de Producción y Calidad

**Figura 40. Formato de control de fileteado**  
**FUENTE: Industrial Don Martín S.A.C.**

## ANEXO 6. FACTORES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL

Tabla 35.

*Factores para la construcción de las cartas de control*

TAMAÑO DE MUESTRA, $n$	CARTA $\bar{X}$ $A_2$	CARTA R			CARTA S $c_4$	ESTIMACION DE $\sigma$ $d_2$
		$d_3$	$D_3$	$D_4$		
2	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3	1.023	0.888	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4	0.729	0.880	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5	0.577	0.864	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6	0.483	0.848	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7	0.419	0.833	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8	0.373	0.820	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9	0.337	0.808	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10	0.308	0.797	0.2232	1.7768	0.9727	3.078
11	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

Fuente: Elaboración propia.