

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

**IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR
IMPROVING QUALITY AND PRODUCTIVITY IN
THE LINE OF FILLETING AND PACKAGING OF
CANNED FISH BASED ON THE TOOLS OF THE SIX
SIGMA METHODOLOGY**

**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**

Luis Martín Matzunaga-Zamudio¹ & Alfonso Ramón Chung-Pinzás¹

-
- 1 Maestría de Ingeniería Industrial con Mención en Planeamiento y Gestión Empresarial. Escuela de Posgrado. Universidad Ricardo Palma. Santiago de Surco, Lima, Perú.
Author for correspondence: E-mail:martin.matzunaga83@gmail.com

ABSTRACT

This research sought to give a solution to the problem of quality and productivity of the operations of filleting and packaging of canned fish of the company. Using the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) methodology and the implementation of the Six Sigma tools at every stage of this methodology; we managed to improve the filleting process, attacking the presence of defects in the fish filleting, reducing to a 63.19% the level DPMO (Defects per million opportunities) and improving the productivity of the workers filleting fish to 8.37%; finally, the packaging sub-process was standardized and its variability decreased (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 2σ . It should be noted that changes were made to the operational flow; 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.

Keywords: capacity – defects – productivity – Quality – variability

RESUMEN

La presente investigación 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 una Empresa. Se empleó la metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) 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 (Defectos por millón de oportunidades) 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 g por lata) para la mejora de la capacidad del proceso de envasado llegando a un nivel C_{pk} de 0,65 y Z de 2σ . 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 investigación.

Palabras clave: capacidad – calidad – defectos – productividad – variabilidad

INTRODUCCIÓN

La planta de procesamiento de productos pesqueros INDUSTRIAL DON MARTÍN S.A.C., en adelante LA EMPRESA, materia de estudio, está ubicada en Puerto de Huacho, Lima, Perú, 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 (Besterfield, 2009; Aguirre, 2012; Parrales & Tamayo, 2012; Chiza-Ocaña, 2013; Alor *et al.*, 2014; Roncancio-Hoyos, 2014).

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) (Bahena-Quintanilla, 2006; Rueda, 2007; Díaz, 2008; Guevara, 2011).

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.

La situación problemática se solucionaría con la Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad (Bahena-Quintanilla, 2006; Rueda, 2007; Díaz, 2008; Guevara, 2011; Aguirre, 2012; Parrales & Tamayo, 2012; Chiza-Ocaña, 2013; Alor

et al., 2014; Roncancio-Hoyos, 2014), de la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología Six Sigma.

El objetivo del presente trabajo fue mejorar implementar 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.

MATERIAL Y MÉTODOS

La planta de procesamiento de productos pesqueros INDUSTRIAL DON MARTÍN S.A.C., en adelante LA EMPRESA, materia de estudio, está ubicada en Puerto de Huacho, Lima, Perú. Para el diseño de la muestra se utilizó el método probabilístico y cuasi – experimental, aplicado y tecnológico. 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.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Procedimientos para la recolección de datos

Se tomaron muestras aleatorias de datos de las poblaciones establecidas 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 (Terrés-Speziale, 2007).

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 1.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Mediante la tabla 2 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 1. Matriz de análisis de datos.

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	ANÁLISIS INFERENCIAL
Defectos en el pescado fileteado presentado en bandejas.	DPMO	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.
	(Defectos por millón de oportunidades)		Dispersión (desviación estándar).	
	% de No Conformidades		Posición (cuartiles). Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	
Productividad en el subproceso de fileteado	Índice de inestabilidad (S _i).	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.
	Kg. de pescado fileteado / bandeja.		Dispersión (desviación estándar).	
			Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	
Capacidad del subproceso de envasado.	Índice C _{pk} .	Escala de proporción.	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda).	Prueba paramétrica Z para 1 muestra.
	Índice P _p y P _{pk}		Dispersión (desviación estándar).	
	Índice Z.		Posición (cuartiles). Forma (asimetría y curtosis). Pruebas de normalidad (K-S).	

APLICACIÓN DEL SISTEMA BASADO EN HERRAMIENTAS SIX SIGMA

Para tal motivo, se han aplicado herramientas propias de la estrategia SIX SIGMA (Montoya *et al.*, 2008; Okeda-Tanaka, 2008; Caicedo, 2011; Pyzdek, 2014) 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 estabili-

dad 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 (Evans & Lindsay, 2008).

. **Tabla 2.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Aplicación de la técnica
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	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.

Se empleó y se implementó el software MINITAB (2010, 2016) 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 de la presente investigación; 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 (estudio pre-test, test y post-test), sino también dichas herramientas han sido implementadas como parte de las actividades de mejora que propone la investigación y que permitieron 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 (Gutiérrez-Pulido, 2010; Escalante-Vásquez, 2013).

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.

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 (μ y σ) 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 destino, 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 kgs 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, para la cual se realizó la evaluación en cuanto a su control estadístico desde el punto de vista de los atributos del producto.

ETAPA 1: DEFINIR

Se aplicó la metodología DMAIC del Six Sigma, comenzando con la definición de la problemática planteada 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.

ETAPA 2: MEDIR

En la figura 1, 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 inter-

venidas 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; 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 1):

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.

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, 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.

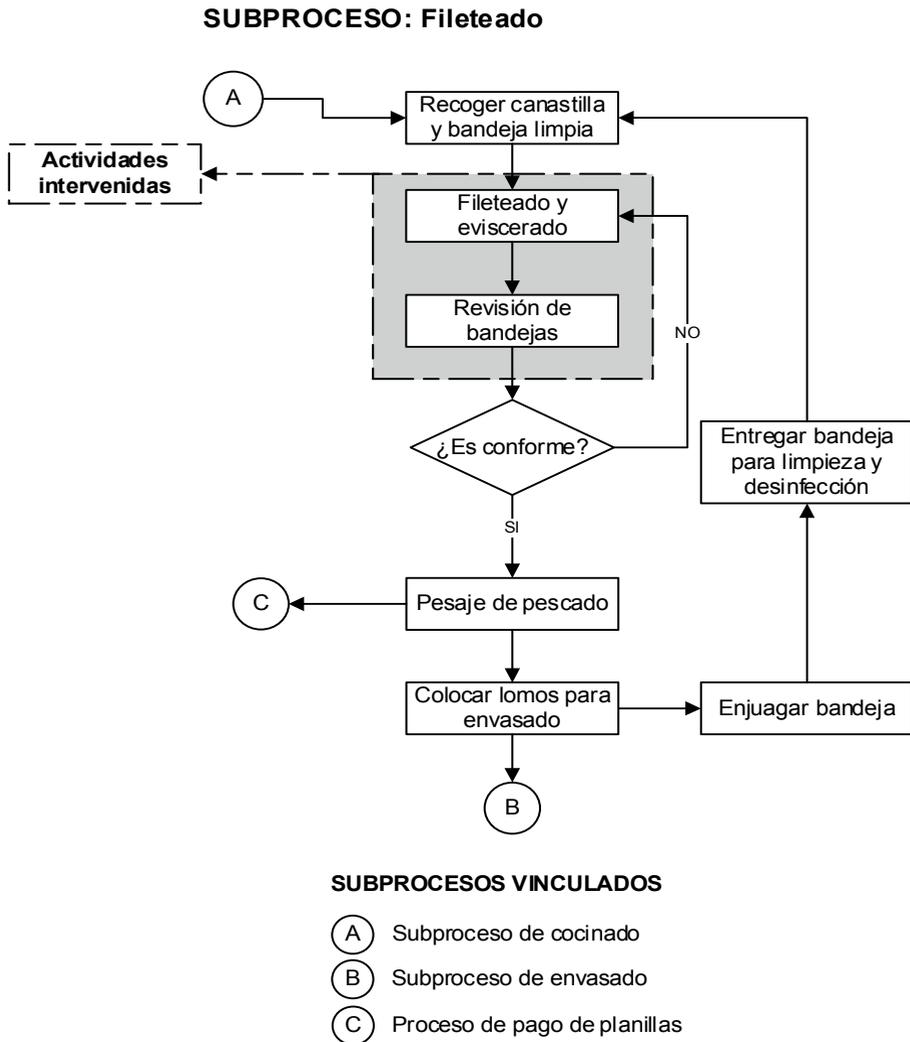


Figura 1. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Pre-test.

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 con la ayuda del software MINITAB, debido a que en una misma bandeja pueden tener inciden-

cia de defectos de diferente tipo (coágulos, espinas, carne oscura o sanga-cho 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).

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MÉTRICA SIX SIGMA PARA ATRIBUTOS

Se utilizaron métricas como DPU (Defectos por unidad) y DPMO (Defectos por millón de oportunidades), indicadores empleados para sustentar la viabilidad de las mejoras propuestas 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.

ETAPA 3: ANALIZAR

Con estos resultados de las mediciones se prosiguió a ANALIZAR por qué de la presencia de defectos en el pescado fileteado, por ello, se 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.

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. 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 (Figura 2), 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, que emplea indicadores operativos como el DPU y a la métrica Six Sigma DPMO 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 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.

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 sub-

proceso quedó modificado y mejorado (Figura 2), 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.

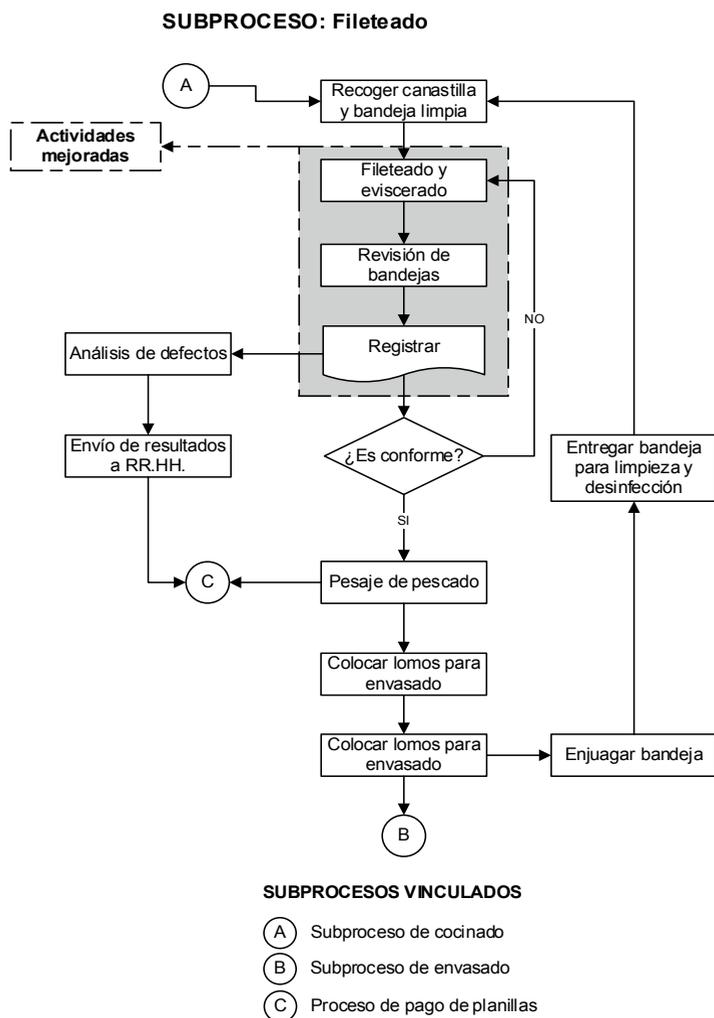


Figura 2. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Post-test.

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. 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.

ETAPA 1: DEFINIR

Hace referencia al planteamiento del problema, establecimiento del “Marco del

Proyecto” y aplicación de la metodología DMAIC.

ETAPA 2: MEDIR

En la figura 3, se presenta el diagrama de flujo del subproceso de fileteado donde se resaltan las actividades que van a ser intervenidas. 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; estas actividades comprenden desde las operaciones de fileteado y eviscerado de pescado cocinado, pesaje de bandejas con pescado fileteado y registro de las mismas.

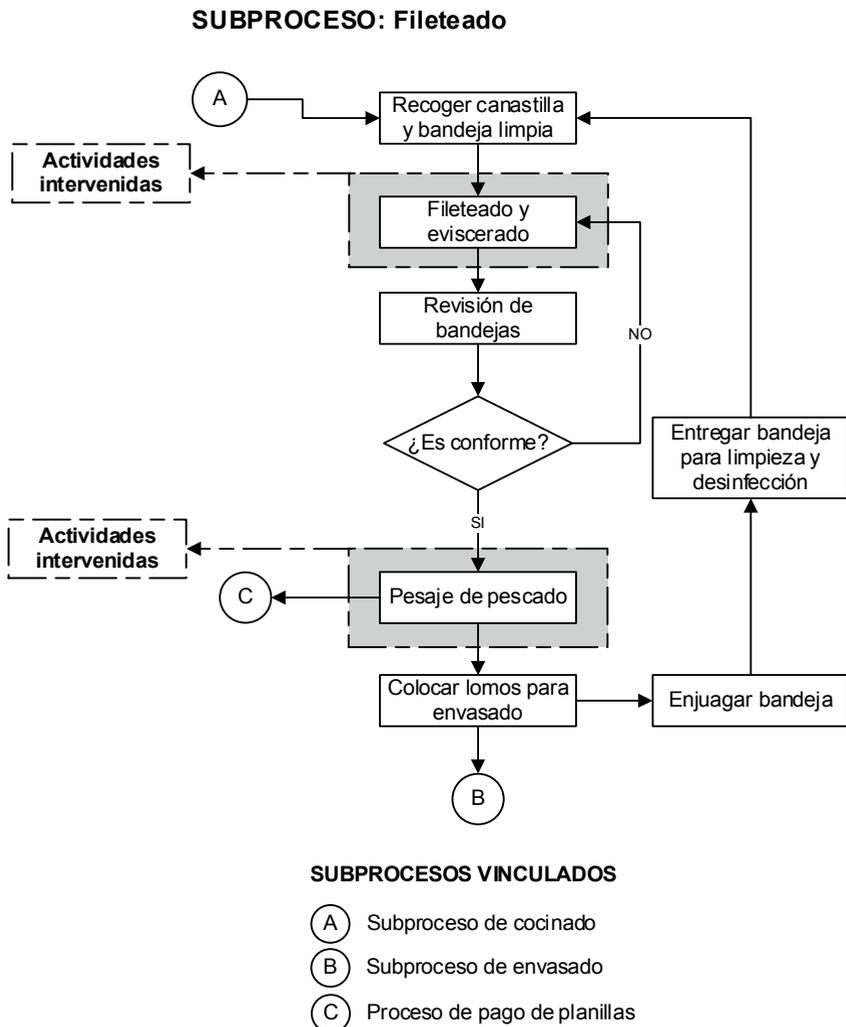


Figura 3. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Pre-test.

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:

OBTENCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

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

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 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 y necesita incrementar el peso del pescado fileteado teniendo como objetivo el desplazamiento de la media del subproceso en 0,5 Kg.

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.

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 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. Es importante recalcar que, los límites de control fueron establecidos en la Carta de Control en la situación post-test y se utilizarán para el análisis de datos futuros hasta que haya cambios permanentes en materia prima, mé-

todos, mediciones o la mano de obra.

Se modificó el diagrama de flujo del subproceso de fileteado (Figura 4), 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, 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 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.

ETAPA 5: CONTROLAR

Al aplicar las estrategias de mejora descritas y se establecieron las actividades para CONTROLAR como las Cartas de Control para variables 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, afirmando que la variable independiente influyó positivamente en la variable dependiente, además el flujo del subproceso quedó modificado y mejorado (Figura 13), teniendo como actividades mejoradas y añadidas a:

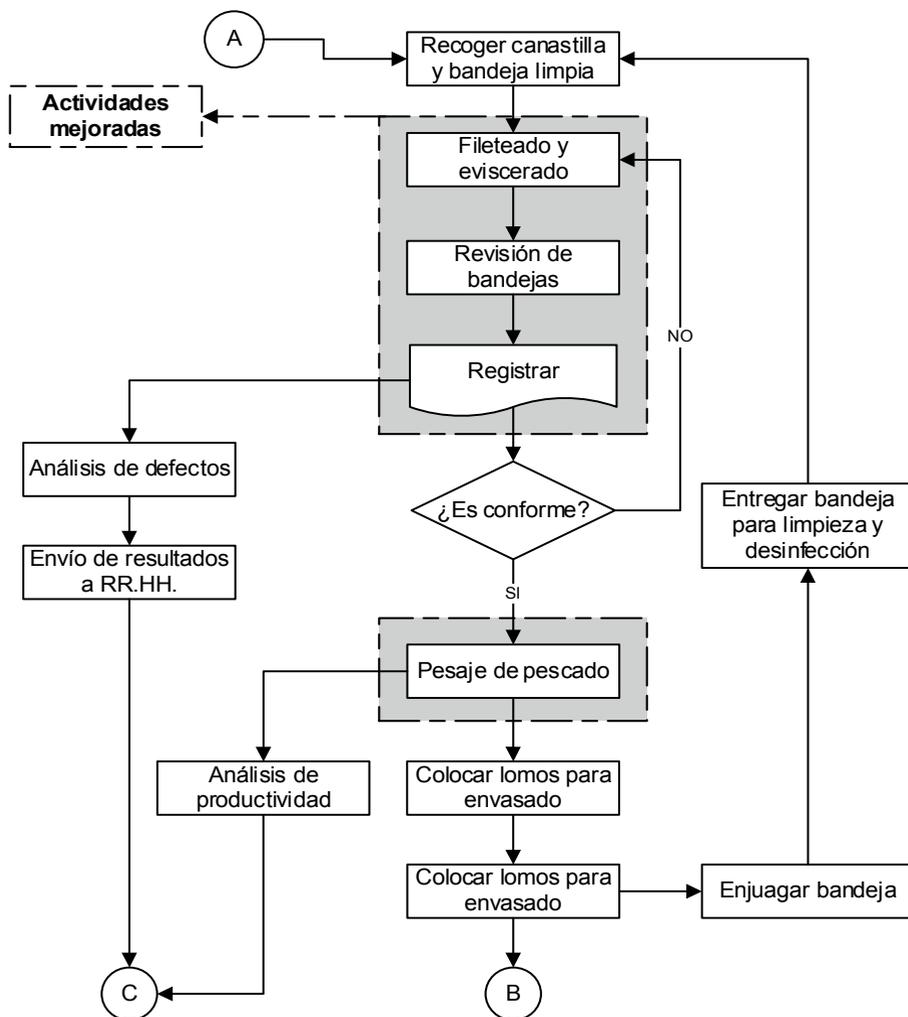
Fileteado y eviscerado: las obreras tienen más cuidado y mayor compromiso para obtener mayor peso de lomos o filetes y evitar que parte de ellos se vaya con los residuos de pescado a la planta de harina.

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 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 4. Diagrama de flujo del subproceso FILETEADO – Post-test.

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 h.

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 liquido 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, 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 (Figura 4).

ETAPA 1: DEFINIR

Hace referencia al planteamiento del problema, establecimiento del “Marco del Proyecto” y aplicación de la metodología DMAIC.

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; 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.

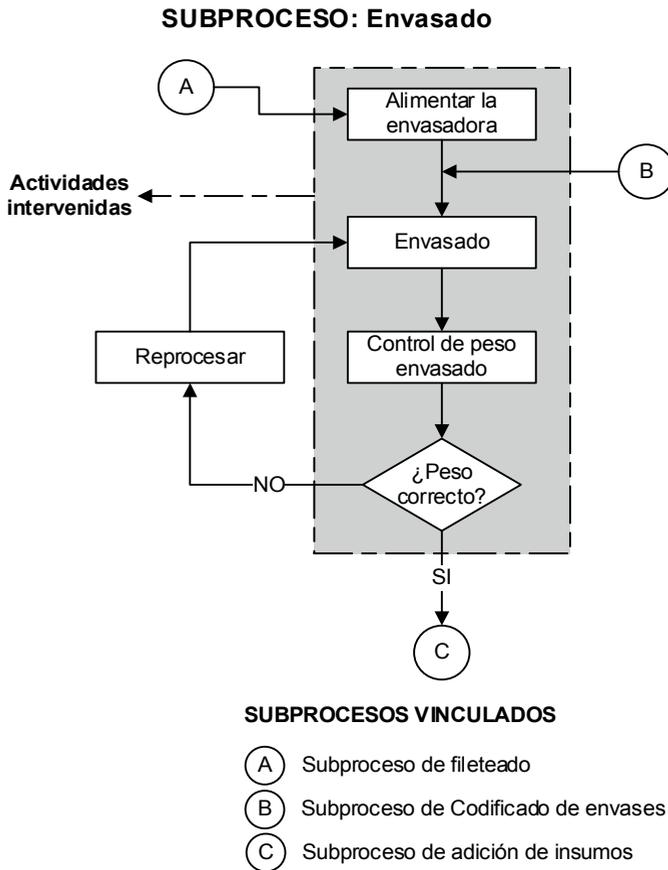


Figura 5. Diagrama de flujo del subproceso ENVASADO – Pre-test.

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, en relación a la variable de salida Capacidad del Subproceso de Envasado.

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.

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.

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 2 h). 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, 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 (Figura 5), 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.

ETAPA 5: CONTROLAR

Se aplicaron las estrategias de mejora descritas y se establecieron las actividades para CONTROLAR como las Cartas de Control para variables, 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 ANA-

LIZAR) el estado del subproceso que permitió contrastar la hipótesis de investigación, afirmando que la variable independiente influyó positivamente en la variable dependiente, además el flujo del subproceso quedó modificado y mejorado (Figura 6), 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 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_p y C_{pk} con el índice Z , también los índices P_p y P_{pk} , 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.

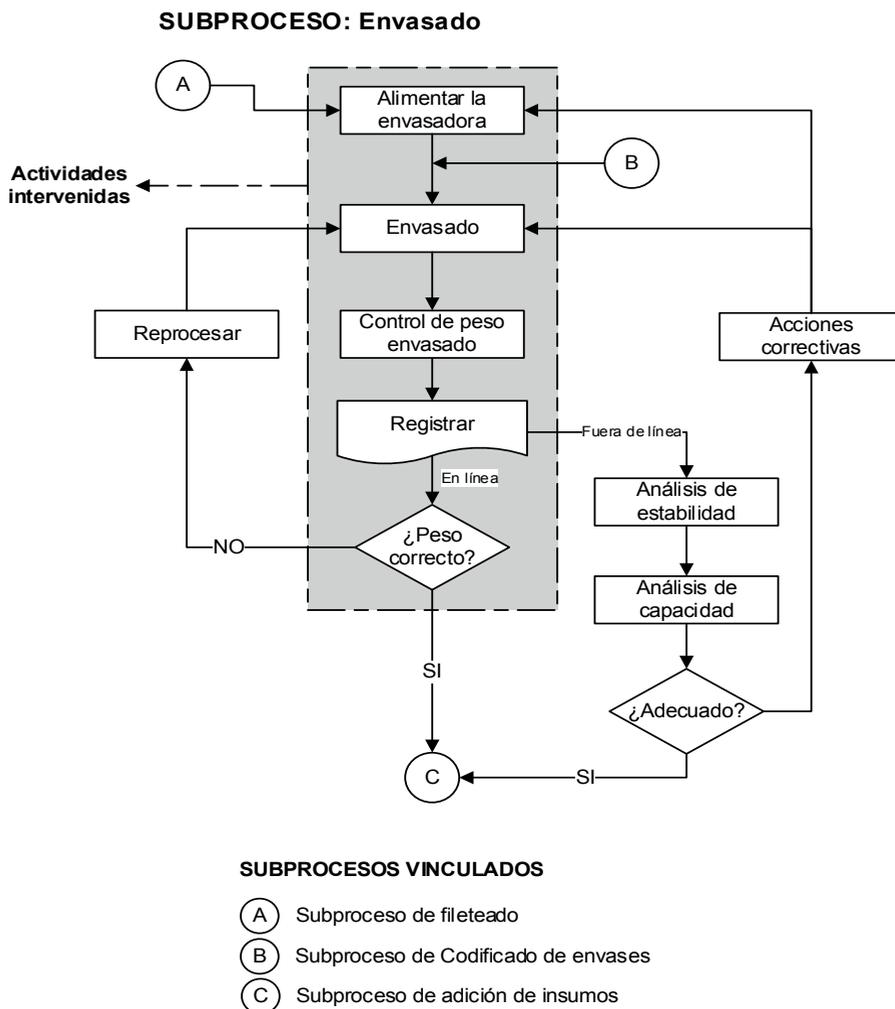


Figura 6. Diagrama de flujo del subproceso ENVASADO – Post-test.

Aspectos éticos

Los autores declaran que se cumplió con toda la normatividad ética nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRE - TEST

DEFECTOS EN EL PESCADO FILETEADO

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. 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. Se realizó un diagrama de Pareto (Fi-

gura 7). 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.

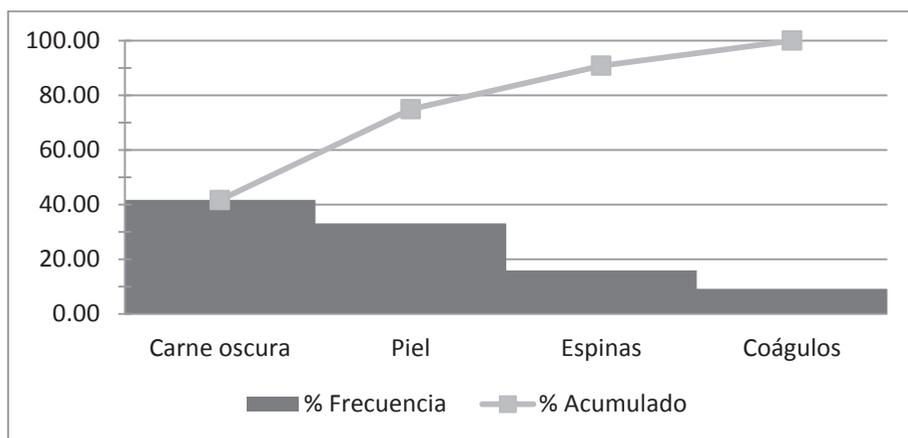


Figura 7. Diagrama de Pareto aplicado a los defectos.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: La muestra pre-test tuvo un promedio de 18,11 defectos por cada 10 bandejas con una desviación estándar de 4,15, cabe resaltar el valor de la moda de 15, un valor de defectos considerado muy alto. 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 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 0,80,

el cual es mayor a cero, por tanto, se determina que la curva que distribuye a los datos es asimétricamente positiva.

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor $P = 0,07$, concluyendo que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS: Se utilizó la Gráfica de Control C (Figura 8), 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 pie

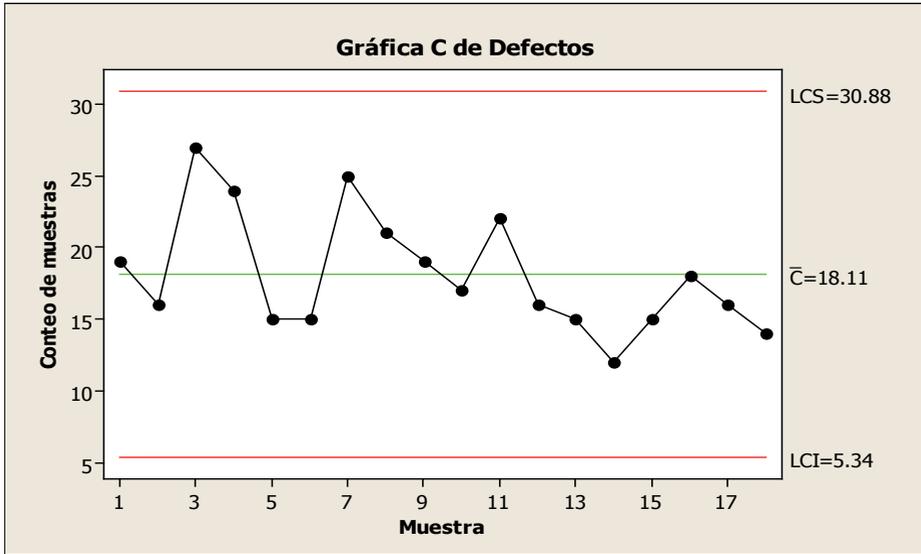


Figura 8. Gráfica C de defectos en el subproceso de fileteado.

MÉTRICA DPMO: Para el análisis pre-test es importante evaluar el subproceso desde el punto de vista la métrica Six Sigma (Tabla 3) para atributos (defectos) como indicador establecido para la variable dependiente. Es importante resaltar que cada bandeja tiene 4 oportunidades de error por unidad (bandeja con pescado).

Tabla 3. Métrica Six Sigma para atributos. DPU = Defectos por unidad. DPO = Defectos por oportunidad. DPMO = Defectos por millón de oportunidades.

MÉTRICA	VALOR
DPU	1,81
DPO	0,45
DPMO	452,77

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 (Defectos por oportunidad), este indicado trabaja con las oportunidades de presencia de defectos por unidad (bandeja), con lo cual el valor de 0,45 indica que, de 720 oportunidades de presencia de defectos, 326 errores o defectos fueron detectados. El DPMO obtenido indica que se esperan 452,77 defectos por millón de posibilidades de incidencia de defectos (4 por bandeja). Bajo este indicador se determina la viabilidad del proyecto en cuanto a la variable defectos en el pescado fileteado se refiere.

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, 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 (Figura 9); considerándose 4M de las 6M, descartando dos de las ramas por no ser factores que afecten al desenvolvimiento de la operación.

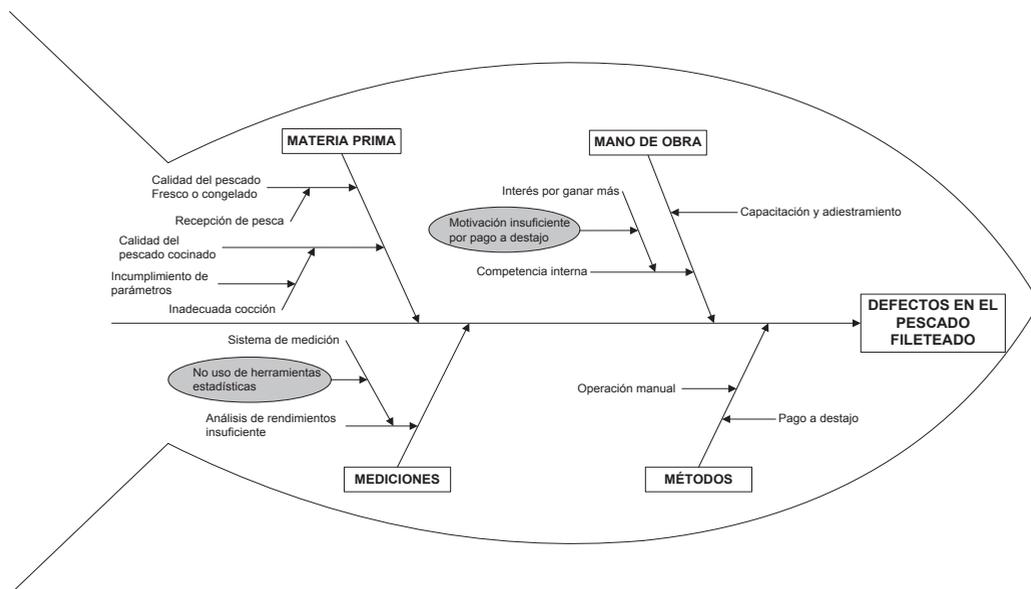


Figura 9. Diagrama de Ishikawa: Defectos en el pescado fileteado.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a identificar las causas raíz (priorización) que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Evaluación para la priorización de las causas raíz.

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

Las causas raíz a priorizar son: 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 (Tabla 4).

PRODUCTIVIDAD DE LAS OBRERAS FILETEADORAS

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.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: La muestra pre-test tiene un promedio de 5,94 kg de pescado fileteado por bandeja con una desviación estándar de 0,57, 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. 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, debido a 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.

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba K-S muestran un valor $P = 0,09$, concluyendo que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS: Se utilizó la Gráfica de Control, puesto que dicha gráfica es aplicable a procesos masivos y los datos son variables (características de calidad de tipo continuo). En la figura 10, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$.

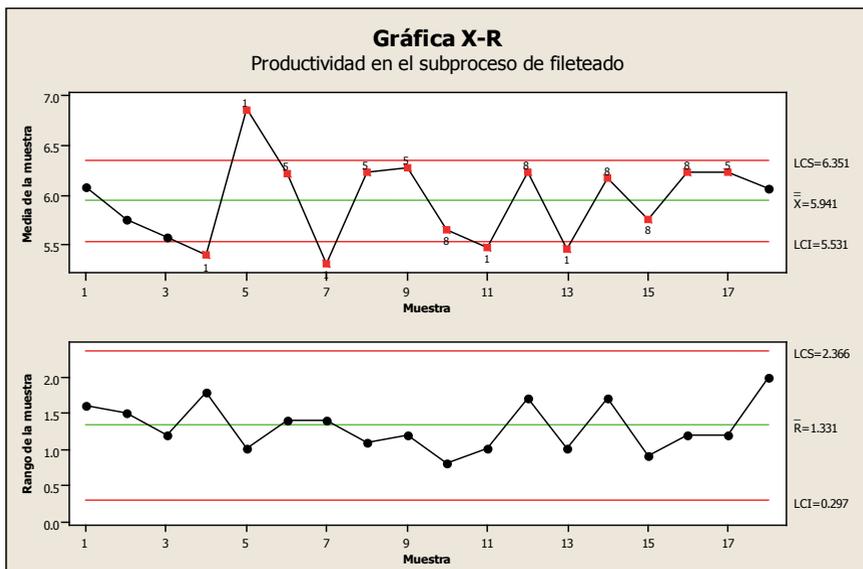


Figura 10. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ para la productividad del fileteado.

En la figura 11, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$, pero con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

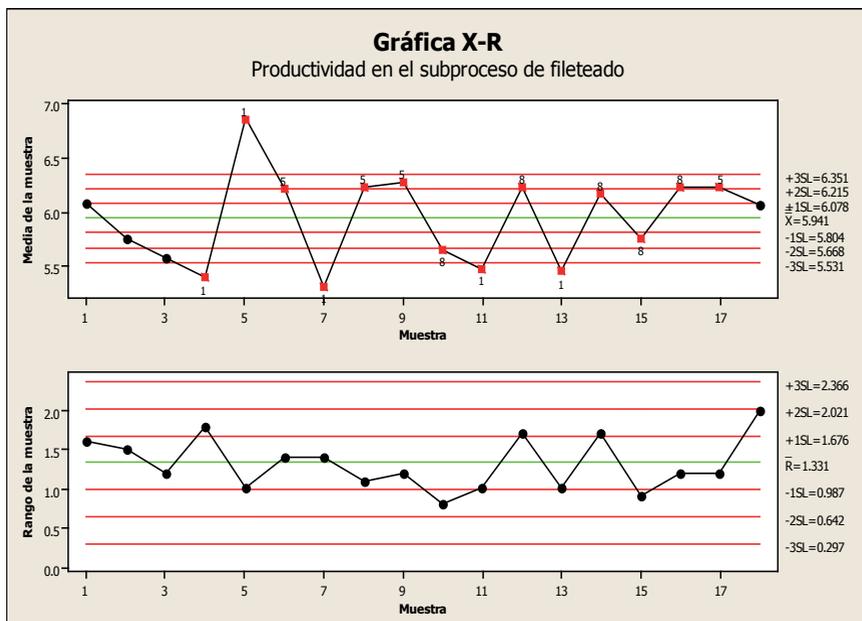


Figura 11. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

La gráfica $\bar{X}-\bar{R}$ indica que los datos están bajo control, por lo tanto, es apropiado examinar la gráfica $\bar{X}-\bar{R}$ que, de acuerdo a la muestra, se espera que el peso del pescado fileteado presentado en bandejas varíe entre 5,53 como LCI y 6,35 como LCS con un promedio de 5,94. 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.

ÍNDICE DE INESTABILIDAD: Para el análisis pre-test es importante evaluar el subproceso mediante índice de inestabilidad. 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.

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 (Figura 12); 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.

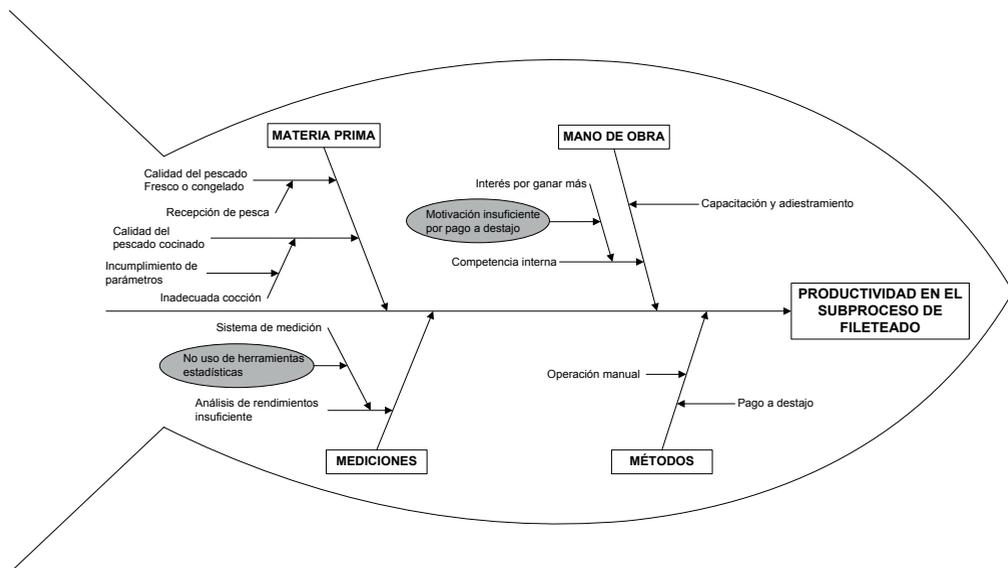


Figura 12. Diagrama de Ishikawa: Productividad en el subproceso de fileteado.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a identificar las causas raíz (priorización) que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Evaluación para la priorización de las causas raíz.

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

Las causas raíz a priorizar son: 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 centro 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

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.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: 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. 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.

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor $P = 0,08$, concluyendo que los datos de la muestra sí siguen una distribución normal, por lo tanto, son parámetros.

ANÁLISIS APLICANDO CONTROL ESTADÍSTICO: Para la muestra pre-test, se utilizó la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$, 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) (Figura 13). En la figura 14, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$, pero con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

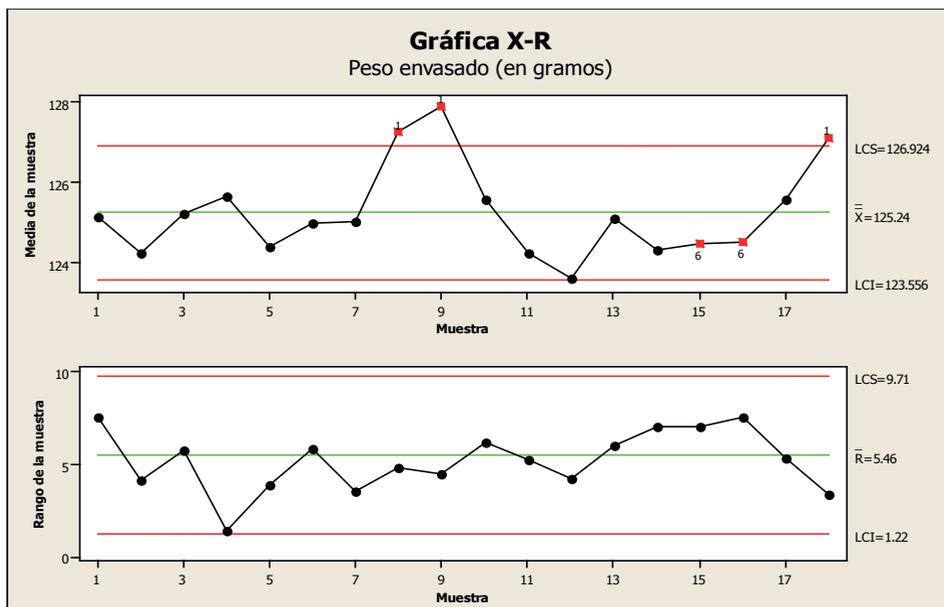


Figura 13. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ para el peso envasado.

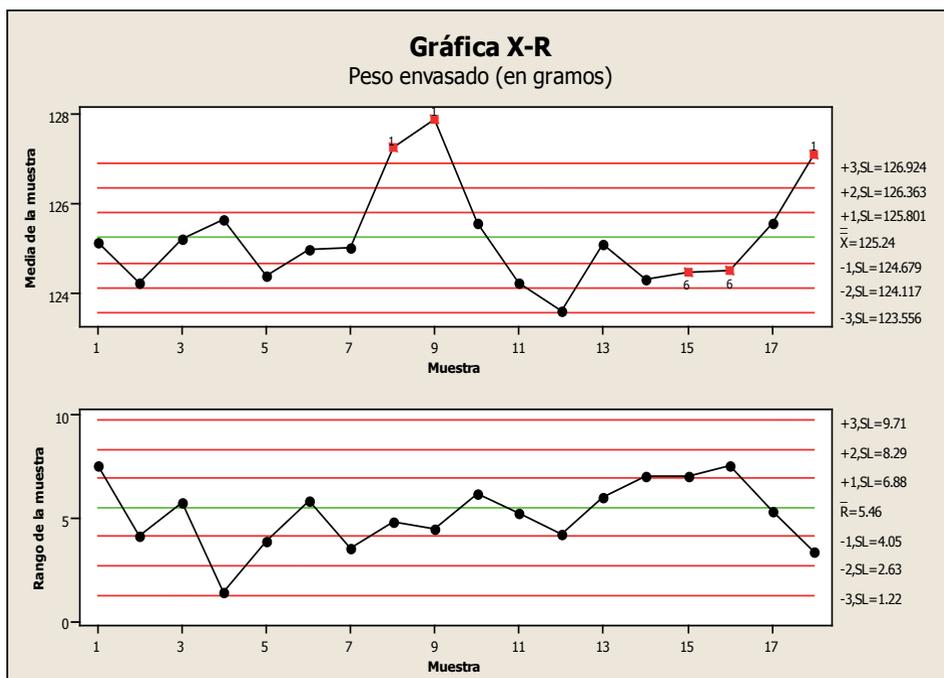


Figura 14. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

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 126,92g y 123,55g, 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 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:

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, 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.

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 (Figura 15); considerándose 5M de las 6M, descartando dos de las ramas por no ser factores que afecten al desenvolvimiento de la operación.

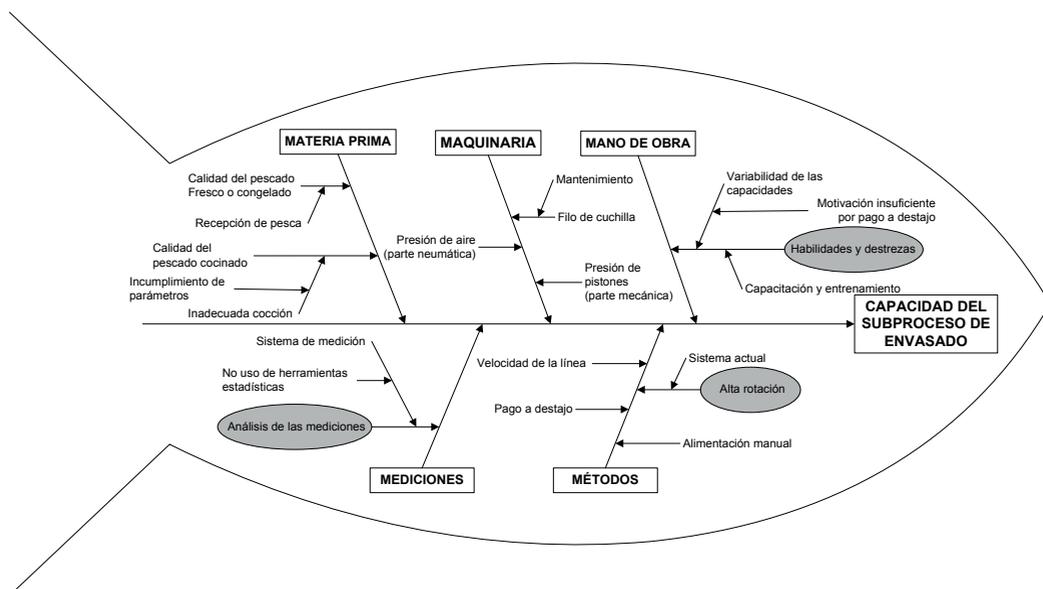


Figura 15. Diagrama de Ishikawa: Capacidad del subproceso de envasado.

De esta manera, teniendo el diagrama de Ishikawa definido, se procedió a establecer las causas raíz (priorización) que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Evaluación para la priorización de las causas raíz.

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

Las causas raíz a priorizar son: 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.

POST - TEST

DEFECTOS EN EL PESCADO FILETEADO

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. 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, con un total de 18 días de producción. Se realizó un diagrama de Pareto (Figura 16).

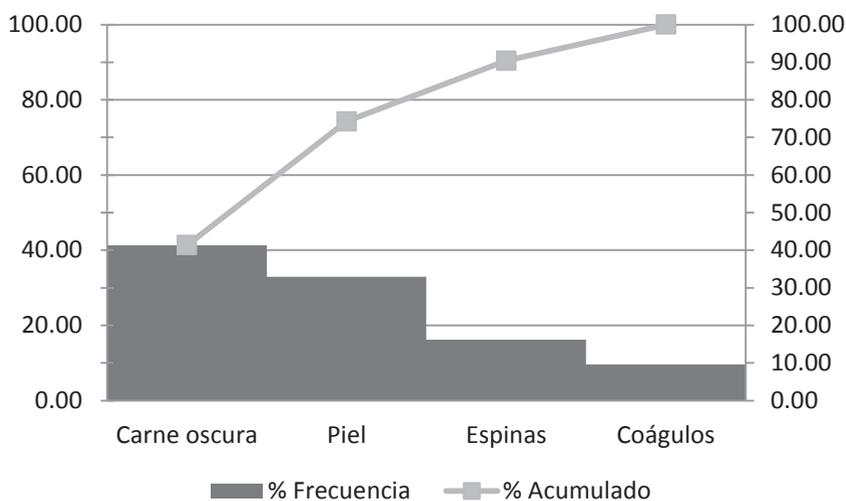


Figura 16. Diagrama de Pareto aplicado a los defectos en el subproceso de fileteado.

Con ello, se 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, 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.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: La muestra post-test tiene un promedio de 6,66 defectos por cada muestra (tamaño de 10 bandejas), con una desviación estándar de 2,02; con una moda de 5, 7, 8, 9 defectos por cada 10 bandejas según muestra. 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.

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor $P > 0,15$, concluyendo que los datos de la muestra siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS: Se utilizó nuevamente la Gráfica de Control C (Figura 17), por los motivos expuestos para la muestra pre-test.

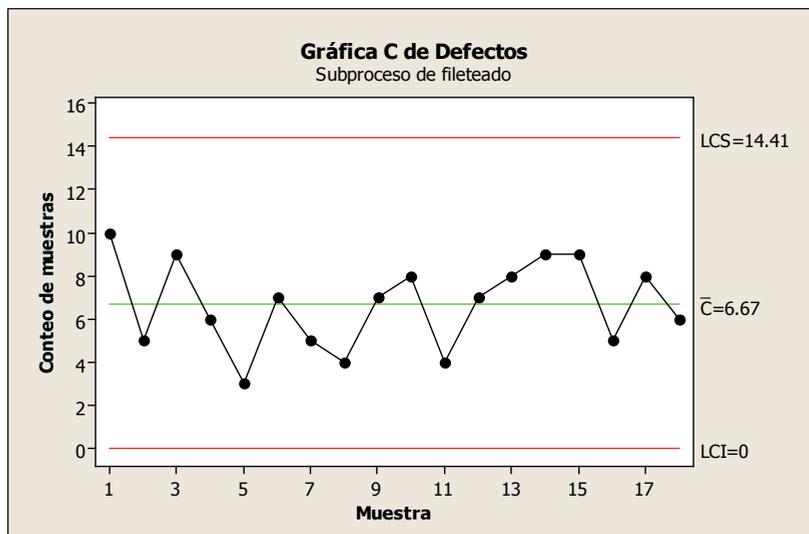


Figura 17. Gráfica C de defectos en el subproceso de fileteado.

MÉTRICA DPMO: Para el análisis post-test se evalúa nuevamente desde el punto de vista la métrica Six Sigma (Tabla 7) para atributos (defectos).

Tabla 7. Métrica Six Sigma para atributos.

MÉTRICA	VALOR
DPU	0,67
DPO	0,16
DPMO	166,66

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 0,16 indica que, de 720 oportunidades de presencia de defectos, 120 errores o defectos fueron detectados. El DPMO obtenido indica que se esperan 166,66 defectos por millón de posibilidades de incidencia de defectos (4 por bandeja), valor que es mucho menor al indicador DPMO de la muestra pre-test que tiene 447,22 defectos por millón de oportunidades, reduciendo el índice DPMO en 63,19%.

PRODUCTIVIDAD EN EL SUBPROCESO DE FILETEADO

TOMA DE MUESTRA POST-TEST

Luego del período de aplicación de prueba (test), se realizó la toma de la muestra post-test obteniendo 18 subgrupos (muestras) con un tamaño de 10 bandejas con pescado fileteado cada uno.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: La muestra post-test tiene un promedio de 6,43 kg de pescado fileteado por bandeja con una desviación estándar de 0,46, cabe resaltar el valor de la moda de 6,5, que es el valor en kg de pescado fileteado que más se repite de la muestra post-test. 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.

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor $P = 0,06$, concluyendo que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

ANÁLISIS MEDIANTE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS: 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 está o no bajo nivel estadístico (Figura 18).

En la figura 19, se muestra los resultados pre-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$, pero con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

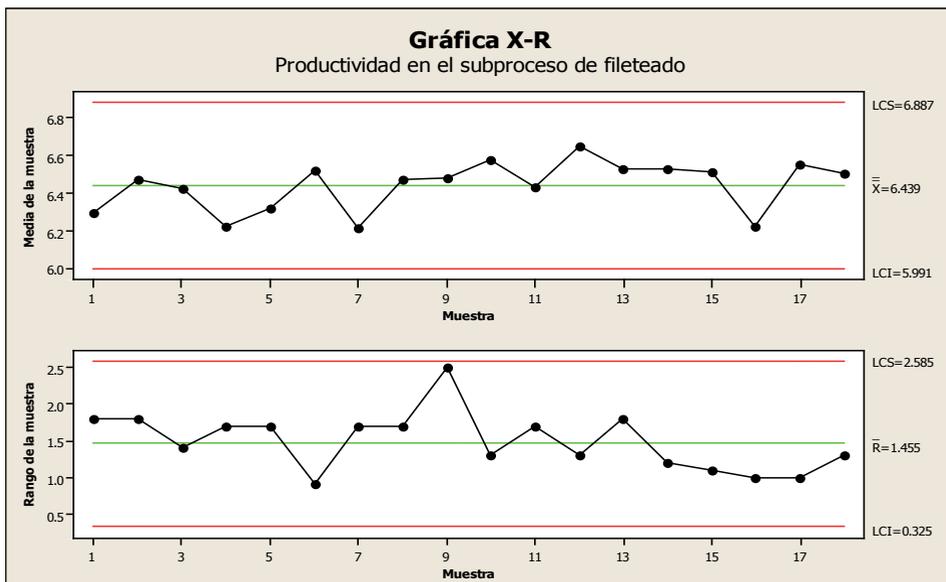


Figura 18. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ para la productividad en el fileteado.

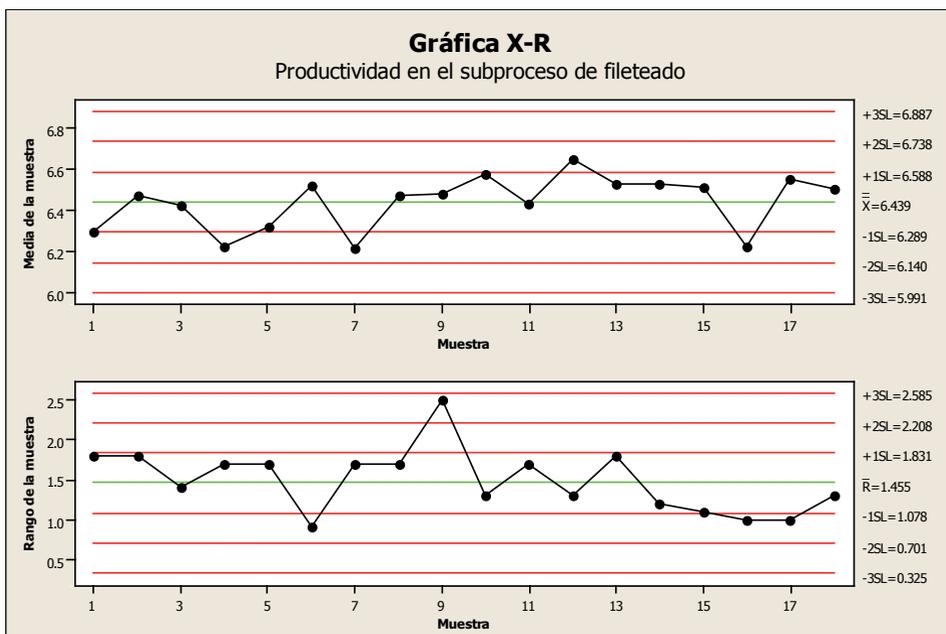


Figura 19. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

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. En comparación con la muestra pre-test, la aplicación de la propuesta de mejora ha conllevado a desplazar la media de 5,91 a 6,43 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.

ÍNDICE DE INESTABILIDAD: 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.

CAPACIDAD DEL SUBPROCESO DE ENVASADO

TOMA DE MUESTRA POST-TEST: 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.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO: 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. 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).

PRUEBA DE NORMALIDAD: Los resultados obtenidos en la prueba de normalidad K-S, muestran un valor $P > 0,15$, concluyendo que los datos de la muestra si siguen una distribución normal, por lo tanto, son paramétricos.

ANÁLISIS APLICANDO CONTROL ESTADÍSTICO: Se utilizó 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 corrobo-

re que el proceso, después de la aplicación de la variable independiente (VI3), esté estable (bajo control estadístico).

En la figura 20, se muestra los resultados post-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$.

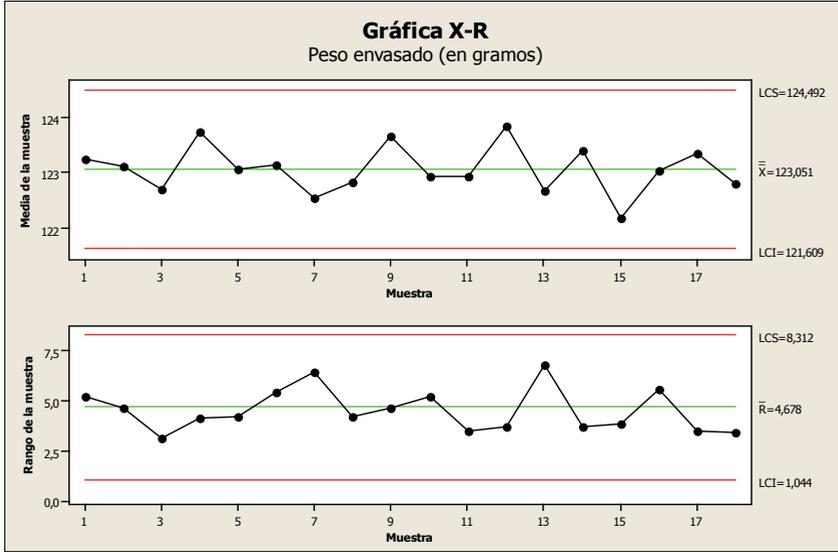


Figura 20. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ para el peso envasado.

En la figura 21, se muestra los resultados post-test empleando la Gráfica de Control $\bar{X}-\bar{R}$, pero con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

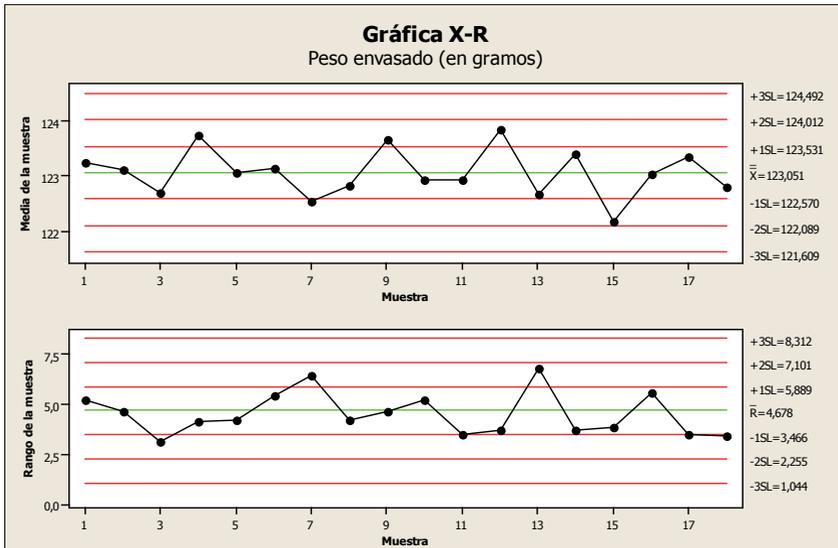


Figura 21. Gráfica de control $\bar{X}-\bar{R}$ con límites $1\sigma-2\sigma-3\sigma$.

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. 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 22, se muestran los resultados post-test empleando en Análisis de Capacidad con los índices de capacidad y desempeño potencial y real del proceso.

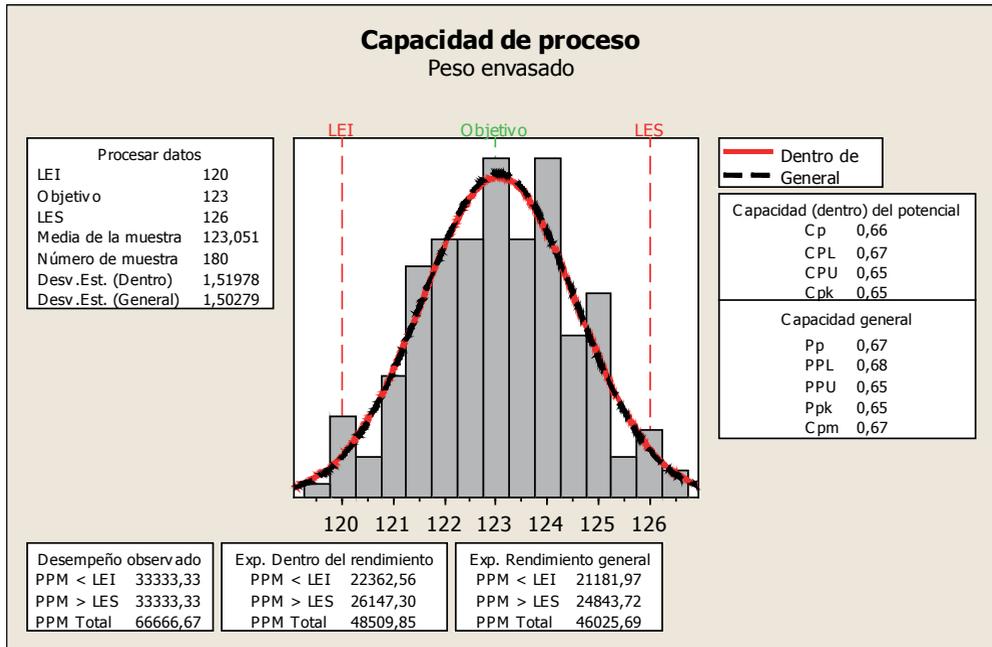


Figura 22. Análisis de Capacidad – Índices de capacidad post-test.

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, 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 cuan-

to a la situación pre-test es notable.

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 23, se muestran los resultados post-test empleando el Análisis de Capacidad con los índices Z de doble especificación.

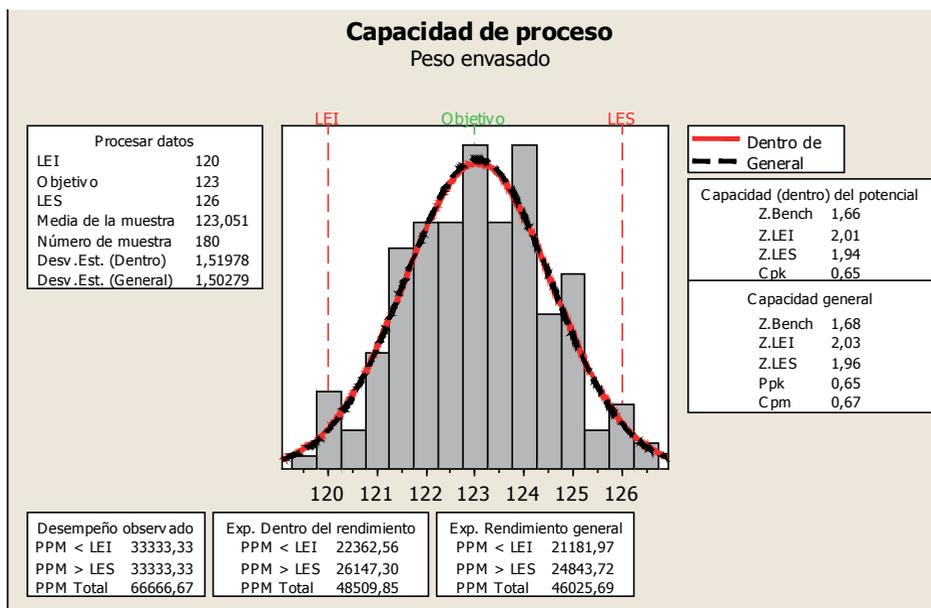


Figura 23. Análisis de Capacidad – Métrica Z.

Con respecto a la métrica Z, el análisis de capacidad potencial arroja que se tiene un nivel sigma de 1,94 σ (menor valor entre Z.LEI y Z.LES), que en

términos operativos se puede considerar un nivel 2 σ y en la capacidad general se tiene un valor Z de sólo 1,96 σ (menor valor entre Z.LEI y Z.LES) \approx 2 σ ,

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 2σ . 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.

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.

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.

Prueba Z para 1 muestra: Se utiliza la prueba Z para la contrastación de hipótesis, ya que la muestra tanto pre-test como post-test obedece a lo señalado por Pulido & De La Vara-Salazar (2009).

Tabla 8. Resultados de Z de una muestra: Defectos (V_1). Prueba de $\mu = 10$ vs. > 10 .

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V_1	18	18,11	4,15	0,98	16,49	8,28	0,00

El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0,00, 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 re-

ducirse (Tabla 8).

POST-TEST: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 1,00, 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 (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados de Z de una muestra: Defectos (V_1). Prueba de $\mu = 10$ vs. > 10 .

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V_1	18	6,66	2,02	0,47	5,88	-6,97	1,00

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.

PRE-TEST: Se busca demostrar que se consigue aumentar en un 0,50 kg, en pro-

medio, la obtención de pescado fileteado.

Prueba Z para 1 muestra: Se utiliza la prueba Z para 1 muestra para la contrastación de hipótesis, ya que la muestra tanto pre-test como post-test obedece a lo señalado por Pulido & De La Vara-Salazar (2009).

Tabla 10. Resultados de Z de una muestra: Rendimiento de las obreras (V_2). Prueba de $\mu = 6,45$ vs. $< 6,45$.

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V_2	180	5,94	0,57	0,04	6,01	-11,85	0,00

El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0,00, 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 (Tabla 10).

POST-TEST: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0,37, 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 (Tabla 11).

Tabla 11. Resultados de Z de una muestra: Rendimiento de las obreras (V_2).
Prueba de $\mu = 6,45$ vs. $< 6,45$.

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V_2	180	6.43	0,46	0,03	6,49	-0,32	0,37

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.

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. El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0,00, 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 (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados de Z de una muestra: Peso envasado (V_3).
Prueba de $\mu = 123$ vs. > 123 .

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V_3	180	125,24	2,02	0,15	124,99	14,85	0,00

POST-TEST: El resultado de la prueba Z para 1 muestra arroja un valor P de 0,32, 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 (Tabla 13).

Tabla 13. Resultados Z de una muestra: Peso envasado (V_3).
Prueba de $\mu = 123$ vs. > 123 .

Variable	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior 95%	Z	P
V3	180	123,05	1,50	0,11	122,86	0,45	0,32

Se concluye también que, mejora de calidad y productividad 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

(Bahena-Quintanilla, 2006; Rueda, 2007; Díaz, 2008; Guevara, 2011; Aguirre, 2012; Parrales & Tamayo, 2012; Chiza-Ocaña, 2013; Alor *et al.*, 2014; Roncancio-Hoyos, 2014).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, S.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. & 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.slide-share.net/MOSHERG/aplicacin-de-la-metodologia-seis-sigma-tesis-m-bahena>
- Besterfield, D. H. 2009. *Control de Calidad* (Octava ed.). México: Pearson Educación.
- Caicedo, S. N. 2011. Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. Prospect, 9: 65-74.
- 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>
- Díaz, M.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. & Lindsay, W. 2008. *Administración y Control de la Calidad*. México D.F. CENGAGE learning.
- Guevara, U.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* (3^{ra} ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Ed.
- Gutiérrez-Pulido, H. & De La Vara Salazar, R. 2009. *Control estadístico de calidad y seis sigma* (Segunda edición ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Minitab Inc. 2010. *Meet Minitab 16*. Obtenido de www.minitab.com/uploaded-Files/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/>
- Montoya, L. A.; Portilla, L. M. & Benjumea, J.C. 2008. Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia et Technica*, 38: 265-270.
- Okeda-Tanaka, R. 2008. Mejora de procesos de una empresa a través de Six Sigma. *Revista de Ingeniería Industrial*, Obtenido de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/holistica/article/view/1478>
- Parrales, R.V. & Tamayo, V.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 B.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>
- Terrés-Speziale, A.M. 2007. Determinación de metas analíticas. *Revista Mexicana de Patología Clínica*, 54: 28-39. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2007/pt071g.pdf>

Received October 4, 2018.

Accepted December 31, 2018.