

Aplicación de la metodología DMAIC al proceso de elaboración de harina residual de pescado

Marcos Renzo Salvador Pachas

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, mrsalvador@pucp.pe

Faculty Mentor:

Lucy Gabriela Aragón Casas

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, laragonc@pucp.pe

ABSTRACT

As part of the Six Sigma philosophy, the implementation of the DMAIC process improvement methodology achieves the objectives set at the beginning of the project using quality tools in five structured steps. In this study the first three stages of the DMAIC methodology is applied to a company that produces residual meal fishmeal, with the goal of reducing the percentage of waste and improve processes. In the first step the problem at hand and the goals of the improvement project are defined. The next step, measure, the capacity of the measurement system is validated and the stability of the process is verified with control charts. With the positive results of the previous studies, the voice of the process is determined by a process capability analysis, which indicates that the current process do not meet customer requirements. Finally, a design of experiments technique is used to determine the degree of influence of the possible causes over customer requirements.

Keywords: DMAIC, Six Sigma, quality tools

RESUMEN

En el marco de la filosofía de Six Sigma, la aplicación de la metodología DMAIC logra mejorar los procesos utilizando herramientas de la calidad en cinco etapas estructuradas que permiten alcanzar los objetivos planteados al inicio del proyecto. En este estudio se presenta la aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC a una empresa que elabora harina residual de harina de pescado, con el objetivo de reducir el porcentaje de desperdicios y mejorar los procesos. En la primera etapa, se define el problema a tratar y los objetivos del proyecto de mejora. Seguidamente, en la etapa medir, se valida la capacidad del sistema de medición y se verifica la estabilidad del proceso mediante gráficos de control. Con los resultados positivos de los estudios previos, se determina la voz del proceso mediante análisis de capacidad de proceso, según los cuales no se cumple con los requisitos del cliente. Finalmente, se analiza el grado de influencia de las posibles causas, que originan el incumplimiento de los requerimientos del cliente, con el uso de la técnica diseño de experimentos.

Palabras claves: DMAIC, Seis sigma, herramientas de la calidad

1. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se presenta la aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC en una empresa que elabora harina residual de pescado. En un inicio se revisa la literatura concerniente a la mejora de procesos y la metodología DMAIC. Seguidamente, se describe el proceso sobre el cual se desarrolla el caso de estudio y el estado actual de los problemas. Siguiendo una metodología cuantitativa se identifico el problema que debería ser eje de la mejora. En los siguientes apartados de este estudio, se presenta el desarrollo de las etapas definir, medir y analizar. Finalmente, se resumen y comentan los resultados obtenidos en esta primera fase del proyecto de mejora.

1.1 REVISION DE LA LITERATURA

El análisis y mejora de procesos es una alternativa para mejorar las operaciones dentro de una organización, sin embargo sin un procedimiento científico que soporte y permita alcanzar las metas establecidas, los intentos fallidos pueden ser muchos, generando un uso indebido de recursos de la organización (Acuña, 2005). Para poder obtener importantes beneficios en el estudio de procesos, se debe aplicar un procedimiento que debe estar compuesto de seis etapas, las cuales son: Identificación y selección del proceso, recolección de datos, generación de mapeo de procesos, análisis de datos, desarrollo de alternativas de mejora e implementación del nuevo proceso. Siendo el primer punto uno de los más importantes, ya que a partir de una buena selección del problema, se verá el alcance del desarrollo de la alternativa de mejora, en este análisis se incluyen la delimitación de los procesos y el establecimiento de metas para el rediseño de procesos. En la selección de procesos prioritarios hay cinco aspectos que deben ser considerados: impacto para cliente, facilidad de cambio, condición actual, impacto para el negocio y cantidad de trabajo requerido (Harrington, 1993).

Seis Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio, que tiene diferentes significados para diferentes grupos dentro de una organización (Harry *et al.*, 2010). A nivel empresa es una iniciativa estratégica que busca alcanzar una mejora significativa en el crecimiento del negocio, su capacidad y en la satisfacción de los clientes. En el nivel operacional, Seis Sigma tiene una naturaleza táctica que se enfoca a mejorar métricas de eficiencia operacional, como tiempos de entrega, costos de no calidad y defectos por unidad. Mientras que a nivel de proceso Seis Sigma es utilizado para reducir la variabilidad, y con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, así como disminuir los costos directos. Por lo que Seis Sigma es una iniciativa estratégica y táctica para la gestión del negocio, que tiene la capacidad de enfocar la empresa hacia las necesidades de los clientes y alcanzar su satisfacción. En su nivel más elemental la meta de 6σ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad de Seis Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades de error. Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos 6σ a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones.

Seis Sigma se poya en una metodología robusta. Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. Los proyectos Seis Sigma se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (en inglés DMAIC: *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). En la fase 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 que intervienen en éste. El primer paso para lograr un proyecto exitoso será su selección adecuada, que por lo general es responsabilidad de los *champions* y/o de los *black belt*. La adecuada selección de proyectos es un aspecto crítico para el éxito de Seis Sigma (Kumar *et al.*, 2009). La segunda fase consiste en medir la situación actual, el objetivo general de esta segunda fase 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, con el sistema de medición validado se mide la situación actual para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las métricas. En la fase analizar se tiene como meta identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. La cuarta fase, mejorar tiene por objetivo proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Finalmente, se tiene que controlar para mantener la mejora. 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.

1.2 EL CASO DE ESTUDIO

La organización pertenece a la industria pesquera con 15 años de experiencia en el mercado, dedicada a la producción de harina, conserva, aceite de pescado y harina residual de pescado. La Organización ha logrado introducir sus productos en mercados Internacionales, como USA.

El estudio se enfoca en la elaboración de la harina residual de pescado, el cual es un producto industrial hidrobiológico obtenido de la reducción de pescado, principalmente de residuos y descartes, el cual es sometido a proceso de cocción, prensado, secado, molienda, dosificación de antioxidante y envasado en forma mecánica en sacos laminados de polipropileno. El producto es utilizado como ingrediente de alimentos para aves, aves ponedoras, cerdos, rumiantes, vacas lecheras, ganado vacuno, ovino, y animales acuáticos, disminuyendo notablemente los costos de producción industrial de estos animales por su rápido crecimiento, su mejor nutrición y la mejora de la fertilidad y la notoria disminución de posibilidades de enfermedades. El producto debe cumplir con especificaciones de características microbiológicas, químicas como la relación con los contenidos brutos de los componentes que integran la composición proximal. Esto es humedad, proteína, grasa, y cenizas. Otras características que conforman las especificaciones son del tipo físico como: la granulometría, densidad, y número de flujo que depende del tipo de secado.

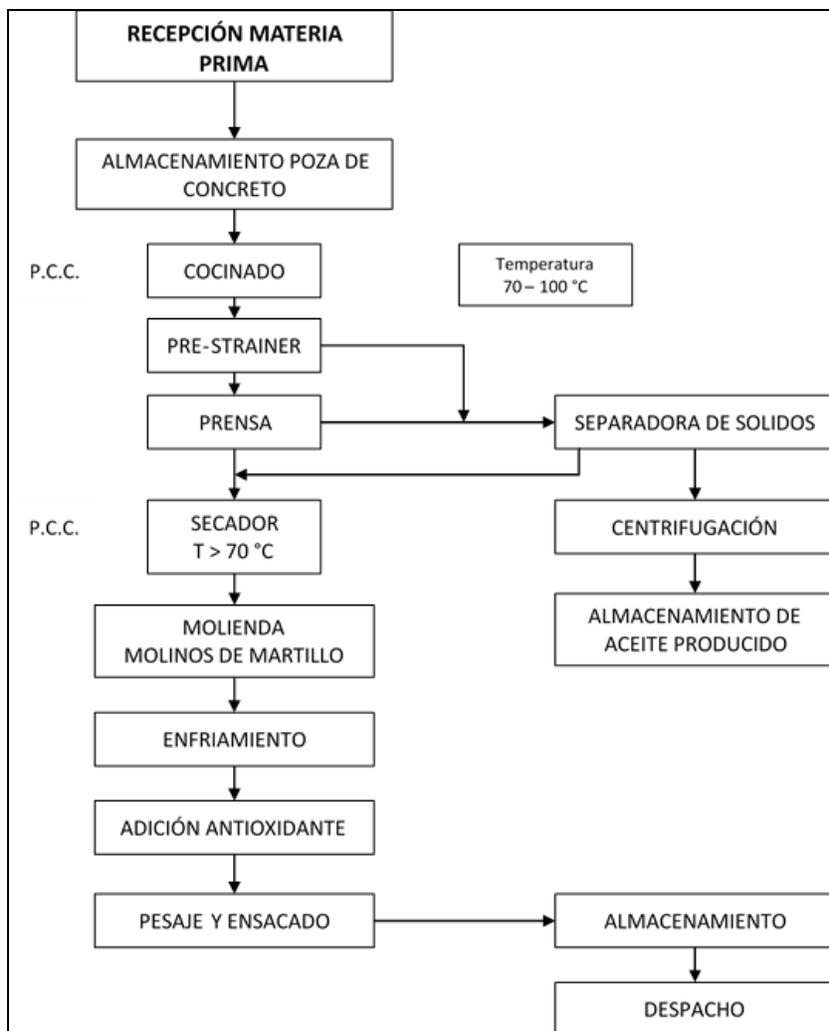


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso productivo de harina residual de pescado

El proceso productivo para la obtención de harina residual de pescado está conformado por las siguientes etapas: recepción y almacenamiento de materia prima, cocinado, pre-drenado, prensado, separación de sólidos y centrifugación, secado, molienda, enfriamiento, adición de antioxidantes, esaque y pesado. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso productivo.

1.3 LOS PROBLEMAS

No todos los problemas de una empresa son llamados a ser solucionados (Guitierrez, 2013). Se tiene que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades y para poder responder a ello se necesita hacer un

revisión de manera crítica de los procesos de la empresa. En consecuencia, la solución de los problemas de la empresa deben de tener como fin atender y exceder las expectativas de los clientes. En otras palabras, se debe solucionar los problemas que tiene mayor impacto en la satisfacción del cliente. Considerando la idea previa, la información que se presenta a continuación fue recabada en una entrevista con el Jefe de planta de la Empresa, el cual con una experiencia de cinco años en su cargo, conoce a detalle la situación actual de la Empresa. Entre los principales problemas que afronta la empresa se encuentran: Los rechazos de sacos de harina residual de pescado por presentar propiedades no acordes con los requerimientos del cliente, los cuales generan malestar en este y crea una imagen poco confiable de la Empresa, el desabastecimiento de materia prima debido a la estacionalidad del producto base, y el incumplimiento de los plazos pactados de entrega de los pedidos del producto final y el incremento de la merma en la elaboración de harina residual de pescado.

Con el objetivo de identificar el problema o problemas a mejorar mediante la metodología DMAIC, se elaboro una matriz de enfrentamiento para determinar la prioridad del principal problema a solucionar. Los criterios a tomar en cuenta en la matriz son los que se presentan a continuación: Cantidad de sacos que representa el problema, el impacto económico que el problema genera en la empresa y la facilidad de solucionar el problema con la metodología Six Sigma. En cuanto al criterio cantidad de sacos que presenta el problema, estos datos revelan una frecuencia de sacos que fueron rechazados y asociados a algun tipo de problema. Para cuantificar la intensidad de relación de los problemas con los criterios se utilizó una escala de 0 a 5, según la cual se asigna 5 en el caso de una relación muy fuerte, 3 para una relación fuerte, 1 para una relación débil y 0 para ninguna relación.

Tabla 1: Matriz de enfrentamiento problema - criterio

Problema / Criterio	Sacos de harina (unidades)	Impacto económico	Facilidad para solucionar con el enfoque Six Sigma	Puntaje Total
Desabastecimiento de materia prima	120	5	3	1800
Incumplimiento de plazos de entrega	170	1	3	510
Rechazo de harina residual por no cumplir con especificaciones del cliente	250	5	5	6250
el proceso de obtención de harina residual.	50	1	3	150

De esta manera se puede llegar a la conclusión de que el principal problema a solucionar es la devolución del producto terminado por presentar propiedades no acordes con los requerimientos de cliente.

2. ETAPA DEFINICIÓN

La aplicación de un proyecto Six Sigma debe reflejar la perspectiva del cliente (De la Vara, 2013), y esto se logra preguntando y estableciendo métricas de calidad que reflejen la voz de este. Entonces, para asegurar que “la voz del cliente” sea escuchada a lo largo de la aplicación de la metodología, se ha utilizado la herramienta Despliegue de la Función de la Calidad (DFC) también conocida como QFD *Quality Function Deployment*, herramienta de planeación que incluye la voz del cliente en el desarrollo y diseño del producto o proyecto. En el estudio se utilizó la matriz DFC para relacionar las variables de interés para el cliente con las etapas del proceso de elaboración de la harina residual de pescado.

Para poder desarrollar esta matriz se entrevistó a diversos clientes de la empresa para saber cuáles son sus requerimientos o necesidades de primer nivel, también conocidos como los “qué”. A estos requerimientos se les asigna una prioridad con una escala del 1 al 5, donde 1 es la más baja. Esta prioridad debería reflejar el interés del cliente y los objetivos de la empresa. En la Figura 2, se observa que los aspectos a mejorar que tendrían mayor prioridad son el porcentaje de proteínas, la digestibilidad y las quejas debido al sabor y olor. Por otro lado, se presentan los “cómo”, los cuales son las formas inmediatas con las cuales la empresa puede lograr proveer los “qué”. En la Tabla 2 los “cómo” corresponden a los subprocesos o etapas principales en el proceso de elaboración de harina residual, ya que cada una de estas etapas puede influir en cada una de las variables objetivo. Para cuantificar la intensidad de relación de los “qué” y los “cómo” se califica con una escala de 0 a 5, se asignará 5 en el caso de una relación muy fuerte, 3 para una relación fuerte, 1 para una relación débil y 0 para ninguna relación. Adicionalmente se muestra la importancia relativa de los procesos involucrados, la cual proporciona una mejor perspectiva de los “cómo”. Los mayores puntajes fueron obtenidos, en primer lugar por el proceso de cocinado (101) por lo que se debería centrar esfuerzos en la mejora de este, ya que es el que más contribuye a las prioridades establecidas por el cliente, seguido del proceso de secado (95) y almacenamiento y preparación de materia prima (87).

Tabla 2: Matriz DFC de la harina residual de pescado

Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos	Sub-procesos
Atributos del	PRIORIDAD	Recepción de residuos de pescado	Almacenamiento y preparación de materia prima en poza	Cocinado	Prensado	Secado	Molienda	Enfriado	Adición de antioxidante	Envasado y almacenaje
Humedad	2	1	1	5	5	5	1	1	0	1
Olor	2	3	3	3	5	1	1	1	5	0
Sabor	3	3	3	3	1	1	5	1	5	0
Porcentaje de proteínas	5	3	5	5	5	5	1	1	3	0
Aparencia	2	1	3	1	1	3	5	0	1	1
Porcentaje de cenizas	4	1	1	3	1	5	1	1	3	0
Peso	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Digestibilidad	5	1	3	5	1	5	1	1	1	0
Quejas debido a sabor y olor	4	3	5	3	1	1	1	1	3	1
Presentación y calidad de envasado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importancia		55	87	101	63	95	47	25	71	13
Importancia relativa		5	9	10	6	9	5	2	7	1

Con los resultados obtenidos de la matriz DFC, se puede afirmar que los requerimientos de producción (X) relacionados con la Voz del cliente (Y) son las características físico-organolépticas, temperatura de cocinado y temperatura de secado.

3. ETAPA MEDICIÓN

El objetivo de esta etapa es determinar el estado actual del proceso, en tal sentido se planificó y recolectó la data correspondiente a las variables del proceso que influyen sobre los requerimientos del cliente, seguidamente se analizó dicha información. De la etapa anterior se tiene que variables del proceso a analizar son: las características físicas, temperatura de secado y temperatura de cocinado. En consecuencia, en este acápite se presenta el estudio de capacidad del sistema de medición, el estudio de la estabilidad del proceso y finalmente el estudio de la capacidad del proceso de elaboración de harina residual de pescado, según las variables analizadas. El estudio del

sistema de medición se realiza antes de proceder con la recolección de información con el objetivo de verificar la validez de los resultados en los subsecuentes análisis.

3.1 ESTUDIO GAGE R&R APLICADO A LA MEDICIÓN DE TEMPERATURAS DE PROCESO DE COCINADO

Para la realización de este estudio, se utilizó un diseño cruzado donde se eligió a tres operadores en forma aleatoria, los cuales con la ayuda de un termómetro registraron las temperaturas correspondientes al proceso de cocinado en 10 diferentes momentos del día. En base a los datos recolectados se realizó el estudio *Gage R&R*. De la Figura 2, se puede afirmar que debido al valor p-value (0.915) > 0.05 la contribución al error de los evaluadores se puede considerar no significativa, lo cual se corrobora líneas más abajo, con un porcentaje de contribución de 0%. La variación proveniente de la repetibilidad es de 0.55 %, mientras que de la reproducibilidad es de 0.48 % es por esto que la variabilidad debido a diferencias entre las partes es de 98.97% de la variabilidad total. Por otro lado, el número de categorías distintas o distinguibles (nc) es 13, lo cual nos indica que el sistema de medición posee una resolución adecuada. Finalmente, el porcentaje de contribución total del *Gage R&R* es de 1.03% lo cual indica que el sistema de medición es bueno. Dado que la medición de la temperatura del proceso de cocinado es fundamental para tener un producto final en óptimas condiciones, es necesario realizar esta revisión de forma periódica con el fin de por lo menos conservar el sistema de medición con la contribución actual.

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA						
Tabla ANOVA de dos factores con interacción						
Fuente	GL	SC	MC	F	P	
Muestras	9	180.104	20.0116	395.398	0.000	
Evaluadores	2	0.009	0.0045	0.089	0.915	
Muestras * Evaluadores	18	0.911	0.0506	2.761	0.007	
Repetibilidad	30	0.550	0.0183			
Total	59	181.574				
Alfa para eliminar el término de interacción = 0.25						
R&R del sistema de medición						
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)				
Gage R&R total	0.03447	1.03				
Repetibilidad	0.01833	0.55				
Reproducibilidad	0.01614	0.48				
Evaluadores	0.00000	0.00				
Evaluadores*Muestras	0.01614	0.48				
Parte a parte	3.32682	98.97				
Variación total	3.36130	100.00				

Figura 2: Reporte de Minitab del estudio R&R para la temperatura de cocinado.

3.2 ESTUDIO GAGE R&R APLICADO A LA MEDICIÓN DE TEMPERATURAS DE PROCESO DE SECADO

Para la realización de este estudio, se utilizó un diseño cruzado donde se eligió a tres operadores en forma aleatoria, los cuales con la ayuda de un termómetro registraron las temperaturas correspondientes al proceso de secado en 10 diferentes momentos del día.

Con las mediciones se realizó el estudio *Gage R&R*, el cual se puede observar en la Figura 3. La variación proveniente de la repetibilidad es de 0.36 %, mientras que de la reproducibilidad es de 1.09% y la variabilidad debido a diferencias de partes es de 98.55% de la variabilidad total. Por otro lado, el número de categorías distintas o distinguibles (nc) es 11, lo cual nos indicaría que el sistema de medición posee una resolución adecuada. Finalmente, el porcentaje de contribución total del *Gage R&R* es de 1.03% lo cual indica que el sistema de medición es bueno.

Dado que la medición de la temperatura del proceso de secado es fundamental para obtener un producto libre de microorganismos y bacterias que afecten el producto, es necesario tomar acciones preventivas con el fin de por lo menos conservar el sistema de medición con la contribución actual.

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA					
Tabla ANOVA de dos factores con interacción					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestras	9	580.324	64.4804	485.830	0.000
Evaluadores	2	3.124	1.5622	11.770	0.001
Muestras * Evaluadores	18	2.389	0.1327	3.418	0.001
Repetibilidad	30	1.165	0.0388		
Total	59	587.002			

Alfa para eliminar el término de interacción = 0.25

R&R del sistema de medición		
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.1572	1.45
Repetibilidad	0.0388	0.36
Reproducibilidad	0.1184	1.09
Evaluadores	0.0715	0.66
Evaluadores*Muestras	0.0469	0.43
Parte a parte	10.7246	98.55
Variación total	10.8819	100.00

Figura 3: Reporte de Minitab del estudio R&R para la temperatura de secado

3.3 ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL PROCESO

En esta etapa se determinará la línea base con la cual podremos evaluar el desempeño de los procesos, para lo cual se desarrollará un estudio de estabilidad de los mismos. El estudio consistirá en verificar que el proceso se encuentra bajo control estadístico con la elaboración de gráficos de control (Besterfield, 2009). Para la elaboración de la carta de control para la variable temperatura de cocinado, se utilizó una carta de control para la media con rangos móviles. En consecuencia, el sub grupo racional seleccionado fue 1. El esquema bajo el que se trabajará es el método de lapso de tiempo el cual consiste básicamente en seleccionar una muestra obtenida durante cierto tiempo para que sea representativo de todo el producto, en nuestro caso de un *batch*. Para la toma de datos se utilizó hojas de verificación. El tamaño de muestra seleccionado fue de 100 datos. A continuación se detalla los resultados obtenidos.

Gráfico de control para temperatura de cocinado: En la gráfica de rangos móviles de la Figura 4, se observa que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control. Además, Minitab no muestra ninguna alarma, con lo que se puede afirmar que la variabilidad del proceso está bajo control estadístico. En la gráfica de datos individuales de la Figura 4 se observa que todos los puntos están dentro de los límites de control, con lo que se concluye que el proceso está bajo control y ninguna de las reglas se infringe. Concluyendo que el proceso asociado a la temperatura de cocinado se encuentra bajo control estadístico.

Gráfico de control para temperatura de secado: Para esta característica se utilizó cartas de control para la media con rangos móviles. Se tomaron 100 lecturas durante el proceso de producción. En la gráfica del rango móvil de la Figura 5 se observa que no hay ningún punto fuera de los límites, pero se observa cierta inestabilidad esta característica se puede a una falta de calibración en el equipo, por ejemplo como por ejemplo en la inyección de gas al equipo de secado. Sin embargo se puede considerar que el proceso se encuentra bajo control estadístico dado que no se infringe ninguna de las reglas de estabilidad. En la gráfica de valor individual de la Figura 5 se observa que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control. Al no infringirse ninguna regla, se concluye que el proceso asociado a la temperatura de secado se encuentra bajo control estadístico.

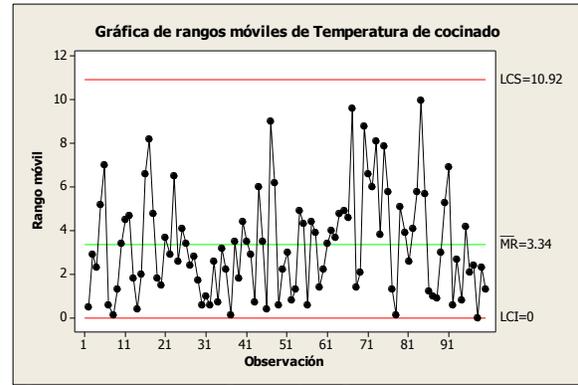
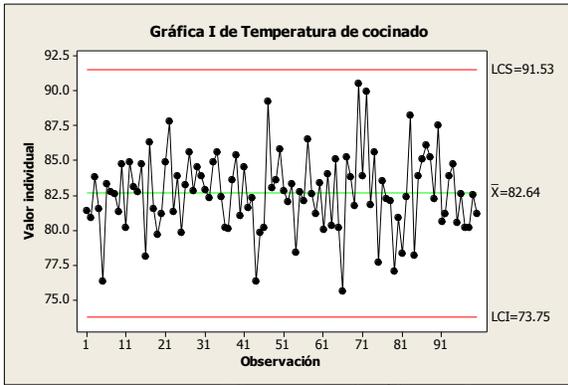


Figura 4: Gráficas de control para la temperatura de cocinado

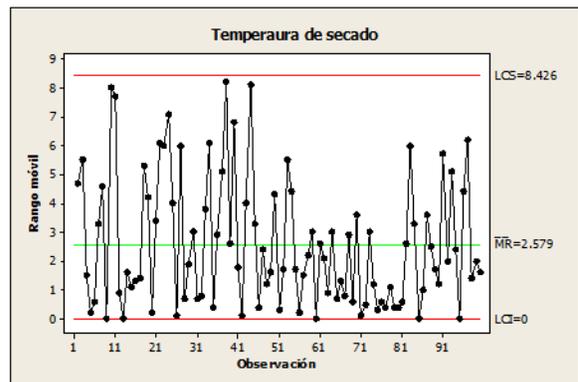
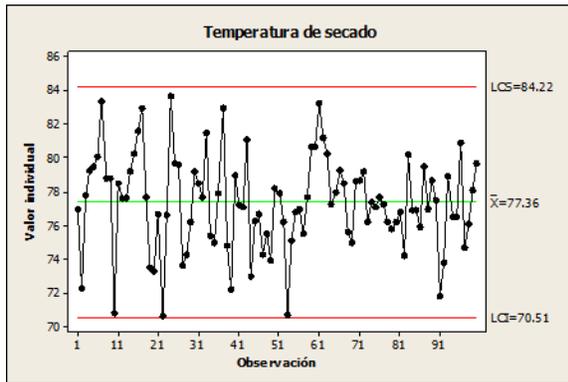


Figura 5: Gráficas de control para la temperatura de secado

3.4 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Con los resultados del estudio previo, se procedió a determinar la capacidad de los procesos asociados a las temperaturas de cocinado y secado. Antes de realizar dicho estudio, se verificó en ambos casos la normalidad de la data.

Capacidad del proceso para la Temperatura del proceso de cocinado: El índice Cp para la temperatura del proceso de cocinado es 0.96 (Ver Figura 6), al pertenecer a un rango menor a 1, podemos afirmar que el proceso no es potencialmente capaz. El proceso requiere mejoras para cumplir con las especificaciones. Además, se puede visualizar que la cola derecha de la gráfica cae fuera de los límites de especificación, lo cual nos indica que la temperatura de cocinado cae por encima del límite de especificación superior 39777.88 veces por cada millón de ocurrencias.

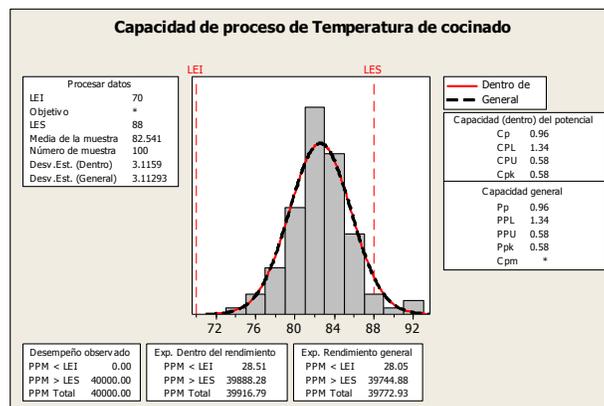


Figura 6: Capacidad del proceso para la temperatura de cocinado

Capacidad del proceso para la temperatura del proceso de secado: Para el caso de la temperatura del proceso de secado se observa en la Figura 7 el valor de Cpk igual a 0.83 y al pertenecer a un rango menor a 1.33, podemos afirmar que nuestro proceso no es capaz, por lo que se considera como un proceso que requiere mejoras. Finalmente, el estudio indica que de cada millón de veces que registra la temperatura, 14059 veces la temperatura estará fuera de los límites de especificación, las cuales repercutirán en las características del producto final.

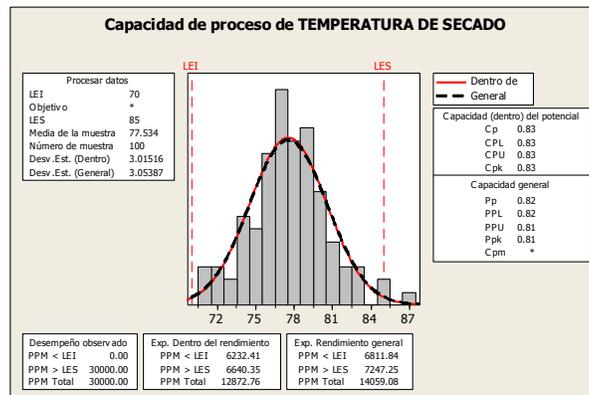


Figura 7: Capacidad del proceso para la temperatura de secado

4. ETAPA ANÁLISIS

En esta etapa se identificó las variables (X) que influyen de manera significativa en las características (Y) asociadas a los requerimientos del cliente. De los estudios previos, se determinó que las variables asociadas a los requerimientos del cliente son: las características físico-organolépticas, temperatura de cocinado y temperatura de secado. Seguidamente, se utilizó la técnica diseño de experimentos para determinar el grado de importancia de las variables (X). Los resultados obtenidos indican que la temperatura de secado es un factor que influye significativamente sobre los requisitos del cliente. Así también, resultaron significativas dos de las interacciones de tercer nivel como se observa en la Figura 8. Por otro lado, se identificó una marcada interacción entre los factores temperatura de cocinado y los demás factores; así como también, entre las características físico organolépticas – olor, color y limpieza. Sin embargo, los indicadores de la validez del modelo lineal utilizado sugieren que se debe llevar a cabo otro estudio.

5. CONCLUSIONES

La problemática principal de la empresa es un alto porcentaje de devolución de sacos de harina residual de pescado, esto debido a no cumplir con especificaciones del cliente, se llegó a esta conclusión después de analizar, en un periodo de tiempo, los principales problemas que afectaban a la empresa, los cuales fueron cuantificados en términos de cantidad de sacos de harina rechazados para poder tener una mejor métrica de comparación en relación a los demás problemas, ya que al ser datos reales la aproximación es mejor. Con la metodología DMAIC se logró definir el problema principal que aqueja a la empresa. En primera instancia se sabía que en un 47 % de los productos se rechazaban por incumplir con las especificaciones del cliente, por lo que se llevó a cabo una encuesta a los principales clientes, de esta manera resultó que el principal atributo que el cliente aprecia en el producto es el porcentaje de proteínas presentes en la harina, tomando en cuenta que los niveles proteicos están en otra escala en comparación con harinas convencionales. Se tradujo la voz del cliente en a lo largo del proceso obteniendo como resultado los requerimientos de producción para poder satisfacer al cliente o controlar la variables de salida. Los requerimientos ligados a un “buen nivel proteico” según lo indico el cliente son características físicas de materia prima (olor, color, limpieza, apariencia general), la temperatura de cocinado y temperatura de secado. Estas variables de proceso (X) fueron las tomadas para realizar la fase de medición de la metodología DMAIC, en la cual se determinó la validez de los sistemas de medición, control estadístico de los procesos de cocinado y secado, y el estudio de capacidad de dichos procesos. Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente: los sistemas de medición, tanto para la temperatura de cocinado como de secado, son

buenos. Los estudios de normalidad de la data y estabilidad del proceso, permitieron realizar el estudio de capacidad de ambos procesos. Al ser incapaces ambos, se concluye que los procesos actuales son incapaces de cumplir con las especificaciones establecidas.

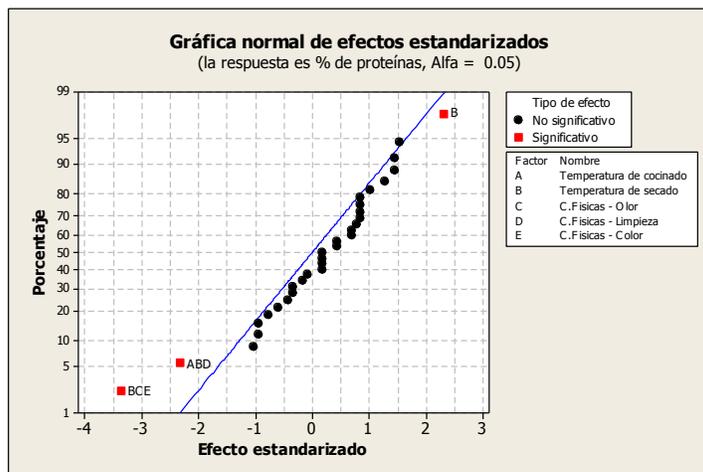


Figura 8: Gráfica normal de efectos estandarizados.

Finalmente, se determinó la importancia de las variables de procesos mediante un diseño de experimentos. El resultado indica que todos los factores explican el comportamiento de la variable de interés (Y), ya sea por la importancia del factor o de las interacciones de tercer nivel. Aunque, los resultados también indican la falta de ajuste al modelo empleado. Por ello será necesario conducir estudios adicionales. En resumen, la metodología permite desarrollar el proyecto estructuradamente, el énfasis en el uso de datos para tomar decisiones refuerza la solidez de las decisiones. Además, en la siguiente fase del proyecto deberán desarrollarse las etapas faltantes de la metodología: identificar las propuestas de mejora, luego de evaluarlas se implantarán aquellas que tengan mayor impacto técnico-económico y por ultimo para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto, se deberá controlar las variables de proceso y producto mediante la utilización de técnicas estadísticas de control.

REFERENCIAS

- Acuña, J. (2005). Mejoramiento de la calidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.
- Besterfield, Dale (2009). Control de calidad. Naucalpan de Juárez: Pearson educación.
- Bonilla, E.B., Díaz, F.K. y Noriega, M.T. (2010). Mejora continua de los procesos, Primera edición, Fondo Editorial Universidad de Lima. Lima.
- Chang, R. (2006). Las herramientas para la mejora continua de la Calidad, Volumen 2, Editorial Granica, Buenos Aires.
- Eckes, G. (1993). El Six Sigma para todos, Editorial Norma, Colombia.
- Evans, J.R. y Lindsay, W.M. (2008). Administración y control de calidad, Séptima edición, *Cengage Learning*, México D.F.
- Gitlow, H.S. (2005) *Six sigma for green belts and champions: foundations, DMAIC, tools, cases, and certification*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Harrington, H. J. (1993). Mejoramiento Con Los Procesos de La Empresa. Mc Graw-Hill, Bogotá.
- Krajewski, L., Ritzman, L., Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones, Octava edición, *Cengage Learning*, México D.F.
- Velasco, J. (2008) Gestión De La Calidad. Editorial Pirámide, Madrid
- Walton, M. (2004) El Método Deming En La Práctica. Grupo Editorial Norma, Bogotá.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.