

## APLICACIÓN SEIS SIGMA, A LOS PROCESOS PRODUCTIVOS, PARA OPTIMIZAR LA MATERIA ORGÁNICA DESPERDICADA

### APPLICATION SIX SIGMA, TO THE PRODUCTIVE PROCESSES, TO OPTIMIZE THE WASTED ORGANIC MATTER

(Recibido 30/03/2018) – (Aceptado 28/06/2018)  
<https://doi.org/10.32645/13906925.532>

#### ÁNGEL FREDY CASTELO RIVAS

Master en Dirección Empresas énfasis en Gerencia Estratégica, Master en Gerencia de Servicios de Salud e Ingeniero en Banca y Finanzas. Responsable de áreas y profesor de la facultad de Administración de Empresas en la Universidad Tecnológica Equinoccial UTE-Santo Domingo - Ecuador.

#### REYNER PEREZ CAMPDESUÑER

Phd, Master en Dirección e Ingeniero Industrial. Responsable de Investigación de la Sede y profesor de la carrera de Ingeniería en Marketing en Universidad Tecnológica Equinoccial UTE-SD – Ecuador.

#### PIEDAD ELIZABETH ALARCON TOABANDA

Máster en Dirección Empresas énfasis en Gerencia Estratégica, Master en Gerencia de Servicios de Salud e Ingeniero en Banca y Finanzas profesor en la carrera de Ingeniería Finanzas en la Universidad Tecnológica Equinoccial UTE-Santo Domingo - Ecuador.

#### WALTER PATRICIO CASTELO RIVAS

Máster en Gerencia de Servicios de Salud e Ingeniero en Administración de Empresas. Profesor en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE-Santo Domingo- Ecuador.

Universidad Tecnológica Equinoccial Pontificia / Universidad Católica del Ecuador - Santo Domingo

angel.castelo2013@gmail.com

rfperezcampdesuner@gmail.com

piaeli@gmail.com

castelo\_walter@yahoo.es

## **Resumen**

*La investigación realiza una propuesta de mejora del proceso productivo de la Empresa Frimaca orientada a disminuir las mermas que se originan en este y que por lo general alcanzan valores superiores a los establecidos para el mismo. Con este fin se aplicó la metodología Seis Sigma a la cual como aspecto relevante y novedoso se le incorporó en la fase de diseño y selección de la mejora la aplicación de los indicadores de evaluación de las inversiones como herramienta de evaluación de las propuestas de mejora. Como resultado de aplicación de la metodología se diseñaron dos procesos de mejora que deben contribuir a una mejora del rendimiento financiero de la entidad.*

**Palabras Claves:** *Mejora de la calidad*

## **Abstract**

*The research makes a proposal to improve the productive process of the Frimaca Company aimed at reducing the losses that originate in this and that generally reach values higher than those established for it. To this end, the Six Sigma methodology was applied to which, as a relevant and novel aspect, the application of the investment evaluation indicators was incorporated into the design and selection phase of the improvement as an evaluation tool for improvement proposals. As a result of the application of the methodology, two improvement processes were designed that should contribute to an improvement of the financial performance of the entity.*

**Keywords:** *Quality improvement*

## **1. Introducción**

El reconocimiento de la importancia de la calidad como estrategia de diferenciación predilecta en un mercado altamente competitivo resulta abundante en la literatura científica (Miranda y Francisco, 2007; Alonso Almeida y Fuentes Frías, 2011; Fuentes Frías, 2012). Los aportes en esta disciplina a lo largo del siglo XX resultaron variados, destacando diferentes autores tales como: Shewart (1967) con su propuesta del ciclo de control de la calidad (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar); Deming (1993) con sus aportes al control estadístico y Juran (1993) con la propuesta conocida como trilogía de la calidad (planificación, control y mejora de la calidad) así como la adaptación del principio de Pareto al contexto de la mejora de la calidad. De igual modo otros autores realizaron aportes Feigenbaum (1988) con la propuesta del control total de la calidad a lo largo del lazo de la calidad; Ishikawa (1989) con la sistematización de las siete herramientas básicas de la calidad en general y en particular con la propuesta del popular Diagrama de Ishikawa o diagrama causa – efecto. Un paso importante que dotó a la gestión de la calidad de alta rigurosidad científica fueron sus aportes al control estadístico (Gutiérrez Pulido, 2009; Gómez, 2010; Gutiérrez, 2013) donde aparecen técnicas como los gráficos de control y los planes de muestreos. De igual modo constituyeron aportes importantes los trabajos orientados a la mejora Masaaki Imai (1986), define Kaizen como una estrategia basada en el principio de que cualquier método de trabajo en cualquier área puede ser mejorado y con esta misma perspectiva.

---

Cómo citar este artículo:

Castelo, Á., Pérez, R., Alarcon, P., & Castelo, W. (Enero - Junio de 2018). Aplicación seis sigma, a los procesos productivos, para optimizar la materia orgánica desperdiciada. *Sathiti: sembrador*, 13(1), 269-280. <https://doi.org/10.32645/13906925.532>

En la búsqueda de la mejora continua aparece como una de la metodología de mejora la conocida como Seis Sigma (Escalante, 2004, Lefcovich, 2005; Morales, 2007; López, 2010). La misma se sostiene a partir del manejo eficiente de datos y el empleo de métodos de diseños robustos orientado a disminuir la variabilidad en los procesos así como alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. La aplicación de esta metodología ha permitido la reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y en consecuencias mejoras significativas en el desempeño financiero de la organización (Membrado, 2004). Lo anterior se sostiene en el hecho de que las técnicas tradicionales tienden a mostrar una variabilidad dentro del rango de tres Sigma, lo que en otros términos equivale a la existencia de un defecto en casi 67.000 por millón de oportunidades o un equivalente a solo lograr un nivel de calidad de apenas 93,32 %. En cambio la aplicación de la metodología Seis Sigma busca alcanzar un nivel de calidad de 99,9997 % en el proceso donde se aplique.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados de la aplicación de la metodología Seis Sigma en el proceso de faenamiento, introduciendo como novedad en la metodología el análisis de los indicadores financieros como objeto de mejora.

## 2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de la metodología de estudio se siguieron los pasos que se describen a continuación:

**Formación del equipo de trabajo:** Se conformó un equipo integrado por el gerente de planta, coordinador del sistema de información, coordinador de producción, ingeniero de procesos, contador de costos, monitorista de rendimiento, jefe de producción.

**Caracterización del proceso:** Para la caracterización del proceso se utiliza la herramienta “Supplier, Input, Process, Output, Customer” (SIPOC), a partir de la cual se detallan las entradas, operaciones y salidas fundamentales de los procesos, flujo del proceso y sus interrelaciones, inicio y fin del proceso que necesita mejora.

**Identificación de los puntos críticos:** Se procede a identificar la problemática dentro del proceso donde está siendo deficiente y está generando mermas que generan el mayor impacto de costo dentro de la empresa y a la vez determinar las características y variables críticas de los mismos. Este análisis se basa en el registro y estudio de indicadores claves del proceso como: volumen de materias primas, volumen de producción, costos de producción, porcentajes de pérdidas o defectos. Para la selección de los puntos críticos se recomienda utilizar el diagrama de Pareto.

**Medición de los resultados:** A través del sistema de recopilación del proceso y mediante la aplicación de técnicas estadísticas se realizan la recopilación de los datos y la caracterización de la variabilidad de los procesos, evaluando la capacidad del proceso para cumplir con los requerimientos de calidad, producción y económicos. Como parte de este paso de la metodología se aplican los gráficos de control para evaluar la estabilidad estadística del proceso y se realizan análisis de aptitud del proceso.

**Análisis de las causas:** En función de los resultados se identifican las principales no

conformidades y se profundiza en las causas de este comportamiento. Para el análisis de las causas se utilizan los diagramas causa efecto y el empleo de una tabla de criterios para valorar las causas para tomar la causa que nos ayude a minimizar el problema propuesto. Los criterios de evaluación son los siguientes: Factor.- ¿Es un factor que lleva al problema?, Causa directa.- Esto, ¿Ocasiona directamente el problema?, Solución.- Si esto es eliminado, ¿Se corregiría el problema?, Factible.- ¿Se puede plantear una solución factible?, Medible.- ¿Se puede medir si la solución funcionó?, Bajo costo.- ¿La solución es de bajo costo? Los pesos en las puntuaciones r de 1 a 3, siendo la explicación: Valor 1: Menos beneficioso, Valor 3: Más beneficioso.

Diseño de las acciones de mejora: Finalmente en consonancia con los resultados de los pasos anteriores se diseñan las acciones que una vez aplicadas conlleven al aumento de la aptitud del proceso. Las acciones diseñadas deben ser evaluadas y seleccionadas a través de la utilización de indicadores económicos y financieros como el tiempo de recuperación de la inversión (TIR) y el valor actual neto (VAN),

### 3. Resultados y discusión

La Procesadora de cerdos “Frimaca” es una empresa dedicada al procesamiento y comercialización en carne de cerdo, la trayectoria de 15 años apegada a las leyes y normas reglamentarias ha logrado incorporar un sistema de gestión de la inocuidad de alimentos acorde con las normas ISO 22000, además cumple con las normas de gestión la seguridad OHSAS 18000 y las normas gestión medio ambiental ISO 14001.

El proceso de cerdos Frimaca de consumo de materia prima en su línea de producción se divide en las operaciones de: faenamiento, enfriamiento, despresado, inyectado, almacenamiento cada una de las cuales se describe a continuación.

**Faenamiento:** Recepción de cerdo vivo, Traslado y almacenamiento, Aturdido, Degüelle y desangrado, Escaldado, Pelado mecánico, Flagelado manual y mecánico, Extracción de vísceras, Corte a la canal, Lavado final.

**Enfriamiento:** Almacenamiento en cámaras de oreo, Enfriamiento de canales, Corte de cabezas.

**Despresado:** Recepción cortes primarios, Corte canal en primarios, Línea de cortes de productos, Embalaje de producto.

**Inyección:** Recepción de producto en proceso, Preparación salmuera, Inyección, Almacenamiento, Corte frizados y congelados, Empaque, Termo encogido, Despacho.

**Almacenamiento y despacho:** Recepción de producto terminado, Pesaje y etiquetado, Almacenamiento en cámaras de fresco y congelado, Pesaje de producto, Despacho. En la tabla 1 se muestran el resumen de los principales indicadores del proceso.

Tabla 1. Indicadores de producción mensual

Producción mensual (Procesadora de cerdos Frimaca)								
	Medida	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	Total
<b>Kilos cerdos recibidos cerdo vivo</b>	Kg	2.905.880	2.907.810	3.064.070	2.897.070	2.982.220	3.007.500	17.764.550
<b>Inventario inicial en proceso</b>	Kg	11.767	120.893	123.896	121.559	112.278	130.241	620.635
<b>Kilos reproceso</b>	Kg	950	2.093	2.514	2.749	1.238	1.462	11.005
<b>Total MP recibida</b>	<b>Kg</b>	<b>2.918.597</b>	<b>3.030.796</b>	<b>3.190.480</b>	<b>3.021.378</b>	<b>3.095.736</b>	<b>3.139.202</b>	<b>18.396.190</b>
<b>Total producción disponible/venta</b>	Kg	2.392.830	2.500.137	2.649.820	2.507.820	2.556.010	2.613.738	15.220.355
<b>Inventario final en proceso</b>	Kg	120.893	123.896	121.559	112.278	130.241	113.960	722.828
<b>Total producción mes</b>	<b>Kg</b>	<b>2.513.723</b>	<b>2.624.033</b>	<b>2.771.380</b>	<b>2.620.099</b>	<b>2.686.250</b>	<b>2.727.698</b>	<b>15.943.183</b>
<b>Merma general proceso</b>	<b>Kg</b>	<b>404.874</b>	<b>406.763</b>	<b>419.100</b>	<b>401.279</b>	<b>409.486</b>	<b>411.505</b>	<b>2.453.007</b>
<b>% Merma</b>	<b>%</b>	<b>13,87%</b>	<b>13,42%</b>	<b>13,14%</b>	<b>13,28%</b>	<b>13,23%</b>	<b>13,11%</b>	<b>13,33%</b>
<b>Merma faenamiento</b>	Kg	369.453	357.849	363.284	350.627	372.925	376.420	2.190.557
<b>Merma Sancochado</b>	Kg	28.883	31.257	37.264	37.320	28.170	33.005	195.899
<b>Merma Deshuese</b>	Kg	6.538	17.657	18.552	13.333	8.391	2.080	66.551
<b>Costo procesamiento</b>	\$	0,60	0,69	0,66	0,67	0,69	0,67	0,66

Como se observa los niveles de mermas del proceso resultan alto, un 13.33% y se generan en 3 operaciones, concentrándose cerca del 90% en la operación de faenamiento.

Este nivel de merma será donde se concentrará el análisis para la mejora. De acuerdo con los registros entre los años 2013 al 2016, en el volumen de kilos recibidos para faenar, existe un incremento promedio del 1,9%, mientras en el volumen de productos terminados solo se registra un incremento promedio del 1,2% y la merma alcanza un incremento promedio del 4,8%. De lo anterior se infiere que el incremento en consumo de materiales y mermas del proceso, crece a un ritmo mucho mayor que el de producto terminado lo que se considera un síntoma de afectaciones a la eficiencia del proceso.

Para profundizar en las mermas del proceso de faenamiento se realiza un desglose de las causas de estas, con este fin a partir de la información básica se aplicó el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 1. El diagrama propuesto se construyó a partir tomando como referencia los costos de cada uno de los tipos de merma en el proceso que se analiza.

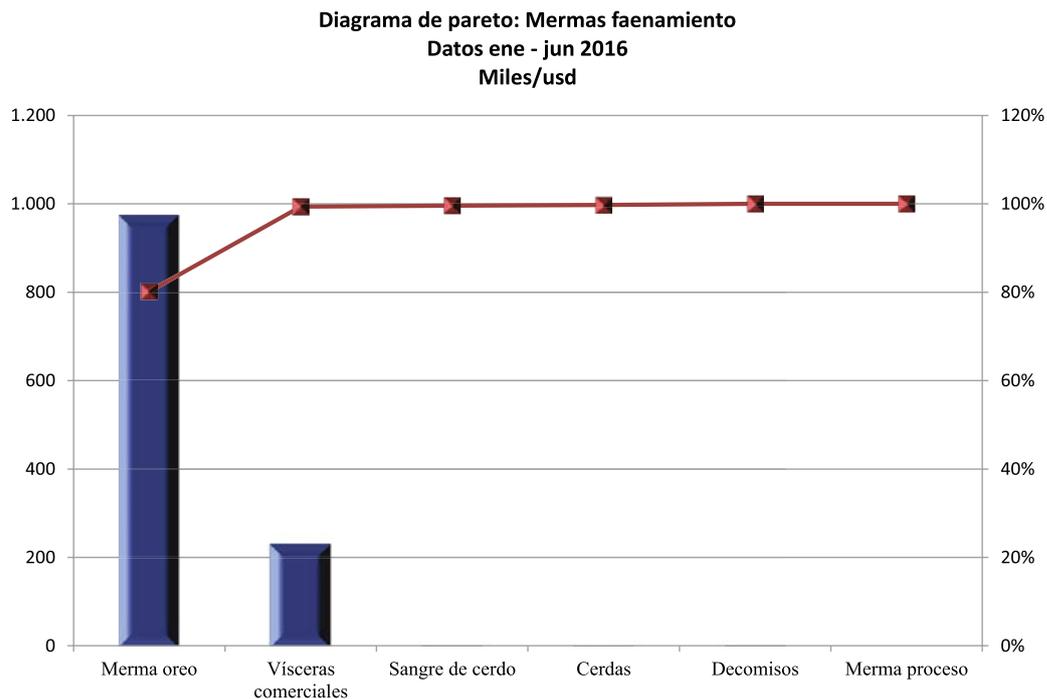


Figura 1. Diagrama de Pareto de las mermas del proceso de faenamiento

De acuerdo con los resultados del diagrama resulta evidente que las mermas fundamentales se concentran en las mermas de oreo y de las vísceras comerciales. Ambas operaciones se establecieron como puntos críticos para el análisis. En función de lo anterior se inició el análisis de estos dos puntos críticos.

En el análisis del punto crítico de “Merma oreo” se midieron la merma diaria en la operación, contemplando los días comprendidos de enero a junio. Cada día como promedio se procesan 1102 cerdos. A partir de los datos disponibles se construyó un gráfico de control de medida de tendencia central (media) y otro de dispersión (recorrido). Cuyos resultados se muestran en la figura 2 de acuerdo con la cual se puede concluir que una vez eliminadas las mediciones donde se observó la presencia de causas aleatorias y solo se trabajó con las medidas que respondían a un comportamiento sistemático y propio de causas asignables. Los límites de control estadísticos (LCE) se deben establecer mediante la expresión 1.

$$LCE = 0,02311(+/-) 0,00625 \quad (1)$$

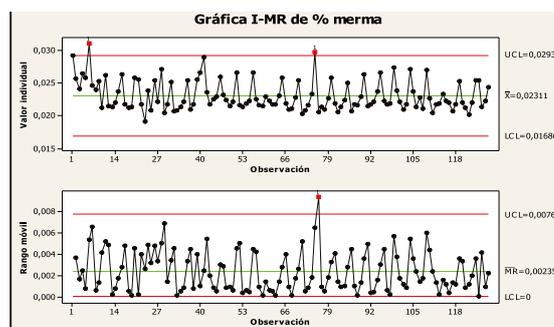


Figura 2. Gráfico de control individual de tendencia central y de dispersión.

Una vez establecido que el proceso se encontraba en control estadístico se procedió a analizar si el mismo resultaba capaz, es decir si el rango de variación estadístico era inferior al rango de variación establecido como especificación o estado deseado. Para esto de acuerdo con las normas establecidas en la entidad se conoció que el límite inferior de especificaciones era 0 mientras que el límite máximo admisible era de 0,025. En función de esto se confeccionó la figura 3 de acuerdo con la cual el proceso resulta no apto, mostrando una distribución normal pero corrida hacia la derecha, provocando una fracción defectuosa superior a lo deseado.

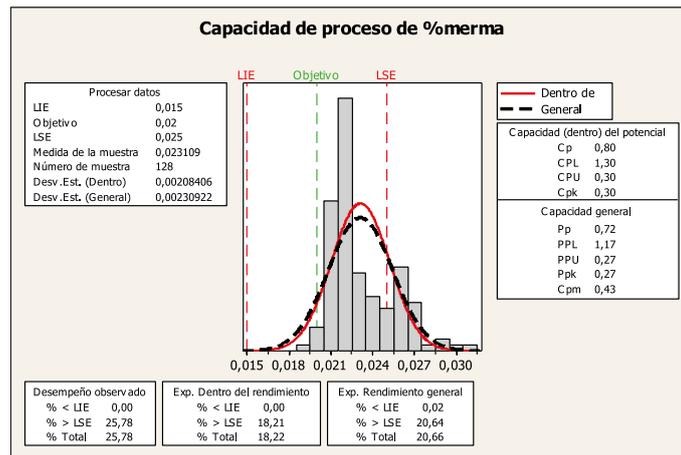


Figura 3. Análisis de la aptitud del proceso

Como se observa actualmente el proceso en esta operación genera una alta fracción de merma, dado que no se encuentra centrado y posee un corrimiento hacia el límite superior.

Análisis del segundo punto crítico “Visceras comerciales” en este caso se realizó un análisis similar al del punto crítico anterior observándose el comportamiento que se describe en la figura 4 y 5.

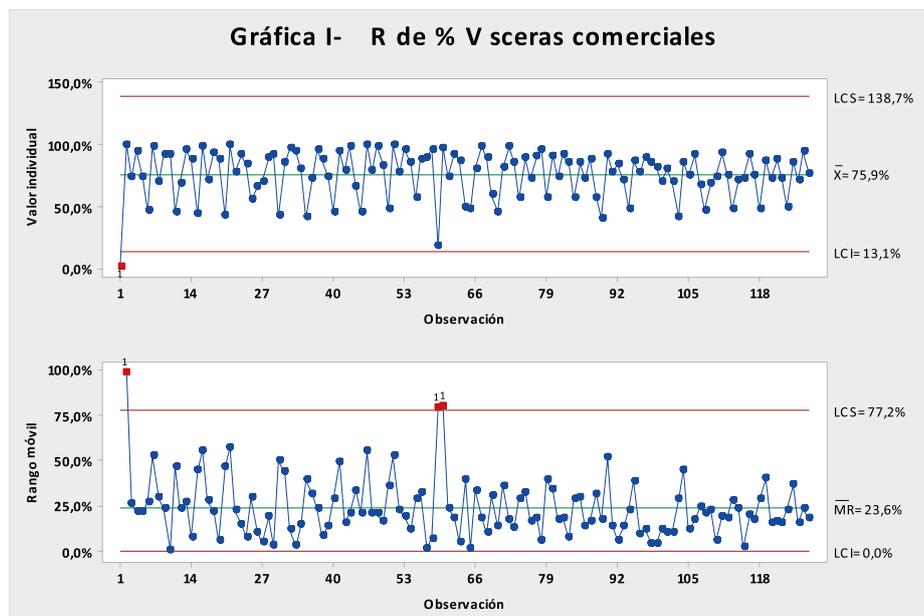


Figura 4. Gráfico de control individual de tendencia central y de dispersión.

Del análisis de los gráficos se observa que el proceso se encuentra en control estadístico bajo la influencia solo de causas aleatorias que son las que originan la variabilidad que se muestra.

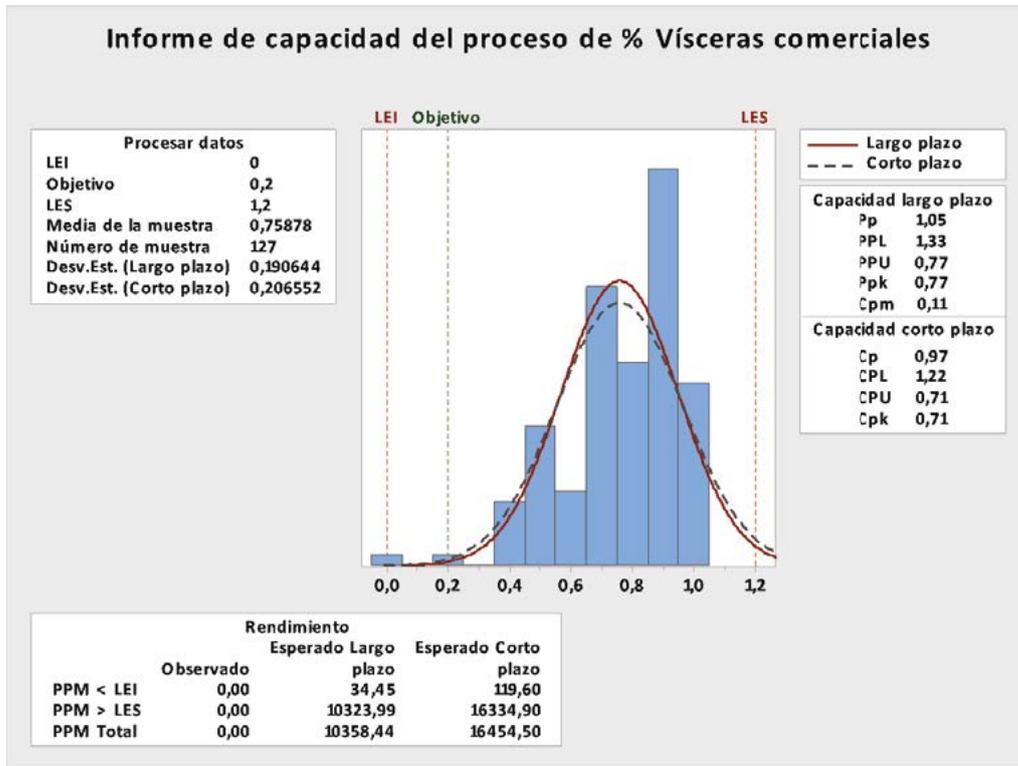


Figura 5. Análisis de la aptitud del proceso

Como se observa el proceso opera dentro de los límites establecidos por lo que se considera apto y centrado.

Identificados y caracterizado los puntos críticos se inició el análisis de las causas que inciden en el comportamiento descrito. En el análisis de las causas se partió del desarrollo de una lluvia de idea al personal del proceso mediante la cual se pudieron establecer las causas que se resumen en la figura 6 y 7 en función de cada punto crítico bajo estudio.

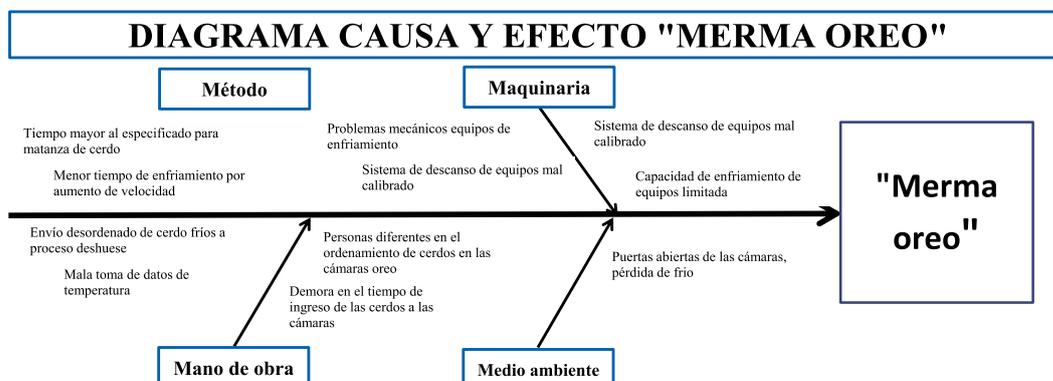


Figura 6. Diagrama causa efecto del punto crítico Merma Oreo

En función de los resultados del análisis anterior se confeccionó la tabla de criterios de evaluación como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios de evaluación de las causas.

ANÁLISIS Y SOLUCIÓN A CAUSA RAÍZ (CRITERIOS DE EVALUACIÓN)								
CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS						TOTAL
Método	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
<b>Tiempo mayor al especificado para matanza del cerdo</b>	Revisión proceso faena	2	1	1	3	3	1	11
<b>Menor tiempo de enfriamiento por aumento en velocidad de línea</b>	Capacitación encargado de circuito	2	1	1	3	2	1	10
<b>Maquinaria</b>								
<b>Problemas mecánicos en equipos de enfriamiento</b>	Seguimiento al plan mantenimiento	2	2	2	3	2	1	12
<b>Sistema de descanso de equipos mal calibrado</b>	Capacitación personal mantenimiento	2	1	1	3	2	1	10
<b>Capacidad de equipos de enfriamiento al límite</b>	<b>Cambiar equipos</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>14</b>
<b>Mano de obra</b>								
<b>Envío desordenado de cerdo fríos a proceso deshuese</b>	Plan de capacitación/evaluación desempeño	1	1	1	2	1	1	7
<b>Mala toma de datos de temperatura</b>	Plan de capacitación/evaluación desempeño	1	1	1	1	2	1	7
<b>Variación del personal en las cámaras oreo</b>	Capacitación control operaciones	1	2	1	3	2	1	10
<b>Demora en el tiempo de ingreso de las cerdas a las cámaras</b>	Plan de capacitación/evaluación desempeño	1	1	1	3	2	1	9
<b>Medio ambiente</b>								
<b>Puertas abiertas de las cámaras, pérdida de frío</b>	Capacitación control operaciones	1	1	1	3	3	1	10

Cómo citar este artículo:

Castelo, Á., Pérez, R., Alarcon, P., & Castelo, W. (Enero - Junio de 2018). Aplicación seis sigma, a los procesos productivos, para optimizar la materia orgánica desperdiciada. *Sathiti: sembrador*, 13(1), 269-280. <https://doi.org/10.32645/13906925.532>

De acuerdo con los resultados anteriores la causa fundamental que incide en lo altos niveles de la Merma de Oreo se relacionan con la baja capacidad de enfriamiento.

Similar análisis se realizó en el análisis de las causas de las mermas de las Visceras Comerciales como se muestra en la figura 7 y la tabla 3.

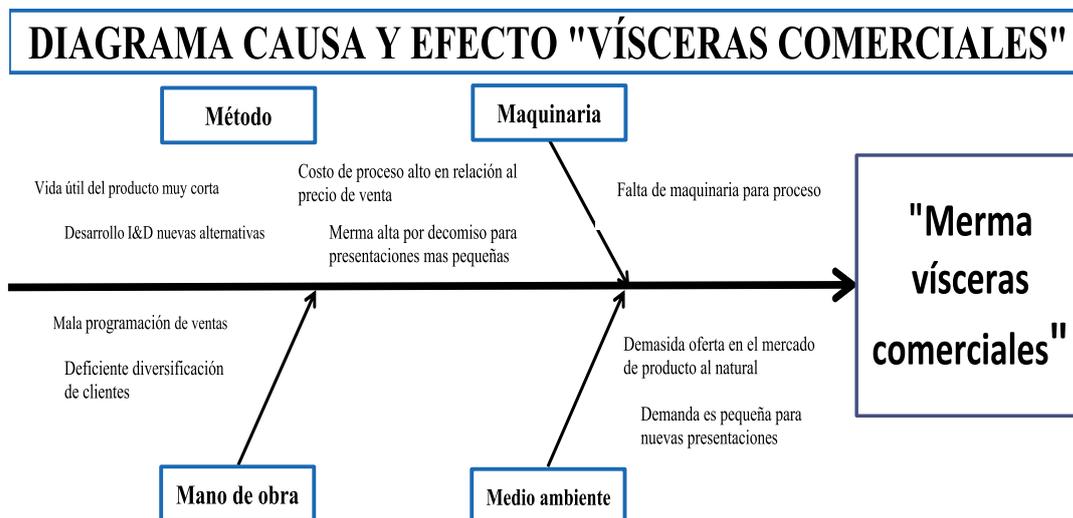


Figura 7. Causa – Efecto de Merma en la operación de Visceras comerciales

De acuerdo con los resultados que se contienen en la figura 7 y se integran en la tabla 3 se puede concluir que la causa que afecta la operación de Visceras comerciales se concentra en un deficiente proceso de Innovación y Desarrollo.

**Tabla 3. Criterio de evaluación a vísceras comerciales**

ANÁLISIS Y SOLUCIÓN A CAUSA RAÍZ (CRITERIOS DE EVALUACIÓN)								
CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS						TOTAL
Método	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
Desarrollo I&D nuevas alternativas	Revisión portafolio alternativas industriales	3	3	3	1	3	3	16
Vida útil del producto muy corta	Revisión de proceso	3	2	1	1	2	1	10
Costo de proceso alto en relación al precio de venta	Revisión de proceso	2	1	1	2	2	1	9

<b>Merma alta por decomiso para presentaciones mas pequeñas</b>	Revisión de proceso	2	1	1	2	3	1	10
<b>Maquinaria</b>	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
<b>Falta de maquinaria para proceso</b>	Ofertas equipos industriales	1	1	1	1	1	3	8
<b>Mano de obra</b>	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
<b>Mala programación de ventas</b>	Plan de capacitación/preventa	3	1	1	2	3	1	11
<b>Deficiente diversificación de clientes</b>	Estudio de mercado	2	1	1	2	2	1	9
<b>Medio ambiente</b>	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
<b>Demasida oferta en el mercado de producto al natural</b>	Estudio de mercado	3	2	1	1	1	1	9
<b>Demandas pequeñas para nuevas presentaciones</b>	Capacitación control operaciones	1	1	1	2	1	1	7

Identificada las causas que originan mayor afectación a las mermas del proceso de faenamiento se procedió al diseño de las acciones de mejora. Para el primer punto crítico de control “merma oreo”, se definió como proyecto de mejora cambiar el método actual (cámara enfriamiento) por un nuevo método (túnel de enfriamiento rápido). En este nuevo método de enfriamiento se propone realizar una baja de temperatura instantánea que permite que el cerdo no pierda peso en el proceso de enfriamiento. En la actualidad el enfriamiento de carcasa se realiza por medio de cámaras de eculización. Por este método en el proceso de enfriamiento actual se pierde el 2.5% de peso (merma de oreo), con el método propuesto se debe reducir la merma en 1,0% punto porcentual (de 2,50% a 1,50 %). Al determinar los índices de evaluación de la inversión se estableció que la inversión es factible por tener un VAN positivo \$3128301, este resultado determina que los flujos de efectivo cubrirán los costos totales y la inversión y quedará un excedente. Por otro lado el TIR alcanzó un valor del 90% todo lo cual valida que el proyecto es factible de acometer.

En el segundo punto crítico de control “Visceras comerciales”, como parte de la mejora del proceso de Innovación y desarrollo se propuso cambios en procesos productivos y desarrollar dos nuevos productos: harinas separadas de vísceras y aceite estos dos nuevos productos permitirían el empleo de la merma que se producen en esta operación. Mediante los nuevos procesos se obtienen 1.147 TM. Las harinas separadas y aceite tienen un mayor valor comercial que la harina mixta. Por lo anterior los índices financieros son favorables determinándose un VAN positivo de \$2981154 y un TIR de 59%. Una vez diseñadas las acciones de mejora queda aplicar las mismas y controlar el desarrollo de esta.

#### 4. Conclusiones

La aplicación de la metodología Seis Sigma permitió demostrar la factibilidad de su aplicación en el contexto específico de la entidad objeto de estudio. Además favoreció mejora en el desempeño de esta y la dotó de una herramienta que aplicada de forma sistemática la debe hacer más competitiva. De igual modo la introducción del análisis de indicadores financiero como métodos de selección de las propuestas de mejora le otorgó más validez al estudio realizado y lo dotó de novedad puesto que por lo general la aplicación de la metodología no contempla la aplicación de los índices propios de análisis de las inversiones para la selección de la mejor alternativa.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Alonso Almeida, M. & Fuentes Frías, V. (2011). *International quality awards and excellence quality models around the world. A multidimensional analysis. Quality & Quantity.* 1-28.
- Escalante, E. (2004). *Seis Sigma Metodología y Técnicas.* México DF: Limusa.
- Fuentes Frías, V. (2012). *La gestión de la calidad total en nuevas empresas de base tecnológica. Propuesta de modelo y validación en el Parque Científico de Madrid. Tesis Doctoral.* Universidad Autónoma de Madrid.
- Gómez, A. P. (2010). *Control estadístico del proceso bajo la metodología seis sigma aplicado en el proceso de beneficio de bovinos de frigorífico Vijagual S.A.* Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- Gutierrez Pulido Ernesto, D. L. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma.* Guanajuato, Mexico: McGRAW-HILL, Inc.
- Gutiérrez, H. (2013). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma.* México D.F: McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1994) *¿Qué es el Control Total de Calidad? La modalidad japonesa.* Colombia: Grupo Editorial Norma S.A., 1994.
- José, M. J. (2005). *Gestión de proyectos.* Bogota, Colombia: MM Editores.
- Lefcovich, M. (2005). *Seis Sigma Hacia un nuevo paradigma en gestión.* Recuperado el 9 de Noviembre de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos14/seis-sigma/seis-sigma.shtml>
- López, G. (2010). *Metodología Six Sigma: Calidad Industrial.* Recuperado el 9 de Noviembre de 2015, de <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>
- Morales, J. (2007). *Aplicación de la Metodología Seis Sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo.* Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. México.
- Miranda G. Francisco, C. M. (2007). *Introducción a la Gestión de calidad.* Madrid, España: Delta, Publicaciones universitarias.