



APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN LA INDUSTRIA RESTAURANTERA

Diana Cruz¹

¹Departamento de Operaciones y Sistemas, UCA, San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 22106649 E-mail: dcruz@uca.edu.sv

Resumen — En los últimos años ante la creciente presión por incrementar su competitividad empresarial, las compañías han implementado iniciativas Lean Six Sigma (LSS) para mejorar su desempeño y la satisfacción de sus clientes. El presente artículo describe un caso de implementación de LSS para la reducción de los costos asociados a porciones sobrantes en una mediana empresa que ofrece servicios de cafetería corporativa y catering.

Con seis puntos de venta, la compañía reportaba costos anuales cercanos a \$8,000.00 en porciones sobrantes de alimentos para almuerzos. Se identificó que cinco familias de productos (aves, cárnicos, pastas, ensaladas y rellenos) contribuían al 80% de estos costos, con sobrantes promedio semanales entre 10.2% y 27.32%. Se aplicó la metodología DMAIC (Definir- Medir – Analizar – Implementar– Controlar) para analizar los procesos primarios de la cadena de valor y se estudiaron las preferencias de los consumidores. Entre los problemas identificados estaban la falta de estandarización instrumental y controles de producción, desconocimiento de la variabilidad de materias primas, rendimientos y predilecciones de los clientes.

Tras la implementación de medidas correctivas se alcanzaron niveles de sobrantes promedio entre 5.3% y 7.4%, mayores ventas en las familias analizadas y un incremento anual proyectado de las utilidades de aproximadamente \$15,000.00

Palabras Clave – Restaurante, reducción de costos, lean, six sigma.

I. INTRODUCCIÓN

Lean Six Sigma (LSS) es la convergencia de dos enfoques de mejora que permiten el abordaje holístico de problemas de desempeño en las organizaciones. [1] Combinando las técnicas de reducción de variabilidad en los procesos de Six Sigma y el énfasis en la mejora de flujos de procesos y complejidad operativa de Lean, la aplicación de esta metodología hace posible la reducción de desperdicios, trabajo que no agrega valor y tiempos de ciclo. [1]

En LSS, los problemas de desempeño se resuelven mediante un proceso sistemático denominado "DMAIC", acrónimo de las etapas del mismo: definir el problema, medir y recolectar información del proceso, analizar los resultados, implementar acciones de mejora y controlar el desempeño.[2] Cada una de estas fases requiere la

combinación de múltiples herramientas de calidad y mejora con el propósito de encontrar y corregir permanentemente las causas raíz de un problema en estudio. [2]

A pesar de su uso tradicional en mejoras de sistemas productivos manufactureros de alto volumen [3], se ha reportado la aplicación de LSS, Lean y Six Sigma en mejoras de entornos de bajos volúmenes de producción y alta variedad de productos [4], [5].

En el sector restauranero, el proceso DMAIC ha sido utilizado como un mecanismo de mejora del desempeño operativo en iniciativas tales como: reducción de tiempos de entrega [6], deficiencias del proceso de pronóstico de la demanda [7], reducción de desperdicios de alimentos cocinados [8] o tiempos de ciclo de procesos [9].

El presente artículo presenta un caso de aplicación de LSS en una mediana empresa del sector restauranero que experimentaba costos por desperdicios de sobrantes de alimentos preparados.

La empresa objeto de estudio tiene sus planteles centrales en una institución educativa y ofrece servicios de venta de alimentos en dos puntos de venta externos. Su mayor volumen de producción se concentra en la preparación de alimentos para almuerzos, siendo estos servidos en cuatro de sus seis puntos de venta. Dichos alimentos se clasifican en doce familias: aves, cárnicos, ensaladas, pastas, vegetales rellenos, sopas, verduras cocidas, arroces, mariscos, comida frías, cremas y acompañamientos.

Los mandos medios y la administración reportaron que frecuentemente debían desechar porciones preparadas de alimentos sobrantes al final de la jornada, lo cual se traducía en costos asociados a desperdicio de tiempo y materias primas, lo cual motivó al desarrollo del proyecto.

II. METODOLOGÍA

La mejora se elaboró en etapas coincidentes con las fases de la metodología DMAIC, durante un periodo de cuatro



meses. La descripción de lo que se realizó en cada una de ellas se presenta a continuación.

A. Definir

Para dar inicio al proyecto de mejora, la administradora general anunció formalmente el proyecto entre los mandos medios y se integró un comité LSS compuesto por los dueños de los procesos involucrados en la producción de alimentos (el jefe de producción, la coordinadora de producción y distribución a puntos de venta y la jefa de compras). El personal fue seleccionado por su nivel autoridad y experiencia en las áreas a su cargo. Este comité apoyó a la investigadora en la validación de los procesos internos del negocio, causas potenciales, y propuestas de mejora, así como en la implementación de soluciones.

El comité LSS y la administradora general coincidieron en que los indicadores clave de desempeño del proyecto o KPOV's (sigla del término en inglés "Key Process Output Variable"), debían ser los porcentajes semanales de sobrantes por cada familia de alimentos ya que estos reflejaban directamente el estado del problema a resolver.

Para dimensionar adecuadamente el problema de los sobrantes, se inició un proceso de análisis de los registros históricos de 11 semanas de datos. Se calculó el costo total de sobrantes en dicho periodo y se realizó una proyección anual de dicho costo con base en una tasa diaria promedio de sobrantes por familia y un costo promedio de producción por tipo de producto. Este costo promedio se determinó a partir de los costos de las recetas preparadas con mayor frecuencia, los cuales estaban disponibles en el sistema contable del negocio. Se determinó que el costo de sobrantes reportado en las 11 semanas ascendía a \$2,130.58 y que el costo total anual proyectado era de \$8,134.94.

Asimismo, se identificó que cinco de las doce familias, representaban aproximadamente el 80% del costo total de sobrantes. Los niveles promedio de sobrantes reportados para estas familias se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Familias con mayores costos de sobrantes

Familia	Porcentaje de contribución al costo anual proyectado de sobrantes	Porcentaje de sobrante semanal histórico		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Aves	25.0	6.7	21.8	12.6
Cárnicos	23.7	5.14	16.5	10.2
Pastas	14.0	2.34	27.32	14
Ensaladas	11.9	4.6	20.2	10.7
Vegetales rellenos	6.3	10%	85.71	21.77

A partir de este hallazgo se delimitó el análisis a estas familias. La administración definió con base a esta

información que la meta de la mejora era reducir el sobrante de carnes a un máximo de 3% semanal (por ser la familia de productos con mayor costo de producción por unidad) y el de resto de familias a un máximo de 5% semanal.

El comité LSS coincidió en que las causas potenciales de sobrantes podían generarse desde el proceso de planificación de la producción hasta el proceso de servicio de alimentos, por lo que se decidió analizar todos estos procesos para identificar áreas de oportunidad. Se realizó un diagrama SIPOC para una mejor visualización de los insumos, productos, procesos principales, salidas y clientes involucrados.

B. Medir

Mediante entrevistas estructuradas al comité LSS, a los operarios y observación directa de los procesos seleccionados previamente, se construyeron:

- Flujogramas policolumnares para cada familia de productos detallando las operaciones de los procesos de planificación, compras, producción y servicio de alimentos, así como las interacciones entre los actores del proceso.
- Un listado de todas las variables de entrada y parámetros del proceso de cada operación por cada familia de productos, obteniendo un total de 103 elementos.

A fin de diferenciar las variables con mayor relación con los KPOVs del proyecto, se utilizó un proceso de discriminación en dos etapas:

En la primera, se solicitó al comité LSS que puntuaran cada variable en términos de su relación e impacto potencial en el porcentaje de sobrantes de cada familia de productos en estudio (matriz causa y efecto).

En la segunda etapa, las variables con puntuaciones diferentes de cero se dividieron en 7 categorías (variables transversales, proveedores, variables únicas por familia, pesos, atributos, preferencias del cliente y operador/instrumentos). Luego se utilizó un diagrama de Pareto para filtrar aquellas cuyas puntuaciones representaban el 80% del total para cada categoría. El resultado final fue una lista de 50 variables potencialmente importantes.

A partir de esta información, se realizó un plan de recolección de datos. A excepción de las variables en la categoría "preferencias del cliente", se crearon formatos dedicados para la recolección de información de todas las variables y se levantó información por un periodo de



8 días consecutivos (por limitantes de tiempo y para no entorpecer los procesos productivos por un periodo extensivo). Fue posible la recolección simultánea de información de varios productos dado que estos se producen de forma escalonada a lo largo de la jornada matutina. El comité LSS colaboró con el mantenimiento de registros operativos diarios mediante formatos que les fueron proporcionados por la investigadora.

Un extracto de la lista final de variables y los principales mecanismos de recolección de información por categoría se presentan en la tabla 2. Los dos instrumentos de pesaje utilizados fueron sometidos a un estudio de sistema de medición, que permitió verificar que los parámetros de detección (P/T ratios entre 2.31% y 24.3%), linealidad (menor a 5% en ambos), sesgo (menor a 3.5% en ambos) repetibilidad y reproducibilidad (GR&R% <21%) y estabilidad (sin desviaciones en gráficas Xbarra-R por un periodo de 5 días) eran satisfactorios.

Tabla 2. Métodos de recolección de información utilizados

Categoría	Métodos de recolección
VARIABLES TRANSVERSALES (comunes a todos los productos) -34 variables-	-Auditoria de requisiciones diarias de materia prima. -Observación en los puntos de venta y producción. -Revisión de registros diarios de producción y venta.
Proveedores -3 variables-	Registros diarios de tiempos de suministro.
VARIABLES ÚNICAS POR FAMILIA	Inspección al 100% in situ, previo al procesamiento.
Peso - 6 variables-	Inspección al 100%. El pesaje de cárnicos y aves se realizó con báscula de colgar y los pesajes de verduras y hortalizas con báscula digital.
Operador/ instrumentos -2 Variables-	Observación y replicación de trabajo en condiciones controladas.
Atributos -1 variable-	Inspección al 100%
Preferencias del cliente - 8 variables-	Encuestas físicas en todos los puntos de venta de almuerzos.

Para la recolección de información de preferencias del cliente fue necesario utilizar muestreo aleatorio estratificado, ya que el comité LSS aclaró que los patrones de consumo y oferta de alimentos eran diferentes entre los planteles centrales y externos. La tabla 3 resume el tamaño del universo, muestras y criterios utilizados.

Tabla 3. Plan de muestreo utilizado

Universo	Estrato	Subgrupo	Tamaño de la población	Tamaño de la muestra
Cientes plantel	E1	S1 (sin	7000	95

central		descuento de empleados)		
		S2 (con descuento)	600	83
Cientes puntos de venta externos	E2	S3	240	53
Consideraciones para el cálculo de la muestra				
	Estrato	Niveles de confianza y error		
Cientes plantel central	E1	95% de confianza y 10% de error en cada subgrupo		
Cientes puntos de venta externos	E2	90% de confianza, 10% de error (Existían limitaciones adicionales de acceso a la población de estudio, por disposiciones de la empresa contratante)		

C. Analizar

Con los datos recabados, se procedió a utilizar una serie de herramientas gráficas y estadísticas para la identificación y validación de causas raíz. Las principales herramientas utilizadas se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Herramientas utilizadas para el análisis de datos

Tipo de herramienta	Herramienta	Propósito
Gráficas	Gráficas de pastel y barra	Visualizar preferencias de recetas (clientes) y comparación con registros históricos de sobrantes.
	Gráficas de dispersión	Identificación de relación entre precio/sobrante y hora de despacho/sobrante.
	Gráficas de series de tiempo	Detección de estacionalidad en sobrantes.
Diseño de experimentos	ANOVA unifactorial	Análisis de diferencias de porcionado entre operarios y tipos de instrumentos.
	Pruebas de hipótesis (t para muestras independientes, Z para diferencia entre proporciones)	Verificación de especificaciones de calidad, diferencias entre sobrantes por tipo de recetas.
	Pruebas no paramétricas (pruebas de signo)	Nivel de cumplimiento de especificaciones de los proveedores en variables tipo peso.
Calidad	Gráficas de control I-MR y análisis de capacidad	
	Sesiones Gemba análisis de registros de producción y de mapas de procesos	Identificación de reprocesos, malas prácticas y actividades innecesarias. Análisis de tiempos de suministros.
	Análisis de 5 porqués	Identificación de causas raíz asociadas a variables relevantes.



D. Mejorar y controlar

Una vez identificadas las causas raíz del problema (ver sección de resultados), se realizaron sesiones de brainstorming con el equipo LSS y con los operarios para definir propuestas de mejora del desempeño. Las soluciones se evaluaron con el equipo LSS con matrices dificultad e impacto y se implementaron aquellas con mayor impacto esperado y baja dificultad. A continuación, se observó el desempeño por un periodo de quince días (ver sección de resultados).

El comité LSS apoyó activamente la implementación de soluciones y la administradora general impartió una charla de sensibilización a todo el personal para facilitar la transición. Finalmente, se propuso un plan de control de ganancias y políticas de trabajo para mandos medios a fin de sostener los cambios favorables resultantes; y se recalcularon los niveles sigma y DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) de cada familia para evidenciar la mejora.

III. RESULTADOS

Con las sesiones de gemba y la revisión de los flujogramas se identificó que los operarios no solían tener a su disposición la cantidad de cada receta que debían producir. Al tener que encargarse de múltiples platillos cada uno, se solía procesar la totalidad de material que se les entregaba en cada estación de trabajo incluso cuando ya se habían producido las cantidades planificadas, causando sobreproducción.

Asimismo, los pronósticos de demanda se realizaban únicamente considerando la información de la semana anterior. En general, se observó una sobre estimación de la demanda en cuatro familias de productos, con errores porcentuales promedio (MAPE) de 25%, 39%, 21%, 48% en aves, carnes, ensaladas y rellenos respectivamente.

Estos pronósticos eran recibidos de forma tardía en compras, lo que generaba incremento de inventarios de materia prima. La gestión de la conformidad de los proveedores con las especificaciones era deficiente y no existían políticas formales de rechazo de lotes. A continuación, se presentan los principales hallazgos (tablas 5 a 9) y mejoras implementadas en las familias de productos (tabla 10).

A. Aves

Tabla 5. Variables relevantes en familia "aves"

Variable relevante	Hallazgo identificado
Tipo de pieza	La mayoría de los clientes expresaron su preferencia por pechugas (78.9% en el estrato 1 y

	83% en el estrato 2). No obstante, el 60% de la producción eran muslos y piernas. Este era el tipo de pieza que mas sobraba.
Receta	En ambos estratos, los clientes expresaron su preferencia por pollo horneado y filete sobre otras preparaciones como alitas, tortas y pinchos. Estas últimas preparaciones tenían los niveles históricos más altos de sobrantes (24%, 20% y 19% respectivamente).
Estacionalidad de los sobrantes	Existía estacionalidad, incrementando en 10% los sobrantes en las últimas dos semanas del mes.
Peso por bolsa	Un 80% de los pesos de bolsas de filete estaba por debajo del límite mínimo de especificación. Esto causaba que los operarios abrieran más bolsas y se procesaran más unidades de las planificadas

B. Cárnicos

Tabla 6. Variables relevantes en familia "cárnicos"

Variable relevante	Hallazgo identificado
Tipo de carne	Se encontró evidencia estadísticamente significativa de que la proporción de sobrantes de carne de cerdo excedía a las de res en general. (P valor=0.0000)
Receta	La carne asada y las fajitas fueron las preparaciones con mayor nivel de aceptación entre los clientes (pero solo eran preparadas una vez a la semana, y en días de poca afluencia). Por el contrario, preparaciones como tortas de carne, y guisos fueron las menos gustadas. Estas tuvieron porcentajes de sobrantes del 20% y 28% respectivamente.
Precio	Más del 60% de los clientes expresó que no compraría preparaciones con costos superiores a los \$2.00. Este tipo de preparaciones eran usuales en recetas de cerdo por sus altos márgenes de utilidad.
Instrumentos	No existían porciones estándar en recetas frecuentes como fajitas. Los instrumentos para medirlas en producción eran distintos a los de servicio, generando porciones más pequeñas. Esto incrementaba la cantidad de porciones planificadas y generaba sobrantes.

C. Pastas

Tabla 7. Variables relevantes en familia "pastas".

Variable relevante	Hallazgo identificado
Tipo de pasta	Los clientes en todos los puntos de venta expresaron su preferencia por la lasaña por sobre el espagueti, que se reflejaba en porcentajes de sobrante de hasta un 13.83%. La pasta menos gustada eran los coditos (30% de los clientes), con sobrantes hasta del 18%. Ambas recetas se elaboraban con regularidad.
Estacionalidad en los sobrantes	Existía estacionalidad en la demanda, incrementando los sobrantes hasta en un 5% en la última semana del mes.
Hora de servicio	Un diagrama de dispersión permitió identificar que entre más tarde se pone a la venta este plato mayor número de sobrantes se reportan. A pesar de que es la que más rápidamente se fabricaba, no se ponía a disposición inmediata de los clientes perdiendo ventas potenciales y haciéndolo competir con otros platos fuertes de mayor demanda (proteínas).



Exactitud de los rendimientos	Los requerimientos de materiales de pastas sueltas estaban desactualizados en el sistema de costeo del negocio y los rendimientos eran inferiores a los reales (esto se determinó con pruebas de rendimiento en cocina), generando sobreproducción.
-------------------------------	---

D. Ensaladas

Tabla 8. Variables significativas en familia "ensaladas".

Variable relevante	Hallazgo identificado
Operador/instrumento de servicio	Un experimento diseñado para identificar diferencias en el peso de las porciones entre operarios que sirven los alimentos (todos utilizando el mismo instrumento) reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre operadores (Valor F= 8.64, Valor p <0.0001). La simulación de condiciones reales de servicio y el posterior análisis estadístico de muestras independientes (pruebas T de una cola) de porciones servidas por cada operario confirmó que los 5 operarios servían porciones inferiores al peso estándar de 113 g (P valores < 0.001 en todas las muestras). Este fenómeno no se confirmó en la operaria que preparaba las bandejas previas al servicio (P valor=0.97). Los tamaños de porción inferior en el servicio se traducían en un "incremento" de la cantidad de porciones, generando así sobrantes.
Hora de servicio	Un diagrama de dispersión reveló que el porcentaje de sobrantes tendía a incrementar con la hora a la cual se ponía a disposición el plato. Esto se debía a que los clientes ya no compran el producto cuando se han terminado los platos fuertes.
Receta	El porcentaje de sobrantes de ensaladas frescas era superior al de especiales (que incluyen ingredientes como frutas, quesos, etc.) (Estadísticamente significativo, P Valor = 0.0002). Las encuestas revelaron que preparaciones aderezadas con mayonesa, con berro o frijoles eran las menos predilectas en todos los puntos de venta.

E. Rellenos

Tabla 9. Variables significativas en familia "rellenos".

Variable relevante	Hallazgo identificado
Tipo de vegetal	Un porcentaje importante (39.9%) de clientes en puntos de venta externos manifestó que no compra este platillo. Esto fue consistente con niveles históricos de sobrantes superiores en estos puntos de venta. Asimismo, los rellenos de vegetales como berenjenas fueron los de peor aceptación en todos los puntos de venta (coincidiendo con sobrantes históricos de 35%) mientras que preparaciones a base de guisquil o papa eran las predilectas.
Estacionalidad	Se identificó que los días jueves, los sobrantes eran hasta un 10% superiores que el resto de días de la semana. Al indagar sobre el porqué del fenómeno y observar el comportamiento de los consumidores in situ, se encontró que ese día se pone a la venta el producto estrella del negocio (una variedad de sopa).

	Contener precios similares, los clientes se decantaban por el plato estrella y por ser una sopa, muchos de ellos no compraban ningún otro platillo.
Peso unitario	Por ser un producto que no se producía diariamente, se obtuvo limitada información en el periodo de toma de datos. No obstante, en una producción de rellenos de guisquil y a partir de una muestra aleatoria de vegetales se determinó que el peso de éstos era superiores al límite de especificación definido para el cálculo de rendimientos (p valor <0.000). Con un mayor peso y tamaño, se excedieron los rendimientos proyectados y se generaron 13 unidades de sobreproducción. Se consideró entonces importante generar mecanismos de control en del depto. de compras para prevenir futuras incidencias.

Con base en los resultados obtenidos y mediante entrevistas a operarios y a miembros del comité LSS, se generaron múltiples propuestas de solución que fueron evaluadas en términos de impacto potencial y dificultad de implementación. Aquellas categorizadas con alto impacto potencial y baja complejidad fueron implementadas en paralelo. Se monitoreó el desempeño post implementación por un periodo de 15 días laborales (3 semanas). La tabla 10 presenta una síntesis de las principales medidas implementadas.

Tabla 10. Resumen de soluciones implementadas

Solución Implementada	
Medidas administrativas	
Políticas de producción esbeltas	Se instauró una política de puertas abiertas para que los empleados pudieran expresar sus experiencias respecto a los rendimientos de material y se les autorizó a detener la producción de todo el material recibido cuando se alcanzaran las cantidades planificadas diariamente.
Procedimientos de inspección de materias primas y políticas de rechazo de lotes	Se crearon procedimientos de inspección al 100% en bolsas de filetes, se cambió el procedimiento de pesaje de lotes a unidades individuales (no se reciben más de 30 bolsas a la vez) y se crearon políticas de rechazo de lotes. Se redujo el ancho de tolerancia de especificaciones en un 50%. Se creó un esquema de muestreo de aceptación basado en la MIL-STD para vegetales de rellenos.
Sensibilización del personal operativo	El chef principal sensibilizó al personal de cocina sobre su contribución a la sobreproducción y su potencial de evitar el problema al detener el procesamiento innecesario.
Medidas de ingeniería	
Mecanismos de control visual	La coordinadora de producción y distribución a puntos de venta creó un tablero de control diario de las recetas a producir y las cantidades de cada receta a elaborar. Se utilizaron códigos de colores para diferenciar las recetas por punto de venta. La pizarra se puso a la vista de todos los empleados. Se crearon ayudas visuales con las cantidades en el tercer percentil y máximas cantidades vendidas (distinguiendo también las cantidades en los periodos de estacionalidad de la demanda) para las recetas de mayor aceptación. Los instrumentos nuevos de servicio de porciones también tenían colores diferentes para evitar errores de selección.



Estandarización de instrumentos de servicio	Se adquirieron porcionadores con medidas estándar de 5 y 4 onzas para el servicio de ensaladas y platillos de carnes y aves difíciles de porcionar (picados, guisos, etc.). También se estandarizaron los instrumentos de servicio de espaguetis.
Sustitución y eliminación de recetas	Se sustituyeron muslos y piernas de pollo por filetes a la plancha en puntos de venta externos cuatro veces a la semana y se invirtió la proporción de pechugas y muslos en puntos de venta internos. En todos los productos, se eliminaron las recetas con menor aceptación entre los clientes y mayores niveles históricos de sobrantes (ej. Tortas de pollo, coditos, rellenos de berenjena, etc.). Asimismo, se promovió la introducción de preparaciones alineadas con las preferencias de los clientes (sustitución de espaguetis por lasañas, reducción de preparaciones de cerdo, introducción de nuevas ensaladas con fruta y aguacate, etc.).
Gestión de la demanda	Se estableció la política de no producir cantidades por encima de los máximos históricos. Se redujo la producción de alimentos en concordancia con las estacionalidades identificadas. Se evitó el choque de platos con precios similares el mismo día (ej. rellenos y pastas) y se modificaron los menús para evitar combinaciones de platos de alta y baja aceptación (Ej. carne de res y cerdo el mismo día o rellenos el día de la sopa más demandada).
Gestión de costos	Se eliminaron las recetas de carnes con precios superiores a los \$2.00. Se mejoró el precio de platillos con cerdo para promover su consumo.

Tabla 12 Comparativo de desempeño antes y después de la implementación, pastas y vegetales rellenos

Elemento	Pastas		Vegetales rellenos	
	Antes	Después	Antes	Después
Numero de unidades procesadas				
Total de porciones sobrantes	3198	791	1430	286
DPMO	106,687	53,097	307	16
Nivel sigma	2.74	3.12	2.29	3.09
% semanal prom. de desperdicio	11.51	5.31	21.47	5.59
META	5%		5%	

Los niveles de desperdicio se redujeron entre un 40.4% y un 73.16% respecto a los niveles iniciales en todos los productos analizados. El incremento en los niveles sigma significa que se mejoró la capacidad del proceso de cumplir con los niveles de desempeño meta. Todos los costos semanales promedio de sobrantes mejoraron y debido a la sustitución de recetas por otras de mayor aceptación entre los clientes, también se experimentaron incrementos en los ingresos por venta promedio semanales. Los resultados se sintetizan en la tabla 13.

Tabla 13. Tamaños de letra para el manuscrito

Familia de productos	% de reducción en el costo promedio semanal de sobrantes	Ahorros totales anuales proyectados	% de incremento en los ingresos por venta promedio semanales	Incremento anual en las utilidades proyectado (antes de impuestos)
Aves	47%	\$ 1,190.81	8%	\$ 4,570.16
Carne	21%	\$ 474.89	9%	\$ 6,161.18
Ensalada	39%	\$ 361.70	13%	\$ 1,511.41
Pasta	33%	\$ 767.72	29%	\$ 2,328.06
Rellenos	74%	\$ 602.14	20%	\$ 953.40
Total		\$ 3,397.26		\$ 15,524.21

Las tablas 11 y 12 muestran un comparativo del desempeño en los niveles de sobrantes al inicio del proyecto y posterior a la implementación. El “antes” se calculó con la información histórica base y el “después” con la información recopilada durante las tres semanas posteriores a la implementación (el indicador DPMO significa “Sobrantes por Millón Producido”).

Tabla 11. Comparativo de desempeño antes y después de la implementación, familias de aves, cárnicos y ensaladas.

Elemento	Aves		Cárnicos		Ensaladas	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Numero de unidades procesadas	7444	1593	6593	2014	11333	2564
Total de porciones sobrantes	952	119	748	118	1159.5	156
DPMO	127,923	74,702	113,454	58,590	102,312	60,842
Nivel sigma	2.64	2.94	2.71	3.07	2.77	3.05
% semanal prom. de desperdicio	12.6	7.5	11.7	5.8	10.4	6.1
META	5%		3%		5%	

Por otra parte, los beneficios no económicos obtenidos con el proyecto incluyeron un incremento en la moral de los operarios, una mayor sensibilización respecto a la importancia de una producción esbelta, la reducción en conflictos por el uso de recursos por cambios de recetas y la mejora de los proveedores en el cumplimiento de especificaciones de calidad (Por ejemplo, en pesos de bolsas de filetes, el cumplimiento de bolsas fuera de especificaciones pasó de un 80% a un 40% y se redujo la variabilidad, como se ve en la Fig. 1).

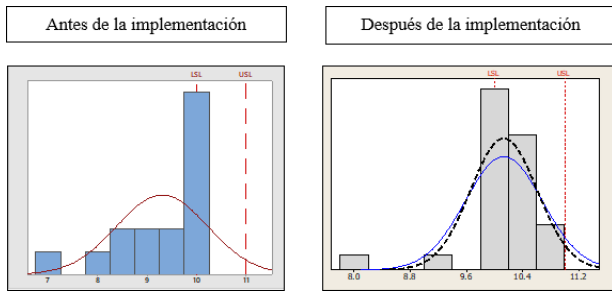


Figura 1. Histograma de pesos por bolsa de filetes y límites de especificación antes y después de la implementación.

IV. CONCLUSIONES

Lean Six Sigma es aplicable en entornos productivos de alta variedad y lotes de bajos volúmenes (Job shop). Un abordaje efectivo para el análisis es la segmentación de procesos por familias de productos. En el caso de estudio, este enfoque permitió a la empresa reducciones en sus niveles de desperdicios entre un 40% a un 73% respecto a sus niveles previos e incrementos en las utilidades anuales de aproximadamente \$15,000.00

Un factor crítico de éxito en el desarrollo del proyecto fue el involucramiento y participación de los dueños del proceso. Su papel como generadores o validadores de soluciones y líderes en iniciativas de implementación son fundamentales para la disminución de la resistencia al cambio en niveles operativos y la adopción definitiva de las medidas correctivas.

A pesar de la poca homogeneidad en la producción en los negocios del sector restaurantero, existen actividades auxiliares al procesamiento que son rutinarias y que condicionan la eficiencia operativa en la manufactura. Estas actividades (tales como la planificación de la producción, compras y el manejo de materiales) deben ser estandarizadas para evitar la generación de variación no controlada que luego es transferida hacia las operaciones de producción.

Un elemento importante para evitar los desperdicios por sobreproducción en la producción de alimentos tipo Job Shop es transferir al personal operativo la autoridad para detener la fabricación cuando se alcancen la producción programada (la cual debe ser expresada clara y oportunamente a los trabajadores). Dado que algunos ingredientes pueden ser altamente heterogéneos y hacer variar los rendimientos esperados, es vital que los trabajadores puedan evitar procesar toda la materia prima de ser necesario. En este sentido, es preferible el almacenamiento de alimentos crudos sobrantes al manejo de sobrantes de productos terminados. Esta práctica evita

desperdicio de ingredientes, tiempo productivo y capacidad en alimentos cocinados que se terminan desechándose.

Finalmente, las pequeñas y medianas empresas del sector restaurantero deben priorizar la implementación de mecanismos para conocer oportunamente las preferencias y aceptación de sus recetas entre los clientes para responder con suficiente rapidez al mercado. En el caso particular de estudio, este conocimiento permitió a la empresa reducir el desperdicio en todos los productos en análisis, incrementar las ventas de recetas a base de aves y carnes y simplificar los procesos productivos al reducir ciertas recetas intensivas en el uso de recursos que contaban con bajos niveles de aceptación.

REFERENCIAS

- [1] Snee, R.D. and Hoerl, R.W. (2007). "Integrating Lean and Six Sigma—a Holistic Approach." *Six Sigma Forum Magazine*, American Association for Quality .6:3 (May 2007), 15-21.
- [2] Montgomery, D.C., Jennings, C.L., and Pfund, M.E. (2011). *Managing, Controlling, and Improving Quality*. New York: Wiley.
- [3] George, M.L. (2002), *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*, 1st ed., Tata McGraw Hill Publication, New York, NY.
- [4] Venkatesh Arasanipalai Raghavan Sangwon Yoon Krishnaswami Srihari, (2014), "Lean transformation in a high mix low volume electronics assembly environment", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5 4 pp. 342 - 360
- [5] Garrido-Vega, P., Sacristán Díaz, M. y Magaña-Ramírez, L.M. (2016). *Six Sigma in SMES with low production volumes: a successful experience in aeronautics*. *Unversia Business Review*, 51, 512-71.
- [6] Nabhani, F. and Shokri, A. (2009) 'Reducing the delivery lead time in a food distribution SME through the implementation of six sigma methodology', *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- [7] Huang, T.H., Chen, S.C. & Chen, S.W., 2010. *Application of six-sigma to construct forecasting model - an example of fast-food chains in Taiwan*. *Journal of Statistics and Management Systems*, 13(3), pp.561-79.
- [8] Harfoush, Asmaa & Rashed, Dalia & Elhabashy, Ahmad. (2019). *Lean Six Sigma in Food Waste Management in Egypt*. 2019 IISE Annual Conference and Expo, E.E.U.U
- [9] Rendon, G. & O'Byrne M. (2017) *Diseño de un modelo para la reducción del tiempo de ciclo en la atención al cliente del plato Alas X6 en el restaurante bar Route 66*. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial. Universidad de San Buenaventura, Colombia.