

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



Estudio de factibilidad de la sustitución de la actual
freidora de papa por un nuevo modelo, en un restaurante
de comida rápida

Trabajo de investigación presentado por
José Miguel Ortiz Zelada para optar al grado académico
de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala
2012

Estudio de factibilidad de la sustitución de la actual
freidora de papa por un nuevo modelo, en un restaurante
de comida rápida

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

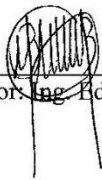


Estudio de factibilidad de la sustitución de la actual
freidora de papa por un nuevo modelo, en un restaurante
de comida rápida


Trabajo de investigación presentado por
José Miguel Ortiz Zelada para optar al grado académico
de Licenciado en Ingeniería Industrial

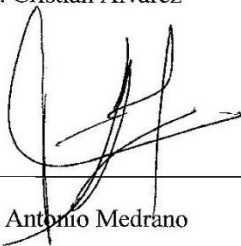
Guatemala
2012

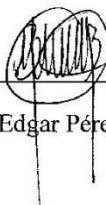
Vo. Bo.:

(f) 
Asesor Ing. Edgar Pérez

Tribunal Examinador:

f) 
Lic. Cristian Álvarez

f) 
Ing. Antonio Medrano

f) 
Ing. Edgar Pérez

Fecha de aprobación del examen de graduación: Guatemala, 22 de mayo de 2012.

PREFACIO

Este Trabajo de Graduación representa el cierre de un proceso de aproximadamente seis meses de duración, el cual inició durante la realización de la práctica profesional y concluyó recientemente mediante la elaboración de este informe. Se realizó en una empresa que opera restaurantes de comida rápida y fue un proyecto perteneciente al Departamento de Gestión de Calidad y Servicios Operativos de la misma.

Constituye un trabajo al cual se le dedicó tiempo y recursos, no solamente propios, sino también del asesor, catedráticos colaboradores y personal administrativo y operativo de la empresa en la cual se realizó el estudio. Se elaboró un informe lo más completo posible para que la empresa tuviera un respaldo sólido a la hora de evaluar el objetivo del proyecto y concluir en base al mismo.

La información de carácter cuantitativo presentada en el trabajo es ficticia, preservando la confidencialidad de la misma, pero sin afectar la esencia, objetivos y conclusiones del mismo.

Agradezco en especial el apoyo brindado por: Ing. Fernando Pérez, Lic. Maricruz Álvarez Mury, Ing. Gustavo Castañeda y asesor, Ing. Edgar Pérez; quienes contribuyeron al desarrollo y conclusión del proyecto.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	vi
RESUMEN.....	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANÁLISIS DE PROCESOS.....	14
III. RESULTADOS PRUEBA PILOTO.....	28
IV. ANÁLISIS DE COLAS.....	41
V. ANÁLISIS FINANCIERO.....	46
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	74
VIII. APÉNDICE.....	75

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Simbología estándar para diagramas de flujo de proceso.....	9
2. Notación para sistemas de colas.....	10
3. Resumen proceso de fritura.....	18
4. Resumen proceso de filtrado.....	22
5. Resumen proceso de limpieza y abastecimiento.....	26
6. Resumen del análisis de procesos.....	27
7. Temperatura vs. tiempo freidora.....	28
8. Tiempo real de fritura por lote.....	30
9. Temperatura vs. tiempo real.....	30
10. Escala base según parámetro sensorial.....	32
11. Resultados evaluación sensorial.....	33
12. Resultados promedio evaluación sensorial.....	33
13. Escala base de calificación evaluación con consumidores.....	35
14. Control de compuestos polares en porcentajes.....	38
15. Medidas de desempeño freidoras A y B.....	43
16. Repuestos y costos: freidora A.....	46
17. Costos de mantenimiento freidora A: año 1.....	47
18. Costos de mantenimiento freidora A: año 2.....	47
19. Costos de mantenimiento freidora A: año 3.....	48
20. Costos de mantenimiento freidora A: año 4.....	48
21. Costos de mantenimiento freidora A: año5.....	49
22. Costos de mantenimiento freidora B: año 1.....	50
23. Costos de mantenimiento freidora B: año 2.....	50
24. Costos de mantenimiento freidora B: año 3.....	51
25. Costos de mantenimiento freidora B: año 4.....	51
26. Costos de mantenimiento freidora B: año5.....	52
27. Consumo eléctrico: freidoras A y B.....	53

Cuadro

28. Ahorros consumo eléctrico: freidora B.....	53
29. Promedio diario de adición de aceite: freidoras A y B.....	54
30. Ahorros consumo de aceite: freidora B.....	54
31. Otros datos financieros: freidoras A y B.....	55
32. Cómputo costos totales freidora A: año 1.....	56
33. Cómputo costos totales freidora B: año 1.....	56
34. Cómputo costos totales freidora A: año 2.....	57
35. Cómputo costos totales freidora B: año 2.....	57
36. Cómputo costos totales freidora A: año 3.....	58
37. Cómputo costos totales freidora B: año 3.....	58
38. Cómputo costos totales freidora A: año 4.....	59
39. Cómputo costos totales freidora B: año 4.....	59
40. Cómputo costos totales freidora A: año 5.....	60
41. Cómputo costos totales freidora B: año 5.....	60
42. Freidora B: ahorros mensuales proyectados.....	61
43. Flujo de efectivo neto: año 1.....	63
44. Flujo de efectivo neto: año 2.....	64
45. Flujo de efectivo neto: año 3.....	65
46. Flujo de efectivo neto: año 4.....	66
47. Flujo de efectivo neto: año 5.....	67
48. Período de recuperación de la inversión.....	68
49. TIR respecto a variaciones en costos totales freidora B.....	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Freidora eléctrica y continua.....	6
2. Diagrama de flujo de proceso: Fritura de papa – Freidora A.....	15
3. Diagrama de flujo de proceso: Fritura de papa – Freidora B.....	17
4. Diagrama de flujo de proceso: Filtrado – Freidora A.....	21
5. Diagrama de flujo de proceso: Filtrado – Freidora B.....	22
6. Diagrama de flujo de proceso: Cambio medio de filtración. Freidoras A y B.....	23
7. Diagrama de flujo de proceso: Limpieza – Freidora A.....	24
8. Diagrama de flujo de proceso: Limpieza – Freidora B.....	25
9. Temperatura promedio vs. tiempo freidora.....	29
10. Temperatura promedio vs. tiempo real.....	31
11. Gráfica de araña resultados evaluación sensorial.....	34
12. Gráfica de pastel preferencia consumidores.....	37
13. Registro de control de compuestos polares en porcentajes y por fecha de lectura.....	39
14. TIR respecto a variaciones en costos totales freidora B.....	71
15. Ejemplo hoja de prueba análisis sensorial.....	76
16. Ejemplo hoja de evaluación a consumidores.....	77
17. Evaluación con consumidores: Apariencia – Muestra A.....	80
18. Evaluación con consumidores: Apariencia – Muestra B.....	80
19. Evaluación con consumidores: Textura – Muestra A.....	81
20. Evaluación con consumidores: Textura – Muestra B.....	81
21. Evaluación con consumidores: Sensación – Muestra A.....	82
22. Evaluación con consumidores: Sensación – Muestra B.....	82
23. Evaluación con consumidores: Sabor– Muestra A.....	83
24. Evaluación con consumidores: Sabor – Muestra B.....	83
25. Gráfica kWh/día Freidora B.....	84

Ilustración

26. Formato control de frituras – Freidora A.....	85
27. Formato control de adición de aceite.....	86
28. Flujo de efectivo: año 1.....	87
29. Flujo de efectivo: año 2.....	88
30. Flujo de efectivo: año 3.....	89
31. Flujo de efectivo: año 4.....	90
32. Flujo de efectivo: año 5.....	91

RESUMEN

El siguiente es un estudio de validación de la sustitución de un equipo operativo. En concreto, de una freidora de papa en un restaurante de comida rápida. Dados los altos costos de operación y mantenimiento que las freidoras de papa representan para la empresa, la misma decidió investigar acerca de nuevos modelos que minimicen los costos mencionados. Al encontrar un modelo que teóricamente cumplía con lo anterior, surgió la necesidad de realizar un estudio de sustitución. Por lo tanto, el objetivo general del trabajo es determinar si la sustitución de la freidora es válida desde el punto de vista operacional y financiero.

Las mediciones, pruebas y estudios pertinentes se realizaron en la planta de la empresa y en un restaurante asignado, representando una prueba piloto para la empresa; ya que con base en los resultados y conclusiones obtenidas mediante este estudio, se evaluará la sustitución de freidoras de papa en otros restaurantes de la cadena.

El desarrollo del trabajo fue guiado por tres factores fundamentales, los cuales constituyeron los logros esperados de la sustitución del equipo: inversión rentable, operación eficiente y mantenimiento o mejora de la calidad del producto final. El proyecto engloba los siguientes aspectos: investigación y documentación del equipo actual y del equipo propuesto, análisis de los procesos de operación, análisis de costos, y establecimiento y documentación del proceso propuesto.

El resultado principal del estudio indica que la sustitución de la actual freidora por el modelo propuesto, es válida operacional y financieramente.

I. INTRODUCCIÓN

A. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Determinar si la sustitución de la actual freidora de papa, por un nuevo modelo, es válida desde el punto de vista operacional y financiero.

2. Objetivos específicos

- a. Investigar y documentar los procesos relacionados con el uso del equipo actual: operación, abastecimiento, limpieza y mantenimiento.
- b. Realizar un análisis de colas del producto a freír, y su respectivo tiempo de espera, en relación a la capacidad de producción del equipo propuesto y la demanda del restaurante.
- c. Calcular y proyectar los costos de inversión, operación y mantenimiento del equipo propuesto.
- d. Calcular el retorno de la inversión para concluir la validación.

B. JUSTIFICACIÓN

Se solicitó la asignación de un proyecto pendiente de realización y adecuado para su desarrollo como Trabajo de Graduación, aprovechando la finalización del período de práctica profesional. El proyecto fue seleccionado por su temática en general y su estrecha relación con Ingeniería Industrial.

En el mismo se aplicaron herramientas aprendidas en varios cursos a lo largo de cuatro años de estudios. En cuanto a Ingeniería de Métodos, se trataron temas como métodos de obtención y presentación de datos mediante diagramas de flujo de proceso, y análisis y secuencia de operaciones. También fueron aplicadas herramientas de Investigación de Operaciones. Por su parte, Ingeniería Financiera constituye una parte importante del trabajo, ya que la validación o no del equipo se debe traducir a números. Es decir, de acuerdo a los costos de inversión, operación y mantenimiento, se tomará la decisión de implementar o no el equipo propuesto. Finalmente, la parte de documentación de procesos concierne a Gestión de Calidad.

El proyecto, además de representar un estudio afín a un ingeniero industrial, fue de significancia para la empresa, sirviendo como apoyo en la decisión de implementar o no el cambio. La empresa registra altos costos de operación y mantenimiento de equipos, en especial de las freidoras de papa. Los distintos departamentos de la empresa trabajan constantemente en la reducción de costos, y el área operativa de la empresa es clave en este objetivo. Con base en los resultados y conclusiones obtenidas mediante este estudio, la empresa evaluará la sustitución de freidoras de papa en otros restaurantes pertenecientes a la cadena. Por lo tanto, la empresa requirió de un respaldo sólido, completo y cuantitativo.

C. METODOLOGÍA

1. Antecedentes: línea base (equipo y procesos actuales) y equipo propuesto.

a. Investigación documental de las especificaciones y manuales de operación de ambos equipos. En el caso del equipo actual, también la recopilación de estudios, análisis y reportes relacionados al funcionamiento, rendimiento y mantenimiento del mismo.

b. Elaboración de diagramas de flujo e instructivos de procesos de operación, abastecimiento, limpieza y mantenimiento de ambos equipos. Se tomó como base los manuales de operación ya existentes y las especificaciones pertinentes establecidas por la empresa.

2. Objetivos (Metas): establecimiento de logros esperados de la sustitución del equipo.

- a. Inversión rentable.
- b. Operación eficiente.
- c. Mantenimiento o mejora de la calidad del producto final.

3. Ejecución prueba piloto.

a. Planta de la empresa

- 1) Medición temperaturas de cocción.
- 2) Medición tiempos de producción.
- 3) Análisis sensorial de producto final.

b. Restaurante asignado

- 1) Medición consumo y rendimiento de materia prima.
- 2) Control de calidad de materia prima.
- 3) Medición consumo eléctrico.
- 4) Toma de tiempos y registro de procedimientos: operación, abastecimiento de materia prima, limpieza y mantenimiento.
- 5) Registro de volúmenes de producción y venta.
- 6) Evaluación de producto final con consumidores.

4. Análisis financiero
 - a. Cómputo y proyección de costos de mantenimiento y operación de ambos equipos.
 - b. Proyección de ahorros esperados de implementación de modelo propuesto.
 - c. Cálculo de Tasa Interna de Retorno (TIR) y período de recuperación.
 - d. Análisis de sensibilidad.

5. Logística y optimización de modelos

En el Trabajo de Graduación se abarcaron las siguientes áreas de excelencia: Producción y diseño, finanzas, y logística y optimización de modelos.

Las primeras dos áreas ya fueron mencionadas en los puntos anteriores. En cuanto al área de logística y optimización de modelos, se realizó un análisis de colas para el producto a freír, en base a la capacidad de fritura del equipo y la demanda del restaurante asignado. El objetivo de la aplicación de teoría de colas fue determinar si el nuevo modelo es capaz de cumplir con una tasa de servicio adecuada a la tasa de órdenes del restaurante.

D. MARCO TEÓRICO

1. Fritura. Es un proceso muy común de preparación de alimentos, más aún en restaurantes de comida rápida. Es un proceso sencillo, rápido y que provee de un sabor especial a los productos. El elemento principal en la fritura es el aceite o la grasa. La diferencia entre ambos radica en el estado de los mismos a temperatura ambiente: el aceite es líquido y la grasa es sólida.

Al introducir el producto en el aceite, ocurre una coagulación rápida de las proteínas, lo que a su vez regula la pérdida de agua desde el interior (impermeabilización). La gran ventaja de la fritura es la rápida y uniforme penetración del calor hacia el producto. Por lo tanto, el producto resultante se caracteriza por su jugosidad, sabor, textura, apariencia y color. (Álvarez, 2005)

Lo anterior constituye la razón por la cual la fritura es muy utilizada en los restaurantes, siendo muy populares los productos resultantes.

a. Aceites y grasas. Como se indicó anteriormente, se utiliza el término aceite cuando este producto se encuentra en estado líquido, y grasa cuando se encuentra en estado sólido. Por conveniencia, a partir de este punto se utilizará únicamente el término ‘aceite’, aunque tácitamente se incluya a las grasas.

Los aceites están compuestos por triglicéridos: moléculas de glicerol + tres ácidos grasos. El grado de saturación y la longitud de la cadena determinan el punto de fusión del producto. El grado de saturación indica la presencia de dobles enlaces (ácidos grasos insaturados); mientras más dobles enlaces hayan, menor punto de fusión habrá (mayor alteración). La longitud de la cadena se refiere al número de átomos de carbono en la misma; de la misma forma, mientras mayor sea el número, menor será el punto de fusión.

El aceite tiene básicamente dos funciones: transmite calor al producto y se convierte en ingrediente del mismo. La estabilidad y grado de alteración del aceite afectan la vida útil del producto frito.

Los principales cambios químicos que sufre el aceite al ser calentado son:

- 1) Hidrólisis: aparición de ácidos grasos libres que aumentan su acidez.
- 2) Auto-oxidación a causa del oxígeno en el aire.
- 3) Polimerización: aumento de la viscosidad y formación de espuma.

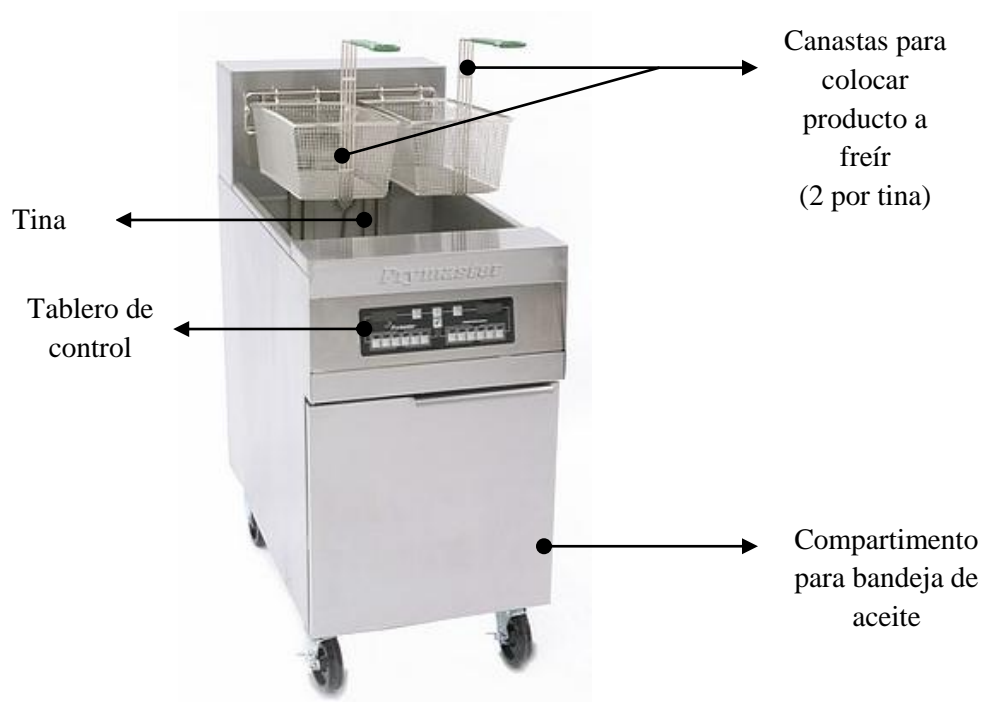
El filtrado es uno de los procesos más importantes para la optimización de la vida útil del aceite. Este proceso consiste en la remoción de residuos y partículas del producto frito que aún se encuentran en el aceite. El aceite es retirado de la freidora mediante un equipo especial, el cual succiona el aceite y lo limpia en un filtro interno. El filtrado debe realizarse con cierta frecuencia, establecida según las necesidades y condiciones del restaurante. Factores como la limpieza del equipo y la sustitución parcial y completa del aceite también inciden en la vida útil del mismo.

b. Freidoras. Se denominan así a los equipos destinados a la fritura de los productos. Las freidoras comerciales pueden operar mediante gas o energía eléctrica. En cuanto a la continuidad de las frituras, las freidoras pueden ser de dos tipos:

- 1) Continuas: se pueden realizar frituras consecutivas. Son las freidoras que usualmente se utilizan en restaurantes de comida rápida.
 - a) Calentamiento directo por quemador
 - b) Calentamiento indirecto por resistencias
 - c) Calentamiento por medio de fluido térmico
- 2) Discontinuas: las frituras se realizan por lotes.
 - a) Domésticas
 - b) Con cámara de agua
 - c) Giratorias
 - d) Calentamiento espiral

La siguiente imagen muestra un ejemplo de una freidora eléctrica y continua. Las partes más importantes que el lector debe conocer se indican en la misma.

Ilustración 1. Freidora eléctrica y continua.



(Manitowoc Foodservice, 2011)

La freidora de la fotografía contiene solamente una tina. Sin embargo, en el mercado hay freidoras con dos, tres o más tinas. Las freidoras analizadas en el presente estudio, modelo actual y modelo propuesto, son similares a la freidora de la Ilustración 1: eléctrica, continua, una sola tina y dos canastas en total.

Cabe mencionar que la tina de fritura también puede estar dividida por la mitad. Esta división convierte a una freidora de una tina, en una de dos tinas (de menores dimensiones, claro está). Esta característica permite que la operación de cada división sea completamente independientemente. En el capítulo de Análisis de Procesos se ahondará en este punto.

La bandeja de aceite siempre debe contener un filtro de papel que atrape los residuos y partículas del producto frito. El mismo debe cambiarse regularmente. A pesar que el filtro de papel ayuda a la eliminación de residuos y partículas remanentes en el aceite, aún es necesario realizar el proceso de filtrado para optimizar la calidad y vida útil del aceite.

Los procesos asociados a la freidora se explican con mayor detalle en el siguiente capítulo, Análisis de Procesos.

c. Compuestos polares. Parámetro de medición de la calidad del aceite, el cual se basa en el grado de toxicidad del mismo. El aceite se degrada a lo largo del tiempo y conforme aumenta el número de frituras. Los triglicéridos sufren modificaciones, originando subproductos denominados compuestos polares.

Según legislación de la Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de Alimentos, el límite es 25%, porcentaje medido mediante un equipo especial. Si la medición marca más de 24%, quiere decir que el aceite debe cambiarse para mantener la calidad del producto a freír, y cumplir con las condiciones ideales establecidas por la institución mencionada. Esta medición busca maximizar el uso del aceite sin afectar las condiciones físico-químicas del mismo.

Aunque en Guatemala no exista legislación alguna en relación al concepto de compuestos polares en la industria alimentaria, la empresa sigue este lineamiento como medida de mantenimiento y control de calidad del aceite.

2. Análisis sensorial. Se incluye este apartado porque durante la prueba piloto se realizaron estudios relacionados con este tema y necesarios para retroalimentar a la empresa.

Un análisis sensorial consiste en una serie de estudios que se llevan a cabo para evaluar las características y las percepciones de objetos que se usan o se consumen. Es muy común su uso en evaluaciones de alimentos y lanzamientos de nuevos productos.

Aunque se registran pruebas sensoriales desde el siglo pasado (por ejemplo: pruebas en alimentos para el Ejército de Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial), hace relativamente poco tiempo que los científicos han desarrollado el análisis sensorial como una metodología formal y estructurada.

Para los alimentos, los atributos se perciben normalmente en el siguiente orden (Meilgaard, 2007):

- a. Apariencia: las características generales son color, tamaño y forma, textura de la superficie y claridad.
- b. Olor (partículas del producto ingresan por las fosas nasales) y aroma (se refiere al olor en sí del producto).
- c. Consistencia: viscosidad, textura y consistencia en general.
- d. Sabor: suma de las percepciones estimulantes de los sentidos.
- e. Ruido: sonido producido al masticar el producto.

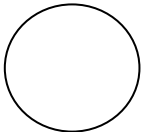
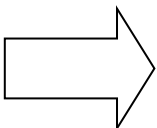
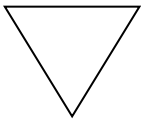
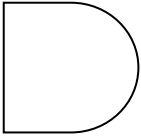
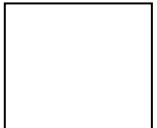
Los estímulos por parte de los sujetos se pueden registrar utilizando las siguientes técnicas:

- a. Clasificación: selección de un atributo o atributos en base a una lista establecida.
- b. Grado: evaluación más experta que engloba los estímulos y atributos en una sola nota o valuación.
- c. Categorización (*Ranking*): establecer un orden de las muestras de prueba.
- d. Escala: uso de números o palabras que establecen un rango de medición.

3. Ingeniería de Métodos. Básicamente, busca mejorar la productividad dentro de una empresa. Para ello, analiza, diseña y desarrolla centros y métodos de trabajo; buscando mejores formas de producción que minimicen costos y tiempos, realizando las actividades de una forma eficiente y eficaz.

Una de las herramientas básicas de la Ingeniería de Métodos es el Diagrama de Flujo del Proceso, un registro de la secuencia cronológica de operaciones, inspecciones, transportes, retrasos y almacenamientos a lo largo del proceso completo de producción, desde el arribo de la materia prima, hasta el empaque final. (Niebel *et al.* 2009)

Cuadro 1. Simbología estándar para diagramas de flujo de proceso.

Símbolo	Función
	Operación
	Transporte
	Almacenamiento
	Retraso / Demora / Espera
	Inspección

4. Sistemas de colas. Su análisis forma parte de Investigación de Operaciones y su objeto de estudio son las colas o líneas de espera. Las mismas se conforman por tres elementos:

- a. Llegadas o arribos: fuente de ingreso al sistema. Se caracterizan por poseer:
- 1) Tamaño de población: infinito o finito.
 - 2) Patrón de llegadas: arribo programado o aleatorio. Usualmente se estima el número de arribos por unidad de tiempo mediante la Distribución de Poisson, una distribución de probabilidad discreta. Ésta se utiliza cuando el tiempo entre llegadas es aleatorio:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!}$$

Dónde: $P(n)$ = probabilidad de n arribos ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$)
 n = arribos por unidad de tiempo
 λ = tasa promedio de arribo

- 3) Comportamiento de arribos: generalmente se asume que los clientes esperan en cola hasta ser servidos.
- b. Disciplina: usualmente se utiliza el sistema PEPS (Primero en Entrar Primero en Salir). Depende de la naturaleza del servicio se utiliza otro sistema (por ejemplo: hospitales).
- c. Servicio
- 1) Características: número de canales (servidores) y número de fases (estaciones).
 - 2) Tiempo: constante o aleatorio. Este último se representa mediante la Distribución de Probabilidad Exponencial Negativa: $e^{-\mu x}$ ($x \geq 0$), donde μ = tiempo de servicio.

Cuadro 2. Notación para sistemas de colas.

(1/2/3): (4/5/6)		
Número	Descripción	Notación
1	Distribución de llegadas	M = Distribución de Poisson o de Markov D = Tiempo constante
2	Distribución de salidas	Ek = Distribución de Erlang G = Distribución general

Continuación Cuadro 2.

(1/2/3): (4/5/6)		
Número	Descripción	Notación
3	Cantidad de servidores en paralelo	c
4	Disciplina	
5	Cantidad máxima admisible	
6	Tamaño de la fuente	

Las medidas de desempeño de una cola son:

L_q = número esperado de clientes en cola

W_q = tiempo estimado de espera en cola

L_s = número esperado de clientes en sistema

W_s = tiempo estimado de espera en sistema

$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$ = factor de utilización del sistema

Generalmente se espera que $\rho < 1$, para lograr un factor de utilización mínimo y evitar un sistema recargado o no funcional.

5. Herramientas financieras

a. Tasa Interna de Retorno (TIR). Matemáticamente, la TIR se define como la tasa de interés a la cual el valor presente y el valor anual equivalente son iguales a cero. Es decir, cuando los beneficios son equivalentes a los costos. Para calcularla, es necesario aplicar un análisis de flujo de efectivo.

La TIR se utiliza como indicador de rentabilidad de un proyecto. El parámetro de comparación es la TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Retorno). La misma se selecciona en base a criterios de riesgo e incertidumbre, además de considerar el costo del dinero prestado, el costo de capital y el costo de oportunidad. Lo ideal de un proyecto, desde un punto de vista puramente económico, es maximizar la TIR, siempre y cuando ésta satisfaga los estándares mínimos de la empresa. El nivel de riesgo asociado al proyecto es otro factor importante en la decisión de su aceptación.

b. Valor Presente (VP). También denominado valor actual, valor actual neto y valor presente neto. El análisis del valor presente (VP) se utiliza para trasladar al día de hoy, debido a la variación del valor del dinero en el tiempo, los futuros costos y beneficios de un proyecto o inversión. Para ello, se calcula el equivalente de los flujos de efectivo de los años futuros al año cero. El VP se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VP = VP \text{ de beneficios} - VP \text{ de costos}$$

c. Período de recuperación de la inversión. Indica el tiempo en el cual se recuperará la inversión en un proyecto. Para su obtención, se elabora un flujo de efectivo neto, el cual se traslada a valores actuales mediante el cálculo del VP para cada uno de los montos proyectados. Este traslado se requiere debido a la variación del valor del dinero a lo largo del tiempo. Luego se computa el VP acumulado, sumando los desembolsos de efectivo para cada año, y cuando éste se torna positivo, indica el tiempo o período de recuperación.

II. ANÁLISIS DE PROCESOS

El siguiente análisis tiene como objetivo comparar los procesos de fritura, abastecimiento, filtrado, mantenimiento y limpieza en ambas freidoras; y así concluir si la sustitución es válida desde el punto de vista operativo.

Se utilizará la siguiente nomenclatura para identificar a las dos freidoras analizadas:

A = Freidora actual.

B = Freidora propuesta (nuevo modelo).

Ambos modelos son freidoras eléctricas y continuas. Cada una dispone de dos canastas de fritura, operadas independientemente en el tablero de control. El modelo A contiene una tina completa; el modelo B, una tina dividida por la mitad. Para más información, referirse a Marco Teórico (capítulo I, literal D).

A. Fritura de papa

A continuación se analiza el proceso de fritura de papa en ambos modelos. Las ilustraciones que se presentan ayudan a que el lector comprenda en qué consiste el proceso de fritura de papa en un restaurante de comida rápida. Naturalmente, para que sea pueda freír papa, la freidora debe tener la cantidad adecuada de aceite, y sería lógico que el primer proceso a analizar sea el de abastecimiento de materia prima. Sin embargo, el lector debe familiarizarse primero con el proceso principal de una freidora, por lo que se incluye al inicio. En el inciso B se explica con detalle cómo se abastece de aceite a las freidoras.

El análisis de fritura se realizó con base en un lote de papas fritas.

1 lote de papas fritas = 1 bolsa de papas congeladas = 2 canastas de fritura

La bolsa de papas congeladas se distribuye equitativamente en las dos canastas. Es decir, una canasta de fritura equivale a 1/2 bolsa de papas congeladas. Aunque se puede freír únicamente una canasta, el alto movimiento del restaurante hace necesario operar en base a la equivalencia anterior de dos canastas de fritura.

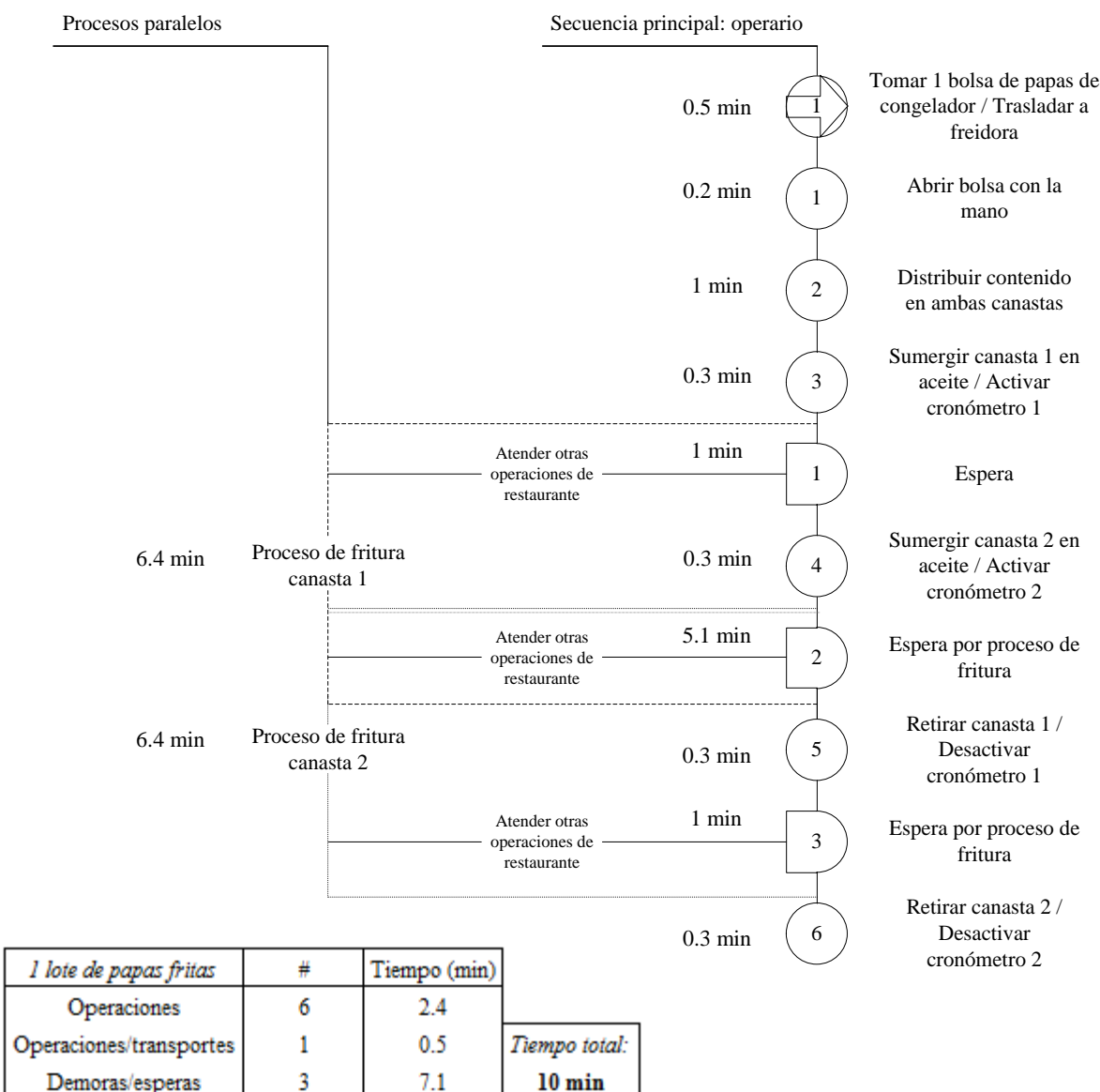
1. Freidora A

Ilustración 2. Diagrama de flujo de proceso: Fritura de papa – Freidora A.

Diagrama de flujo de proceso

Fritura de papa – Freidora A

Dibujado por José M. Ortiz. Z.



Como puede observarse en la Ilustración 2, el tiempo total del proceso de fritura en la freidora A es de 10 minutos. El tiempo de fritura por canasta o cocción de las papas fritas (el tiempo que una canasta está sumergida en el aceite) es de 6.4 minutos (06:24).

Aclaración importante:

Las demoras ilustradas en el proceso de fritura (demoras 1, 2 y 3) son parte inherente del mismo. La demora 1 es causada por el escalonamiento en la fritura. Esto significa que, para evitar que se rebalse el aceite en la tina, no se pueden sumergir las dos canastas al mismo tiempo, y por lo tanto, es necesario esperar 1 minuto (60 segundos) para sumergir la otra canasta. Las demoras 2 y 3 indican que el producto se está friendo, y por ende, el operario no está realizando alguna actividad relacionada al proceso de fritura. Por esta razón, estos tres tiempos de espera se ilustraron como demoras y no como operaciones. Es importante recalcar que, como indica el diagrama de la ilustración, la secuencia principal del mismo es en base al operario, no a la máquina. Se aclara ahora porque en algunos diagramas posteriores ocurre una situación similar.

Ahora bien, a pesar de que las tres demoras en el proceso representan un tiempo de 7.1 minutos (7:06 minutos), éste se aprovecha para atender otros pedidos u operaciones dentro del restaurante, dado el alto movimiento del mismo. Por lo tanto, no se consideran tiempos muertos para el operario.

Dado que el operario atiende otras actividades, la freidora A tiene una alarma automática que se activa:

- ✓ 60 segundos después de sumergir la canasta 1 (para sumergir la canasta 2).
- ✓ Cuando finaliza la fritura de la canasta 1 (para retirarla).
- ✓ Cuando finaliza la fritura de la canasta 2 (para retirarla).

Es cierto que el proceso se simplifica al evitar que el operador esté pendiente de las alarmas de la freidora para sumergir la canasta dos y retirar la canasta uno, como en el caso de la freidora A. Pero el tiempo total aumenta en 1.3 minutos (01:18), 13% más respecto al tiempo de la freidora A.

Se consultó este punto con el proveedor y la explicación para este aumento en el tiempo real de fritura se justifica por una mejor regulación de la temperatura a lo largo del proceso, evitando un aumento brusco en la misma y ofreciendo un producto de mejor calidad. Esta fue la razón expuesta por el proveedor. Las pruebas de control de temperatura y de calidad del producto (análisis sensorial) se presentan más adelante en el trabajo. Con base en esto se concluirá si el proveedor está en lo correcto.

Como se indicó en el marco teórico, la tina dividida en la freidora B permite que la operación de cada mitad sea completamente independientemente. Este factor es clave al momento de freír solamente una canasta. En el caso de la freidora A, todo el aceite contenido en la tina participa en el proceso de fritura, cuando solamente la mitad es necesaria. Recordando que la calidad del aceite se degrada a medida que aumenta el número de frituras, se esperaba que esta división optimice la vida útil del aceite.

3. Resumen

Cuadro 3. Resumen proceso de fritura.

Parámetro	Resultado	
	Freidora A	Freidora B
Tiempo de fritura (minutos)	10:00	11:18
	<i>Conclusión:</i> Freidora B tarda 01:18 minutos más (13%)	

B. Abastecimiento de aceite

Salvo por limpieza o mantenimiento, o claro está, cuando se opera por primera vez, una freidora siempre contiene aceite. Como se indicó en el Marco Teórico, uno de los factores que incide en la vida útil del aceite es la adición y sustitución del mismo. El abastecimiento de aceite se realiza de tres maneras: constante, parcial o total.

1. Constante. Naturalmente, la operación de la freidora consume gradualmente el aceite contenido en la tina. En la misma se indica el nivel al cual debe estar el aceite. Cuando el aceite baja de la marca indicada, es necesario agregar más para nivelar la cantidad del mismo. Para la freidora A, la adición de aceite es completamente manual. El operario toma el recipiente con aceite y vierte la cantidad necesaria en la tina. El tiempo que toma realizar esta actividad depende de la cantidad de aceite a nivelar. Aunque es una operación bastante sencilla, implica una actividad extra para el operario.

Por su parte, la freidora B tiene la ventaja de incluir un sistema de nivelación automática, para lo cual se necesita un recipiente adicional para mantener aceite nuevo (el modelo ya lo incluye). Mediante sensores, el equipo bombea aceite desde el recipiente mencionado hasta que la tina llegue al nivel indicado. El operario es el encargado de abastecer de aceite el recipiente adicional.

2. Parcial y total. A diferencia del abastecimiento continuo, los abastecimientos parcial y total sí representan un reemplazo de aceite.

El departamento de Gestión de Calidad de la empresa ha establecido la frecuencia de cambio de acuerdo a pruebas químicas y sensoriales. El reemplazo puede ser de la siguiente manera:

- ✓ Cada X días.

- ✓ Cada X número de frituras. Es posible que el aceite aún no haya cumplido los X días establecidos como límite, pero el número de frituras ya es bastante alto como para mantener la calidad óptima del aceite y del producto resultante.

Por razones de confidencialidad no se especifican las frecuencias.

Evidentemente, los reemplazos parciales se realizan con mayor frecuencia que los reemplazos totales. La operación es bastante sencilla y consiste en:

- a. Retirar manualmente, con ayuda de un recipiente designado, la cantidad especificada por la empresa.
- b. Desechar el aceite removido.
- c. Nivelar la tina con aceite nuevo.

El proceso de sustitución parcial se realiza de igual forma en ambos modelos, A y B, por lo que ahondar más en este punto no tiene relevancia.

Ahora bien, el reemplazo total del aceite es una operación más compleja. Cuando llega el día estipulado para el cambio, se aprovecha también a realizar una limpieza profunda de la freidora. Por lo tanto, este tipo de abastecimiento y la limpieza del equipo, se convierten realmente en un solo proceso. Por esta razón, el análisis del mismo se desarrolla en el inciso de Mantenimiento y Limpieza.

C. Filtrado de aceite

Tal y como se presentó en el Marco Teórico, el proceso de filtrado constituye un proceso de mantenimiento y renovación del aceite. Se realiza X veces al día, durante períodos de bajo movimiento. Es un proceso necesario para extender la vida útil del aceite y garantizar un producto de buena calidad.

1. Freidora A. El equipo de filtrado al que se hace referencia es un dispositivo especial que succiona el aceite por medio de una manguera y lo dirige a un filtro interno que separa el líquido de los residuos de papa.

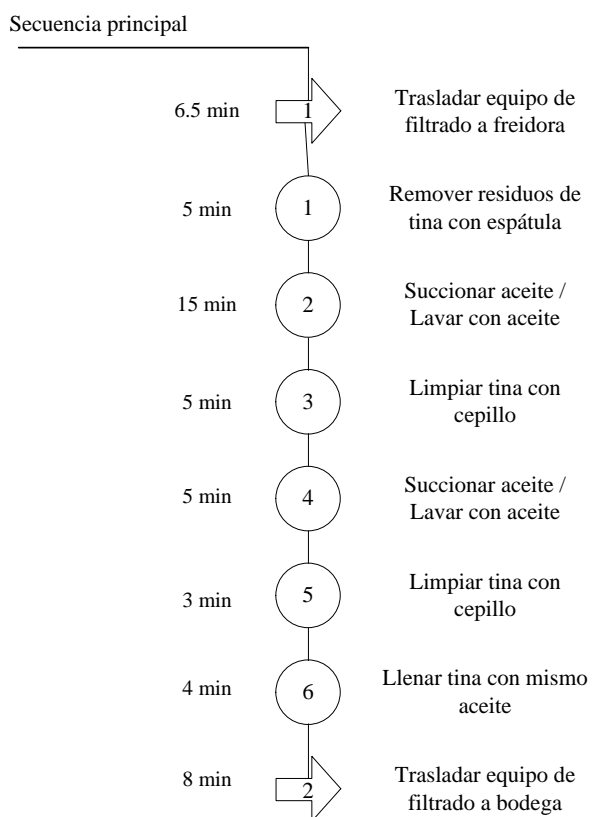
El concepto ‘lavar con aceite’ se refiere a utilizar el mismo aceite que se succionará para mojar las paredes de la tina y remover los residuos sólidos de las mismas. Al finalizar de succionar todo el líquido, el mismo aceite ya filtrado, se vierte nuevamente dentro de la tina. Es importante destacar que para el proceso de filtrado de la freidora A, el operador debe estar todo el tiempo presente.

Ilustración 4. Diagrama de flujo de proceso: Filtrado – Freidora A.

Diagrama de flujo de proceso

Filtrado – Freidora A

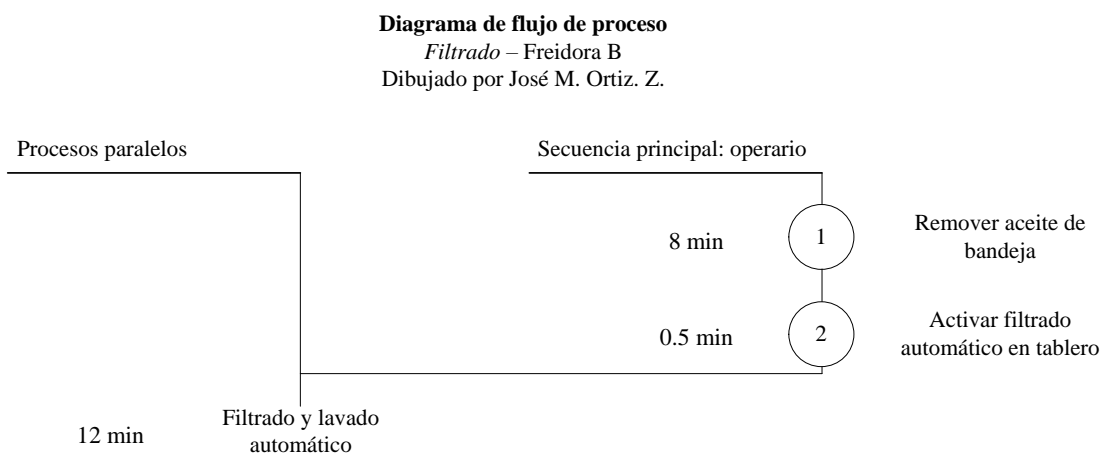
Dibujado por José M. Ortiz. Z.



<i>Filtrado</i>	#	Tiempo (min)	
Operaciones	6	37	<i>Tiempo total:</i>
Transportes	2	14.5	51.5 min

2. Freidora B

Ilustración 5. Diagrama de flujo de proceso: Filtrado – Freidora B.



<i>Filtrado</i>	#	Tiempo (min)	<i>Tiempo total:</i>
Operaciones	2	8.5	8.5 min

Como puede observarse en la Ilustración 5, el proceso de filtrado en la freidora B es sumamente sencillo, dado el alto grado de automatización del mismo. El nuevo proceso de filtrado significa una reducción de 43 minutos respecto al tiempo total de la freidora A, lo que equivale a una disminución del 83%. La automatización del filtrado elimina la necesidad, y por ende el transporte, de equipo adicional. Además, a diferencia de la freidora A, donde el operario debe estar todo el tiempo presente, el filtrado y lavado de la máquina no requiere de la intervención del mismo, solamente la activación del programa. Razón por la cual el tiempo de 12 minutos no se toma en cuenta.

3. Resumen

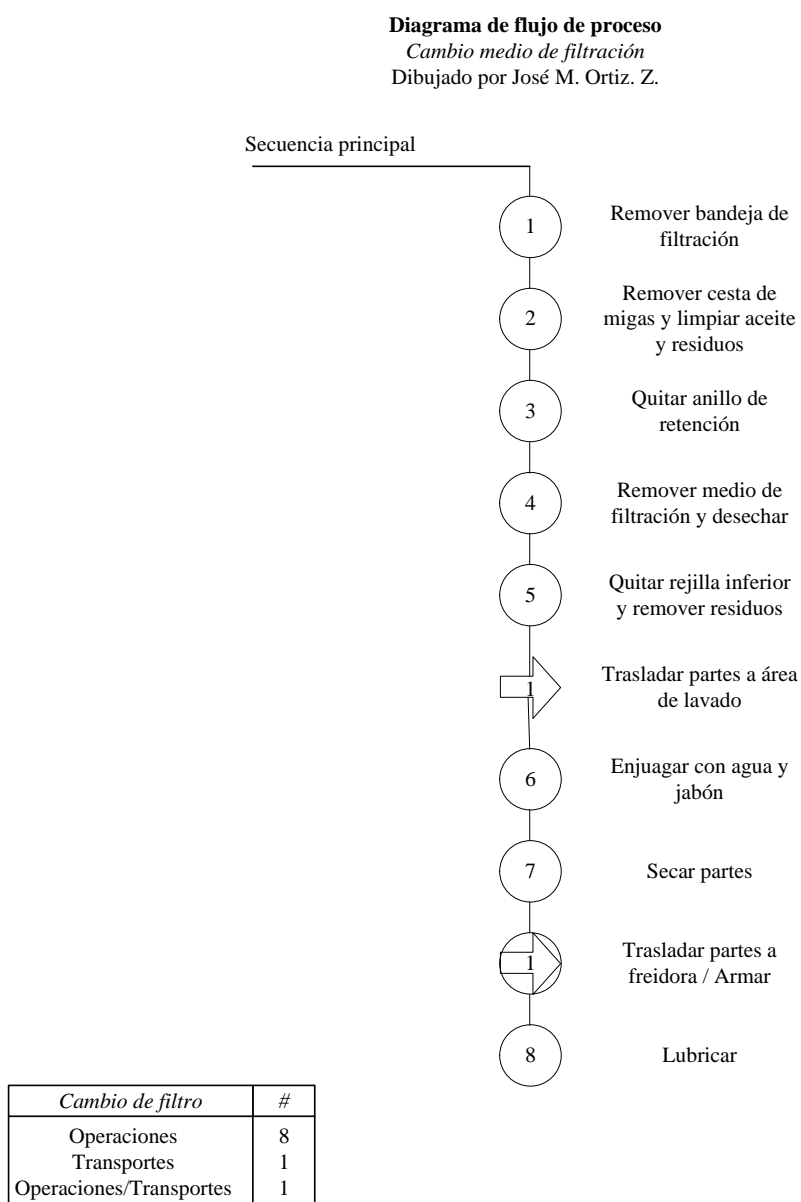
Cuadro 4. Resumen proceso de filtrado.

Parámetro	Resultado	
	Freidora A	Freidora B
Tiempo de filtrado (minutos)	51:30	8:30
<i>Conclusión:</i> Freidora B tarda 43:00 minutos menos (83%).		

D. Cambio medio de filtración

Además del proceso de filtrado que se realiza X veces al día, también es necesario cambiar el medio de filtración cada cierto tiempo. Nuevamente, por razones de confidencialidad, no se especifican las frecuencias. A continuación se presenta el diagrama de flujo de la secuencia de este proceso, únicamente como guía para el lector, ya que el proceso es el mismo para ambos modelos de freidora. La duración del proceso es de aproximadamente 18 minutos.

Ilustración 6. Diagrama de flujo de proceso: Cambio medio de filtración. Freidoras A y B.



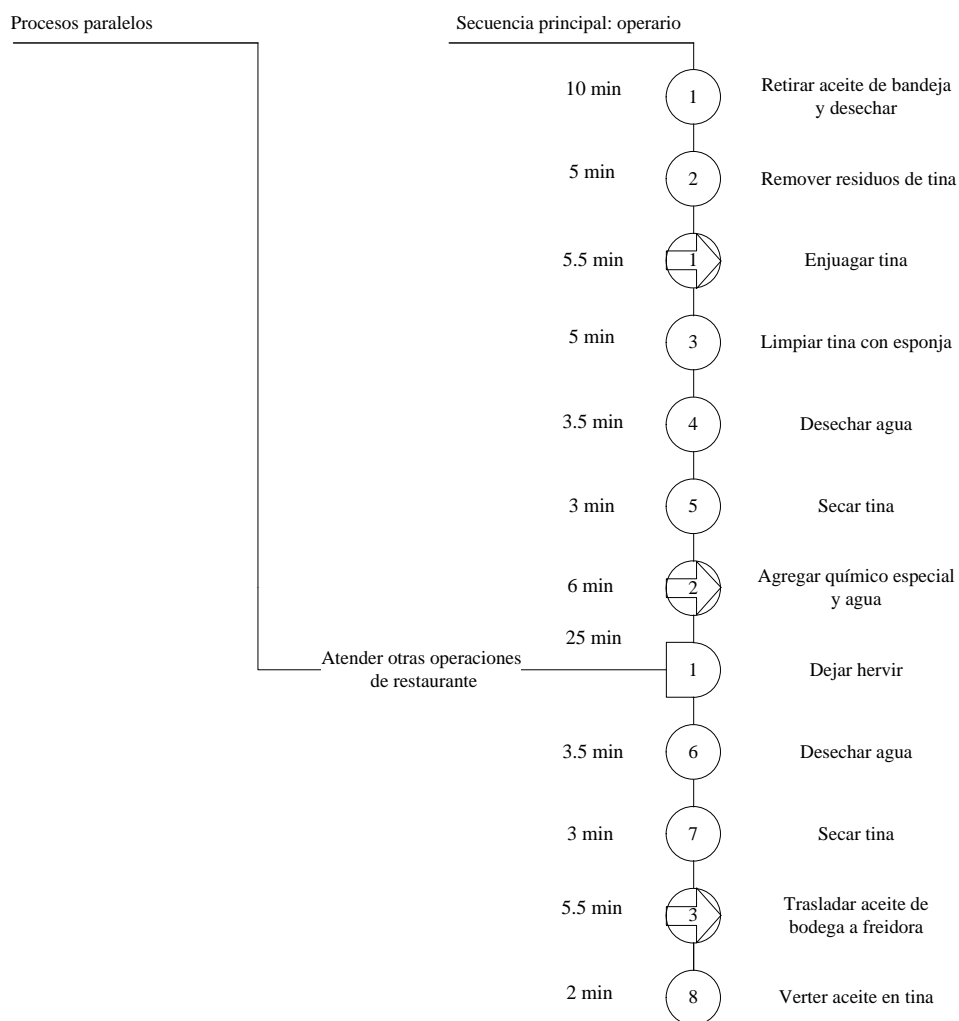
E. Mantenimiento y limpieza

Se realiza durante tiempos muertos o en bajo movimiento, cada vez que se reemplaza completamente el aceite. No se especifica la frecuencia exacta a petición de la empresa. El proceso de limpieza finaliza con adición de aceite (sustitución completa del mismo).

1. Freidora A

Ilustración 7. Diagrama de flujo de proceso: Limpieza – Freidora A.

Diagrama de flujo de proceso
Limpieza – Freidora A
Dibujado por José M. Ortiz. Z.

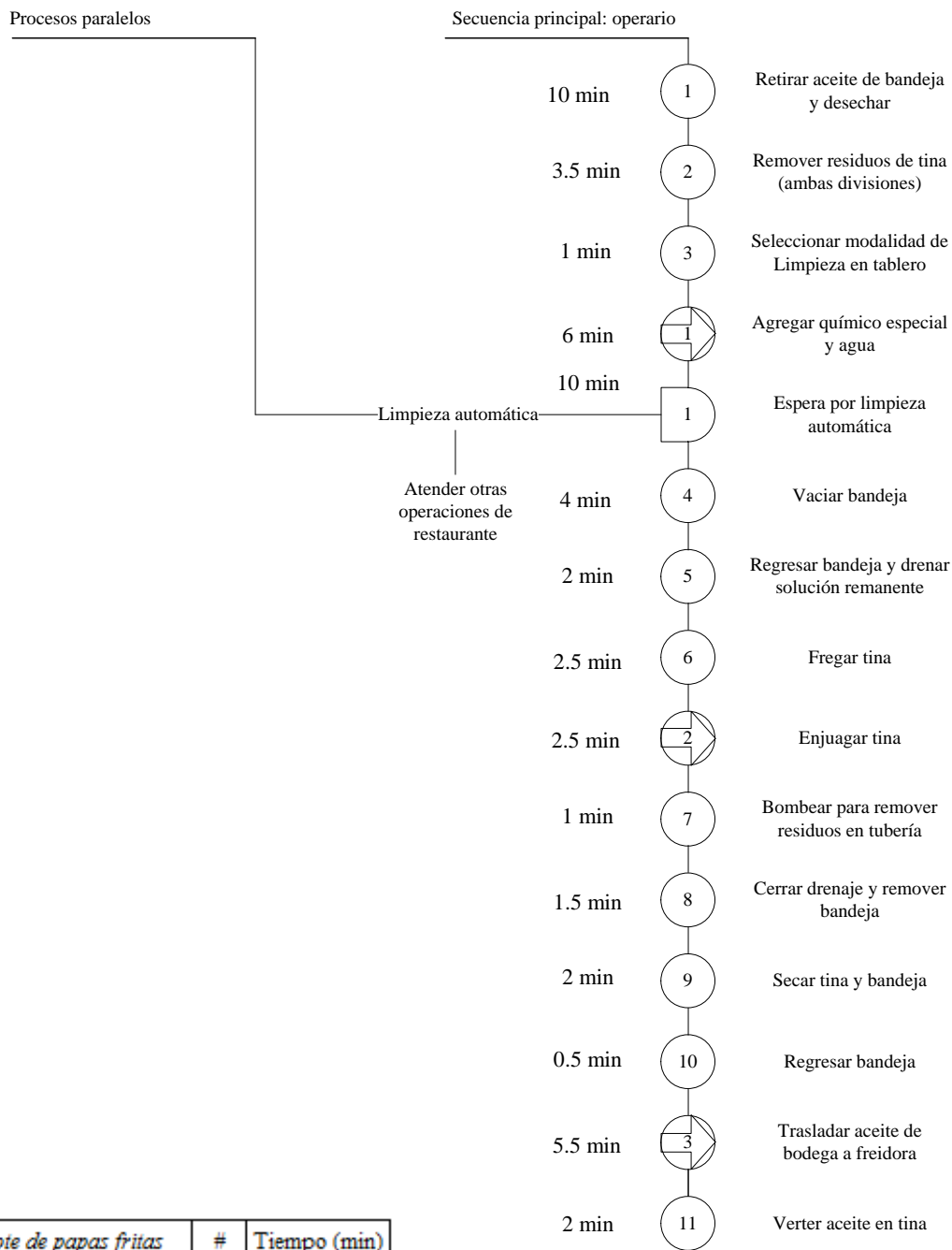


1 lote de papas fritas	#	Tiempo (min)	
Operaciones	8	35	
Operaciones/transportes	3	17	
Demoras/esperas	1	25	
			Tiempo total: 77 min

2. Freidora B

Ilustración 8. Diagrama de flujo de proceso: Limpieza – Freidora B.

Diagrama de flujo de proceso
Limpieza – Freidora B
 Dibujado por José M. Ortiz. Z.



<i>1 lote de papas fritas</i>	#	Tiempo (min)	
Operaciones	11	30	
Operaciones/transportes	3	14	<i>Tiempo total:</i>
Demoras/esperas	1	10	

Al comparar ambos diagramas se puede observar que el proceso de limpieza y abastecimiento para la freidora A consta de un menor número de operaciones: tres actividades menos que el proceso de la freidora B. Sin embargo, el hecho de que el proceso A se constituya por una menor cantidad de operaciones, no significa que el proceso tarde menos tiempo. Existe una diferencia de 23 minutos entre ambos procesos; ventaja favorable para la freidora B. A pesar de que la limpieza y abastecimiento se realizan regularmente y en horas de bajo movimiento o tiempo muerto, toda optimización del tiempo es positiva. Este ahorro de tiempo representa aproximadamente un 30% menos respecto al tiempo total de la freidora A.

Nuevamente, ambas demoras representadas en los diagramas, dejar hervir el agua en la freidora A y esperar limpieza automática en freidora B, son inherentes al proceso de limpieza. Por lo tanto, no se pueden omitir o disminuir. Sin embargo, estas demoras (representadas como tal para diferenciarlas de las operaciones) no representan pérdida de tiempo para el operario, ya que mientras hierve el agua o se realiza el proceso de limpieza, puede aprovechar para atender otras operaciones dentro del restaurante.

3. Resumen

Cuadro 5. Resumen proceso de limpieza y abastecimiento.

Parámetro	Resultado	
	Freidora A	Freidora B
Tiempo de limpieza y abastecimiento (minutos)	77:00	54:00
	<i>Conclusión:</i> Freidora B tarda 23:00 minutos menos (30%)	

F. Resumen general

Cuadro 6. Resumen del análisis de procesos.

Proceso	Freidora B vs. Freidora A
Fritura	B: 1:18 minutos más por lote de fritura (13%)
Filtrado	B: ahorro de 43:00 minutos por filtrado (83%)
Limpieza y abastecimiento	B: ahorro de 23:00 minutos por limpieza (30%)

III. RESULTADOS PRUEBA PILOTO

La prueba piloto se llevó a cabo durante los meses de julio y agosto del año 2011. Como se indicó en la metodología, la misma inició en la planta de la empresa, dónde se conoció a fondo el funcionamiento de la freidora propuesta, se realizaron varias pruebas de fritura y se iniciaron los primeros controles de aceite. Luego, se trasladó al restaurante designado para continuar con las pruebas respectivas. Los estudios hechos en la prueba piloto, además de complementar los análisis principales y fortalecer el informe final, fueron solicitados por la empresa.

A. Curvas de temperatura

Las curvas de temperatura se realizaron contra el tiempo indicado en la freidora y contra el tiempo real (cronometrado), con el fin de constatar que el tiempo indicado en el cronómetro de la freidora fuera realmente el tiempo real. Se llevaron a cabo tres rondas de medición en cada freidora para obtener un dato promedio.

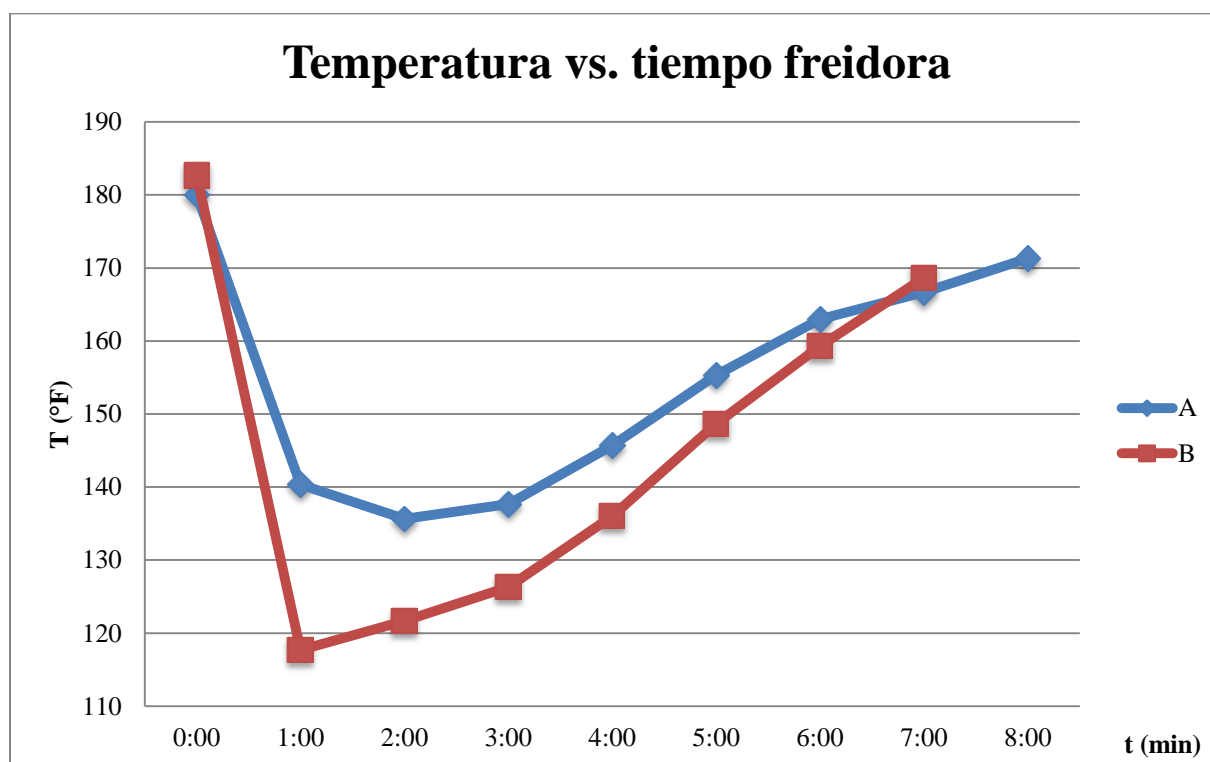
Cuadro 7. Temperatura vs. tiempo freidora

T (°F) / t (min)	A			PROMEDIO	B			PROMEDIO
	1	2	3		1	2	3	
0:00	180	180	180	180	182	183	183	183
1:00	134	150	137	140	116	117	120	118
2:00	130	142	135	136	117	127	121	122
3:00	129	147	137	138	120	128	131	126
4:00	139	154	144	146	131	137	140	136
5:00	147	166	153	155	143	149	154	149
6:00	159	168	162	163	153	161	164	159
7:00	161	173	166	167	163	170	173	169
8:00	166	176	172	171				

El Cuadro 7 y la Ilustración 9 muestran la variación de la temperatura respecto al tiempo indicado en la pantalla de la freidora, no el tiempo real de fritura. Generalmente, los tiempos de fritura indicados en el equipo no corresponden a un tiempo real o cronometrado. Es un mecanismo particular de algunas freidoras y se relaciona con la regulación de la temperatura a lo largo del ciclo de fritura.

Para la freidora A se registran mediciones hasta los 8:00 minutos, no hasta los 7:00 como la freidora B, debido al escalonamiento de la fritura. Como se explicó anteriormente, este escalonamiento se refiere a que no se pueden iniciar dos frituras al mismo tiempo en la misma freidora, sino es necesario esperar 60 segundos para iniciar la otra.

Ilustración 9. Temperatura promedio vs. tiempo freidora.



Aunque se observa un comportamiento similar en ambas freidoras, caída de temperatura al inicio y subsecuente recuperación, la freidora B sufre una mayor caída de temperatura (118 °F). Sin embargo, esto se debe a que en la freidora B no se aplica el escalonamiento en la fritura y se sumergen ambas canastas simultáneamente.

La freidora A es más eficiente en la recuperación de la temperatura, ya que la diferencia entre la temperatura inicial y la temperatura final es menor respecto a la freidora B. La freidora A registró una diferencia de temperaturas de 9°F, mientras la freidora B 14°F. El promedio de temperatura a lo largo del tiempo medido fue de 155°F para la freidora A y 145°F para la freidora B. Por lo tanto, la A se acercó más, en promedio, a la temperatura inicial de 180°F.

Antes de comparar la temperatura del ciclo de fritura con el tiempo real, es necesario indicar el tiempo total por lote cronometrado:

Cuadro 8. Tiempo real de fritura por lote.

A	B
08:00 min	09:00 min

Evidentemente, los 7:00 minutos marcados en la pantalla de la freidora B no son reales. Es un punto a favor de la freidora actual, aunque éste no es el único factor de decisión.

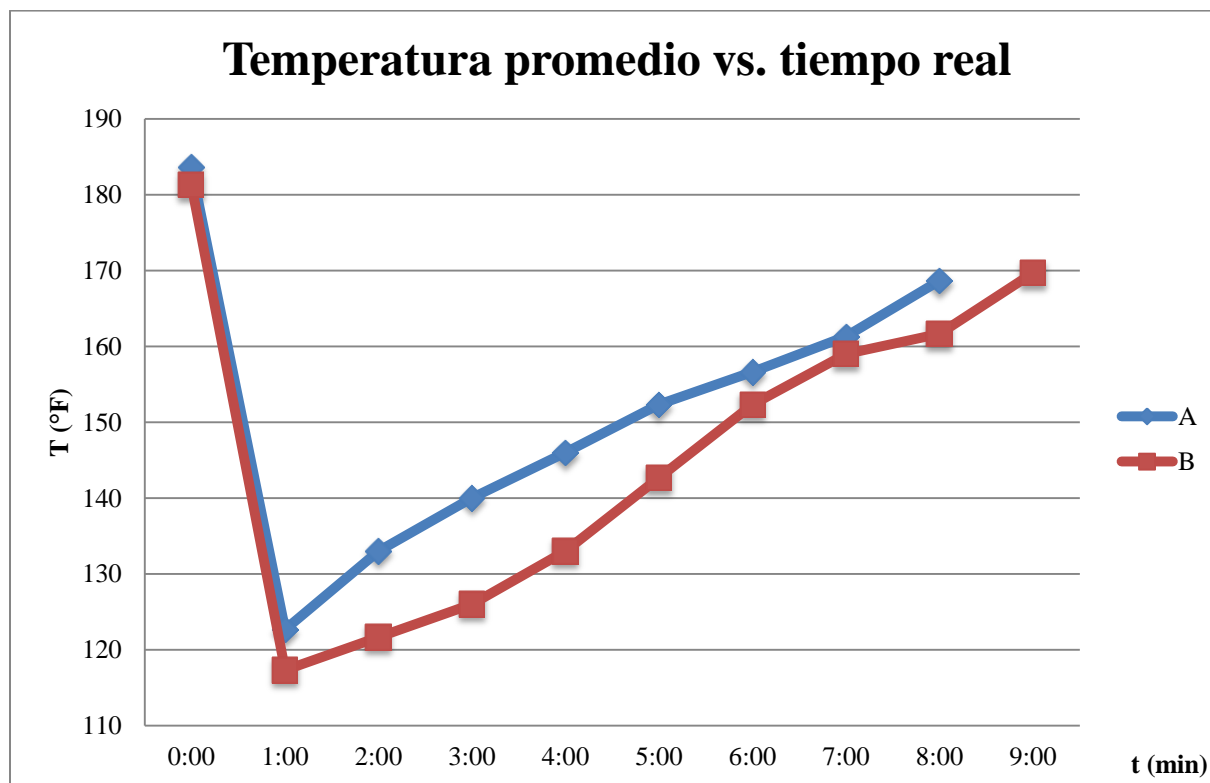
Cuadro 9. Temperatura vs. tiempo real

T (°F) / t (min)	A			PROMEDIO	B			PROMEDIO
	1	2	3		1	2	3	
0:00	186	180	185	184	181	183	180	181
1:00	119	130	119	123	119	105	128	117
2:00	131	136	132	133	120	113	132	122
3:00	137	147	136	140	122	120	136	126
4:00	144	147	147	146	129	129	141	133
5:00	155	147	155	152	138	137	153	143
6:00	164	152	154	157	148	147	162	152
7:00	166	163	155	161	158	155	164	159
8:00	171	169	166	169	164	159	162	162
9:00					172	167	170	170

El Cuadro 9 y la Ilustración 10 muestran la variación de la temperatura respecto al tiempo real (cronometrado) de fritura. Se registran mediciones después de los 8:00 minutos para la freidora B por lo comprobado anteriormente: el tiempo indicado en la freidora no es siempre el tiempo real cronometrado.

Nuevamente se llevaron a cabo tres rondas de medición en cada freidora.

Ilustración 10. Temperatura promedio vs. tiempo real



Al igual que en la Ilustración 9, en la Ilustración 10 se puede apreciar que ambas freidoras sufren una caída de temperatura al inicio y una recuperación de la misma a lo largo del tiempo. Otra vez, la freidora B sufre una mayor caída de temperatura. En este caso, la temperatura promedio desciende hasta los 117 °F. Sin embargo, en esta prueba la freidora A también sufrió un gran descenso en la temperatura (122°F). Nuevamente, la recuperación de la temperatura es más eficiente en la freidora A. El promedio de temperatura a lo largo del tiempo cronometrado fue de 152°F para la freidora A y 146 °F para la freidora B. En general, en esta prueba se observa bastante similitud entre los comportamientos de las freidoras.

El resultado más importante de esta prueba fue el cronometraje del tiempo real de fritura. Los datos claramente expresan que la freidora propuesta tarda 60 segundos más en freír un lote de papas fritas. En las Ilustraciones 2 y 3 puede apreciarse mejor esta diferencia.

B. Análisis sensorial

La evaluación sensorial es un análisis que se realiza en la empresa cada vez que un producto es sometido a cualquier cambio (en este caso, la sustitución de un equipo operativo), con el propósito de verificar la calidad y características en general. La prueba se desarrolló con sujetos que regularmente realizan este tipo de pruebas, por lo que no fue necesario capacitar en la materia. Usualmente, la empresa hace estas evaluaciones con un grupo conformado por 10 a 15 personas. La prueba se llevó a cabo con 13 individuos. La Ilustración 15 del Apéndice ejemplifica la hoja de evaluación proporcionada a los mismos. El lote o muestra utilizada en la evaluación fue el número 41. Es decir, se frieron 40 lotes en cada freidora antes de realizar el estudio, con el objetivo de que el aceite ya estuviera utilizado y no se considerara ‘nuevo’.

Los parámetros sensoriales evaluados, establecidos por la empresa para la realización de este tipo de estudios, son:

1. Apariencia: color, claridad, tamaño, forma.
2. Textura: consistencia.
3. Sensación: olor y sonido al masticar.
4. Sabor: conjunto de las percepciones estimulantes.

La escala mostrada a continuación también es la utilizada por la empresa. Una calificación de -2.00 significa que el parámetro está muy por debajo de lo esperado, mientras que una calificación de 2.00 indica que el mismo excede lo esperado. Un valor de 0.00 sería el ideal.

Cuadro 10. Escala base según parámetro sensorial.

Parámetro			<i>Mínimo</i>	<i>Estándar</i>	<i>Máximo</i>		
Apariencia	-2.00	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	2.00
Textura	-2.00	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	2.00
Sensación	-2.00	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	2.00
Sabor	-2.00	-1.00	-0.50	0.00	0.50	1.00	2.00

Cuadro 11. Resultados evaluación sensorial.

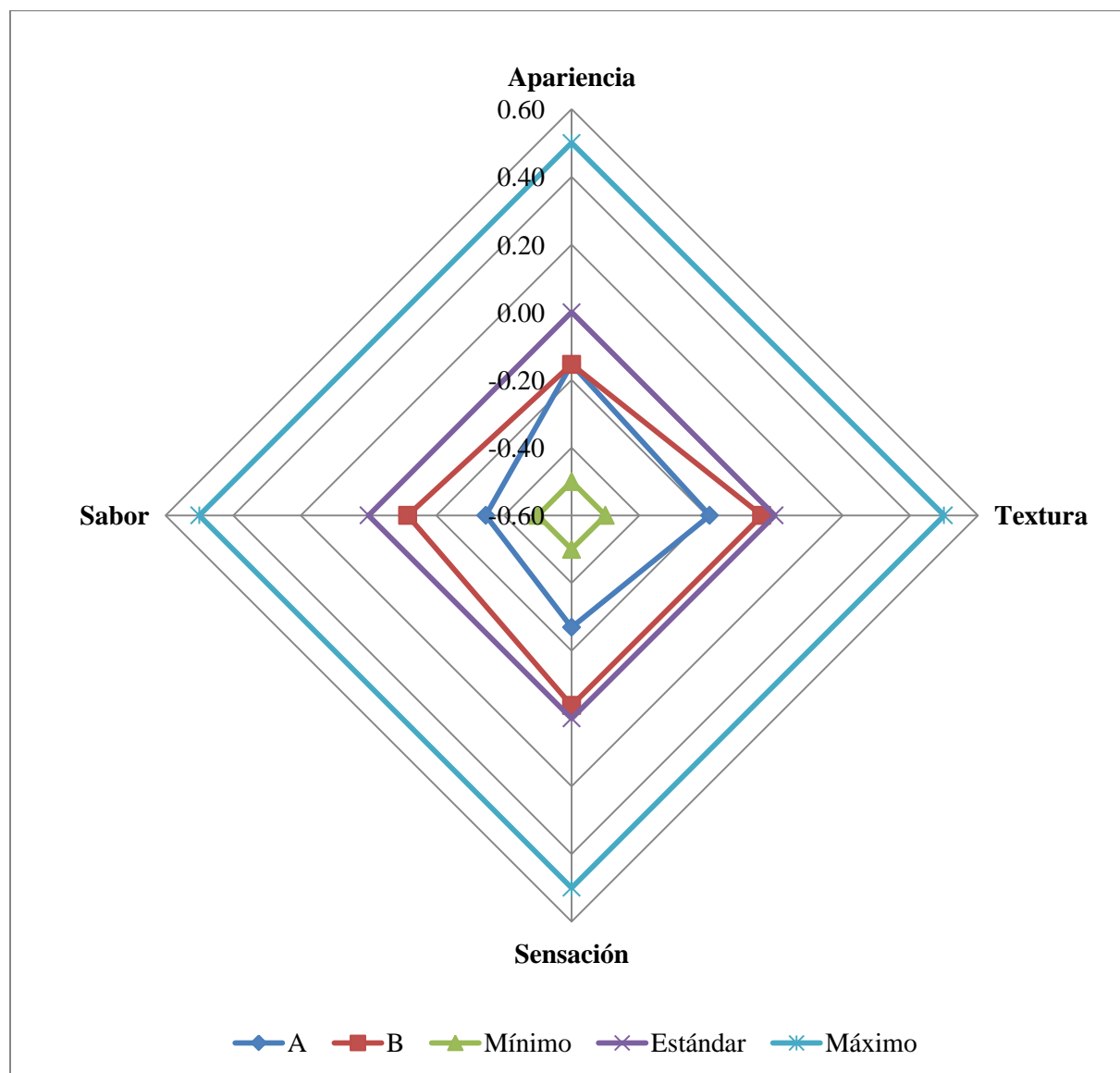
Evaluador / Muestra	Parámetro							
	Apariencia		Textura		Sensación		Sabor	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
2	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0
3	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0	-0.5	0.0
4	-1.0	-0.5	-1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0
5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0
7	0.0	0.0	-0.5	0.0	-0.5	0.0	-0.5	0.0
8	0.0	0.0	-0.5	-0.5	0.0	0.0	-0.5	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0
10	-0.5	0.0	0.0	0.0	-1.0	-0.5	0.0	-0.5
11	0.0	-0.5	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0
12	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	-0.15	-0.15	-0.19	-0.04	-0.27	-0.04	-0.35	-0.12

Cuadro 12. Resultados promedio evaluación sensorial.

Parámetro / Muestra	A	B	Mínimo	Estándar	Máximo	Diferencia B - A
Apariencia	-0.15	-0.15	-0.50	0.00	0.50	0.00
Textura	-0.19	-0.04	-0.50	0.00	0.50	0.15
Sensación	-0.27	-0.04	-0.50	0.00	0.50	0.23
Sabor	-0.35	-0.12	-0.50	0.00	0.50	0.23

La columna Diferencia B – A se efectuó para visualizar matemáticamente la variación en promedio de ambas muestras.

Ilustración 11. Gráfica de araña resultados evaluación sensorial.



Con base en la Ilustración 11 y los Cuadros 10, 11 y 12; se puede concluir que:

1. Ambas muestras, A y B, obtuvieron un promedio de 0.15 puntos por debajo del estándar en el parámetro de apariencia.
2. La sensación y textura de la muestra B se asemejan en un alto grado a las medidas estándar, únicamente 0.04 puntos debajo del estándar. La muestra A se aleja más del ideal, obteniendo un puntaje de -0.19 y -0.27, respectivamente.
3. El parámetro de sabor es el más alejado del estándar para la prueba A: 0.35 puntos menos. La muestra B obtuvo mejores resultados: 0.12 puntos menos.

4. En promedio, todos los parámetros de ambas muestras se encuentran entre el valor estándar y el mínimo requerido. No se observa algún parámetro fuera de lo normal.
5. En general, los resultados favorecen a la muestra B, la correspondiente a la freidora propuesta. Como puede observarse en la ilustración, esta muestra es la más cercana a los parámetros estándar.

C. Evaluación con consumidores

Se realizó en el mismo restaurante de prueba, los días jueves 11 y viernes 12 de agosto. El total de personas encuestadas fue de 146, 45% hombres y 55 % mujeres. La prueba proporcionada a los consumidores puede consultarse en la Ilustración 16 del Apéndice. Los parámetros evaluados fueron los mismos analizados en la prueba anterior: apariencia, textura, sensación y sabor. La escala para calificar cada atributo fue la siguiente:

Cuadro 13. Escala base de calificación evaluación con consumidores.

0	1	2	3	4
Deficiente	Regular	Indiferente	Bien	Excelente

El Departamento de Mercadeo es el encargado de conducir las encuestas. Aunque se presenció la ejecución del estudio, no se participó activamente en el mismo porque es una prueba conducida exclusivamente por personal autorizado de la empresa, dado el contacto con consumidores.

A continuación se resumen brevemente los resultados obtenidos de acuerdo a cada parámetro evaluado. De acuerdo a su criterio y percepción, el consumidor debía calificar cada uno de estos según las opciones indicadas. En el Apéndice, Ilustraciones 17 – 24, se adjuntan las gráficas correspondientes que complementan lo discutido en esta sección.

1. Apariencia. Ambas muestras obtuvieron porcentajes altos y similares en las categorías 'Bien' y 'Excelente': 40% y 25%, respectivamente, para la muestra A; 46% y 30%, respectivamente, para la muestra B. La muestra A registró un 25% en la categoría de 'Indiferente'.

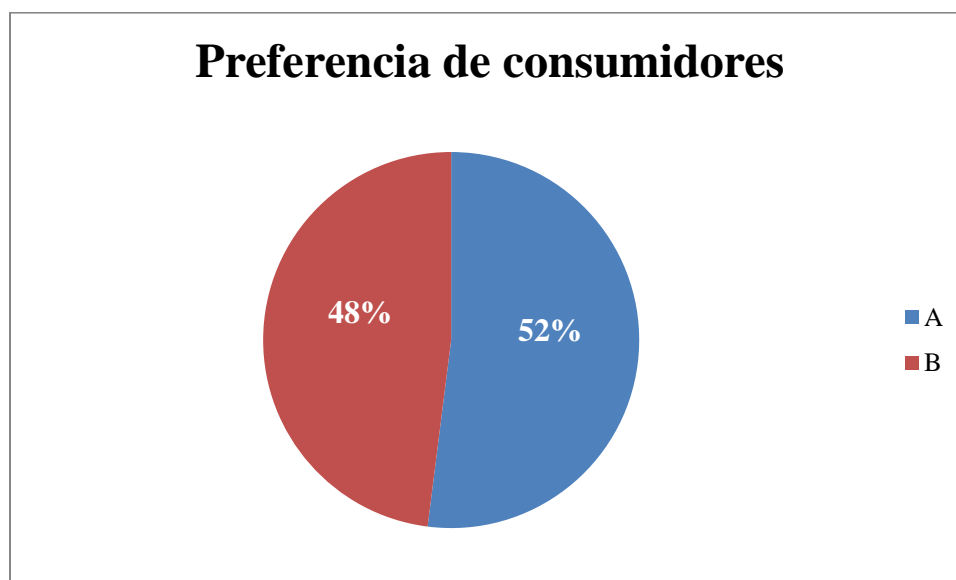
2. Textura. Nuevamente, la tendencia de equivalencia es evidente. La muestra B registró resultados ligeramente favorables a la muestra A, obteniendo un 10% más en la categoría 'Excelente'. Ambas muestras se encuentran en el rango de 5% - 10% en las categorías de 'Indiferente' y 'Regular'.

3. Sensación. Este parámetro resultó menos favorable para la muestra A, obteniendo un 12% en la categoría 'Excelente', mientras que la muestra B la superó por 38 puntos porcentuales. Sin embargo, esto no significa que la muestra A registrara resultados negativos, ya que el 63% de los encuestados la categorizó como 'Bien'. Un 20% eligió la opción 'Indiferente'.

4. Sabor. Este parámetro corresponde al conjunto de las percepciones estimulantes en los consumidores. Por lo tanto, es uno de los principales indicadores de esta prueba. De nuevo, los resultados son similares, aunque se evidencian resultados un tanto favorables para la muestra B. Aproximadamente, la mitad de los encuestados calificaron como 'Bien' a ambas muestras. La diferencia más notoria radica en el 31% que categorizó a la muestra B como 'Excelente', mientras que la A obtuvo un 15%. Aunque no es un porcentaje alto, la muestra A registró 15% en la categoría 'Regular', evidenciando una cierta ventaja para la muestra B.

5. ¿Cuál muestra es de su preferencia?

Ilustración 12. Gráfica de pastel preferencia consumidores.



A pesar de que la Ilustración 12 evidencia una ligera preferencia por las papas fritas A (4 puntos porcentuales), el análisis sensorial interno y los cuatro incisos anteriores demuestran que las diferencias entre los productos son mínimas. El resultado favorable para A puede significar una simple elección del consumidor por una de las dos opciones, sin indicar una opción preferencial en particular.

Como se aclaró anteriormente, la evaluación fue conducida por personal del Departamento de Mercadeo, razón por la cual las hojas respondidas no fueron proporcionadas, solamente los datos tabulados para la elaboración de las gráficas. En dichas hojas el consumidor puede especificar la razón (o razones) por la cual eligió la muestra A como preferible. Por lo tanto, se recomienda a la empresa:

- ✓ Revisar las evaluaciones y las razones de preferencia expuestas por los consumidores.
- ✓ Si lo anterior no aclara los resultados, repetir la evaluación para obtener un panorama más claro y comparar ambas pruebas.

Ahora bien, es el momento indicado de retomar un tema de la sección de Análisis de Proceso. En el análisis del proceso de fritura para la máquina B, se registró un aumento de 01:18 minutos en el tiempo total. Al consultar al proveedor este dato, justificó la diferencia con el mejoramiento de la calidad del producto. Se indicó que mediante los resultados del análisis sensorial se concluiría si el proveedor estaba o no en lo correcto. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos del análisis interno y la prueba con consumidores, las diferencias entre los productos A y B son mínimas, por lo que el aumento en el tiempo de fritura no tiene incidencia en la calidad del producto, y por ende, en la percepción de los consumidores.

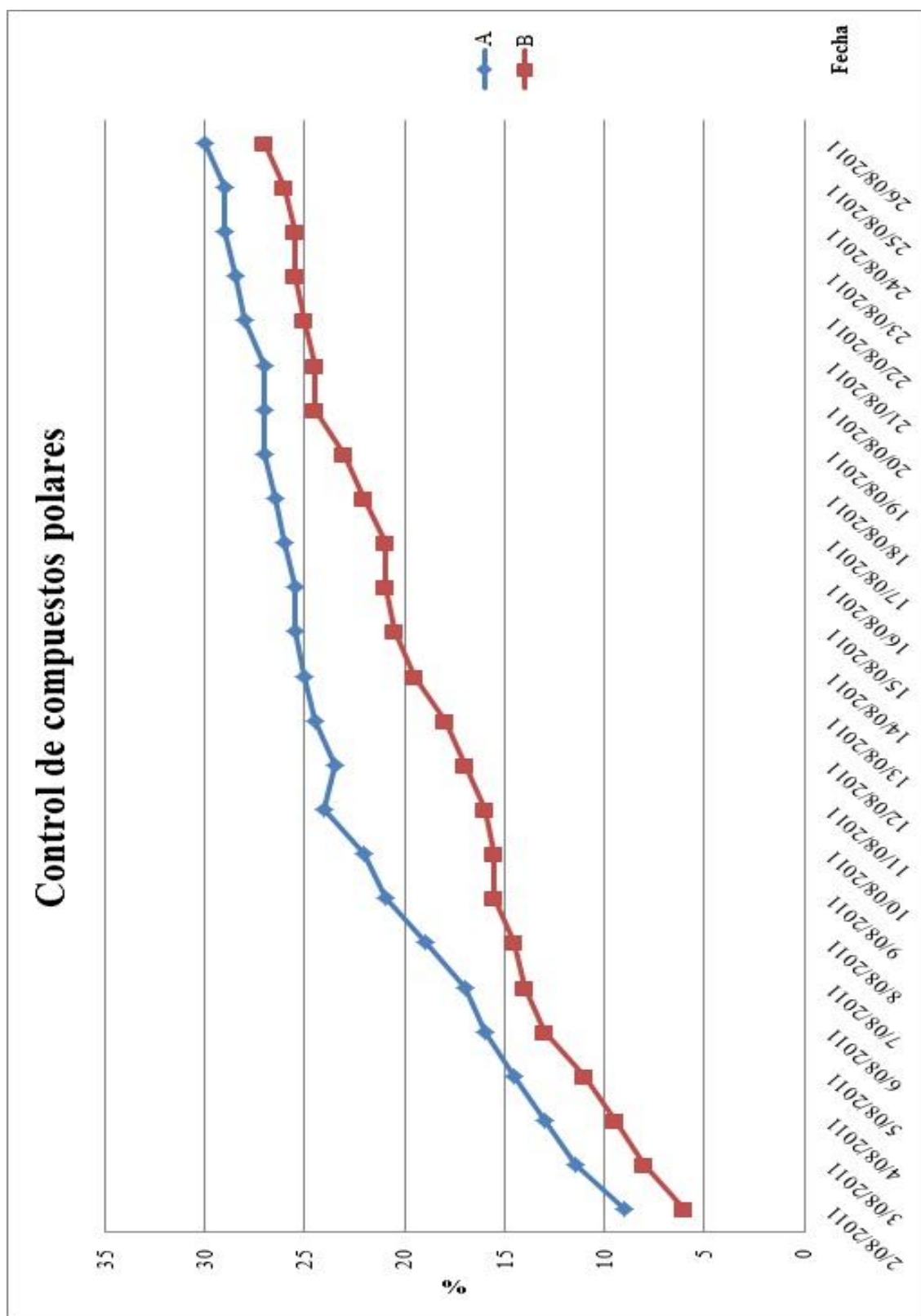
D. Compuestos polares

La medición y seguimiento de la calidad del aceite a lo largo del tiempo fue controlado con un equipo especial que, al introducirlo en el aceite, marca el porcentaje de compuestos polares. El control inició el 2 de agosto y finalizó el 26 de agosto de 2011, realizando mediciones diarias. Como se indicó en el marco teórico, 25% es la cantidad máxima admisible de compuestos polares en el aceite para que aún se considere apto para las frituras.

Cuadro 14. Control de compuestos polares en porcentajes.

Fecha	Freidora		Fecha	Freidora	
	A	B		A	B
2/08/2011	9	6	15/08/2011	25.5	20.5
3/08/2011	11.5	8	16/08/2011	25.5	21
4/08/2011	13	9.5	17/08/2011	26	21
5/08/2011	14.5	11	18/08/2011	26.5	22
6/08/2011	16	13	19/08/2011	27	23
7/08/2011	17	14	20/08/2011	27	24.5
8/08/2011	19	14.5	21/08/2011	27	24.5
9/08/2011	21	15.5	22/08/2011	28	25
10/08/2011	22	15.5	23/08/2011	28.5	25.5
11/08/2011	24	16	24/08/2011	29	25.5
12/08/2011	23.5	17	25/08/2011	29	26
13/08/2011	24.5	18	26/08/2011	30	27
14/08/2011	25	19.5	Promedio	22.8	18.5

Ilustración 13. Registro de control de compuestos polares en porcentajes y por fecha de lectura.



En la Ilustración 13 puede observarse que el porcentaje de compuestos polares en la freidora A aumenta a un ritmo más acelerado respecto a la freidora B, aunque naturalmente, el comportamiento de ambas freidoras es similar: un crecimiento en el porcentaje de compuestos polares a un ritmo más o menos constante a medida que avanza el tiempo. Sin embargo, a partir del 9 de agosto, se vuelve evidente el aumento considerable del porcentaje en la freidora A, llegando incluso a rebasar el límite del 25%.

A partir del 15 de agosto, la freidora A ya no registró mediciones por debajo del límite permisible. En esta misma fecha, la freidora B marcó un 20.5% de compuestos polares, aceite aún de calidad aceptable.

En general, el comportamiento de los compuestos polares en la freidora B se mantiene estable, sobrepasando el límite permisible el 23 de agosto, ocho días después que la freidora A superara el mismo. En el Cuadro 14 también se puede observar que, como era de esperarse, el promedio de compuestos polares a lo largo del mes de medición fue menor para la freidora B (4.2% menor que el promedio de la freidora B).

Evidentemente, la calidad del aceite se regula mejor en la freidora B, obteniendo mejores mediciones a lo largo del tiempo de estudio. Por lo tanto, la vida útil del aceite se extiende aproximadamente ocho días en relación a su utilización en la freidora A. No se especifican los tiempos y vidas útiles exactas por política de la empresa, pero cualquier extensión es un hecho favorable.

IV. ANÁLISIS DE COLAS

Uno de los principales puntos en contra de la freidora B es el hecho de que el tiempo de fritura por lote (1 lote = 2 canastas) es de 11:18 minutos, 01:18 minutos más que la freidora A. Por lo tanto, el objetivo del siguiente análisis de colas es determinar si el restaurante asignado es capaz de cumplir con la demanda promedio y ofrecer una tasa de servicio adecuada respecto a la tasa de arribos (órdenes de los clientes).

El modelo que se ajusta a este caso en particular es: $M/M/c:PEPS/\infty/\infty$, porque:

- ✓ La distribución de llegadas y salidas sigue una distribución de probabilidad discreta de Poisson. Se adecua a esta distribución porque el tiempo entre llegadas, en este caso órdenes de papas fritas, es aleatorio, no sigue un patrón determinado.
- ✓ Se cuenta con 2 servidores en paralelo ($c = 2$). $1 \text{ servidor} = 1 \text{ canasta}$. En ambos modelos, cada canasta dispone de su propio cronómetro, es decir, el proceso de fritura de cada canasta puede iniciar en momentos distintos del tiempo. Por esta razón, $c = 2$.
- ✓ La disciplina en la cola corresponde a PEPS, primero en entrar primero en salir. Cada lote de papas que finaliza el proceso de fritura, es trasladado inmediatamente al área de despacho. Luego se procede a freír el siguiente lote.
- ✓ No hay una cantidad máxima admisible en el sistema. Es decir, la cola se asume como infinita.
- ✓ Igualmente, el tamaño de la fuente se toma como infinito.

Para más información acerca de teoría de colas referirse a marco teórico.

Para realizar el análisis de colas se tomaron mediciones de cantidad de pedidos y capacidad de servicio de la freidora durante 60 minutos (hora pico). Éstas se presentan a continuación:

$$\text{Tasa promedio de arribo} = \lambda = 165 \text{ órdenes/h}$$

Para el cálculo de la tasa media de servicio, se estimó la cantidad de órdenes que cada servidor puede producir durante esta misma hora.

Tomando como base una porción mediana de papas fritas y sabiendo el peso que fríe cada servidor y el peso de cada porción; se concluyó que:

$$\text{Cantidad de porciones por servidor (canasta)} = \frac{\text{Peso servidor}}{\text{Peso porción}} = 25 \text{ porciones}$$

Los cálculos del análisis de colas se realizarán simultáneamente para ambos modelos, de manera que sea más fácil comparar los resultados.

$$1 \text{ lote de papas fritas A} = 2 \text{ canastas de fritura} = 10:00 \text{ minutos}$$

$$1 \text{ lote de papas fritas B} = 2 \text{ canastas de fritura} = 11:18 \text{ minutos}$$

Para calcular la capacidad de servicio de cada servidor durante una hora, se adicionó un tiempo de holgura de 1:00 minuto, ya que al finalizar el ciclo de un lote de papas fritas, el operador no fríe inmediatamente el siguiente lote, ya que aún debe llevar el lote frito al área de despacho e incluso, puede apoyar en la preparación de otro producto o pedido.

$$\text{Capacidad de servicio por hora (1 servidor A)} = \frac{60 \text{ min}}{10:00 \text{ min} + 1:00 \text{ min}} \cong 5.5 \text{ órdenes/h}$$

$$\text{Capacidad de servicio por hora (1 servidor B)} = \frac{60 \text{ min}}{11:18 \text{ min} + 1:00 \text{ min}} \cong 5 \text{ órdenes/h}$$

$$\text{Capacidad de servicio por hora (2 servidores A)} = (2)(5.5 \text{ órdenes/h}) = 11 \text{ órdenes/h}$$

$$\text{Capacidad de servicio por hora (2 servidores B)} = (2)(5 \text{ órdenes/h}) = 10 \text{ órdenes/h}$$

Por lo tanto, para calcular la tasa media de servicio, se multiplica la cantidad de porciones por servidor (canasta) por la capacidad de servicio:

$$\text{Tasa media de servicio A} = \mu = (25)(11 \text{ órdenes/h}) = 275 \text{ órdenes/h}$$

$$\text{Tasa media de servicio B} = \mu = (25)(10 \text{ órdenes/h}) = 250 \text{ órdenes/h}$$

Con base en los datos anteriores, se calcularon las medidas de desempeño para ambos modelos.

Cuadro 15. Medidas de desempeño freidoras A y B.

Medida de desempeño	Ecuación	Resultado	
		A	B
Factor de utilización del sistema	$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$	0.3000 = 30.00%	0.3300 = 33.00%
Probabilidad que el sistema esté vacío	$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} \left(\frac{1}{1 - \frac{\rho}{c}} \right) \right]^{-1}$	0.5385 = 53.85%	0.5038 = 50.38%
Número esperado de clientes en cola	$L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} \rho_0$	0.06 clientes (porciones de papas fritas)	0.08 clientes (porciones de papas fritas)
Número esperado de clientes en sistema	$L_s = L_q + c\rho$	0.66 clientes (porciones de papas fritas)	0.74 clientes (porciones de papas fritas)
Tiempo estimado de espera en cola	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	0.0004 horas = 0.022 minutos	0.0005 horas = 0.029 minutos
Tiempo estimado de espera en sistema	$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$	0.0040 horas = 0.24 minutos	0.0045 horas = 0.27 minutos

Para entender mejor los resultados anteriormente planteados, es necesario aclarar las siguientes equivalencias:

sistema = proceso de fritura

clientes = 1 orden o porción de papas fritas

La relación entre la tasa promedio de arribos (λ) y la tasa promedio de servicio (μ), en base al número de servidores (c), indica el factor de utilización del sistema (ρ). La teoría indica que $\rho < 1$, es decir, lograr un factor menor al 100%, de manera que el sistema no se sature y sea efectivo y eficiente para balancear las llegadas y salidas de los clientes.

En el Cuadro 15 se pueden apreciar los resultados de las medidas de desempeño para ambas freidoras. El factor de utilización es de 30.00% para la freidora A y de 33.00% para la freidora B. Como el tiempo de fritura para la freidora B es 01:18 minutos más largo que para la freidora A, era de esperarse que el porcentaje de utilización fuera mayor para ésta última. Mientras más bajo ρ , menor saturación en el sistema. Sin embargo, la diferencia entre A y B es relativamente baja (3.00%).

El resto de parámetros muestran también resultados favorables para ambas freidoras. Evidentemente, los resultados de A son ligeramente más bajos, pero como sucede en el porcentaje de utilización, la diferencia es baja. La probabilidad de que el sistema esté vacío no es un factor decisivo por sí solo, pero influye en el cálculo de los siguientes parámetros.

Para la freidora A, el número esperado de clientes en cola y en el sistema es de 0.06 y 0.66 clientes, respectivamente. En el caso de la freidora B, estas medidas aumentan 0.02 y 0.08 clientes, respectivamente. Lo mismo sucede en los tiempos esperados en cola y en el sistema, en donde la freidora B registra un aumento de 0.007 y 0.03 minutos, respectivamente.

En otras palabras, para ambos casos, el número esperado de clientes en cola y en el sistema no llega ni siquiera a uno. Los resultados de estos factores demuestran que no habría alguna orden completa de papas fritas en cola o en proceso de fritura. Razón por la cual los tiempos esperados en cola y en el sistema también son bastante bajos.

Es cierto que las medidas de desempeño favorecen a la freidora A, pero las diferencias con las medidas de la freidora B no son significativas. Por lo tanto, aun cuando el tiempo de fritura aumenta en 78 segundos y la tasa media de servicio se reduzca en 25 órdenes/hora, el restaurante sería capaz de cumplir con la demanda promedio y ofrecer una tasa de servicio adecuada si se implementa el cambio de freidora.

V. ANÁLISIS FINANCIERO

Antes de iniciar el análisis financiero, se explicará brevemente cómo se obtuvieron los distintos datos utilizados en el mismo.

A. Mantenimiento

1. Freidora A. Para calcular los costos de mantenimiento fue necesario buscar el apoyo del Departamento de Mantenimiento de la empresa para investigar y crear un listado de las partes que regularmente se sustituyen en el modelo actual (freidora A). El listado, presentado a continuación, también incluye la frecuencia de cambio de dichos repuestos.

Cuadro 16. Repuestos y costos: freidora A.

Repuesto	Costo	Frecuencia de cambio
Filtro	Q 2,062.82	2 meses
Espiga	Q 276.00	3 meses
Tablero	Q 7,589.38	1 año
Utensilios varios	Q 608.86	
Alarma	Q 1,222.27	
Transformador 1	Q 1,057.49	
Transformador 2	Q 1,230.06	
Interruptor	Q 1,975.19	
Turbina	Q 6,578.87	
Probeta	Q 4,949.58	
Termostato	Q 4,665.23	
Contactador 1	Q 5,020.92	
Enganche	Q 4,411.17	
Computadora	Q 30,473.85	
Válvula	Q 19,504.78	
Bomba	Q 16,498.73	3 años
Contactador 2	Q 2,236.70	
Resistencia	Q 11,277.02	4 años

Con base al costo y frecuencia de cambio de los repuestos anteriormente listados, se calcularon los costos totales de mantenimiento mensuales para los próximos 5 años, la vida útil restante del equipo actual. Se asume que el desembolso de los repuestos que se cambian por año(s) se realiza al final del mismo.

Cuadro 17. Costos de mantenimiento freidora A: año 1.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
1	1	Q -
	2	Q 2,062.82
	3	Q 276.00
	4	Q 2,062.82
	5	Q -
	6	Q 2,338.82
	7	Q -
	8	Q 2,062.82
	9	Q 276.00
	10	Q 2,062.82
	11	Q -
	12	Q 32,215.76
<i>Total</i>		Q 43,357.88

Cuadro 18. Costos de mantenimiento freidora A: año 2.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
2	1	Q -
	2	Q 2,062.82
	3	Q 276.00
	4	Q 2,062.82
	5	Q -
	6	Q 2,338.82
	7	Q -
	8	Q 2,062.82
	9	Q 276.00
	10	Q 2,062.82
	11	Q -
	12	Q 91,626.48
<i>Total</i>		Q 102,768.60

Cuadro 19. Costos de mantenimiento freidora A: año 3.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
3	1	Q -
	2	Q 2,062.82
	3	Q 276.00
	4	Q 2,062.82
	5	Q -
	6	Q 2,338.82
	7	Q -
	8	Q 2,062.82
	9	Q 276.00
	10	Q 2,062.82
	11	Q -
	12	Q 50,951.19
<i>Total</i>		Q 62,093.31

Cuadro 20. Costos de mantenimiento freidora A: año 4.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
4	1	Q -
	2	Q 2,062.82
	3	Q 276.00
	4	Q 2,062.82
	5	Q -
	6	Q 2,338.82
	7	Q -
	8	Q 2,062.82
	9	Q 276.00
	10	Q 2,062.82
	11	Q -
	12	Q 102,903.50
<i>Total</i>		Q 114,045.62

Cuadro 21. Costos de mantenimiento freidora A: año 5.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
5	1	Q -
	2	Q 2,062.82
	3	Q 276.00
	4	Q 2,062.82
	5	Q -
	6	Q 2,338.82
	7	Q -
	8	Q 2,062.82
	9	Q 276.00
	10	Q 2,062.82
	11	Q -
	12	Q 32,215.76
<i>Total</i>		Q 43,357.88

Por ejemplo, para el año uno, la forma de calcular los costos de mantenimiento sería la siguiente:

El costo de los repuestos que se cambian durante el año: el filtro, seis veces al año; y la espiga, cuatro veces al año: $= (6)(Q2,062.82) + (4)(Q276.00) = Q13,480.94$

A esta cantidad habría que sumarle los costos de los repuestos que se cambian cada año (se asume que el desembolso se realiza al final del mismo): tablero + utensilios varios + alarma + transformador 1 + transformador 2 + interruptor + turbina + probeta + termostato = $Q7,589.38 + Q608.86 + Q1,222.27 + Q1,057.49 + Q1,230.06 + Q1,975.19 + Q6,578.87 + 4,949.58 + Q4,665.23 = Q29,876.93$.

Costos de mantenimiento freidora A, año uno = $Q13,480.94 + Q29,876.93 =$
Q43,357.88

De igual forma, se calcularían los costos de mantenimiento para los siguientes cuatro años.

2. Freidora B. Se consultó con un ingeniero del Departamento de Mantenimiento de la empresa la forma adecuada de proyectar los costos de mantenimiento para la freidora B. Según estadísticas internas basadas en el desempeño de equipos similares, se estima que los mismos serán un 15% menor a los costos de mantenimiento de la freidora A.

Cuadro 22. Costos de mantenimiento freidora B: año 1.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
1	1	Q -
	2	Q 1,753.40
	3	Q 234.60
	4	Q 1,753.40
	5	Q -
	6	Q 1,988.00
	7	Q -
	8	Q 1,753.40
	9	Q 234.60
	10	Q 1,753.40
	11	Q -
	12	Q 27,383.39
<i>Total</i>		Q 36,854.19

Cuadro 23. Costos de mantenimiento freidora B: año 2.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
2	1	Q -
	2	Q 1,753.40
	3	Q 234.60
	4	Q 1,753.40
	5	Q -
	6	Q 1,988.00
	7	Q -
	8	Q 1,753.40
	9	Q 234.60
	10	Q 1,753.40
	11	Q -
	12	Q 77,882.51
<i>Total</i>		Q 87,353.31

Cuadro 24. Costos de mantenimiento freidora B: año 3.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
3	1	Q -
	2	Q 1,753.40
	3	Q 234.60
	4	Q 1,753.40
	5	Q -
	6	Q 1,988.00
	7	Q -
	8	Q 1,753.40
	9	Q 234.60
	10	Q 1,753.40
	11	Q -
	12	Q 43,308.51
<i>Total</i>		Q 52,779.31

Cuadro 25. Costos de mantenimiento freidora A: año 4.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
4	1	Q -
	2	Q 1,753.40
	3	Q 234.60
	4	Q 1,753.40
	5	Q -
	6	Q 1,988.00
	7	Q -
	8	Q 1,753.40
	9	Q 234.60
	10	Q 1,753.40
	11	Q -
	12	Q 87,467.97
<i>Total</i>		Q 96,938.77

Cuadro 26. Costos de mantenimiento freidora B: año 5.

Año	Mes	Costos de mantenimiento
5	1	Q -
	2	Q 1,753.40
	3	Q 234.60
	4	Q 1,753.40
	5	Q -
	6	Q 1,988.00
	7	Q -
	8	Q 1,753.40
	9	Q 234.60
	10	Q 1,753.40
	11	Q -
	12	Q 27,383.39
<i>Total</i>		Q 36,854.19

B. Operación

Los costos de operación analizados en el trabajo comprenden básicamente dos aspectos, el consumo eléctrico y la materia prima para la fritura de papa: aceite. Es importante aclarar que los ahorros generados en tiempo (descritos en el capítulo II) repercuten directamente en los costos operativos de mano de obra. Como futuro profesional e Ingeniero Industrial, se solicitó a la empresa la información pertinente para incluirla en el análisis financiero. Sin embargo, por motivos de confidencialidad, la empresa no aceptó la inclusión de la misma.

Por lo tanto, el estudio de sustitución debía realizarse en base a los lineamientos indicados por la empresa: un análisis financiero enfocado en los efectos en los costos operativos relacionados con el consumo eléctrico y el consumo de materia prima. A pesar de que la incorporación de los ahorros en tiempo reflejaría un beneficio adicional y un efecto positivo en el flujo de efectivo, debido a las limitaciones en el acceso a la información, se evitó plantear supuestos que de alguna forma modificaran los requerimientos de la empresa.

1. Consumo eléctrico. El consumo eléctrico fue medido mediante un equipo especial que registra y verifica la cantidad de energía eléctrica suministrada al equipo en cuestión. El equipo se utilizó en ambos modelos y se mantuvo conectado 24 horas consecutivas, desde las 08:25 a.m. del sábado 6 de agosto de 2011, hasta las 08:25 a.m. del domingo 7 del mismo mes. El costo de kWh utilizado es de Q 5.14. Los resultados se muestran a continuación y en el Apéndice (Ilustración 25) se adjunta la gráfica resultante.

Es muy importante destacar los siguientes puntos:

- ✓ Los equipos siempre se mantienen conectados.
- ✓ El restaurante opera todos los días del año (365 días).
- ✓ Se asume que cada mes tiene 30 días.

Cuadro 27. Consumo eléctrico: freidoras A y B.

	A		B	
kWh/día	45.71		41.13	
Q/kWh	Q	5.14	Q	5.14
Q/día	Q	234.95	Q	211.41
Q/mes	Q	7,048.48	Q	6,342.25

Como puede observarse en el Cuadro 27, el consumo en kWh/día es menor para la freidora B. Por supuesto, este ahorro generado se traduce a dinero, el cual se muestra a continuación.

Cuadro 28. Ahorros consumo eléctrico: freidora B.

	Ahorro B	
kWh/día	4.58	
Q/día	Q	23.54
Q/mes	Q	706.24

El ahorro, en cuanto a consumo energético se refiere, tomando como referencia Q5.14/kWh, ascendería a 10% mensual aproximadamente.

2. Consumo de aceite. El consumo de aceite fue calculado en base al abastecimiento del aceite: constante, parcial y total (como se explicó en el Análisis de Procesos). Para registrar las adiciones diarias se elaboró una hoja de control (Apéndice, Ilustración 27). Como se indicó anteriormente, la freidora B dispone de un recipiente especial para colocar el aceite que se abastecerá automáticamente. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 29. Promedio diario de adición de aceite: freidoras A y B.

A	B
15 L/día	8 L/día

Con base en los datos anteriores, se calculó el aceite utilizado en L/mes, para luego obtener el equivalente en unidades de aceite/mes, de acuerdo a la cantidad de aceite que cada unidad proveída contiene. Finalmente, se obtuvo el costo total del aceite al multiplicar el número de unidades mensuales por el costo de cada unidad de aceite. De una forma más clara:

$$\text{Consumo de aceite mensual} = X \frac{L}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = X L/\text{mes}$$

$$\text{Total unidades de aceite mensual} = X \frac{L}{\text{mes}} \div X \frac{L}{\text{unidad}} = X \text{ unidades}/\text{mes}$$

$$\text{Total costo aceite mensual} = X \frac{\text{unidades}}{\text{mes}} * X \frac{Q}{\text{unidad}} = Q X/\text{mes}$$

Nuevamente la freidora B genera un ahorro. En este caso, por la cantidad promedio de aceite consumida por día. A petición de la empresa, este ahorro no se especificará en dinero, aunque en el análisis financiero posterior se puede apreciar claramente la diferencia de los costos de operación entre ambas freidoras.

Cuadro 30. Ahorros consumo de aceite: freidora B.

Ahorro B
7 L/día

Para la proyección de los costos de operación de ambas freidoras para los siguientes años se tuvo acceso a datos estadísticos del Departamento de Ventas y Operaciones de la empresa. Se asume un 5% de aumento anual de costos totales de operación, es decir, un aumento del 0.4167% mensual.

C. Otros datos

Cuadro 31. Otros datos financieros: freidoras A y B.

	A	B
Inversión inicial	–	Q 70,000.00
Vida útil	10 años	
Vida útil restante	5 años	10 años
Tiempo depreciable	5 años	
Tiempo depreciable restante	0 años	5 años
Valor comercial	Hoy: Q 5,000	Año 5: Q 8,000
TMAR	17%	
Tasa de impuestos	31% sobre utilidad antes de impuestos	

Los datos anteriores fueron proporcionados por el proveedor y el Departamento de Ventas y Operaciones de la empresa. La inversión inicial ya incluye los costos y gastos asociados a la misma: instalación, transporte y capacitación. Los servicios anteriores los ofrece el proveedor. Según el proveedor, la vida útil del modelo nuevo es de diez años, la misma vida útil inicial que el modelo A. Como la freidora A ya cumplió cinco años de operación, y tomando en cuenta el tiempo depreciable de cinco años, la misma ya se depreció completamente. El valor comercial de la freidora A se refiere al ingreso que se recibiría al vender la freidora el día de hoy. Para la freidora B, se refiere al ingreso que se recibiría al vender la freidora al final de su tiempo depreciable.

D. Análisis financiero

A continuación se muestran las proyecciones de costos de mantenimiento y operación para ambas freidoras, de acuerdo a las explicaciones previas: los costos de mantenimiento para la freidora A fueron calculados en base a una lista de repuestos y frecuencia de cambio, mientras que para la freidora B, se estimó un 15% menor a los costos de mantenimiento de la A. Los costos de operación para ambas freidoras constituyen la sumatoria del consumo eléctrico y consumo de aceite, también explicados en los incisos anteriores.

Cuadro 32. Cómputo costos totales freidora A: año 1.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
1	1	Q -	Q 11,477.08	Q 11,477.08
	2	Q 2,062.82	Q 11,524.90	Q 13,587.73
	3	Q 276.00	Q 11,572.92	Q 11,848.92
	4	Q 2,062.82	Q 11,621.14	Q 13,683.97
	5	Q -	Q 11,669.57	Q 11,669.57
	6	Q 2,338.82	Q 11,718.19	Q 14,057.01
	7	Q -	Q 11,767.01	Q 11,767.01
	8	Q 2,062.82	Q 11,816.04	Q 13,878.87
	9	Q 276.00	Q 11,865.28	Q 12,141.28
	10	Q 2,062.82	Q 11,914.72	Q 13,977.54
	11	Q -	Q 11,964.36	Q 11,964.36
	12	Q 32,215.76	Q 12,014.21	Q 44,229.97

Cuadro 33. Cómputo costos totales freidora B: año 1.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
1	1	Q -	Q 8,720.83	Q 8,720.83
	2	Q 1,753.40	Q 8,757.16	Q 10,510.56
	3	Q 234.60	Q 8,793.65	Q 9,028.25
	4	Q 1,753.40	Q 8,830.29	Q 10,583.69
	5	Q -	Q 8,867.08	Q 8,867.08
	6	Q 1,988.00	Q 8,904.03	Q 10,892.03
	7	Q -	Q 8,941.13	Q 8,941.13
	8	Q 1,753.40	Q 8,978.39	Q 10,731.79
	9	Q 234.60	Q 9,015.80	Q 9,250.40

Continuación Cuadro 33.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
1	10	Q 1,753.40	Q 9,053.36	Q 10,806.76
	11	Q -	Q 9,091.08	Q 9,091.08
	12	Q 27,383.39	Q 9,128.96	Q 36,512.35

Cuadro 34. Cómputo costos totales freidora A: año 2.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
2	1	Q -	Q 12,064.27	Q 12,064.27
	2	Q 2,062.82	Q 12,114.54	Q 14,177.36
	3	Q 276.00	Q 12,165.02	Q 12,441.02
	4	Q 2,062.82	Q 12,215.70	Q 14,278.53
	5	Q -	Q 12,266.60	Q 12,266.60
	6	Q 2,338.82	Q 12,317.71	Q 14,656.54
	7	Q -	Q 12,369.04	Q 12,369.04
	8	Q 2,062.82	Q 12,420.57	Q 14,483.40
	9	Q 276.00	Q 12,472.33	Q 12,748.33
	10	Q 2,062.82	Q 12,524.30	Q 14,587.12
	11	Q -	Q 12,576.48	Q 12,576.48
	12	Q 91,626.48	Q 12,628.88	Q 104,255.36

Cuadro 35. Cómputo costos totales freidora B: año 2.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
2	1	Q -	Q 9,167.00	Q 9,167.00
	2	Q 1,753.40	Q 9,205.20	Q 10,958.60
	3	Q 234.60	Q 9,243.55	Q 9,478.15
	4	Q 1,753.40	Q 9,282.07	Q 11,035.47
	5	Q -	Q 9,320.74	Q 9,320.74
	6	Q 1,988.00	Q 9,359.58	Q 11,347.58
	7	Q -	Q 9,398.58	Q 9,398.58
	8	Q 1,753.40	Q 9,437.74	Q 11,191.14
	9	Q 234.60	Q 9,477.06	Q 9,711.66
	10	Q 1,753.40	Q 9,516.55	Q 11,269.95
	11	Q -	Q 9,556.20	Q 9,556.20
	12	Q 77,882.51	Q 9,596.02	Q 87,478.53

Cuadro 36. Cómputo costos totales freidora A: año 3.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
3	1	Q -	Q 12,681.50	Q 12,681.50
	2	Q 2,062.82	Q 12,734.34	Q 14,797.17
	3	Q 276.00	Q 12,787.40	Q 13,063.40
	4	Q 2,062.82	Q 12,840.68	Q 14,903.51
	5	Q -	Q 12,894.19	Q 12,894.19
	6	Q 2,338.82	Q 12,947.91	Q 15,286.74
	7	Q -	Q 13,001.86	Q 13,001.86
	8	Q 2,062.82	Q 13,056.04	Q 15,118.86
	9	Q 276.00	Q 13,110.44	Q 13,386.44
	10	Q 2,062.82	Q 13,165.06	Q 15,227.89
	11	Q -	Q 13,219.92	Q 13,219.92
	12	Q 50,951.19	Q 13,275.00	Q 64,226.19

Cuadro 37. Cómputo costos totales freidora B: año 3.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
3	1	Q -	Q 9,636.00	Q 9,636.00
	2	Q 1,753.40	Q 9,676.15	Q 11,429.55
	3	Q 234.60	Q 9,716.47	Q 9,951.07
	4	Q 1,753.40	Q 9,756.95	Q 11,510.35
	5	Q -	Q 9,797.61	Q 9,797.61
	6	Q 1,988.00	Q 9,838.43	Q 11,826.43
	7	Q -	Q 9,879.42	Q 9,879.42
	8	Q 1,753.40	Q 9,920.59	Q 11,673.99
	9	Q 234.60	Q 9,961.92	Q 10,196.52
	10	Q 1,753.40	Q 10,003.43	Q 11,756.83
	11	Q -	Q 10,045.11	Q 10,045.11
	12	Q 43,308.51	Q 10,086.97	Q 53,395.48

Cuadro 38. Cómputo costos totales freidora A: año 4.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
4	1	Q -	Q 13,330.31	Q 13,330.31
	2	Q 2,062.82	Q 13,385.86	Q 15,448.68
	3	Q 276.00	Q 13,441.63	Q 13,717.63
	4	Q 2,062.82	Q 13,497.64	Q 15,560.46
	5	Q -	Q 13,553.88	Q 13,553.88
	6	Q 2,338.82	Q 13,610.35	Q 15,949.17
	7	Q -	Q 13,667.06	Q 13,667.06
	8	Q 2,062.82	Q 13,724.01	Q 15,786.83
	9	Q 276.00	Q 13,781.19	Q 14,057.19
	10	Q 2,062.82	Q 13,838.61	Q 15,901.44
	11	Q -	Q 13,896.27	Q 13,896.27
	12	Q 102,903.50	Q 13,954.17	Q 116,857.67

Cuadro 39. Cómputo costos totales freidora B: año 4.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
4	1	Q -	Q 10,129.00	Q 10,129.00
	2	Q 1,753.40	Q 10,171.20	Q 11,924.60
	3	Q 234.60	Q 10,213.58	Q 10,448.18
	4	Q 1,753.40	Q 10,256.14	Q 12,009.54
	5	Q -	Q 10,298.87	Q 10,298.87
	6	Q 1,988.00	Q 10,341.78	Q 12,329.78
	7	Q -	Q 10,384.87	Q 10,384.87
	8	Q 1,753.40	Q 10,428.14	Q 12,181.55
	9	Q 234.60	Q 10,471.60	Q 10,706.20
	10	Q 1,753.40	Q 10,515.23	Q 12,268.63
	11	Q -	Q 10,559.04	Q 10,559.04
	12	Q 87,467.97	Q 10,603.04	Q 98,071.01

Cuadro 40. Cómputo costos totales freidora A: año 5.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
5	1	Q -	Q 14,012.32	Q 14,012.32
	2	Q 2,062.82	Q 14,070.70	Q 16,133.52
	3	Q 276.00	Q 14,129.33	Q 14,405.33
	4	Q 2,062.82	Q 14,188.20	Q 16,251.02
	5	Q -	Q 14,247.32	Q 14,247.32
	6	Q 2,338.82	Q 14,306.68	Q 16,645.51
	7	Q -	Q 14,366.29	Q 14,366.29
	8	Q 2,062.82	Q 14,426.15	Q 16,488.98
	9	Q 276.00	Q 14,486.26	Q 14,762.26
	10	Q 2,062.82	Q 14,546.62	Q 16,609.45
	11	Q -	Q 14,607.23	Q 14,607.23
	12	Q 32,215.76	Q 14,668.10	Q 46,883.85

Cuadro 41. Cómputo costos totales freidora B: año 5.

Año	Mes	Costos de mantenimiento	Costos de operación	Costos totales
5	1	Q -	Q 10,647.22	Q 10,647.22
	2	Q 1,753.40	Q 10,691.58	Q 12,444.98
	3	Q 234.60	Q 10,736.13	Q 10,970.73
	4	Q 1,753.40	Q 10,780.86	Q 12,534.26
	5	Q -	Q 10,825.78	Q 10,825.78
	6	Q 1,988.00	Q 10,870.89	Q 12,858.89
	7	Q -	Q 10,916.18	Q 10,916.18
	8	Q 1,753.40	Q 10,961.67	Q 12,715.07
	9	Q 234.60	Q 11,007.34	Q 11,241.94
	10	Q 1,753.40	Q 11,053.21	Q 12,806.61
	11	Q -	Q 11,099.26	Q 11,099.26
	12	Q 27,383.39	Q 11,145.51	Q 38,528.90

Naturalmente, la sustitución de la freidora dependerá de los ahorros esperados. Como puede observarse, al comparar los cuadros anteriores, además de la reducción esperada del 15% en costos de mantenimiento, también disminuyen los costos de operación. Este ahorro se genera por el menor consumo de energía eléctrica y de materia prima por parte de la freidora B.

Las diferencias en los costos totales, favorables a la freidora B, se muestran a continuación.

Cuadro 42. Freidora B: ahorros mensuales proyectados.

Mes / Año	1	2	3	4	5
1	Q 2,756.26	Q 2,897.27	Q 3,045.50	Q 3,201.31	Q 3,365.10
2	Q 3,077.16	Q 3,218.77	Q 3,367.61	Q 3,524.08	Q 3,688.54
3	Q 2,820.67	Q 2,962.87	Q 3,112.33	Q 3,269.45	Q 3,434.60
4	Q 3,100.28	Q 3,243.06	Q 3,393.15	Q 3,550.92	Q 3,716.76
5	Q 2,802.48	Q 2,945.86	Q 3,096.58	Q 3,255.00	Q 3,421.54
6	Q 3,164.98	Q 3,308.96	Q 3,460.30	Q 3,619.39	Q 3,786.62
7	Q 2,825.88	Q 2,970.46	Q 3,122.44	Q 3,282.19	Q 3,450.11
8	Q 3,147.08	Q 3,292.26	Q 3,444.87	Q 3,605.29	Q 3,773.91
9	Q 2,890.88	Q 3,036.67	Q 3,189.91	Q 3,350.99	Q 3,520.32
10	Q 3,170.78	Q 3,317.17	Q 3,471.05	Q 3,632.81	Q 3,802.84
11	Q 2,873.28	Q 3,020.28	Q 3,174.80	Q 3,337.23	Q 3,507.97
12	Q 7,717.61	Q 16,776.84	Q 10,830.71	Q 18,786.66	Q 8,354.95
<i>Total</i>	Q 40,347.35	Q 50,990.47	Q 46,709.27	Q 56,415.32	Q 47,823.26
Ahorro mensual promedio:			Q 48,457.13		

En los flujos de efectivo presentados a continuación, los ahorros mensuales generados por la freidora B constituyen los ingresos. El valor de salvamento en el año cero se refiere al ingreso que se recibiría al vender la freidora A. El valor de salvamento en el año cinco corresponde a la freidora B. Como se indicó anteriormente, estos datos fueron proporcionados por la empresa. Dada la naturaleza del objeto en cuestión, un equipo de cocina, se aplicó una depreciación lineal durante cinco años. Como la freidora A ya tiene cinco años de operación, de una vida útil de diez años, la misma ya está depreciada. Es importante recordar que la depreciación afecta la utilidad neta debido a que influye en el valor del activo, sin embargo, no constituye una actual salida de efectivo, por lo que debe sumarse a la utilidad neta para obtener el flujo de efectivo neto.

De acuerdo al régimen optativo del 31% sobre utilidad antes de impuestos, los pagos se realizan trimestralmente. Por lo tanto, en los flujos de efectivo se observan desembolsos en los meses 4, 7 y 10. Por ejemplo, para calcular el monto de impuestos a pagar en el cuarto mes, se aplicó una tasa del 31% a las utilidades acumuladas en los tres meses anteriores. En el mes 12 se indica el monto proyectado correspondiente a los meses 10, 11 y 12. Aunque en realidad el desembolso por impuestos no se realice en este mes, el dato se muestra para demostrar que dicha salida de efectivo corresponde al año en cuestión.

Los flujos de efectivo se muestran gráficamente en las Ilustraciones 28 – 32 del Apéndice.

Cuadro 43. Flujo de efectivo neto: año 1.

Mes	Año 1												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorro		Q 2,756.26	Q 3,077.16	Q 2,820.67	Q 3,100.28	Q 2,802.48	Q 3,164.98	Q 2,825.88	Q 3,147.08	Q 2,890.88	Q 3,170.78	Q 2,873.28	Q 7,717.61
Valor de salvamento	Q 5,000.00												
Inversión inicial	Q(70,000.00)												
Depreciación		Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)
Utilidad antes de impuestos		Q 1,589.59	Q 1,910.50	Q 1,654.01	Q 1,933.61	Q 1,635.81	Q 1,998.32	Q 1,659.22	Q 1,980.42	Q 1,724.22	Q 2,004.11	Q 1,706.61	Q 6,550.95
Impuestos		Q -	Q -	Q -	Q (1,597.77)	Q -	Q -	Q (1,726.00)	Q -	Q -	Q (1,662.79)	Q -	Q (3,181.12)
Utilidad neta		Q 1,589.59	Q 1,910.50	Q 1,654.01	Q 335.84	Q 1,635.81	Q 1,998.32	Q (66.78)	Q 1,980.42	Q 1,724.22	Q 341.32	Q 1,706.61	Q 3,369.83
+ Depreciación		Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67
Flujo de efectivo neto	Q(65,000.00)	Q 2,756.26	Q 3,077.16	Q 2,820.67	Q 1,502.51	Q 2,802.48	Q 3,164.98	Q 1,099.88	Q 3,147.08	Q 2,890.88	Q 1,507.99	Q 2,873.28	Q 4,536.50

Cuadro 44. Flujo de efectivo neto: año 2.

Año 2												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorro	Q 2,897.27	Q 3,218.77	Q 2,962.87	Q 3,243.06	Q 2,945.86	Q 3,308.96	Q 2,970.46	Q 3,292.26	Q 3,036.67	Q 3,317.17	Q 3,020.28	Q 16,776.84
Valor de salvamento												
Inversión inicial												
Depreciación	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)
Utilidad antes de impuestos	Q 1,730.60	Q 2,052.10	Q 1,796.20	Q 2,076.40	Q 1,779.20	Q 2,142.29	Q 1,803.80	Q 2,125.60	Q 1,870.00	Q 2,150.50	Q 1,853.61	Q 15,610.17
Impuestos	Q -	Q -	Q -	Q (1,729.46)	Q -	Q -	Q (1,859.34)	Q -	Q -	Q (1,797.81)	Q -	Q (6,080.43)
Utilidad neta	Q 1,730.60	Q 2,052.10	Q 1,796.20	Q 346.94	Q 1,779.20	Q 2,142.29	Q (55.55)	Q 2,125.60	Q 1,870.00	Q 352.69	Q 1,853.61	Q 9,529.74
+ Depreciación	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67
Flujo de efectivo neto	Q 2,897.27	Q 3,218.77	Q 2,962.87	Q 1,513.60	Q 2,945.86	Q 3,308.96	Q 1,111.12	Q 3,292.26	Q 3,036.67	Q 1,519.36	Q 3,020.28	Q 10,696.41

Cuadro 45. Flujo de efectivo neto: año 3.

Año 3												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorro	Q 3,045.50	Q 3,367.61	Q 3,112.33	Q 3,393.15	Q 3,096.58	Q 3,460.30	Q 3,122.44	Q 3,444.87	Q 3,189.91	Q 3,471.05	Q 3,174.80	Q 10,830.71
Valor de salvamento												
Inversión inicial												
Depreciación	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)
Utilidad antes de impuestos	Q 1,878.83	Q 2,200.95	Q 1,945.67	Q 2,226.49	Q 1,929.91	Q 2,293.64	Q 1,955.77	Q 2,278.20	Q 2,023.24	Q 2,304.39	Q 2,008.14	Q 9,664.04
Impuestos	Q -	Q -	Q -	Q (1,867.89)	Q -	Q -	Q (1,999.51)	Q -	Q -	Q (1,939.74)	Q -	Q (4,332.74)
Utilidad neta	Q 1,878.83	Q 2,200.95	Q 1,945.67	Q 358.60	Q 1,929.91	Q 2,293.64	Q (43.74)	Q 2,278.20	Q 2,023.24	Q 364.65	Q 2,008.14	Q 5,331.31
+ Depreciación	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67
Flujo de efectivo neto	Q 3,045.50	Q 3,367.61	Q 3,112.33	Q 1,525.26	Q 3,096.58	Q 3,460.30	Q 1,122.93	Q 3,444.87	Q 3,189.91	Q 1,531.32	Q 3,174.80	Q 6,497.97

Cuadro 46. Flujo de efectivo neto: año 4.

Mes	Año 4											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorro	Q 3,201.31	Q 3,524.08	Q 3,269.45	Q 3,530.92	Q 3,255.00	Q 3,619.39	Q 3,282.19	Q 3,605.29	Q 3,350.99	Q 3,632.81	Q 3,337.23	Q 18,786.66
Valor de salvamento												
Inversión inicial												
Depreciación	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)
Utilidad antes de impuestos	Q 2,034.65	Q 2,357.41	Q 2,102.78	Q 2,384.26	Q 2,088.34	Q 2,452.72	Q 2,115.52	Q 2,438.62	Q 2,184.33	Q 2,466.14	Q 2,170.57	Q 17,619.99
Impuestos	Q -	Q -	Q -	Q (2,013.40)	Q -	Q -	Q (2,146.85)	Q -	Q -	Q (2,088.92)	Q -	Q (6,899.58)
Utilidad neta	Q 2,034.65	Q 2,357.41	Q 2,102.78	Q 370.85	Q 2,088.34	Q 2,452.72	Q (31.33)	Q 2,438.62	Q 2,184.33	Q 377.22	Q 2,170.57	Q 10,720.42
+ Depreciación	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67
Flujo de efectivo neto	Q 3,201.31	Q 3,524.08	Q 3,269.45	Q 1,537.52	Q 3,255.00	Q 3,619.39	Q 1,135.34	Q 3,605.29	Q 3,350.99	Q 1,543.88	Q 3,337.23	Q 11,887.08

Cuadro 47. Flujo de efectivo neto: año 5.

Mes	Año 5											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por ahorro	Q 3,365.10	Q 3,688.54	Q 3,434.60	Q 3,716.76	Q 3,421.54	Q 3,786.62	Q 3,450.11	Q 3,773.91	Q 3,520.32	Q 3,802.84	Q 3,507.97	Q 8,354.95
Valor de salvamento												Q 8,000.00
Inversión inicial												
Depreciación	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)	Q (1,166.67)
Utilidad antes de impuestos	Q 2,198.43	Q 2,521.88	Q 2,267.93	Q 2,550.10	Q 2,254.87	Q 2,619.95	Q 2,283.44	Q 2,607.24	Q 2,353.65	Q 2,636.17	Q 2,341.30	Q 15,188.28
Impuestos	Q -	Q -	Q -	Q (2,166.36)	Q -	Q -	Q (2,301.72)	Q -	Q -	Q (2,245.74)	Q -	Q (6,251.39)
Utilidad neta	Q 2,198.43	Q 2,521.88	Q 2,267.93	Q 383.74	Q 2,254.87	Q 2,619.95	Q (18.28)	Q 2,607.24	Q 2,353.65	Q 390.43	Q 2,341.30	Q 8,936.90
+ Depreciación	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67	Q 1,166.67
Flujo de efectivo neto	Q 3,365.10	Q 3,688.54	Q 3,434.60	Q 1,550.41	Q 3,421.54	Q 3,786.62	Q 1,148.38	Q 3,773.91	Q 3,520.32	Q 1,557.09	Q 3,507.97	Q 10,103.57

La TIR resultante de los flujos de efectivo anteriores es de **4.18%**.

Tomando en cuenta la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) proporcionada por la empresa (17% nominal anual = 1.42% nominal mensual):

$$TIR > TMAR \rightarrow 4.18\% > 1.42\%$$

2.76 % más que la tasa mínima mensual requerida por la empresa.

E. Período de recuperación

Para obtener el período de recuperación es necesario trasladar el flujo de efectivo neto a valores actuales debido a la variación del valor del dinero a través del tiempo. Por lo tanto, se calcula el Valor Presente (VP) para cada uno de los montos proyectados. Luego se calcula el valor presente acumulado sumando los desembolsos de efectivo mensuales. Cuando este valor se torna positivo, la inversión se ha recuperado.

Cuadro 48. Período de recuperación de la inversión.

Año	Mes	FEN	VP	VP acum.
1	0	Q (65,000.00)	Q (65,000.00)	Q (65,000.00)
	1	Q 2,756.26	Q 2,717.75	Q (62,282.25)
	2	Q 3,077.16	Q 2,991.80	Q (59,290.45)
	3	Q 2,820.67	Q 2,704.11	Q (56,586.34)
	4	Q 1,502.51	Q 1,420.30	Q (55,166.04)
	5	Q 2,802.48	Q 2,612.14	Q (52,553.90)
	6	Q 3,164.98	Q 2,908.81	Q (49,645.09)
	7	Q 1,099.88	Q 996.74	Q (48,648.35)
	8	Q 3,147.08	Q 2,812.12	Q (45,836.24)
	9	Q 2,890.88	Q 2,547.10	Q (43,289.13)
	10	Q 1,507.99	Q 1,310.10	Q (41,979.03)
	11	Q 2,873.28	Q 2,461.36	Q (39,517.68)
12	Q 4,536.50	Q 3,831.85	Q (35,685.83)	

Continuación Cuadro 48.

Año	Mes	FEN	VP	VP acum.
2	1	Q 2,897.27	Q 2,856.80	Q (32,829.03)
	2	Q 3,218.77	Q 3,129.47	Q (29,699.56)
	3	Q 2,962.87	Q 2,840.43	Q (26,859.13)
	4	Q 1,513.60	Q 1,430.78	Q (25,428.34)
	5	Q 2,945.86	Q 2,745.78	Q (22,682.56)
	6	Q 3,308.96	Q 3,041.13	Q (19,641.43)
	7	Q 1,111.12	Q 1,006.92	Q (18,634.51)
	8	Q 3,292.26	Q 2,941.84	Q (15,692.66)
	9	Q 3,036.67	Q 2,675.55	Q (13,017.11)
	10	Q 1,519.36	Q 1,319.98	Q (11,697.13)
	11	Q 3,020.28	Q 2,587.29	Q (9,109.85)
	12	Q 10,696.41	Q 9,034.95	Q (74.89)
3	1	Q 3,045.50	Q 3,002.96	Q 2,928.07
	2	Q 3,367.61	Q 3,274.19	Q 6,202.26
	3	Q 3,112.33	Q 2,983.72	Q 9,185.98
	4	Q 1,525.26	Q 1,441.81	Q 10,627.78
	5	Q 3,096.58	Q 2,886.26	Q 13,514.04
	6	Q 3,460.30	Q 3,180.23	Q 16,694.27
	7	Q 1,122.93	Q 1,017.62	Q 17,711.89
	8	Q 3,444.87	Q 3,078.21	Q 20,790.10
	9	Q 3,189.91	Q 2,810.57	Q 23,600.67
	10	Q 1,531.32	Q 1,330.37	Q 24,931.04
	11	Q 3,174.80	Q 2,719.66	Q 27,650.70
	12	Q 6,497.97	Q 5,488.66	Q 33,139.35
4	1	Q 3,201.31	Q 3,156.60	Q 36,295.95
	2	Q 3,524.08	Q 3,426.31	Q 39,722.26
	3	Q 3,269.45	Q 3,134.34	Q 42,856.60
	4	Q 1,537.52	Q 1,453.40	Q 44,310.00
	5	Q 3,255.00	Q 3,033.93	Q 47,343.92
	6	Q 3,619.39	Q 3,326.44	Q 50,670.36
	7	Q 1,135.34	Q 1,028.87	Q 51,699.23
	8	Q 3,605.29	Q 3,221.55	Q 54,920.78
	9	Q 3,350.99	Q 2,952.50	Q 57,873.28
	10	Q 1,543.88	Q 1,341.29	Q 59,214.56
	11	Q 3,337.23	Q 2,858.80	Q 62,073.36
	12	Q 11,887.08	Q 10,040.68	Q 72,114.05

Continuación Cuadro 48.

Año	Mes	FEN	VP	VP acum.
5	1	Q 3,365.10	Q 3,318.09	Q 75,432.14
	2	Q 3,688.54	Q 3,586.22	Q 79,018.36
	3	Q 3,434.60	Q 3,292.67	Q 82,311.03
	4	Q 1,550.41	Q 1,465.58	Q 83,776.60
	5	Q 3,421.54	Q 3,189.15	Q 86,965.75
	6	Q 3,786.62	Q 3,480.13	Q 90,445.88
	7	Q 1,148.38	Q 1,040.69	Q 91,486.57
	8	Q 3,773.91	Q 3,372.23	Q 94,858.80
	9	Q 3,520.32	Q 3,101.69	Q 97,960.49
	10	Q 1,557.09	Q 1,352.76	Q 99,313.25
	11	Q 3,507.97	Q 3,005.06	Q 102,318.31
	12	Q 10,103.57	Q 8,534.20	Q 110,852.51

El VP acumulado se torna positivo entre el mes 12 del año 2 y el mes 1 del año 3, concluyendo que el período de recuperación es de **2 años**. Por lo tanto, con base en la TIR de 4.18% y el período de recuperación de 2 años, se concluye que, desde el punto de vista financiero, la sustitución de la freidora A por la freidora B es favorable.

En el caso en el cual se decida no realizar la inversión, a la freidora A aún le restan 5 años de vida útil. Naturalmente, su valor comercial decrecería aún más y se esperaría un aumento gradual en los costos de mantenimiento y operación. Los ahorros proyectados en el Cuadro 42 pasarían a ser costos totales. A pesar de lo anterior, y desde el punto de vista de calidad, las papas fritas resultantes son apreciadas por el consumidor, y el análisis sensorial refleja que las diferencias entre las muestras A y B son mínimas.

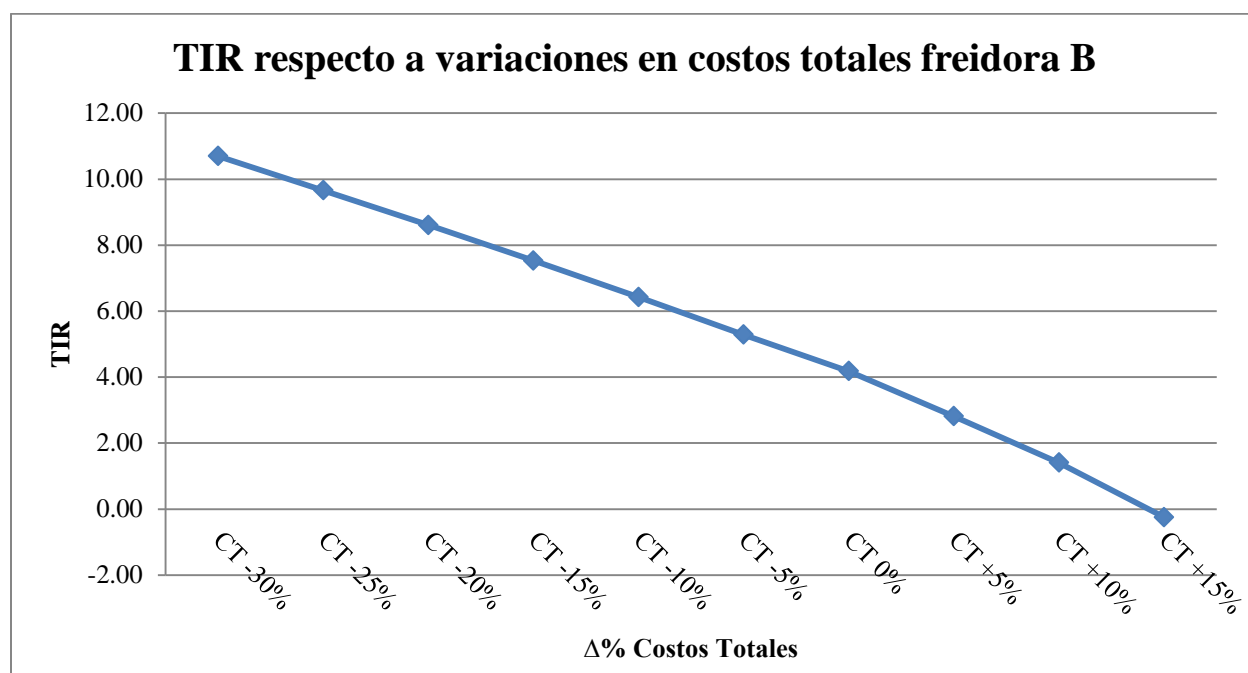
F. Análisis de sensibilidad

El siguiente análisis de sensibilidad pretende ofrecer un panorama breve y general de qué pasaría si los costos totales para la freidora B variaran porcentualmente. Es una sencilla representación gráfica de las posibles fluctuaciones en los costos totales (costos de mantenimiento + costos de operación), un factor muy susceptible al cambio.

Cuadro 49. TIR respecto a variaciones en costos totales freidora B.

Variación costos totales B	TIR
CT-30%	10.70%
CT-25%	9.66%
CT-20%	8.61%
CT-15%	7.53%
CT-10%	6.43%
CT-5%	5.28%
CT	4.18%
CT+5%	2.81%
CT+10%	1.41%
CT+15%	-0.25%

Ilustración 14. TIR respecto a variaciones en costos totales freidora B.



Al observar el Cuadro 49 y la Ilustración 14 se puede deducir fácilmente que a medida que los costos totales aumentan, la TIR disminuye. De igual forma, si los costos totales disminuyen, la TIR aumenta.

Se concluye que el máximo que los costos totales pueden aumentar para que la TIR sea aún mayor a la TMAR es 9.95%, lo que resultaría en una TIR del 1.42%, una tasa equivalente a la TMAR.

Un aumento de más del 14.30% en los costos totales no solamente genera una TIR menor que la TMAR, sino también una TIR negativa, lo que indica que los costos serán mayores que los beneficios.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A. La freidora B genera ahorros de tiempo del 83% en el proceso de filtrado y de 30% en el proceso de limpieza y abastecimiento. A pesar del aumento del 13% en el tiempo total del proceso de fritura, el restaurante es capaz de cumplir con la demanda y ofrecer una tasa de servicio adecuada.

- B. De acuerdo a los ahorros en tiempo y al análisis de colas realizado, la sustitución de la freidora A por la B es válida desde el punto de vista operacional.

- C. Con base en la Tasa Interna de Retorno del 4.18%, el período de retorno de 2 años y el ahorro anual promedio proyectado de Q 48,457.13 en costos de mantenimiento y operación, la sustitución de la freidora A por la B es financieramente factible.

- D. El análisis sensorial demuestra que no hay diferencias significativas en la percepción del producto final de ambas freidoras.

- E. Es una inversión viable desde los puntos de vista operacional y financiero, pero para el consumidor no crea valor agregado.

- F. Se recomienda revisar y analizar las razones de preferencia hacia el producto A expuestas por los consumidores. Si lo anterior no aclara el panorama, repetir la evaluación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

BDN Ingeniería de Alimentación SL. 1993. *Aceites de Fritura*. [web en línea] en: <http://www.avhic.com/html/fritura.html>

Coulter, M. y S.P. Robbins. 2010. *Administración*. 10ª. edición. México, D.F., Prentice Hall.

Delagoutte, C. 2009. *Aceite de freír y riesgos*. [web en línea] en: <http://www.cocinacolectiva.es/haccp.asp?id=19>

Evans, J. y W. Lindsay. 2008. *Administración y Control de la Calidad*. 7ª. Edición. México, D.F., Cengage Learning.

Freivalds, A. y B. Niebel. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 12ª. edición. McGraw-Hill.

Meilgaard, M. 2007. *Sensory Evaluation Techniques*. 4th. Edition. Florida, CRC Press.

Newman, D; J. Lavelle y T. Eschenbach. 2009. *Engineering Economic Analysis*. 10th. Edition New York, Oxford University Press.

Quan, M. 2008. *Análisis de conservación o reemplazo de maquinaria en una línea de enlatado de refrescos*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.

Taha, H. 2004. *Investigación de Operaciones*. 7ª. edición. México, D.F., Prentice Hall.

VIII. APÉNDICE

Ilustración 15. Ejemplo hoja de prueba análisis sensorial.

Análisis sensorial: Papas Fritas

Fecha: _____

Nombre: _____

ESCALA BASE

Parámetro		Mínimo	Estándar	Máximo	
Apariencia	-2.00	-1.00	0.00	0.50	1.00 2.00
Textura	-2.00	-1.00	0.00	0.50	1.00 2.00
Sensación	-2.00	-1.00	0.00	0.50	1.00 2.00
Sabor	-2.00	-1.00	0.00	0.50	1.00 2.00

CALIFICACIÓN

Muestra / Parámetro	Apariencia	Textura	Sensación	Sabor
A				
B				

Observaciones / Comentarios:

Ilustración 16. Ejemplo hoja de evaluación a consumidores.

Evaluación Papas Fritas

Sexo:

M	F
---	---

 Edad: _____

ESCALA BASE

0	1	2	3	4
Deficiente	Regular	Indiferente	Bien	Excelente

EVALUACIÓN

Marque con X la casilla del número que considere califique mejor las muestras.

1. Apariencia en general: color, claridad, tamaño, forma.

Muestra	Calificación				
A	0	1	2	3	4

¿Por qué?

Muestra	Calificación				
B	0	1	2	3	4

¿Por qué?

2. **Textura:** consistencia.

Muestra	Calificación				
A	0	1	2	3	4

¿Por qué?

Muestra	Calificación				
B	0	1	2	3	4

¿Por qué?

3. **Sensación:** olor y sonido al masticar.

Muestra	Calificación				
A	0	1	2	3	4

¿Por qué?

Muestra	Calificación				
B	0	1	2	3	4

¿Por qué?

4. Sabor en general: suma de todas las percepciones.

Muestra	Calificación				
A	0	1	2	3	4

¿Por qué?

Muestra	Calificación				
B	0	1	2	3	4

¿Por qué?

5. En general, ¿cuál muestra es de su preferencia?

A

B

¿Por qué?

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Ilustración 17. Evaluación con consumidores: Apariencia – Muestra A.

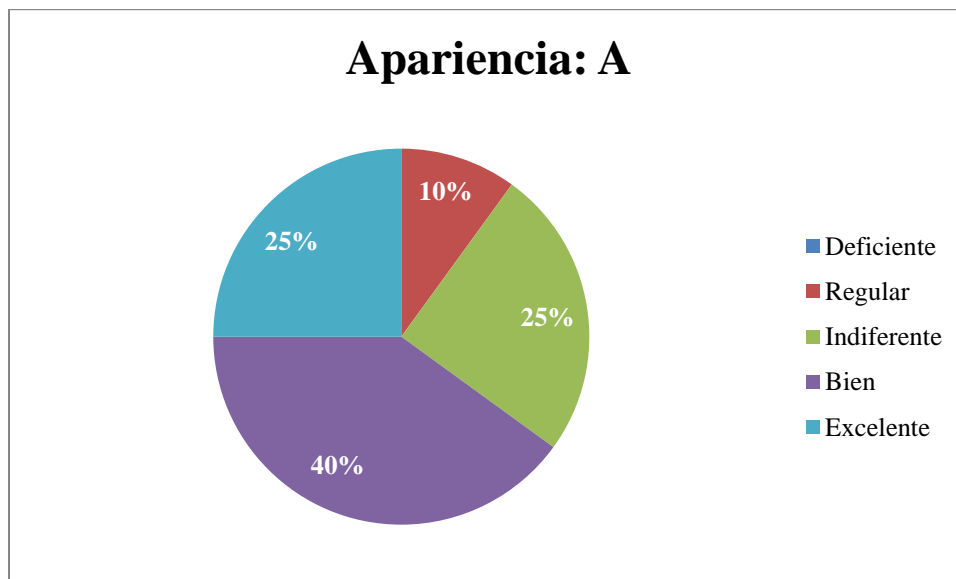


Ilustración 18. Evaluación con consumidores: Apariencia – Muestra B.

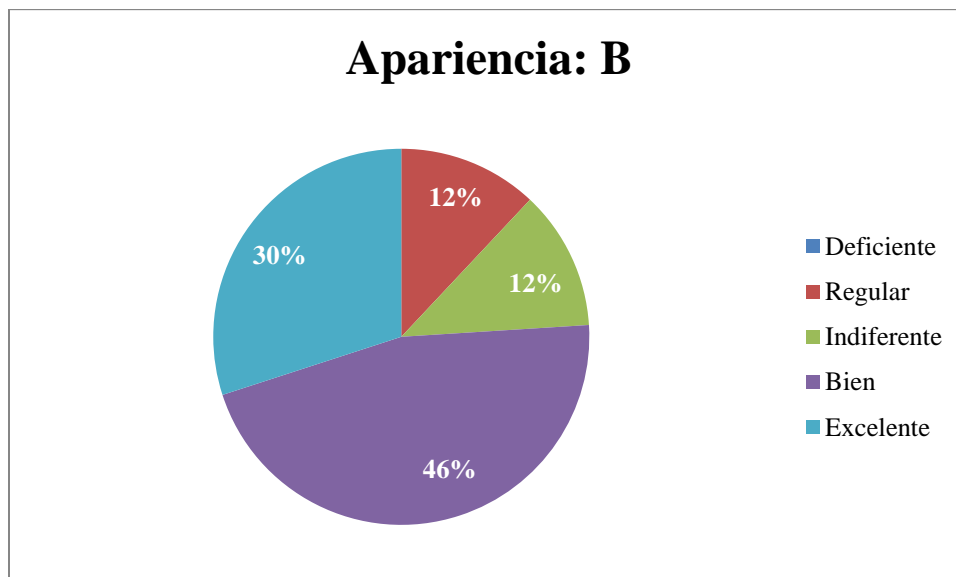


Ilustración 19. Evaluación con consumidores: Textura – Muestra A.

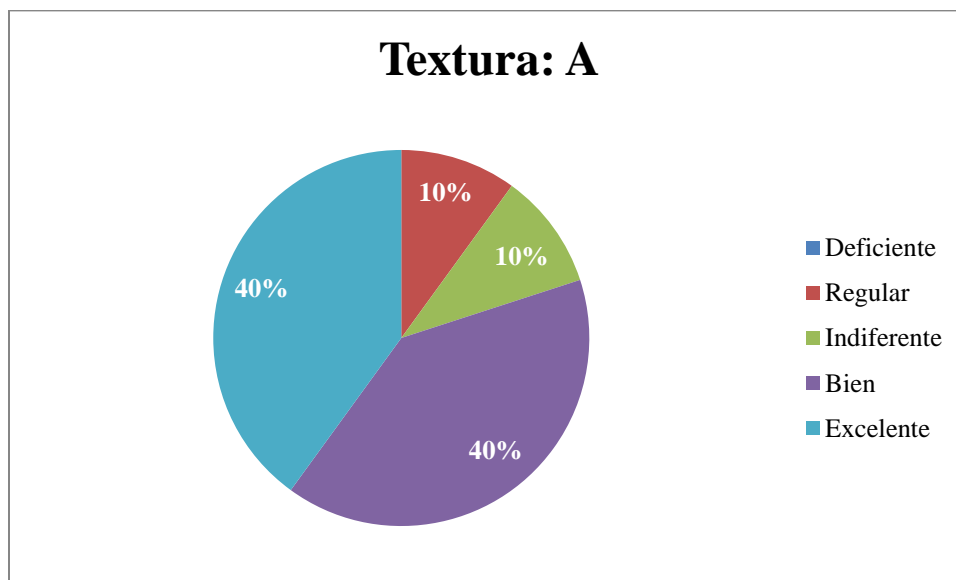


Ilustración 20. Evaluación con consumidores: Textura – Muestra B.

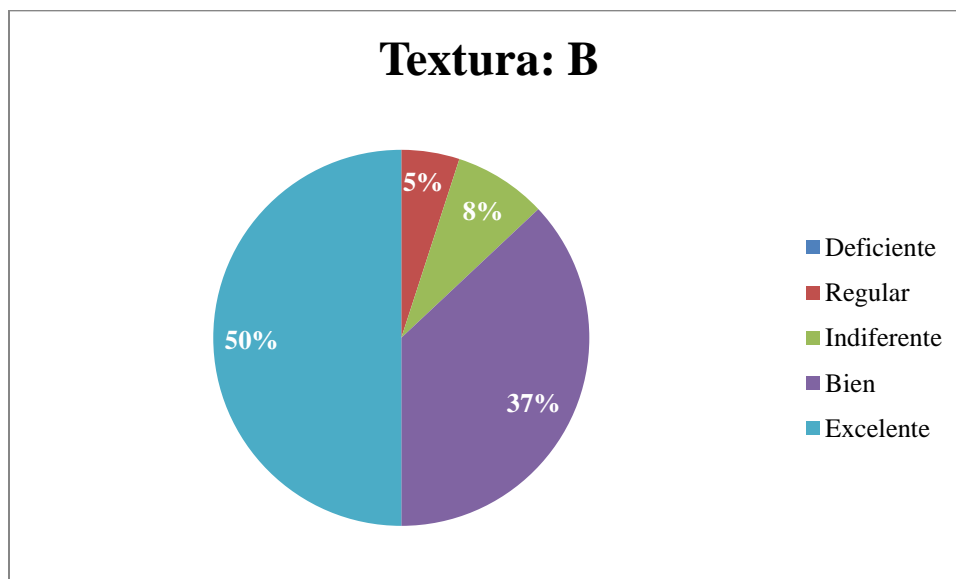


Ilustración 21. Evaluación con consumidores: Sensación – Muestra A.

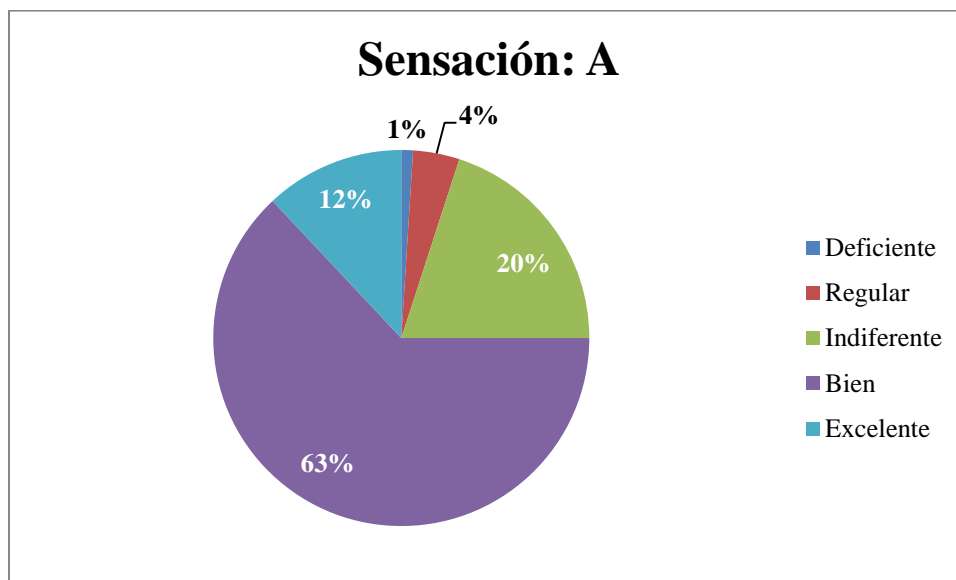


Ilustración 22. Evaluación con consumidores: Sensación – Muestra B.

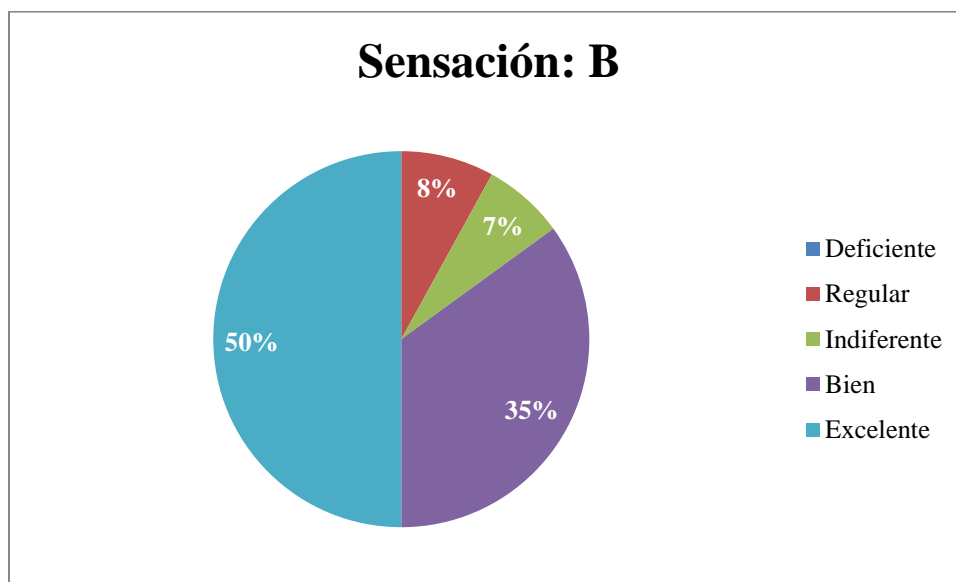


Ilustración 23. Evaluación con consumidores: Sabor – Muestra A.

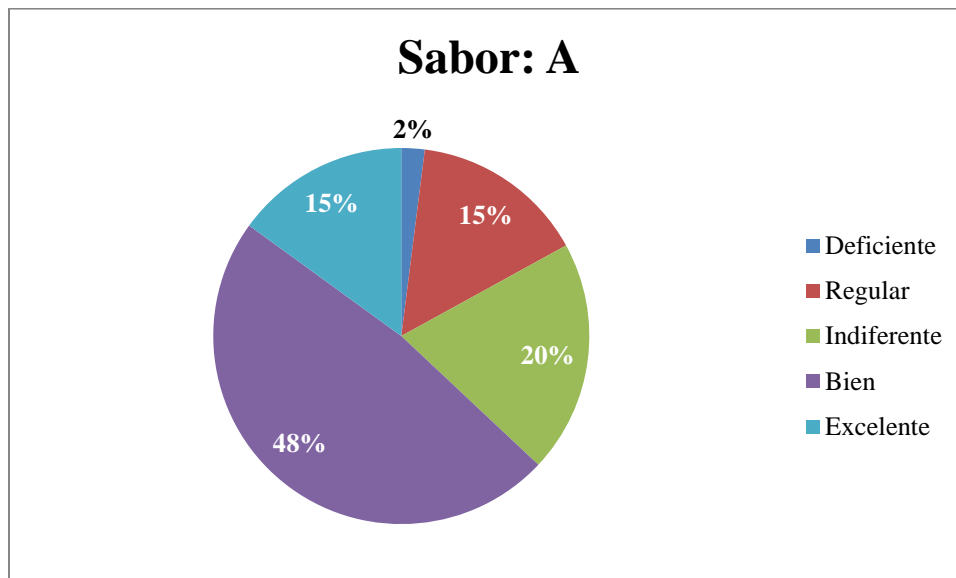


Ilustración 24. Evaluación con consumidores: Sabor – Muestra B.

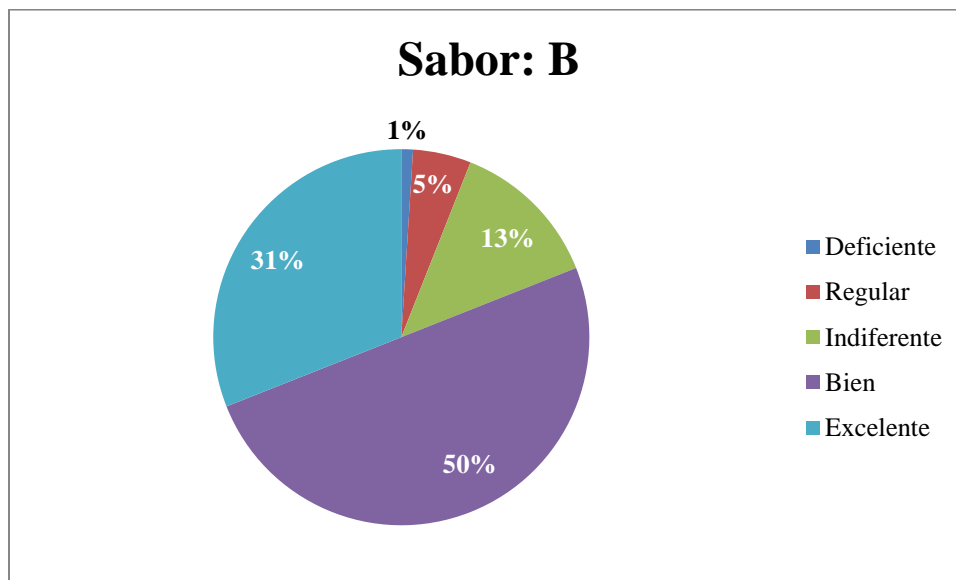


Ilustración 25. Gráfica kWh/día Freidora B.

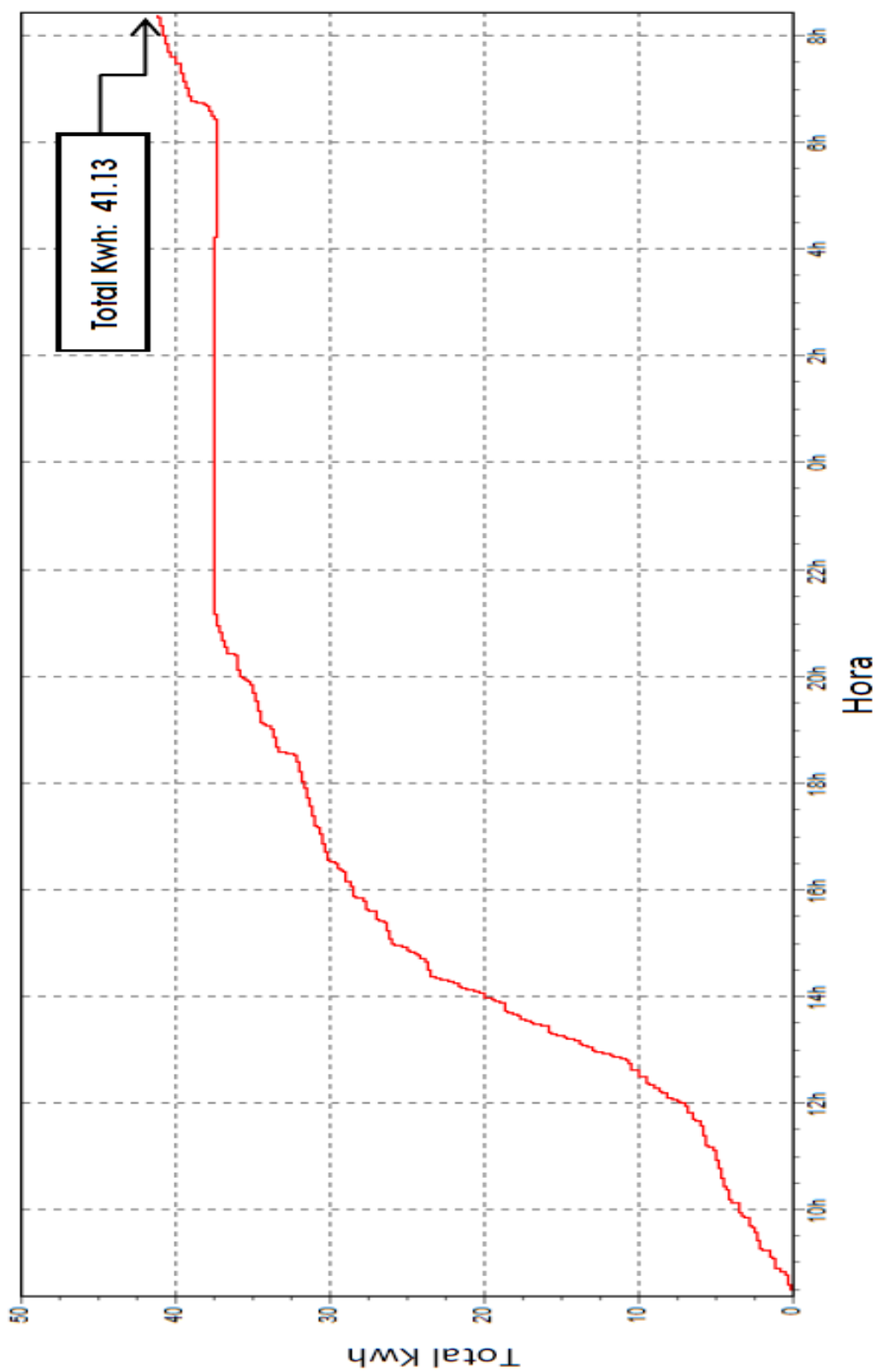


Ilustración 27. Formato control de adición de aceite.

CONTROL ADICIÓN ACEITE

Instrucciones: colocar en cada línea la cantidad de aceite que se vaya agregando a cada freidora, según el día correspondiente. PESAR ANTES.

		DÍA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A									
B									

		DÍA												
		9	10	11	12	13	14	15	TOTAL					
A														
B														

Fecha inicial: _____ Fecha final: _____

Ilustración 28. Flujo de efectivo: año 1.

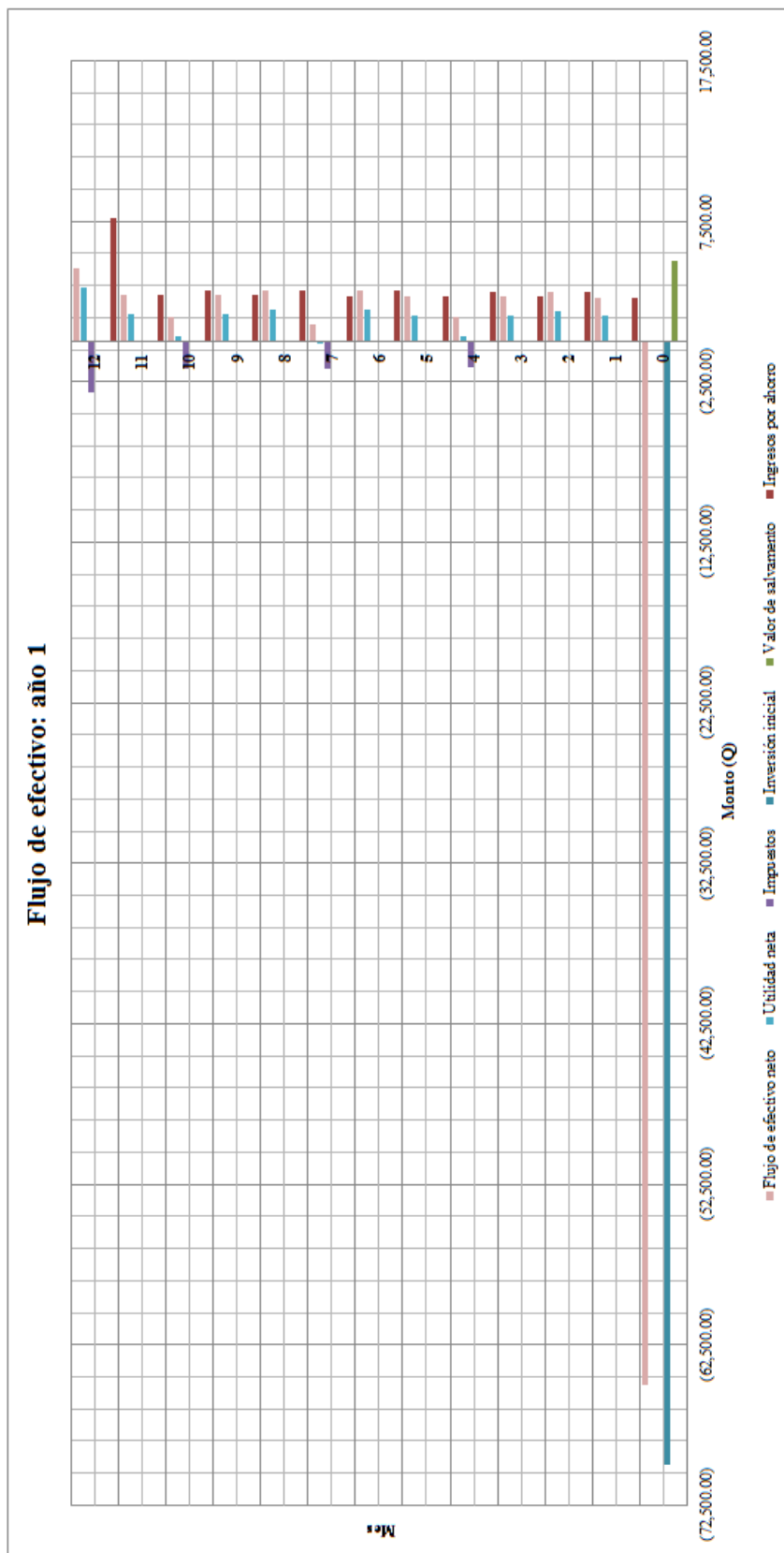


Ilustración 29. Flujo de efectivo: año 2.

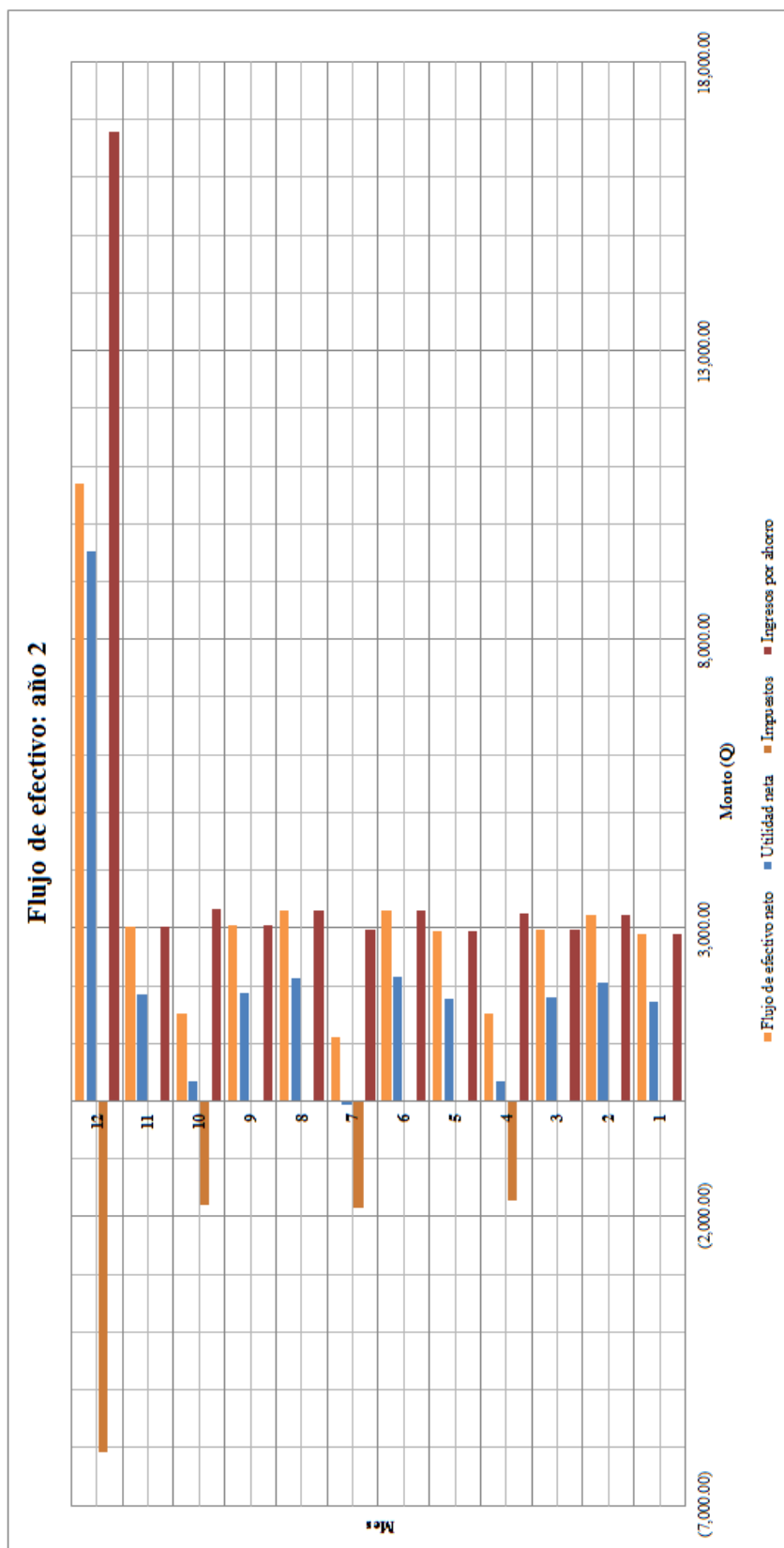


Ilustración 30. Flujo de efectivo: año 3.

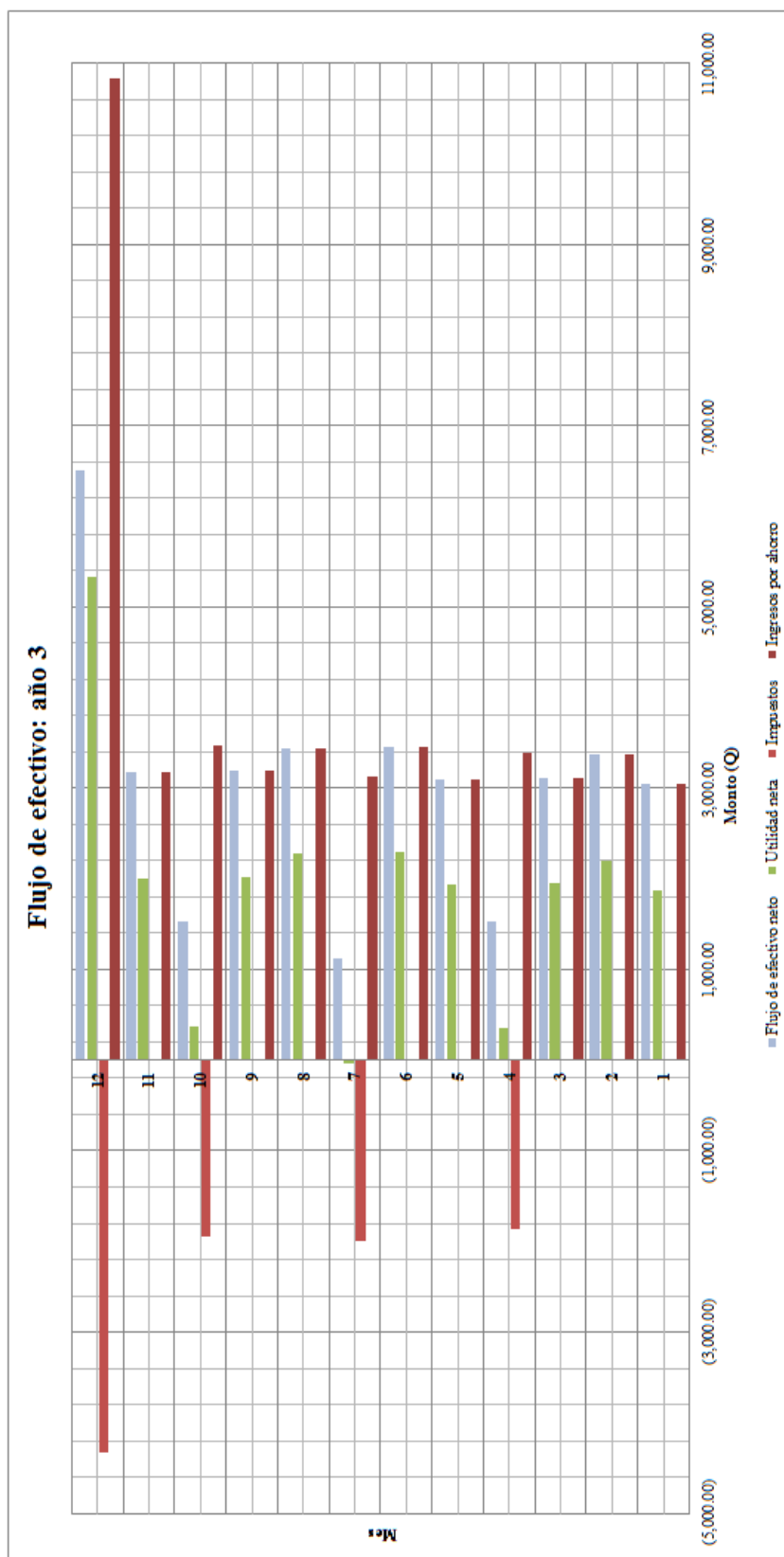


Ilustración 31. Flujo de efectivo: año 4.

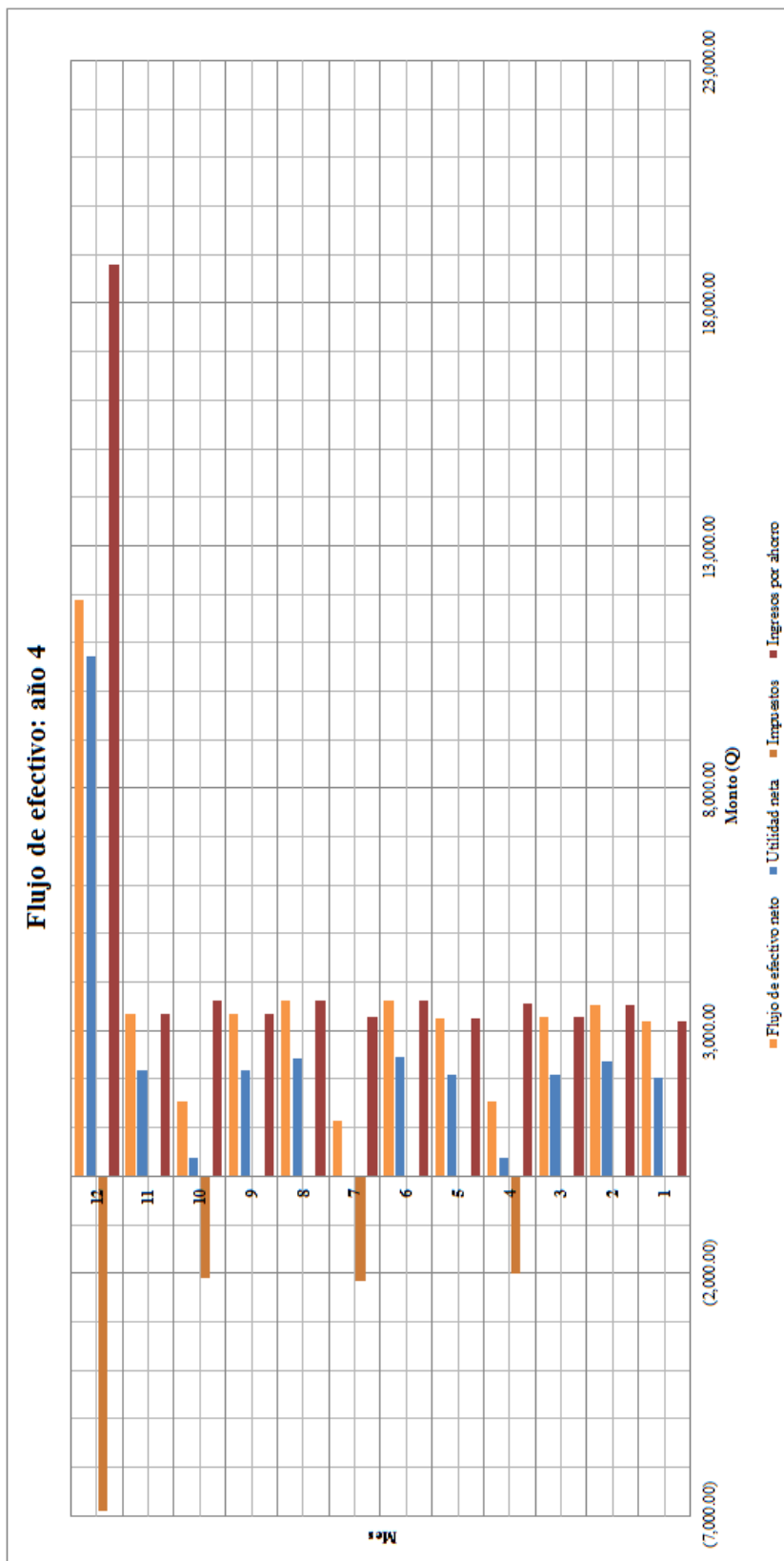


Ilustración 32. Flujo de efectivo: año 5.

