



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FREIDORA INDUSTRIAL
CIRCULAR A GAS SEMI-AUTOMATIZADA CON BRAZO
REMOVEDOR Y SISTEMA DE FRITURA AGUA-ACEITE PARA
LA ELABORACIÓN DE SNACKS DE PAPA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA MECÁNICA

AUTORA:

ANGÉLICA MARÍA PAREDES BONIFAZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FREIDORA INDUSTRIAL
CIRCULAR A GAS SEMI-AUTOMATIZADA CON BRAZO
REMOVEDOR Y SISTEMA DE FRITURA AGUA-ACEITE PARA
LA ELABORACIÓN DE SNACKS DE PAPA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA MECÁNICA

AUTORA: ANGÉLICA MARÍA PAREDES BONIFAZ

DIRECTOR: ING. SANTIAGO ALEJANDRO LÓPEZ ORTIZ

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Angélica María Paredes Bonifaz**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Angélica María Paredes Bonifaz, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 1 de diciembre de 2023




Angélica María Paredes Bonifaz

0604799296

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FREIDORA INDUSTRIAL CIRCULAR A GAS SEMI-AUTOMATIZADA CON BRAZO REMOVEDOR Y SISTEMA DE FRITURA AGUA-ACEITE PARA LA ELABORACIÓN DE SNACKS DE PAPA**, realizado por la señorita: **ANGÉLICA MARÍA PAREDES BONIFAZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-01
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-01
Ing. John Germán Vera Luzuriaga ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-01

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres y amigos por su apoyo incondicional durante todo este trayecto.

Angélica

AGRADECIMIENTO

A mi madre y amigos por su amor incondicional y apoyo a lo largo de todos estos años.

Angélica

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación	2
1.2.1. <i>Justificación práctica</i>	2
1.2.2. <i>Justificación teórica</i>	2
1.2.3. <i>Justificación metodológica</i>	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4. Alcance	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Descripción general de una freidora industrial	5
2.2. Tipos de freidoras industriales	5
2.2.1. <i>Freidora de gas</i>	5
2.2.2. <i>Freidora eléctrica</i>	6
2.2.3. <i>Freidora de inmersión</i>	6
2.2.4. <i>Freidora continua</i>	7
2.2.5. <i>Freidora sin aceite</i>	7
2.3. Partes de una freidora industrial	8
2.3.1. <i>Frypot</i>	8
2.3.2. <i>Elemento calefactor o quemador</i>	9

2.3.3. <i>Termostato</i>	9
2.3.4. <i>Cesta</i>	10
2.3.5. <i>Sistema de filtración de aceite</i>	10
2.3.6. <i>Panel de control</i>	11
2.3.7. <i>Válvula de drenaje</i>	12
2.3.8. <i>Funciones de seguridad</i>	12
2.4. Control automático de una freidora industrial	12
2.4.1. <i>Control automático de temperatura</i>	12
2.4.1.1. <i>Control de termostato</i>	12
2.4.1.2. <i>Control de temperatura digital</i>	13
2.4.1.3. <i>Control de temperatura programable</i>	13
2.4.1.4. <i>Control de retroalimentación de temperatura</i>	13
2.4.2. <i>Control automático de tiempo</i>	13
2.4.2.1. <i>Temporizador mecánico</i>	13
2.4.2.2. <i>Temporizador digital</i>	13
2.4.2.3. <i>Control de tiempo programable</i>	13
2.4.2.4. <i>Control de tiempo basado en sensores</i>	14
2.4.3. <i>Control automático de calidad del aceite</i>	14
2.4.3.1. <i>Sensor de temperatura</i>	14
2.4.3.2. <i>Sensor de acidez</i>	14
2.4.3.3. <i>Control automático de encendido/apagado</i>	14
2.4.3.4. <i>Botón de encendido/apagado</i>	14
2.4.3.5. <i>Piloto de encendido</i>	15
2.4.3.6. <i>Temporizador</i>	15
2.5. Material de construcción de una freidora industrial	15
2.5.1. <i>Acero inoxidable</i>	15
2.5.2. <i>Acero al carbono</i>	16
2.5.3. <i>Aluminio</i>	16
2.5.4. <i>Hierro fundido</i>	16
2.6. Sistema agua-aceite para freidoras	16
2.7. Tasa de rotación de aceite	17
2.7.1. <i>Cuidado del aceite en la freidora</i>	18
2.7.1.1. <i>Filtrado del aceite</i>	18
2.7.1.2. <i>Controlar la temperatura del aceite</i>	18
2.7.1.3. <i>Utilizar aceite de alta calidad</i>	18
2.7.1.4. <i>Almacenar el aceite adecuadamente</i>	18

2.8.	Elaboración de snacks de papa.....	18
2.9.	Despliegue de la función calidad (QFD).....	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Definición del producto	21
3.2.	Metodología de diseño	21
3.3.	Análisis QFD	22
3.3.1.	<i>Requerimientos del usuario</i>	22
3.3.1.1.	<i>Voz del usuario</i>	22
3.3.2.	<i>Requerimientos técnicos</i>	22
3.3.2.1.	<i>Voz del ingeniero</i>	22
3.3.2.2.	<i>Correlaciones</i>	23
3.3.3.	<i>Análisis de competitividad</i>	23
3.3.4.	<i>Evaluación técnica</i>	24
3.3.5.	<i>Compromisos técnicos</i>	25
3.3.6.	<i>Análisis de competencias</i>	25
3.3.6.1.	<i>Competencia 1</i>	26
3.3.6.2.	<i>Competencia 2</i>	26
3.3.6.3.	<i>Competencia 3</i>	26
3.3.6.4.	<i>Despliegue de la función de calidad QFD</i>	28
3.3.7.	<i>Estructura de funciones</i>	28
3.3.7.1.	<i>Descripción de funciones</i>	29
3.3.8.	<i>Matriz morfológica</i>	30
3.3.9.	<i>Conceptos de solución</i>	31
3.3.9.1.	<i>Alternativa de solución 1</i>	31
3.3.9.2.	<i>Alternativa de solución 2</i>	32
3.3.9.3.	<i>Alternativa de solución 3</i>	32
3.3.9.4.	<i>Alternativa de solución 4</i>	32
3.3.10.	<i>Evaluación de las alternativas de solución</i>	33
3.3.10.1.	<i>Evaluación técnica</i>	33
3.3.10.2.	<i>Evaluación económica</i>	34
3.3.10.3.	<i>Resultados de la evaluación técnica y económica</i>	34
3.4.	Diseño conceptual.....	35
3.4.1.	<i>Modelado 3D</i>	35

3.4.2.	Características principales	36
3.4.3.	Selección del material	36
3.4.4.	Capacidad de la cuba	37
3.4.4.1.	<i>Proporción agua-aceite</i>	37
3.4.4.2.	<i>Dimensionamiento de la cuba</i>	37
3.4.4.3.	<i>Dimensionamiento de la cuba de agua</i>	39
3.4.5.	Sistema de calefacción	40
3.4.5.1.	<i>Descripción de la técnica</i>	40
3.4.5.2.	<i>Cálculo de la potencia calorífica de la freidora</i>	40
3.4.5.4.	<i>Flujo de gas</i>	45
3.4.5.6.	<i>Conexiones y entradas de gas de la válvula principal</i>	47
3.4.5.7.	<i>Piloto quemador de la freidora</i>	48
3.4.5.8.	<i>Termopila de la freidora</i>	49
3.4.5.9.	<i>Termostato de la freidora</i>	49
3.4.5.10.	<i>Colector de gas</i>	50
3.4.5.11.	<i>Tubos de calor de la freidora</i>	52
3.4.5.12.	<i>Difusores de calor</i>	53
3.4.5.13.	<i>Ensamble del sistema de calefacción</i>	54
3.4.6.	Brazo removedor de aceite	56
3.4.6.1.	<i>Potencia requerida del motor debido a las fuerzas ejercidas en cada paleta</i>	56
3.4.6.2.	<i>Resguardo del motor reductor</i>	59
3.4.6.3.	<i>Eje del brazo removedor: diseño por resistencia</i>	59
3.4.6.4.	<i>Eje del brazo removedor: diseño por rigidez</i>	65
3.4.6.5.	<i>Selección del rodamiento para el eje del brazo removedor</i>	66
3.4.6.6.	<i>Análisis CAE del eje del brazo removedor</i>	69
3.4.7.	Estructura exterior de la freidora	70
3.4.7.1.	<i>Análisis CAE de la estructura exterior de la freidora</i>	71
3.4.8.	Selección de la forma de unión	71
3.4.8.1.	<i>Unión permanente</i>	71
3.5.	Automatización	73
3.5.1.	Control de temperatura	73
3.5.1.1.	<i>Conexión del termostato a la válvula milivolt</i>	74
3.5.1.2.	<i>Funcionamiento del sistema</i>	75
3.5.2.	Control del brazo removedor	76
3.5.2.1.	<i>Funcionamiento</i>	78

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	81
4.1.	Validación CAE de la estructura exterior de la freidora	81
4.1.1.	<i>Condiciones iniciales</i>	81
4.1.2.	<i>Razón demanda capacidad de la estructura exterior</i>	83
4.1.3.	<i>Deformaciones en la estructura exterior</i>	85
4.2.	Validación CAE del eje del brazo removedor	86
4.2.1.	<i>Condiciones iniciales</i>	86
4.2.2.	<i>Deformaciones en el eje del brazo removedor</i>	87
4.2.3.	<i>Esfuerzos en el eje del brazo removedor</i>	88
4.3.	Construcción de la freidora	88
4.3.1.	<i>Proceso de construcción</i>	88
4.3.2.	<i>Equipos y herramientas</i>	89
4.3.3.	<i>Tiempos de construcción</i>	90
4.3.4.	<i>Ensamblaje</i>	91
4.4.	Validación del funcionamiento	93
4.4.1.	<i>Pruebas de funcionamiento de la freidora</i>	93
4.4.1.1.	<i>Encendido y alcance de temperatura</i>	93
4.4.1.2.	<i>Respuesta al ajuste de temperatura</i>	94
4.4.1.3.	<i>Prueba de rendimiento a carga máxima</i>	94
4.4.1.4.	<i>Evaluación del sistema de control del brazo removedor</i>	95
4.4.1.5.	<i>Verificación de la dificultad de limpieza</i>	96
4.4.1.6.	<i>Resultado final de las pruebas de funcionamiento de la freidora</i>	97
4.4.2.	<i>Pruebas de calidad del producto final</i>	98
4.4.2.1.	<i>Pruebas de apariencia visual</i>	98
4.4.2.2.	<i>Pruebas de textura</i>	99
4.4.2.3.	<i>Evaluación del sabor</i>	101
4.4.2.4.	<i>Resultado final de las pruebas de calidad</i>	102
4.5.	Costos y mantenimiento	102
4.5.1.	<i>Análisis de costos</i>	102
4.5.1.1.	<i>Costos directos</i>	103
4.5.1.2.	<i>Costos indirectos</i>	105
4.5.1.3.	<i>Costo total</i>	106
4.5.2.	<i>Manual de seguridad</i>	106
4.5.3.	<i>Manual de operación</i>	107

4.5.4. Manual de mantenimiento	108
---	------------

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
5.1. Conclusiones	110
5.2. Recomendaciones	111

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Requerimientos del usuario.....	22
Tabla 3-2: Requerimientos técnicos	23
Tabla 3-3: Factor de incidencia	23
Tabla 3-4: Evaluación técnica	25
Tabla 3-5: Niveles de incidencia para los compromisos técnicos.....	25
Tabla 3-6: Matriz morfológica	30
Tabla 3-7: Evaluación técnica del proyecto	33
Tabla 3-8: Evaluación económica del proyecto.....	34
Tabla 3-9: Resumen de la evaluación del proyecto	34
Tabla 3-10: Características del quemador del tipo guitarra	45
Tabla 3-11: Características de la válvula principal milivoltica.....	47
Tabla 3-12: Características del piloto quemador	48
Tabla 3-13: Características de la termopila	49
Tabla 3-14: Características del termostato de la freidora	50
Tabla 3-15: Características del inyector de gas	51
Tabla 3-16: Solicitaciones en el punto crítico del brazo removedor.....	64
Tabla 3-17: Deformación máxima en el eje del brazo removedor	66
Tabla 3-18: Factor de confiabilidad a1 de rodamientos.....	67
Tabla 3-19: Rodamientos rígidos de bolas del catálogo NTN	68
Tabla 3-20: Características geométricas del rodamiento 6705 -NTN.....	69
Tabla 3-21: Material de aporte para las uniones permanentes	73
Tabla 3-22: Componentes del sistema de control del brazo removedor	77
Tabla 4-1: Propiedades del acero inoxidable AISI 304	81
Tabla 4-2: Condiciones iniciales para el análisis CAE de la estructura exterior.....	81
Tabla 4-3: Equipos/herramientas necesarias para la construcción	89
Tabla 4-4: Tiempo de trabajo de construcción de los componentes de la freidora	90
Tabla 4-5: Tiempo de ensamblaje de los componentes de la freidora	92
Tabla 4-6: Pruebas de encendido y alcance de temperatura	93
Tabla 4-7: Pruebas de ajuste de temperatura	94
Tabla 4-8: Pruebas de rendimiento a carga máxima	95
Tabla 4-9: Evaluación del sistema de control del brazo removedor	96
Tabla 4-10: Verificación de la dificultad de limpieza de los componentes de la freidora.....	96
Tabla 4-11: Resultado final de las pruebas de funcionamiento de la freidora	97

Tabla 4-12: Evaluación de la apariencia visual de los snacks de papa	98
Tabla 4-13: Evaluación de la textura de los snacks de papa	100
Tabla 4-14: Evaluación del sabor de los snacks de papa	101
Tabla 4-15: Ponderación general de las pruebas de calidad	102
Tabla 4-16: A-Costos de materiales	103
Tabla 4-17: B-Costos de materiales	104
Tabla 4-18: C-Costos de equipos y herramientas	105
Tabla 4-19: D-Costos de transporte.....	105
Tabla 4-20: Costos directos.....	105
Tabla 4-21: Costos indirectos.....	106
Tabla 4-22: Costo total.....	106

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Freidora industrial a gas	6
Ilustración 2-2: Freidora industrial eléctrica.....	6
Ilustración 2-3: Freidora industrial de inmersión.....	7
Ilustración 2-4: Freidora industrial continua.....	7
Ilustración 2-5: Freidora industrial sin aceite.	8
Ilustración 2-6: Partes de una freidora industrial	8
Ilustración 2-7: Frypot rectangular para una freidora industrial.....	9
Ilustración 2-8: Elemento quemador de una freidora a gas	9
Ilustración 2-9: Termostato de una freidora industrial	10
Ilustración 2-10: Cestas con tope de gama para freidora industrial a gas.....	10
Ilustración 2-11: Filtro de aceite para freidora industrial	11
Ilustración 2-12: Panel de control de una freidora a presión.....	11
Ilustración 2-13: Esquema de una freidora con un sistema agua-aceite	17
Ilustración 2-14: Fases de la función QFD	19
Ilustración 3-1. Diagrama de bloques para el diseño conceptual de la freidora.....	21
Ilustración 3-2: Análisis de competitividad	24
Ilustración 3-3: Casa de la calidad	28
Ilustración 3-4: Caja negra	29
Ilustración 3-5: Estructura de funciones	30
Ilustración 3-6: Diagrama de evaluación de alternativas	35
Ilustración 3-7: Alternativa 1 de freidora industrial a gas.....	35
Ilustración 3-8: Geometría de la cuba principal	38
Ilustración 3-9: Geometría de la cuba para la ubicación de los tubos de calor.....	38
Ilustración 3-10: Quemador de hierro fundido Frymaster.....	45
Ilustración 3-11: Válvula milivoltica Robert Shaw	47
Ilustración 3-12: Conexiones y entradas de gas de la válvula principal	48
Ilustración 3-13: Piloto quemador Robert Shaw	48
Ilustración 3-14: Termopila Robert Shaw.....	49
Ilustración 3-15: Termostato Robert Shaw	50
Ilustración 3-16: Dimensiones necesarias para calcular la longitud principal del colector	51
Ilustración 3-17: Inyector Eutrón.....	52
Ilustración 3-18: Plancha de acero inoxidable seleccionada para los tubos de calor.....	52
Ilustración 3-19: Geometría de los tubos de calor	53

Ilustración 3-19: Geometría del difusor de calor	54
Ilustración 3-20: Sistema de calefacción de la freidora	54
Ilustración 3-21: Elementos del sistema de calefacción de la freidora.....	55
Ilustración 3-22: Ubicación de los deflectores en los tubos de calor	56
Ilustración 3-23: Geometría del aspa del brazo removedor.....	56
Ilustración 3-24: Fuerzas que actúan sobre el aspa del brazo removedor	57
Ilustración 3-25: Motorreductor monofásico FCNDK.....	59
Ilustración 3-26: Dimensiones generales del resguardo del motor reductor	59
Ilustración 3-27: Peso del conjunto de aspas del brazo removedor.....	60
Ilustración 3-28: Ubicación del sistema local de referencia del conjunto de paletas.....	60
Ilustración 3-29: Localización del centro de masa del conjunto	60
Ilustración 3-30: Localización del punto a trasladar	61
Ilustración 3-31: Diagrama de cuerpo libre del eje del brazo removedor	62
Ilustración 3-32: Análisis de fuerzas en el plano XY.....	62
Ilustración 3-33: Diagrama de cortante y momento flector en el plano de interés	63
Ilustración 3-34: Características del eje seleccionado de catálogo.....	65
Ilustración 3-35: Deformaciones producidas en el eje del brazo removedor.....	65
Ilustración 3-36: Geometría del rodamiento rígido de bolas.....	68
Ilustración 3-37: Proceso de análisis CAE del eje del brazo removedor.....	69
Ilustración 3-38: Estructura exterior de la freidora	70
Ilustración 3-39: Selección de los perfiles de acero inoxidable	70
Ilustración 3-40: Proceso de análisis CAE de la estructura exterior de la freidora	71
Ilustración 3-41: Detalles de la tope precalificada en milímetros	72
Ilustración 3-42: Detalles de la junta soldada en filete precalificada en milímetros	73
Ilustración 3-43: Sistema de control de temperatura.....	74
Ilustración 3-44: Diagrama de conexión de la válvula milivolt	75
Ilustración 3-45: Partes del termostato conectado	76
Ilustración 3-46: Diagrama de bloques del control del brazo removedor.....	76
Ilustración 3-47: Diagrama de conexión del sistema de control del brazo removedor	77
Ilustración 3-48: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición neutra	78
Ilustración 3-49: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición en movimiento.....	79
Ilustración 3-50: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición de paro ...	79
Ilustración 3-51: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición de paro de emergencia.....	80
Ilustración 3-52: Configuración del tipo de análisis en el software SAP2000	84

Ilustración 4-1: Razón demanda capacidad de la estructura exterior de la freidora	85
Ilustración 4-2: Deformación máxima en mm producida en la estructura exterior	86
Ilustración 4-3: Eje definido como elemento beam en Desing Modeler	87
Ilustración 4-4: Deformaciones producidas en el eje del brazo removedor [mm].....	87
Ilustración 4-5: Esfuerzo máximo combinado del eje del brazo removedor [MPa]	88
Ilustración 4-6: Proceso de construcción	89
Ilustración 4-7: Diagrama de ensamblaje de la freidora.....	92
Ilustración 4-8: Pruebas de distribución uniforme del calor en el aceite.....	95
Ilustración 4-9: Evaluación de la apariencia visual de los snacks de papa.....	99
Ilustración 4-10: Evaluación de la textura de los snacks de papa	100
Ilustración 4-11: Evaluación de la textura de los snacks de papa	101
Ilustración 4-12: Ponderación general de las pruebas de calidad.....	102
Ilustración 4-13: Portada del manual de seguridad de la freidora	107
Ilustración 4-14: Portada del manual de operación de la freidora	108
Ilustración 4-15: Portada del manual de mantenimiento de la freidora.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA FREIDORA

ANEXO B: MANUAL DE SEGURIDAD DE LA FREIDORA

ANEXO C: MANUAL DE OPERACIÓN DE LA FREIDORA

ANEXO D: MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA FREIDORA

RESUMEN

La empresa "Proveedora Industrial" busca incrementar una línea de freidoras de snacks de papas que se distinga por su sistema de calefacción único, en contraposición a las freidoras convencionales disponibles en el mercado. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto técnico es llevar a cabo el diseño y la construcción de una freidora industrial circular a gas, semiautomatizada, equipada con un brazo removedor y un sistema de fritura agua-aceite. Se adoptó una metodología basada en la norma DIN VDI 2225, para la selección óptima de los parámetros de diseño de la freidora. La freidora propuesta tiene una capacidad de 60 litros de aceite y 15 litros de agua. Su diseño incorporó un sistema de calentamiento mediante quemadores tipo guitarra. Además, está equipada con un brazo removedor que consta de 5 paletas en forma de "L", diseñado para evitar que las papas se adhieran. La estructura del brazo se diseñó utilizando técnicas de elementos finitos. Para garantizar la calidad alimentaria y prevenir la corrosión, se eligió el acero inoxidable AISI 304 como el material de construcción. La freidora tiene una capacidad calorífica de 230,000 BTU/h y utiliza cuatro quemadores controlados por una válvula milivolt. El brazo removedor tiene una velocidad angular de 25 RPM y es impulsado por un motor reductor monofásico de 0.25 Hp. En consecuencia, se concluye que, con la capacidad de calentamiento de los 60 litros de aceite, la producción máxima alcanza los 30 kg/h. El proceso de calentamiento hasta los 180°C toma aproximadamente 30 minutos, y la disminución de la temperatura en intervalos de 20°C requiere unos 5 minutos. Los snacks resultantes presentan un color dorado, una forma y resistencia adecuadas, y mantienen estas características en envases de 50 g, lo que asegura la calidad del producto final.

Palabras clave: <FREIDORA INDUSTRIAL>, <BRAZO REMOVEDOR>, <SISTEMA DE CALENTAMIENTO>, <ACERO INOXIDABLE>, <CAPACIDAD CALORÍFICA>.

2186-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The company "Provedora Industrial" seeks to increase its line of potato snack fryers distinguished by its unique heating system, unlike conventional fryers available on the market. Therefore, the objective of this technical project is to carry out the design and construction of a semi-automated circular gas-powered industrial fryer equipped with a stirrer arm and a water-oil frying system. A methodology based on the DIN VDI 2225 standard was adopted to select the fryer design parameters. The proposed fryer has a capacity of 60 liters of oil and 15 liters of water. Its design incorporated a heating system using guitar-type burners. In addition, it is equipped with a remover arm consisting of 5 "L"-shaped paddles designed to prevent potatoes from sticking. The arm structure was designed using finite element techniques. To ensure food grade and avoid corrosion, select AISI 304 stainless steel as the construction material. The fryer has a heat capacity of 230,000 BTU/h and uses four burners controlled by a millivolt valve. The remover arm has an angular speed of 25 RPM and is driven by a 0.25 Hp single-phase reducer motor. Consequently, it is concluded that, with the heating capacity of 60 liters of oil, the maximum production reaches 30 kg/h. The heating process to 180°C takes approximately 30 minutes, and decreasing the temperature in 20°C intervals requires about 5 minutes. The resulting snacks have a golden color, adequate shape, and resistance and maintain these characteristics in 50 g containers, ensuring the final product's quality.

Keywords: <INDUSTRIAL FRYER> <STIRrer ARM> <HEATING SYSTEM>
<STAINLESS STEEL> <HEAT CAPACITY>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

El tema del presente proyecto técnico es el diseño de una freidora industrial, circular cuya fuente de energía es el gas de uso común, y que cuenta con un sistema de agua-aceite para mejorar la calidad de la fritura garantizando una mayor duración del aceite usado. Adicionalmente cuenta con las características de automatización necesarias para un incremento en la eficiencia y la consistencia de la producción de los alimentos fritos como son el control de temperatura, tiempo de fritura, encendido/apagado y el control de giro del brazo removedor de aceite.

Las freidoras industriales son equipos esenciales en la industria alimentaria, utilizadas para cocinar alimentos en grandes cantidades con una alta eficiencia y consistencia. El diseño de una freidora industrial debe tener en cuenta diversos factores, como el tipo y cantidad de alimentos cocinados, la eficiencia energética, la seguridad y la higiene alimentaria. El diseño de la freidora industrial puede variar según el tipo de freidora, como las freidoras de cinta transportadora o de inmersión, y según la fuente de energía, como las freidoras eléctricas o a gas. Sin embargo, en el país aún no se han encontrado empresas que se dediquen a fabricar freidoras con todas estas características juntas, en este sentido, el diseño de una freidora industrial que recoja estos parámetros resultó ser de gran interés para la industria “Proveedora”.

La metodología aplicada para el diseño y construcción de la freidora industrial fue la metodología QFD (Quality Function Deployment) aplicando un enfoque sistemático utilizado para diseñar y desarrollar la freidora enfocada en las necesidades y expectativas de los clientes. Esta metodología sirvió principalmente para identificar y priorizar los requisitos de la empresa, y de este modo se logró establecer objetivos de diseño y desarrollar planes de acción para cumplir con estos objetivos.

Para concluir, mediante este proyecto técnico se alcanza el principal objetivo que es el diseño y construcción de una freidora industrial circular a gas semi automatizada con brazo removedor y sistema de fritura agua-aceite para la elaboración de snacks de papa, a través de una serie de pasos que se basan en determinar los parámetros de diseño, la aplicación de softwares CAD y CAE para validar el diseño conceptual y de materialización, y finalmente la construcción y puesta en marcha de la freidora.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las freidoras son aparatos de cocina diseñados para freír diferentes tipos de alimentos. La historia de la fritura profunda se remonta a culturas antiguas, donde la gente usaba aceite caliente para cocinar alimentos en ollas o woks sobre una llama abierta. La primera freidora comercial fue desarrollada en el siglo XIX por el chef francés Francois Appert. Era una olla grande de hierro fundido con una fuente de calor incorporada que permitía freír consistentemente a alta temperatura. La freidora rápidamente ganó popularidad en restaurantes y cafeterías, ya que permitía preparar grandes cantidades de alimentos fritos de forma rápida y sencilla (Bermeo, 2018).

A lo largo del tiempo estos aparatos han ido evolucionando y generalmente consisten en un recipiente o tanque grande para contener el aceite de cocina, un elemento calefactor para calentar el aceite a la temperatura deseada y un sistema transportador para mover los alimentos a través del aceite. Sin embargo, debido a la gran cantidad de modelos existentes en el mercado, las industrias optan por freidoras baratas que no cumplen con los estándares de calidad, desperdician grandes cantidades de aceite y son poco higiénicas. Es por ello por lo que el correcto diseño de una freidora industrial resulta de gran importancia sí se requiere controlar significativamente la eficiencia, seguridad y la calidad del producto final en donde cada aspecto del diseño y la construcción de esta freidora será elaborado cuidadosamente considerando la minimización de riesgos y un rendimiento mejorada. Brindando de esta manera beneficios a la empresa denominada “Provedora Industrial”, ubicada en la ciudad de Riobamba en su nueva línea de producción de snacks, en el tiempo de vida útil que garantice la freidora, cuya finalización del diseño y construcción está planteada para el período abril - agosto del año 2023.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación práctica

En general, una freidora industrial es un aparato práctico y esencial para cualquier cocina comercial o instalación de procesamiento de alimentos que sirva alimentos fritos. Es por ello por lo que el presente proyecto ha sido propuesto por la empresa “Provedora Industrial” directamente a la autora del trabajo, enfocado en una mejora de eficiencia al freír alimentos, de manera que se pueda ahorrar tiempo y energía en una cocina ocupada o en una línea de producción de alimentos.

1.2.2. Justificación teórica

Ecuador es un país en el que la industria alimenticia está en pleno auge, por lo cual se requieren de aparatos que faciliten el trabajo e incrementen la productividad. Hay varios tipos de freidoras industriales disponibles en el mercado, incluidas las freidoras por lotes, las freidoras continuas y

las freidoras híbridas, sin embargo, la mayor parte de estas freidoras son importadas lo cual genera una inversión mayor que no todos están dispuestos a pagar, aunque existen muchos constructores ecuatorianos que se dedican a fabricar estos aparatos, no lo hacen como se debería, obvian algunas partes importantes y la automatización es nula o muy básica. Adicionalmente, y casi en su totalidad las freidoras usadas en las industrias ecuatorianas son solo de aceite, lo cual genera un gran desperdicio de esta materia prima y contaminación cruzada en el caso de que se frían diferentes tipos de alimentos en el mismo aceite. Es por ello por lo que, al usar una freidora a base de agua y aceite, estos problemas se minimizan debido a que el agua serviría como un filtro acumulador de restos de comida, permitiendo que el aceite dure más tiempo y que los sabores de los alimentos no se mezclen entre sí, incluso al ser fritos al mismo tiempo. Finalmente, desde el punto de vista de la productividad, este tipo de freidora permitirá a sus propietarios obtener un ahorro considerable en los costos de operación, mantenimiento y de materias primas.

1.2.3. Justificación metodológica

Este proyecto considera el conjunto constituido por el marco teórico, metodologías de diseño, la construcción y automatización de la freidora industrial de agua y aceite para el proceso de fritado de snacks, en donde se pretende encontrar la máxima eficiencia en el uso del aceite sin que este llegue a ser nocivo para la salud humana.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y construir una freidora industrial circular a gas semi automatizada con brazo removedor y sistema de fritura agua-aceite para la elaboración de snacks de papa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos funcionales y parámetros de diseño.
- Realizar el diseño conceptual de la freidora mediante software CAD de acuerdo con los requerimientos funcionales.
- Realizar el diseño de materialización mediante software CAE.
- Construir la freidora industrial circular a gas semi automatizada con brazo removedor y sistema de fritura agua-aceite.
- Evaluar los resultados de las pruebas de funcionamiento de la freidora.

1.4. Alcance

El proyecto contempla el diseño conceptual y de detalle de la freidora de agua y aceite, así como su automatización, permitiendo que se pueda tener un correcto control de la temperatura y tiempo de freído. Adicionalmente su diseño consideró características de seguridad que ayuden a prevenir accidentes y lesiones en la cocina. Estos pueden incluir interruptores de apagado automático, controles de temperatura y canastas para freír que evitan salpicaduras y derrames.

Esta freidora industrial pretende ayudar a la empresa a aumentar su rentabilidad al permitir cocinar grandes cantidades de alimentos de manera rápida y consistente. Esto puede ayudar a reducir el desperdicio, mejorar la eficiencia y aumentar la satisfacción del cliente, lo que puede generar negocios repetidos y reseñas positivas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción general de una freidora industrial

Una freidora industrial es un aparato de cocina utilizado en cocinas comerciales y plantas de procesamiento de alimentos para freír grandes cantidades de alimentos de forma rápida y eficiente (Shieh, 2022). Las freidoras industriales están diseñadas para manejar grandes cantidades de alimentos y, por lo general, se usan para freír alimentos como papas fritas, pollo, pescado y donas. Están disponibles en modelos eléctricos y de gas y vienen en varios tamaños, desde pequeñas unidades de mostrador hasta modelos grandes de piso que pueden freír cientos de libras de alimentos por hora. Las freidoras industriales generalmente consisten en un tanque o recipiente grande lleno de aceite de cocina, un elemento calefactor o quemador que calienta el aceite a la temperatura deseada y una canasta o sistema transportador que sostiene la comida mientras se fríe. A menudo se incluyen funciones de seguridad como interruptores de apagado automático y protección contra sobre temperatura para evitar accidentes y garantizar un funcionamiento seguro (Bueno, 2021).

2.2. Tipos de freidoras industriales

Existen varios tipos de freidoras industriales, cada una con características y funcionalidades específicas para adaptarse a las necesidades de diferentes tipos de negocios y alimentos. A continuación, se enumeran y describen algunos de los tipos más comunes de freidoras (Davis 2020):

2.2.1. Freidora de gas

Una freidora a gas es un tipo de equipo de cocina que utiliza gas como fuente de energía para calentar el aceite en su interior y cocinar los alimentos sumergidos en él. Este tipo de freidoras son comunes en entornos comerciales y se utilizan para freír grandes cantidades de alimentos de manera eficiente y rápida.

Las freidoras a gas están diseñadas con un quemador de gas que se encuentra debajo del tanque de aceite. Este quemador calienta el aceite a la temperatura deseada para freír los alimentos. Además, estas freidoras suelen estar equipadas con controles de temperatura precisos que permiten ajustar la temperatura del aceite para asegurar una cocción uniforme y evitar el sobrecalentamiento del aceite. En general, las freidoras a gas son más potentes que las freidoras eléctricas y son ideales para negocios que requieren una alta producción de alimentos fritos, como restaurantes, bares y cadenas de comida rápida (Equinox, 2019).



Ilustración 2-1: Freidora industrial a gas

Fuente: Equinox, 2019

2.2.2. *Freidora eléctrica*

Una freidora eléctrica industrial es un equipo de cocina que utiliza electricidad como fuente de energía para calentar el aceite en su interior y cocinar los alimentos sumergidos en él (Borghì 2008). Este tipo de freidoras son comunes en entornos comerciales y se utilizan para freír grandes cantidades de alimentos de manera eficiente y rápida.

Las freidoras eléctricas industriales suelen estar diseñadas con una resistencia eléctrica que se sumerge en el aceite, calentando el aceite a la temperatura deseada para freír los alimentos. Estas freidoras también pueden estar equipadas con controles de temperatura precisos que permiten ajustar la temperatura del aceite para asegurar una cocción uniforme y evitar el sobrecalentamiento del aceite. En general, las freidoras eléctricas son una opción popular para las cocinas comerciales que no tienen acceso a una fuente de gas o para aquellos que prefieren un equipo más fácil de mantener y limpiar (Eunasa, 2018).



Ilustración 2-2: Freidora industrial eléctrica.

Fuente: Eunasa, 2018

2.2.3. *Freidora de inmersión*

Las freidoras de inmersión suelen tener un tanque de aceite que se calienta con un elemento de calentamiento eléctrico o con gas. Los alimentos se colocan en una cesta o en una rejilla de metal y se sumergen en el aceite caliente para cocinarse. Algunas freidoras de inmersión tienen

una tapa para evitar que el aceite caliente salpique o se derrame. Estas freidoras también suelen estar equipadas con controles de temperatura precisos que permiten ajustar la temperatura del aceite para asegurar una cocción uniforme y evitar el sobrecalentamiento del aceite. En general, las freidoras de inmersión son una opción popular para aquellos que necesitan freír grandes cantidades de alimentos de manera eficiente y rápida (Corichi 2014).



Ilustración 2-3: Freidora industrial de inmersión.

Fuente: Corichi, 2014

2.2.4. Freidora continua

Una freidora continua es un tipo de freidora que utiliza una cinta transportadora para mover los alimentos a través de un tanque de aceite caliente y cocinarlos de manera uniforme. Este tipo de freidoras son comunes en entornos comerciales y se utilizan para freír alimentos como pollo, papas fritas, aros de cebolla y mariscos (Giménez, 2017).



Ilustración 2-4: Freidora industrial continua

Fuente: Giménez, 2017

2.2.5. Freidora sin aceite

La freidora sin aceite funciona mediante la circulación de aire caliente a alta velocidad que cocina los alimentos de manera uniforme y crujiente. En lugar de sumergirse en aceite caliente, los alimentos se colocan en una cesta o en una rejilla de metal que se coloca en la freidora. Estas freidoras también suelen estar equipadas con controles de temperatura precisos que permiten ajustar la temperatura del aire para asegurar una cocción uniforme y evitar el sobrecalentamiento del equipo. En general, las freidoras sin aceite son una opción popular para aquellos que desean disfrutar de alimentos fritos sin tener que preocuparse por los efectos negativos del exceso de aceite en su dieta (Porcel, 2022).



Ilustración 2-5: Freidora industrial sin aceite.

Fuente: Porcel, 2022

En resumen, los diferentes tipos de freidoras industriales ofrecen diferentes funcionalidades y se adaptan a diferentes necesidades de negocios y alimentos. Al elegir una freidora, es importante considerar factores como la capacidad, la eficiencia energética y las características de seguridad para asegurarse de que se adapte a las necesidades específicas del negocio.

2.3. Partes de una freidora industrial

Una freidora industrial consta de varias partes que trabajan juntas para freír los alimentos. Las partes específicas de una freidora industrial pueden variar según el tipo y modelo, pero las siguientes son algunas partes comunes (Smith 2022):

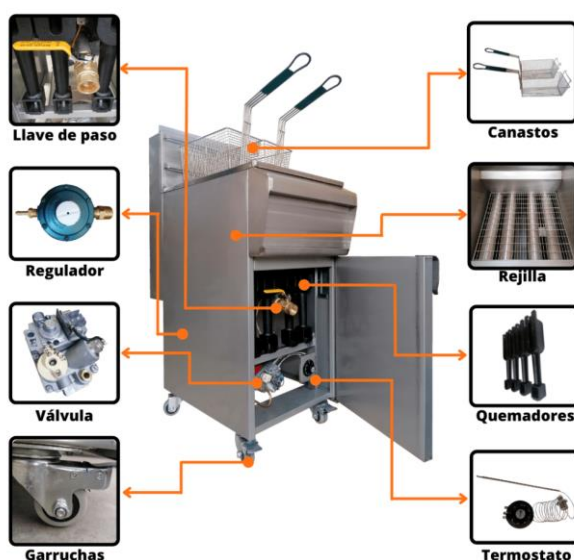


Ilustración 2-6: Partes de una freidora industrial

Fuente: Smith, 2022

2.3.1. Frypot

El frypot es el componente principal de una freidora industrial, y es un recipiente grande y profundo que contiene el aceite de cocina y los alimentos. Generalmente se lo conoce como olla y en la mayoría de las ocasiones está hecha de acero inoxidable que se calienta mediante un elemento calefactor o quemador (García, 2022).



Ilustración 2-7: Frypot rectangular para una freidora industrial

Fuente: García, 2022

2.3.2. Elemento calefactor o quemador

El elemento calefactor o quemador de una freidora industrial es uno de los componentes más importantes del sistema de cocción. Su función principal es calentar el aceite en la cuba de la freidora a la temperatura adecuada para cocinar los alimentos. Suele ser una resistencia eléctrica o un quemador a gas, dependiendo del tipo de freidora industrial. En las freidoras a gas, el quemador está ubicado debajo de la cuba y se enciende mediante una llama de gas. A medida que el gas se quema, produce calor que se transfiere al aceite de la cuba (Milena y Ramírez, 2007a).



Ilustración 2-8: Elemento quemador de una freidora a gas

Fuente: Milena y Ramírez, 2007

2.3.3. Termostato

El termostato es un dispositivo que se enciende y apaga automáticamente para mantener la temperatura del aceite dentro de un rango específico (Zaska, 2020). Este dispositivo puede ser analógico o digital, y se puede ajustar para establecer la temperatura deseada. El termostato se encarga de activar o desactivar la resistencia o el quemador de la freidora para mantener el aceite a la temperatura deseada. Es importante que el termostato sea preciso y confiable para garantizar que los alimentos se cocinen de manera uniforme y sin quemarse. Además, debe estar ubicado en un lugar estratégico de la freidora para medir la temperatura del aceite de manera efectiva.



Ilustración 2-9: Termostato de una freidora industrial

Fuente: Zaska, 2020

2.3.4. *Cesta*

La cesta de una freidora industrial es un componente esencial en el proceso de freír alimentos. Es el recipiente donde se colocan los alimentos a freír antes de sumergirlos en el aceite caliente de la cuba de la freidora. La cesta suele estar hecha de materiales resistentes al calor, como acero inoxidable o aluminio, y tiene un mango para poder sumergir y sacar la cesta del aceite de manera segura (Soto, 2021).

Es importante que la cesta tenga un tamaño adecuado para la cantidad de alimentos que se van a freír, de manera que puedan cocinarse de manera uniforme y sin amontonarse en la cesta. También debe estar diseñada de manera que permita que el exceso de aceite escurra de los alimentos, para evitar que queden demasiado grasosos. La cesta es un recipiente metálico extraíble que contiene los alimentos a freír. Por lo general, está hecho de acero inoxidable y tiene un mango para facilitar su extracción.



Ilustración 2-10: Cestas con tope de gama para freidora industrial a gas

Fuente: Soto, 2021

2.3.5. *Sistema de filtración de aceite*

El sistema de filtración de aceite en una freidora es un componente importante para mantener la calidad del aceite y prolongar su vida útil. La filtración del aceite ayuda a eliminar los residuos y los sedimentos que se acumulan en el fondo de la cuba durante el proceso de freír alimentos.

Hay varios tipos de sistemas de filtración de aceite que se utilizan en las freidoras industriales. Uno de los sistemas más comunes es un filtro incorporado que se encuentra dentro de la cuba de la freidora. Este filtro se compone de una malla metálica y una bandeja que se ubica en la parte inferior de la cuba. A medida que el aceite fluye a través de la malla, los residuos y sedimentos quedan atrapados en la bandeja, lo que permite que el aceite limpio vuelva a la cuba. algunas freidoras industriales tienen un sistema de filtración de aceite que filtra y limpia el aceite de cocina, lo que permite reutilizarlo varias veces (Soto, 2021).



Ilustración 2-11: Filtro de aceite para freidora industrial

Fuente: Correa, 2018

2.3.6. *Panel de control*

El panel de control de una freidora industrial permite al operador controlar la temperatura, el tiempo y otras variables del proceso de freír alimentos. Se ubica en la parte superior o frontal de la freidora y puede variar en su diseño y funcionalidad dependiendo del modelo.

El panel de control de una freidora suele tener interruptores o botones para encender y apagar la freidora, así como para ajustar la temperatura del aceite y el tiempo de cocción. También puede incluir indicadores luminosos para mostrar el estado de la freidora, como cuando la resistencia o el quemador están encendidos o cuando el aceite ha alcanzado la temperatura deseada (Valencia y Rodríguez, 2021).



Ilustración 2-12: Panel de control de una freidora a presión

Fuente: Valencia y Rodríguez, 2021

2.3.7. Válvula de drenaje

La válvula de drenaje es un componente que permite al operador vaciar el aceite de la cuba de manera segura y fácil. Se ubica en la parte inferior de la cuba de la freidora y se conecta a un tubo o manguera para dirigir el aceite hacia un recipiente de recolección.

La válvula de drenaje puede ser manual o automática. En una válvula de drenaje manual, el operador gira una palanca o un botón para abrir la válvula y permitir que el aceite fluya hacia el recipiente de recolección (Soto, 2021). En una válvula de drenaje automática, el operador puede activar la válvula mediante un interruptor o un botón en el panel de control. Es importante que esta válvula sea fácil de usar y de limpiar para evitar obstrucciones y asegurar su correcto funcionamiento. Además, debe estar ubicada en un lugar accesible y seguro para evitar derrames de aceite y lesiones al operador.

2.3.8. Funciones de seguridad

Las freidoras industriales suelen tener funciones de seguridad, como interruptores de apagado automático, protección contra sobre temperatura y válvulas de alivio de presión para evitar accidentes y garantizar un funcionamiento seguro (Smith, 2022).

2.4. Control automático de una freidora industrial

El control automático es una característica común en muchas freidoras industriales modernas, que permite a los operadores establecer y mantener un nivel constante de temperatura y tiempo de cocción para una variedad de alimentos. Esto puede mejorar la calidad de los alimentos, reducir los tiempos de cocción y aumentar la eficiencia en el uso de energía (Valencia y Rodríguez 2021).

El control automático en una freidora industrial puede incluir características como, un controlador de temperatura, temporizador, sensores de nivel de líquido y un sistema de seguridad, adicionalmente algunas freidoras tienen características avanzadas como pantallas digitales, programas preestablecidos para facilitar el proceso de cocción, y conectividad Wi-Fi.

2.4.1. Control automático de temperatura

El control automático de la temperatura es una característica clave de las freidoras modernas, ya que ayuda a garantizar temperaturas de fritura uniformes y a mejorar la calidad de los alimentos fritos (Muñoz, 2016). Hay varios métodos utilizados para el control automático de la temperatura en una freidora:

2.4.1.1. Control de termostato

Este es el tipo más básico de control de temperatura, donde se usa un termostato para controlar la temperatura del aceite y encender y apagar el elemento calefactor según sea necesario para mantener una temperatura establecida.

2.4.1.2. Control de temperatura digital

Este tipo de control utiliza una pantalla digital para mostrar la temperatura actual del aceite y permite al usuario establecer la temperatura deseada. Luego, la freidora usa un microprocesador para ajustar el elemento calefactor y mantener la temperatura deseada.

2.4.1.3. Control de temperatura programable

Este tipo de control permite al usuario programar diferentes configuraciones de temperatura para diferentes tipos de alimentos, como papas fritas o nuggets de pollo. Luego, la freidora ajusta la temperatura automáticamente en función de los ajustes programados (Latmac, 2022).

2.4.1.4. Control de retroalimentación de temperatura

Este es un tipo de control más avanzado que utiliza sensores para monitorear la temperatura de los alimentos que se fríen, así como la temperatura del aceite. Luego, la freidora ajusta la temperatura automáticamente en función de los comentarios de los sensores, lo que garantiza que los alimentos se cocinen de manera uniforme y a la temperatura deseada.

En general, el control automático de la temperatura es una característica esencial de las freidoras, ya que ayuda a garantizar temperaturas de fritura uniformes, reduce el consumo de energía y mejora la calidad de los alimentos fritos.

2.4.2. Control automático de tiempo

El control automático del tiempo es otra característica importante que se encuentra en las freidoras modernas, que permite al usuario establecer el tiempo de fritura deseado y detener automáticamente el proceso de fritura cuando se acabe el tiempo (Valencia y Rodríguez, 2021).

Existen varios métodos utilizados para el control automático del tiempo en una freidora:

2.4.2.1. Temporizador mecánico

Este es el tipo más básico de control de tiempo, donde se utiliza un temporizador mecánico para configurar el tiempo de fritura. El temporizador generalmente está conectado al elemento calefactor y apaga la freidora cuando se agota el tiempo establecido.

2.4.2.2. Temporizador digital

Este tipo de control utiliza una pantalla digital para mostrar el tiempo de fritura establecido y permite al usuario ajustar el tiempo según sea necesario. Luego, la freidora usa un microprocesador para controlar el tiempo y apaga automáticamente el elemento calefactor cuando finaliza el tiempo establecido.

2.4.2.3. Control de tiempo programable

Este tipo de control permite al usuario programar diferentes tiempos de fritura para diferentes tipos de alimentos, como papas fritas o nuggets de pollo. Luego, la freidora ajusta el tiempo de fritura automáticamente en función de los ajustes programados.

2.4.2.4. Control de tiempo basado en sensores

Este es un tipo de control más avanzado que utiliza sensores para monitorear los alimentos que se fríen y ajustar el tiempo de fritura en consecuencia (Milena y Ramírez, 2007b). Por ejemplo, si la comida se cocina más rápido de lo esperado, la freidora puede reducir automáticamente el tiempo de fritura para evitar que se cocine demasiado.

En general, el control automático del tiempo es una característica importante de las freidoras, ya que ayuda a garantizar tiempos de cocción uniformes, reduce el consumo de energía y mejora la calidad de los alimentos fritos.

2.4.3. Control automático de calidad del aceite

Para realizar el control de la calidad del aceite en una freidora se necesitan de sensores de aceite que pueden ser de varios tipos, pero los más comunes son los sensores de temperatura y los sensores de acidez.

2.4.3.1. Sensor de temperatura

Monitorea la temperatura del aceite para garantizar que se mantenga dentro del rango adecuado para una cocción óptima de los alimentos (Latmac, 2022). Si la temperatura del aceite sube demasiado, puede afectar la calidad de los alimentos y acelerar la degradación del aceite. Los sensores de temperatura pueden emitir una alarma o alerta al operador si la temperatura del aceite está fuera del rango deseado.

2.4.3.2. Sensor de acidez

Mide el nivel de acidez del aceite para determinar cuándo es necesario cambiarlo. El aceite viejo o usado puede aumentar la acidez, lo que afecta el sabor y la calidad de los alimentos y puede ser perjudicial para la salud. Los sensores de acidez pueden ser más precisos que los sensores de temperatura y pueden ayudar a prolongar la vida útil del aceite.

2.4.3.3. Control automático de encendido/apagado

El control automático de encendido en una freidora industrial es una característica que permite a los operadores encender y apagar la freidora de manera fácil y rápida. Esta característica puede ser muy útil en entornos de cocina donde se necesitan tiempos de respuesta rápidos y eficientes (Milena y Ramírez, 2007b). La mayoría de las freidoras industriales modernas cuentan con sistemas de control automático de encendido que funcionan de la siguiente manera:

2.4.3.4. Botón de encendido/apagado

El botón de encendido/apagado en una freidora es un componente esencial que permite a los operadores encender y apagar la freidora de manera fácil y rápida. Al pulsar el botón de encendido, se activa la fuente de calor y el piloto de encendido se enciende para indicar que la freidora está en funcionamiento. Por otro lado, al pulsar el botón de apagado, se detiene la fuente de calor y el piloto de encendido se apaga para indicar que la freidora está apagada y lista

para su limpieza o mantenimiento. Esta característica es muy útil en entornos de cocina donde se necesitan tiempos de respuesta rápidos y eficientes para la preparación de alimentos.

2.4.3.5. Piloto de encendido

El piloto de encendido en una freidora es una luz indicadora que se enciende cuando la fuente de calor está en funcionamiento y la freidora está lista para su uso. Esta característica es importante porque permite a los operadores saber cuándo la freidora está lista para cocinar alimentos y evitar que se desperdicie energía y tiempo esperando a que la freidora alcance la temperatura adecuada. Además, el piloto de encendido también puede indicar si hay algún problema con la fuente de calor o el sistema de control de temperatura de la freidora, lo que puede ayudar a los operadores a realizar el mantenimiento o reparación necesaria.

2.4.3.6. Temporizador

El temporizador en una freidora es una característica que permite a los operadores programar el tiempo de cocción de los alimentos. Al programar el temporizador, la freidora se detendrá automáticamente después del tiempo establecido, lo que ayuda a garantizar que los alimentos se cocinen de manera uniforme y sin exceso de cocción (Latmac, 2022). Además, el temporizador también puede ser útil para ayudar a los operadores a administrar su tiempo y preparar múltiples órdenes al mismo tiempo. Algunos modelos de freidoras también pueden incluir características adicionales en su temporizador, como alarmas audibles o visuales para indicar cuando se ha alcanzado el tiempo de cocción establecido o cuando los alimentos están listos para ser retirados de la freidora.

En resumen, el control automático de encendido en una freidora industrial permite a los operadores encender y apagar la freidora de manera fácil y rápida, lo que puede ahorrar tiempo y aumentar la eficiencia en la cocina. La mayoría de las freidoras industriales modernas cuentan con sistemas de control de encendido y apagado que también incluyen características de control de temperatura y temporización para mejorar aún más la eficiencia y la precisión en la cocción.

2.5. Material de construcción de una freidora industrial

Cuando se trata de construir una freidora industrial, se pueden utilizar varios materiales, pero el mejor material dependerá de los requisitos específicos de la freidora (Valencia y Rodriguez, 2021). Estos son algunos materiales comunes utilizados en la construcción de freidoras industriales y sus propiedades:

2.5.1. Acero inoxidable

El acero inoxidable es una opción popular para freidoras industriales debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza (Uddeholm, 2021). Puede soportar altas temperaturas y también es resistente a rayones y abolladuras, lo que lo hace ideal para uso intensivo.

2.5.2. Acero al carbono

El acero al carbono es otro material popular utilizado en la construcción de freidoras debido a su resistencia y asequibilidad. También es un buen conductor del calor, lo que puede ayudar a mantener una temperatura de cocción constante.

2.5.3. Aluminio

El aluminio es un material liviano que también es un excelente conductor del calor, por lo que es una buena opción para freidoras industriales. También es resistente a la corrosión y fácil de limpiar, pero puede que no sea tan duradero como el acero inoxidable o el acero al carbono.

2.5.4. Hierro fundido

El hierro fundido es un material duradero que puede soportar altas temperaturas y es ideal para un uso intensivo. Sin embargo, es pesado y puede requerir más mantenimiento que otros materiales.

En general, el acero inoxidable a menudo se considera el mejor material para freidoras industriales debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza. Por lo que este material será el metal utilizado en el diseño de esta.

2.6. Sistema agua-aceite para freidoras

El sistema agua-aceite para freidoras es una tecnología de filtrado que se utiliza para prolongar la vida útil del aceite utilizado en las freidoras y reducir los costos de reemplazo. Este sistema utiliza una combinación de agua y aceite en un tanque separado que se coloca en la freidora.

Cuando los alimentos se fríen en el aceite caliente, las partículas de alimentos y los residuos se acumulan en el aceite. Con el tiempo, estos residuos pueden afectar el sabor y la calidad del aceite, así como aumentar el riesgo de incendios y la contaminación del ambiente. El sistema agua-aceite utiliza la propiedad de que el agua y el aceite no se mezclan para separar los residuos de los alimentos y el aceite. El agua y el aceite se separan en capas y los residuos de los alimentos se quedan en la capa de agua (Mils, 2023).

Una vez que se separan los residuos de los alimentos, el agua se drena del tanque y se recicla o se desecha, mientras que el aceite se mantiene en la freidora para su reutilización. El sistema agua-aceite ayuda a mantener el aceite limpio y prolonga su vida útil, lo que reduce los costos de reemplazo y los residuos generados. Este sistema es comúnmente utilizado en entornos comerciales como restaurantes y cocinas industriales donde se utilizan grandes cantidades de aceite para freír alimentos.

Una freidora con sistema de agua-aceite, es un aparato de cocina que está diseñado para freír alimentos usando una combinación de agua y aceite. El aparato cuenta con una o varias cestas que se sumergen en un depósito lleno de una mezcla de ambos líquidos, en donde el agua actúa como un filtro permanente debido a su diferencia de densidad. En las freidoras convencionales, los residuos de alimentos que se desprenden durante la fritura se acumulan en el fondo de la

freidora, lo que puede provocar la necesidad de cambiar el aceite con frecuencia o filtrarlo manualmente. Si el aceite no se filtra adecuadamente o hay demasiados residuos, puede generar una mezcla de sabores no deseada en los alimentos (Worten, 2017).

En contraste, las freidoras de agua y aceite tienen un sistema de filtrado más efectivo. Los residuos de alimentos se acumulan en la sección de agua en el fondo de la freidora, lo que permite su eliminación sin desperdiciar el aceite. Esto permite que el aceite se mantenga puro durante más tiempo, lo que permite freír diferentes tipos de alimentos con el mismo aceite sin mezclar sabores ni generar exceso de residuos. Este tipo de freidoras cuentan con un grifo de vaciado en la parte inferior de la cubeta que contiene los líquidos, brindando la posibilidad de vaciar el agua con residuos de los alimentos para después colocar de nuevo el agua limpia. Adicionalmente la limpieza de las freidoras suele ser sencilla, dado que al estar cambiando constantemente el agua no hay una acumulación de grasa no deseada en las paredes y esquinas de la freidora.

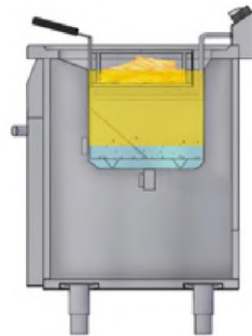


Ilustración 2-13: Esquema de una freidora con un sistema agua-aceite

Fuente: Worten, 2017

Generalmente, las freidoras de agua y aceite tienen una resistencia móvil que permite calentar solo la cantidad necesaria de aceite para cada fritura. Esto acelera el proceso de fritura y prolonga la vida útil del aceite. Esta característica es una ventaja sobre las freidoras con resistencia fija, que requieren calentar todo el aceite disponible, independientemente de la cantidad de alimentos a cocinar.

2.7. Tasa de rotación de aceite

La tasa de rotación del aceite de una freidora es la frecuencia con la que se cambia el aceite utilizado en la freidora. Esta tasa de rotación es importante para garantizar que el aceite se mantenga en buen estado y evitar problemas de seguridad e higiene. El aceite utilizado en las freidoras se degrada con el tiempo debido a la exposición al aire, el calor y los residuos de alimentos. A medida que el aceite se degrada, su calidad se deteriora y puede afectar el sabor y la calidad de los alimentos fritos. Además, el aceite viejo puede producir compuestos tóxicos que pueden ser perjudiciales para la salud (Fainca, 2014).

Para evitar estos problemas, es importante cambiar el aceite de la freidora regularmente. La tasa de rotación del aceite depende de varios factores, como el tipo de alimento que se está friendo, la temperatura del aceite y la cantidad de aceite utilizado al igual que su nivel de acidez. En general, se recomienda cambiar el aceite de la freidora después de cada 8 horas de uso continuo, sin embargo, con la implementación de un sistema agua-aceite, esta tasa de rotación variará, generando un lapso mayor de tiempo entre los cambios de aceite de la freidora (Jimenez, 2019).

2.7.1. Cuidado del aceite en la freidora

El cuidado adecuado del aceite es fundamental para garantizar la seguridad, la calidad y el sabor de los alimentos fritos en una freidora industrial (IngeMaq, 2023). Para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

2.7.1.1. Filtrado del aceite

Los residuos de alimentos y las partículas pueden acelerar el proceso de degradación del aceite. Es importante filtrar el aceite después de cada uso para eliminar estos residuos y prolongar la vida útil del aceite. Utilizar un sistema de filtrado de aceite puede facilitar este proceso.

2.7.1.2. Controlar la temperatura del aceite

El aceite se degrada más rápido a temperaturas más altas. Es importante controlar la temperatura del aceite para asegurarse de que no se sobrecaliente y para prolongar su vida útil. También es importante no mezclar diferentes tipos de aceite en la misma freidora.

2.7.1.3. Utilizar aceite de alta calidad

Utilizar aceites de alta calidad que estén diseñados para freír alimentos puede prolongar la vida útil del aceite y mejorar la calidad y el sabor de los alimentos fritos.

2.7.1.4. Almacenar el aceite adecuadamente

Es importante almacenar el aceite en un lugar fresco y seco para evitar la oxidación y la degradación del aceite. También es importante cubrir el aceite cuando no se está utilizando para evitar la exposición al aire.

2.8. Elaboración de snacks de papa

La elaboración de snacks de papa a nivel industrial sigue un proceso similar al de la elaboración de cualquier otro snack en fritura profunda, con diferencias de temperatura y tiempo. Este proceso se basa inicialmente en la recepción y selección de las papas en grandes cantidades, inspeccionadas para garantizar su calidad, para posteriormente continuar con la limpieza y pelado. Luego, se pelan en máquinas peladoras de alta capacidad. Las papas peladas se cortan automáticamente en rodajas o bastones en equipos de corte industrial. Posteriormente, las rodajas o bastones se lavan en máquinas para eliminar el almidón superficial y garantizar una mejor textura. A continuación, se tiene el proceso de fritura, que es el que interesa en este trabajo, aquí las rodajas o bastones de papa se introducen en el aceite caliente de la freidora que debe tener una temperatura entre 160-180°C para garantizar una buena fritura. Estas freidoras

industriales están diseñadas para freír grandes volúmenes de snacks de papa de manera eficiente y uniforme. Las papas se sumergen en el aceite caliente y se cocinan hasta que alcanzan la textura y el color deseados. Después de la fritura, los snacks de papa pasan por un proceso de reposo y de escurrido para eliminar el exceso de aceite. Para finalmente ser sazonadas y empaquetadas (Katherine et al., 2018).

La freidora de este trabajo está enfocada en la fritura de snacks de papa, sin embargo, puede ser utilizada en alimentos similares siempre y cuando se calibre el equipo a la temperatura requerida. Que generalmente para una fritura profunda se recomienda que no sobrepase los 190°C.

2.9. Despliegue de la función calidad (QFD)

El despliegue de la función calidad, mejor conocida por sus siglas QFD, es una metodología que tiene como objetivo el buscar la satisfacción de las necesidades de los usuarios, llevando sus requerimientos de diseño hasta la entrega del producto, garantizando una mayor calidad, menor costo, ventaja competitiva en el mercado, entre otras cosas. Este método de diseño implica el definir ¿qué es lo que hay que hacer? para posteriormente transformarlo a él ¿cómo debemos hacerlo?, es decir el lograr cambiar los requerimientos que determinado usuario entrega por requerimientos de producción, a través del uso de matrices y fases como se evidencia en la siguiente imagen (Olaya Escobar et al., 2005a).

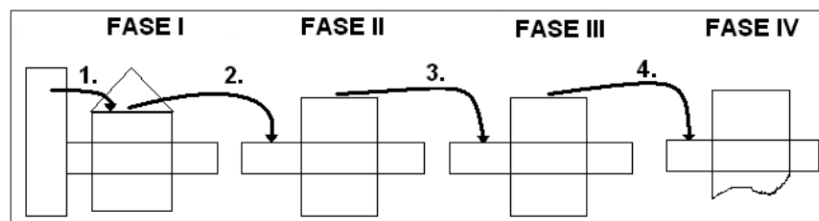


Ilustración 2-14: Fases de la función QFD

Fuente: Olaya, Escobar et al., 2005

De acuerdo con la ilustración se tiene que la fase uno de la función de calidad es transformar los requerimientos del usuario a características de calidad. La fase dos corresponde a tomar dichas características de calidad para convertirlas en parámetros de procesos y finalmente, la fase cuatro toma estos parámetros de procesos para transformarlos a requerimientos de producción (Olaya Escobar et al., 2005b).

La metodología QFD tiene un núcleo en el que se basa su funcionamiento, y es un mapa conceptual que relaciona los RC (requerimientos del cliente) con los CT (características técnicas) mediante fórmulas matemáticas que se detallarán adecuadamente en las secciones de diseño de la freidora. Gracias al QFD se puede calcular las características que se agregaran o no a el nuevo producto. Sin embargo, esta metodología posee algunos fallos que hacen que su aplicación no siempre sea conveniente, como el que generalmente las metas definidas en el

proyecto son elegidas de forma subjetiva por el equipo de diseño, o según (Olaya Escobar et al., 2005b) que las decisiones son tomadas en su mayoría con información difusa.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico en un proyecto o tesis es la sección donde se describe y justifica el enfoque, métodos y técnicas utilizadas para llevar a cabo la investigación. Esta sección es crucial porque establece la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos. El marco metodológico debe proporcionar una descripción clara y detallada de los métodos utilizados para la recolección y análisis de datos, y debe justificar su elección a partir de consideraciones teóricas, prácticas y metodológicas. (Azuero, 2019)

El presente proyecto es de carácter experimental y explicativo, de modo que se analizaron las condiciones de seguridad y rigidez de la freidora mediante cálculos y simulaciones bajo las condiciones propuestas, adicionalmente se describió todo el proceso de diseño ejecutando pruebas de funcionamiento que se adhieran a los parámetros requeridos por la empresa para que finalmente en el siguiente capítulo se elabora un análisis de resultados para verificar que los objetivos planteados se cumplen.

3.1. Definición del producto

En base al análisis del material bibliográfico en el capítulo II de este proyecto, donde se revisó varios tipos de freidoras industriales y sus características, se las utilizará como modelos bases para el diseño, selección de componentes, simulación y construcción de la freidora del presente proyecto técnico. Para este capítulo se pretende seguir de manera planificada el desarrollo de la freidora que cumpla con las necesidades planteadas por el usuario y rigiéndose en todas las especificaciones técnicas y características.

3.2. Metodología de diseño

El diseño conceptual de la freidora industrial de este proyecto se elaboró mediante el diagrama de bloques mostrado en la Ilustración 15-3, y usando la metodología QFD.

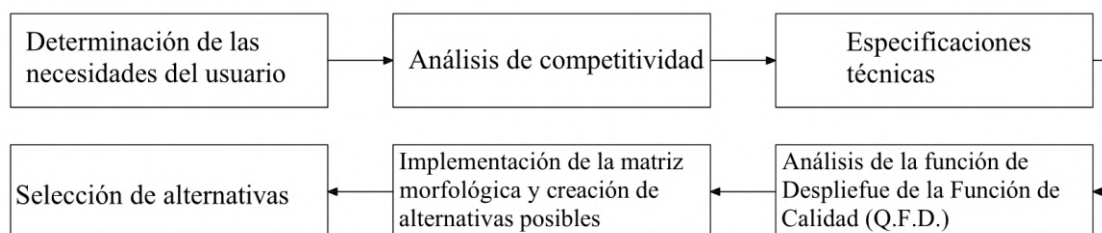


Ilustración 3-1. Diagrama de bloques para la elaboración del diseño conceptual de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

Mediante el uso de esta metodología, se dió solución al problema del diseño, planteando secuencias de acciones, procedimientos y transformando las necesidades del cliente en características del producto. La aplicación de este método inicia en la identificación de las necesidades del cliente y las características técnicas, para luego elaborar la matriz QFD en

donde se relacionaron las variables mencionadas dando prioridad a las características técnicas, para continuar con el diseño del producto y finalmente verificar la calidad de este.

3.3. Análisis QFD

Para el diseño de la freidora se utilizó la metodología QFD, la cual es una herramienta de gestión de calidad que se basa en traducir las necesidades y expectativas de los clientes en características específicas del producto o servicio, a través de un proceso sistemático de análisis y diseño. Esta metodología permite establecer una relación entre las necesidades del cliente y las características técnicas del producto o servicio, priorizando las características más importantes para los clientes y asegurando su satisfacción. La metodología QFD es útil en cualquier tipo de industria y puede ser aplicada en diferentes etapas del ciclo de vida de un producto o servicio.

3.3.1. Requerimientos del usuario

3.3.1.1. Voz del usuario

La voz del usuario es un concepto clave en la metodología QFD. Se refiere a la recopilación y análisis de las necesidades, expectativas y deseos de los clientes y usuarios finales, con el fin de incorporar estas perspectivas en el diseño y desarrollo de la freidora. Mediante el uso de las diversas técnicas de investigación de mercado, como encuestas y entrevistas a grupos focales, se determinaron las necesidades y expectativas de los posibles clientes de la freidora. Los resultados de la aplicación de estas técnicas se muestran en la Tabla 1.3.

Tabla 3-1: Requerimientos del usuario

Requerimientos del usuario	
1	Operación simple
2	Fácil mantenimiento
3	Capacidad de aceite de la cuba
4	Seguridad
5	Eficiencia energética
6	Temperatura regulable
7	Temporizador regulable
8	Material resistente a la corrosión

Realizado por: Paredes A, 2023

3.3.2. Requerimientos técnicos

3.3.2.1. Voz del ingeniero

La voz del ingeniero se incorpora en la matriz QFD para asegurar que el producto o servicio diseñado no solo cumpla con las necesidades y expectativas del cliente, sino también con los estándares técnicos y las restricciones de fabricación, costos y otros factores relevantes. A continuación, se muestran los requerimientos por parte del cliente para el diseño de la freidora que se transforman a características técnicas.

Tabla 3-2: Requerimientos técnicos

Requerimientos técnicos	
1	Temperatura de operación
2	Control automático de funciones principales
3	Capacidad máxima de aceite de la cuba (60L)
4	Largo máximo (1.0m)
5	Ancho máximo (1.0m)
6	Altura máxima (con brazo removedor) (1.5m)
7	Material según normativa de alimentación
8	Brazo removedor de aceite
9	Costo competitivo

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.2.2. Correlaciones

Para relacionar los requerimientos del usuario con los requerimientos técnicos de la freidora se utilizará una medición del grado de cumplimiento, dicha medida consta de 4 niveles: fuerte, mediano, bajo y ninguno, como se observa en la Tabla 3-3:

Tabla 3-3: Factor de incidencia

Relación voz del usuario y voz del ingeniero		
●	Relación fuerte	9
○	Relación moderada	3
▽	Relación débil	1
	Relación inexistente	0

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.3. Análisis de competitividad

El análisis de competitividad se incorpora en la matriz QFD para identificar las características técnicas necesarias para competir con éxito en el mercado, y para establecer objetivos de mejora en términos de calidad, costo, tiempo de entrega y otros factores importantes. También ayuda a identificar oportunidades para innovar y diferenciarse de la competencia. Este análisis se realizó mediante una evaluación de niveles de cumplimiento con valores del 1 al 5 como se observa en la Ilustración 3-16:

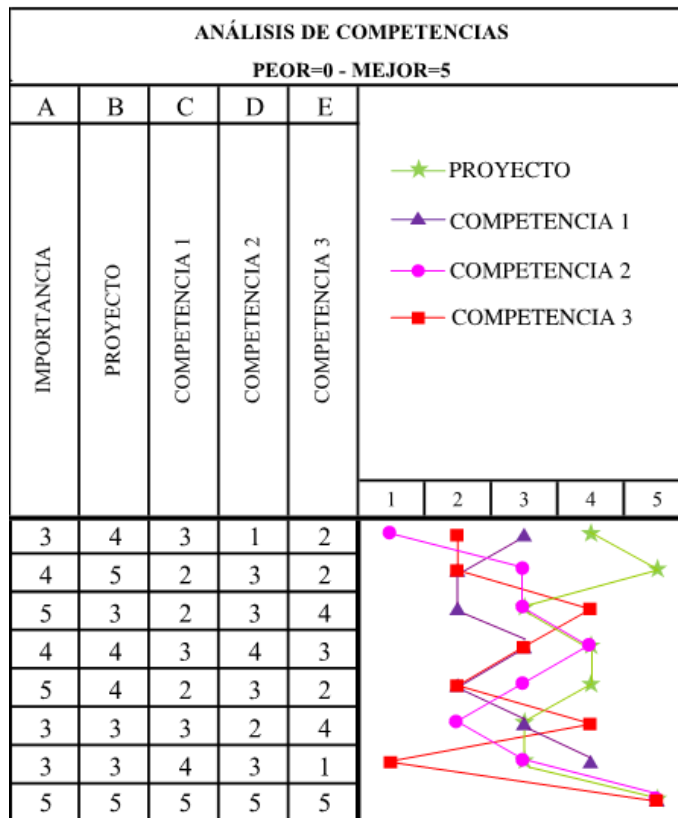


Ilustración 3-2: Análisis de competitividad

Realizado por: Paredes A., 2023

El valor de la ponderación que se le dió a cada una de las características analizadas es el resultado del producto entre el índice de mejora, el factor de venta y la importancia, en donde el factor de venta está dividido en niveles que son fuerte, posible y ninguno, cada uno con su respectivo valor numérico de 1.5, 12 y 1, la ponderación final calculada indica la importancia que tiene el mejorar determinada característica con los requerimientos técnicos y del cliente.

3.3.4. Evaluación técnica

La evaluación técnica de la importancia que tiene cada una de las características principales de la freidora se la obtiene mediante el uso de la ecuación 1:

$$Imp = \sum I_d \cdot S_{dt} \quad (1)$$

En donde:

Imp – Importancia del criterio evaluado

I_d – Incidencia de la característica técnica

S_{dt} – Valor de ponderación

La tabla 3.4 de la evaluación técnica corresponde a la parte inferior de la casa de calidad, en donde cada columna representa los criterios técnicos establecidos en la sección 3.3.2., que corresponden a temperatura máxima, control automático de funciones principales, capacidad máxima, largo máximo, ancho máximo, altura máxima, material según normativa de

alimentación, brazo removedor de aceite y costo competitivo; criterios que se definen en la fila de ESPECIFICACIONES. A partir de esto se realizó la ponderación de cada una de las competencias, para finalmente utilizar la ecuación 1 y calcular el valor de incidencia e incidencia porcentual de cada criterio.

Tabla 3-4: Evaluación técnica

PROPIA EMPRESA	4	4	4	3	3	4	4	4	3	
COMPETENCIA A	3	2	2	4	4	1	3	1	1	
COMPETENCIA B	3	3	2	4	4	2	3	1	2	
COMPETENCIA C	4	3	4	2	2	2	3	4	1	
INCIDENCIA	654,00	978,00	548,10	428,70	428,70	428,70	426,90	493,20	1297,80	5684,1
INCIDENCIA EN %	11,51	17,21	9,64	7,54	7,54	7,54	7,51	8,68	22,83	100,00
ESPECIFICACIONES	200°C	Encendido/Temperatura/Brazo	60 L	1 m	1 m	1,5 m	AISI 304	CON BRAZO REMOVEDOR	\$2.800	

Realizado por: Paredes A., 2023

Este valor de incidencia indica el peso que tiene cada característica técnica en el concepto de diseño, es decir sirven para darle prioridad a determinada propiedad, en donde se nota que la mayor incidencia corresponde al costo competitivo de la freidora, seguido del control automático de encendido, temperatura y brazo removedor.

3.3.5. *Compromisos técnicos*

Los compromisos técnicos se incorporaron en la matriz QFD, específicamente en el techo de la casa de la calidad, y sirvieron para asegurar que las características técnicas identificadas en la fase de planificación se implementen de manera efectiva y cumplan con los objetivos de calidad y satisfacción del cliente establecidos. Para evaluar esta incidencia se utilizaron 4 niveles, en donde la relación es directamente proporcional, si una característica técnica mejora, la otra también lo hará, y viceversa.

Tabla 3-5: Niveles de incidencia para los compromisos técnicos

Niveles de incidencia	
Muy positiva	●
Positiva	○
Negativa	+
Muy negativa	×

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.6. *Análisis de competencias*

En el mercado existe un gran número de empresas que ofrecen freidoras de todo tipo, de las cuales se han seleccionado tres que tienen características similares a lo que se requiere diseñar en esta investigación.

3.3.6.1. Competencia 1

Nombre: Batch fryer SRYG1200

Marca: Hitrees

Características:

- Dimensiones: 1600x1300x1650 mm
- Características eléctricas: 1.8KW
- Capacidad de la cuba: 300L
- Producción: 70Kg/h
- Material: acero inoxidable AISI 304

Descripción: la freidora de la marca Hitrees es una máquina hecha de acero inoxidable 304, que adopta un método de mezcla uniforme en donde la revolución es sincrónica con la rotación. Posee también un sistema de descarga automática que reduce la intensidad de trabajo y los riesgos del proceso de fritura (Shieh 2022).

3.3.6.2. Competencia 2

Nombre: Freidora estática para snacks

Marca: IngeMaq

Características:

- Dimensiones: 1300x1000x1200 mm
- Características eléctricas: 1.5KW
- Capacidad de la cuba: 200L
- Producción: 60Kg/h
- Material: acero inoxidable AISI 304

Descripción: la freidora marca IngeMaq, es una máquina que tiene una capacidad mínima de 20Kg/h hasta 80Kg/h dependiendo del tamaño elegido, utiliza un quemador industrial a gas y un sensor de temperatura PT100, esta freidora es de cuba rectangular y posee un motor al costado que sirve para levantar la canasta de fritura (IngeMaq ,2023).

3.3.6.3. Competencia 3

Nombre: Freidora de gas propano

Marca: InBlan

Características:

- Dimensiones: 900x900x860mm
- Características eléctricas: 0.1KW
- Capacidad de la cuba: 50L
- Producción: 20Kg/h
- Material: acero inoxidable AISI 304

Descripción: la freidora marca InBlan, está construida en acero inoxidable AISI304, es totalmente automática para el proceso de fritura y pero no en el de extracción del producto. Además, cuenta con un sistema de extracción de pozos electromecánico que funciona sin la necesidad de apagar la freidora (Inblan, 2022).

3.3.6.4. Despliegue de la función de calidad QFD

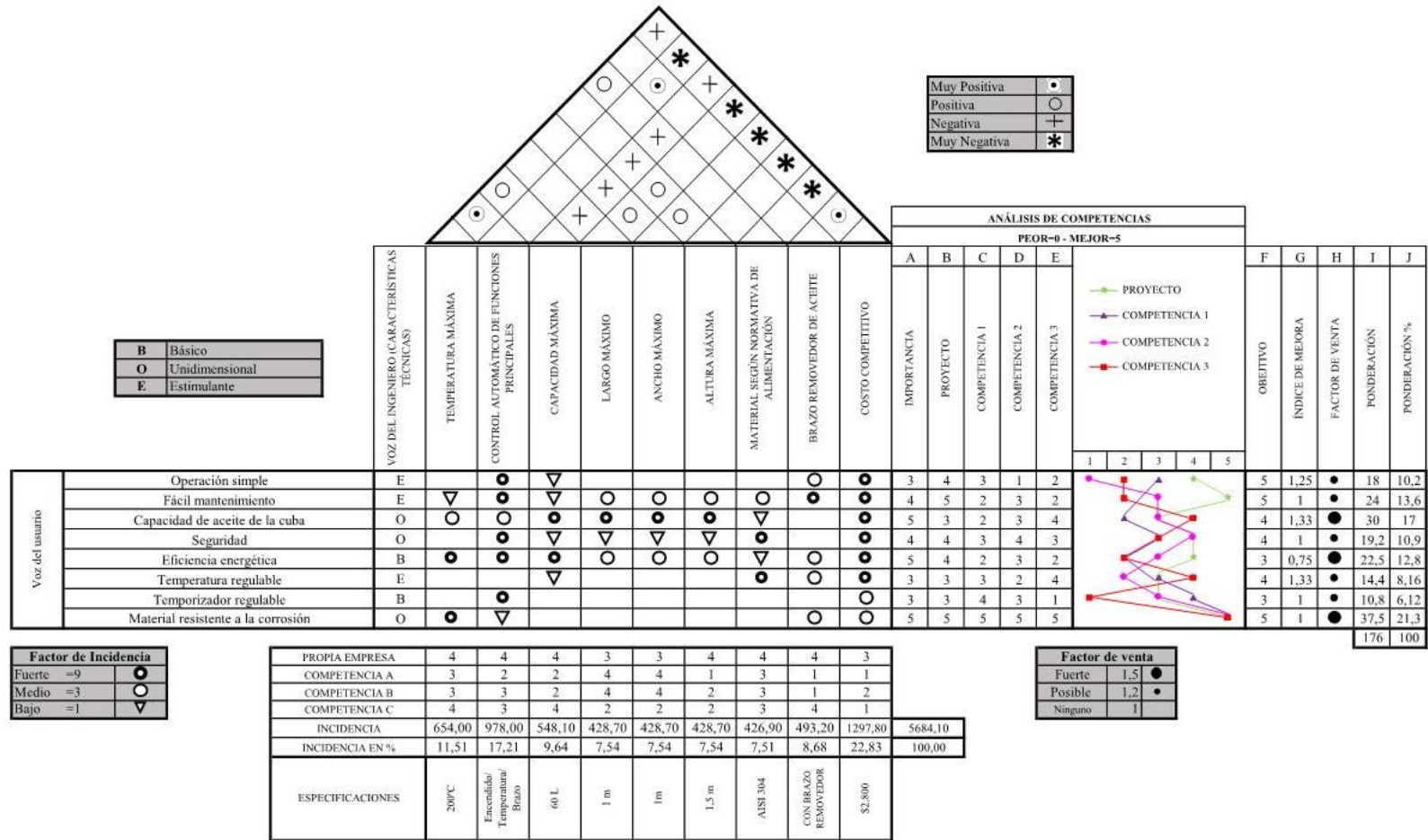


Ilustración 3-3: Casa de la calidad

Realizado por: Paredes A., 2023 Estructura de funciones

Con los requerimientos de diseño identificados para la freidora, se definió la función principal de la freidora industrial a gas para la elaboración de snacks de papa.



Ilustración 3-4: Caja negra

Realizado por: Paredes A., 2023

La fritura profunda de los snacks de papa empieza su proceso en una o varias etapas mediante el uso de energía eléctrica y química, para accionar los componentes de la freidora. Posteriormente al tener el aceite caliente y continuar con el proceso de fritura se obtiene el producto terminado y señales de salida que en este caso es energía calorífica.

3.3.6.5. Descripción de funciones

A cada una de las funciones de la freidora le corresponde un principio físico que las represente, esto se puede observar más a detalle en la ilustración 3-19:

a) Calentamiento de aceite

Mediante el sistema de calefacción a gas se incrementa la temperatura del aceite desde 21°C hasta un máximo de 200°C.

b) Fritura de snacks

Cuando el aceite esté a una temperatura adecuada se colocan las papas previamente lavadas y cortadas en láminas para empezar con su proceso de fritura profunda.

c) Removedor de aceite

Mediante un brazo removedor de aceite se mezclan las papas dentro de la freidora para que estas no se peguen, puedan freírse correctamente y en poco tiempo.

d) Retiro de papas

Si no se va a continuar con el proceso de fritura se debe apagar la freidora, en el caso de requerir su uso continuo, retirar las papas con cuidado y colocarlas en un escurridor de aceite, apagando previamente el brazo removedor.

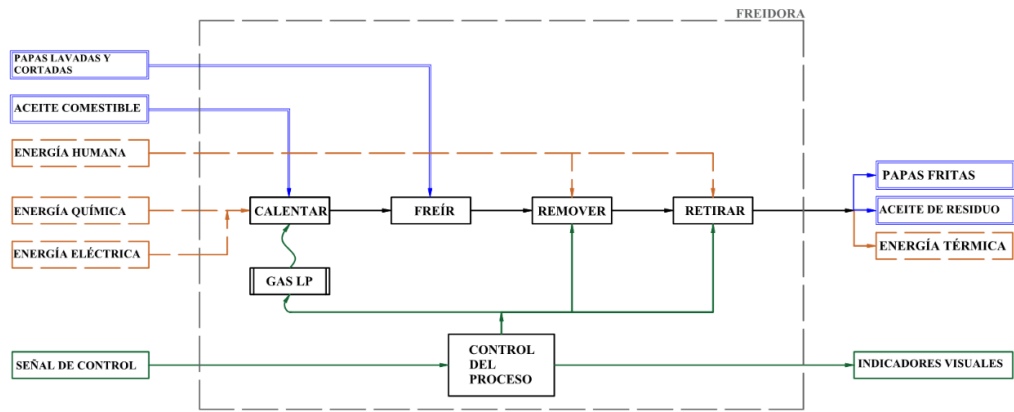


Ilustración 3-5: Estructura de funciones

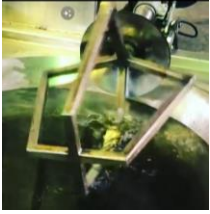





Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.7. Matriz morfológica

Definidas las funciones de la freidora, a través del uso de la matriz morfológica de Zwicky se proponen las diferentes alternativas de solución para el diseño de la freidora. Estas alternativas fueron evaluadas con el objetivo de encontrar la mejor opción que se adapte a los requerimientos.

Tabla 3-6: Matriz morfológica

Función		Portadores de solución		
1	Calentar			
		Quemador tubular	Quemador circular	Quemador tipo guitarra
2	Control de temperatura			
		Termostato milivoltico	Termostato a gas	
2	Freír			
		Cuba con sistema convencional de aceite	Cuba con sistema agua - aceite	

3	Remover			
		Lateral de 4 o más paletas en L	Vertical de 3 paletas planas	Vertical de 3 o más paletas en L
4	Retirar			
		Automático mediante mecanismos de 4 barras laterales	Automático con cilindro hidráulico	Manual
Alternativas		1 — 2 — 3 — 4 —		

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.8. Conceptos de solución

De acuerdo con la matriz morfológica realizada se tienen 4 alternativas de solución, que resultaron de la combinación de los componentes de las funciones principales de la freidora. Estas alternativas se detallan a continuación:

3.3.8.1. Alternativa de solución 1

Esta alternativa consiste en un sistema de calentamiento mediante quemadores del tipo guitarra, que incrementan la temperatura del aceite en conjunto con el agua, adicionalmente posee un removedor lateral de 4 o más paletas en L cuya función principal es evitar que las papas se peguen y mantengan una buena crocancia. Para el retiro de las papas, la función es manual.

Elementos

- Quemadores del tipo guitarra
- Termostato milivoltico
- Cuba con sistema agua – aceite
- Removedor de 4 o más paletas en L
- Cesto manual

Funcionamiento

La freidora circular con sistema agua – aceite, calienta a un máximo de 200°C el aceite de la cuba mediante tubos de calor conectados en un extremo a quemadores del tipo guitarra y con un

termostato milivoltico, posee un brazo removedor que gira a determinadas revoluciones por minuto.

3.3.8.2. Alternativa de solución 2

La alternativa número dos posee quemadores tubulares que calientan la cuba de aceite por debajo de esta, la cuba es de un sistema tradicional de aceite, por lo que el removedor es vertical de 3 paletas, posee un cesto automático con mecanismos de 4 barras laterales para el retiro de los alimentos fritos.

Elementos

- Quemadores tubulares
- Termostato a gas
- Cuba con sistema convencional de aceite
- Removedor vertical de 3 paletas planas
- Cesto automático mediante mecanismos de 4 barras a cada lado

Funcionamiento

La freidora circular con sistema convencional de aceite calienta a un máximo de 200°C el aceite de la cuba mediante quemadores tubulares colocados en la parte inferior de la cuba controlados por un termostato a gas, posee un mecanismo removedor de aceite en su eje principal.

3.3.8.3. Alternativa de solución 3

Esta alternativa consiste en una freidora con un quemador circular colocado en la parte inferior de la cuba con sistema convencional de aceite y removedor axial con 3 brazos en diamante. El retiro de alimentos es manual.

Elementos

- Quemador circular
- Termostato a gas
- Cuba con sistema convencional de aceite
- Removedor vertical de 3 o más paletas en L
- Cesto manual

Funcionamiento

La freidora circular con sistema convencional de aceite calienta a un máximo de 200°C el aceite de la cuba mediante un quemador circular colocado en la parte inferior de esta, su removedor es axial de 3 brazos en diamante que mezcla los alimentos en su proceso de fritura, para ser retirados manualmente.

3.3.8.4. Alternativa de solución 4

La alternativa corresponde a una freidora con sistema agua – aceite, quemadores del tipo guitarra, un removedor de 4 brazos en L, y un retiro de alimentos fritos automático.

Elementos

- Quemadores del tipo guitarra
- Termostato milivoltico
- Cuba con sistema agua - aceite
- Removedor lateral de 4 o más paletas en L
- Cesto automático con cilindro hidráulico

Funcionamiento

La freidora circular calienta el aceite a un máximo de 200°C mediante el uso de quemadores del tipo guitarra controlado por un termostato milivoltico, el removedor es de 4 brazos en L similar a la alternativa uno, para retirar los alimentos fritos se utiliza un cesto automático que se eleva mediante un cilindro hidráulico.

3.3.9. Evaluación de las alternativas de solución

En esta sección se realiza la ponderación técnica y económica de cada una de las alternativas con el objetivo de obtener la opción que satisfaga más las necesidades del cliente.

3.3.9.1. Evaluación técnica

Mediante la metodología de la norma VDI 2225 (VDI2225:4,1997) se estableció la siguiente tabla de evaluación técnica de las alternativas planteadas.

Tabla 3-7: Evaluación técnica del proyecto

Evaluación de proyectos - Valor técnico (Xi)												
Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FREIDORA INDUSTRIAL CIRCULAR A GAS SEMI AUTOMATIZADA CON BRAZO REMOVEDOR Y SISTEMA DE FRITURA AGUA-ACEITE PARA LA ELABORACIÓN DE SNACKS DE PAPA												
p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según la norma VDI)												
g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación												
0=No aceptable, 1=Poco satisfactorio, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Ideal												
Criterios de evaluación en fase de conceptos o proyectos												
Variables de proyectos			Alternativas de solución								Solución ideal S	
			1		2		3		4			
No	Criterios de evaluación	g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g
1	Operación simple	3	2	6	1	3	2	6	2	6	4	12
2	Fácil mantenimiento	3	2	6	1	3	2	6	2	6	4	12
3	Capacidad de aceite de la cuba	4	4	16	3	9	3	9	4	12	4	16
4	Seguridad	3	2	6	3	9	3	9	3	9	4	12
5	Eficiencia energética	4	3	12	2	6	2	6	3	9	4	16
6	Fa Regulación de Temperatura	4	4	16	3	9	3	9	4	12	4	16
7	Temporizador regulable	2	1	2	2	6	2	6	1	3	4	8
8	Resistencia a la corrosión	4	4	16	4	12	4	12	4	12	4	16
9	Disponibilidad de un Sistema agua - aceite	4	4	16	0	0	0	0	4	12	4	16
Puntaje máximo		31	26	96	19	57	21	63	27	81	36	124
Valor técnico (Xi)			0,77		0,46		0,51		0,65		1,00	

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.9.2. Evaluación económica

Esta evaluación es de gran importancia para encontrar la solución adecuada, por lo tanto, se realizó una previa valoración de los componentes en páginas de proveedores de los diferentes elementos de la freidora industrial.

Tabla 3-8: Evaluación económica del proyecto

Evaluación de proyectos - Valor económico (Yi)												
Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FREIDORA INDUSTRIAL CIRCULAR A GAS SEMI AUTOMATIZADA CON BRAZO REMOVEDOR Y SISTEMA DE FRITURA AGUA-ACEITE PARA LA ELABORACIÓN DE SNACKS DE PAPA												
p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según la norma VDI)												
g: peso ponderado en función de la importancia de los criterios de evaluación												
0=No aceptable, 1=Poco satisfactorio, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Ideal												
Criterios de evaluación en fase de conceptos o proyectos												
Variables de proyectos			Alternativas de solución								Solución ideal S	
			1		2		3		4			
No	Criterios de evaluación	g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g	p	p*g
1	Costo de componentes	4	3	12	3	9	3	9	2	6	4	16
2	Costo de fabricación	4	3	12	2	6	1	3	2	6	4	16
3	Costo de montaje	3	2	6	2	6	3	9	1	3	4	12
4	Costo de operación	4	3	12	1	3	2	6	1	3	4	16
5	Costo de mantenimiento	3	4	12	2	6	2	6	3	9	4	12
6	Costos adicionales	2	3	6	2	6	3	9	2	6	4	8
Puntaje máximo		20	18	60	12	36	14	42	11	33	24	80
Valor económico (Yi)			0,75		0,60		0,70		0,55		1,00	

Realizado por: Paredes A., 2023

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las evaluaciones técnica y económica de las alternativas planteadas.

Tabla 3-9: Resumen de la evaluación del proyecto

Alternativa de solución	Valor técnico - Xi	Valor económico - Yi
1	0.77	0.75
2	0.46	0.60
3	0.51	0.70
4	0.65	0.55

Realizado por: Paredes A., 2023

3.3.9.3. Resultados de la evaluación técnica y económica

La evaluación técnica y económica de las 4 alternativas de solución del proyecto se la puede visualizar en la Ilustración 3-20; en donde el eje X representa los valores calculados en la evaluación técnica y en el eje Y se encuentran los resultados de la evaluación económica. En esta ilustración se observa que la Alternativa 1 es la que más se aproxima a la recta ideal, por lo cual esta es la alternativa que se empleó en el diseño del proyecto.

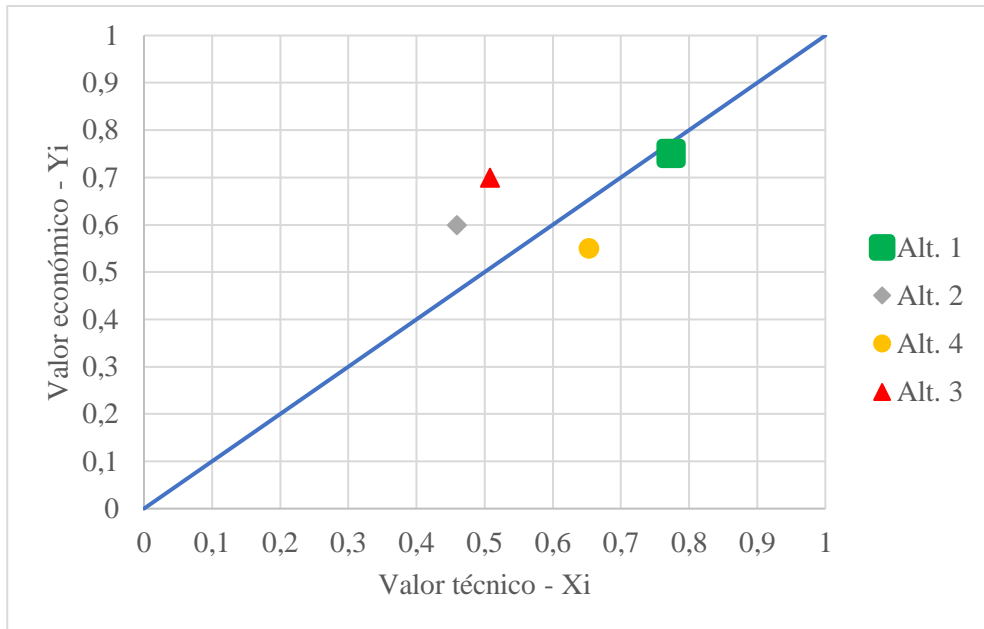


Ilustración 3-6: Diagrama de evaluación de alternativas

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4. Diseño conceptual

3.4.1. Modelado 3D

El modelado 3D es el proceso de creación de la representación digital tridimensional de la freidora, utilizando software especializado, que en este caso es SolidWorks. Este modelado implica la construcción de la geometría tridimensional mediante la manipulación de vértices, aristas y caras para formar un modelo virtual detallado, adicionalmente está basado en las características ya definidas en el diseño conceptual de la freidora.



Ilustración 3-7: Alternativa 1 de freidora industrial a gas

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.2. *Características principales*

La freidora industrial contará con características como:

- Peso máximo: 90Kg
- Capacidad de la cuba: 60L
- Producción: 30 Kg/h
- Precio máximo: \$2800.00
- Dimensiones generales: 1000x1000x1500 (altura total con el brazo removedor)

También se deben considerar parámetros como:

- Operabilidad sencilla: control START/STOP de encendido y regulador de temperatura.
- Movimiento uniforme del brazo removedor
- Fácil de desmontar para minimizar el trabajo de mantenimiento.

3.4.3. *Selección del material*

Se seleccionó el material de construcción de la freidora siguiendo normativas ecuatorianas y extranjeras. La norma NTE INEN 2259 indica que los materiales utilizados en la fabricación de los artefactos deben cumplir con ciertos requisitos de calidad y espesor (NTE INEN 2259 2013). Estos materiales deben ser capaces de mantener las características de construcción y funcionamiento en condiciones normales de uso, siempre que sean instalados y mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Adicionalmente, para determinar el material más comúnmente utilizado en la construcción de freidoras industriales a gas, se tomaron en cuenta las bases de las normas ANSI 4 y ANSI 51 (NSF/ANSI 4 2019). Según estas normas, el acero inoxidable es el material preferido debido a sus propiedades beneficiosas para la industria alimentaria.

- **Resistencia a la corrosión:** El acero inoxidable es altamente resistente a la corrosión causada por la exposición a la humedad, la grasa y otros productos químicos presentes en un entorno de cocina comercial. Esto asegura una vida útil más larga y una mayor durabilidad de la freidora.
- **Higiene:** El acero inoxidable es un material no poroso, lo que significa que no absorbe ni retiene olores, sabores, manchas o bacterias. Esto facilita la limpieza y desinfección de la freidora, lo que es crucial en un entorno donde se manejan alimentos.
- **Resistencia térmica:** El acero inoxidable es capaz de soportar altas temperaturas sin deformarse, lo que lo convierte en un material adecuado para el calor generado durante el proceso de fritura.
- **Resistencia estructural:** El acero inoxidable es un material fuerte y resistente, lo que permite construir freidoras que sean robustas y capaces de soportar el uso intensivo y las demandas de una cocina comercial.

Es por ello por lo cual para la freidora industrial a gas se ocupará planchas de acero inoxidable AISI 304 calibre 16, cuyas dimensiones estándar son de 1220x2440mm (Bobinas, 2021).

3.4.4. Capacidad de la cuba

Para realizar el diseño de la freidora, se realizaron los cálculos de los componentes necesarios y la selección de elementos en los diferentes catálogos de empresas existentes, mediante la aplicación de los requerimientos planteados para el desarrollo de esta máquina. Inicialmente, el primer parámetro de diseño conceptual es el dimensionamiento de la cuba, partiendo de que se requiere una cantidad total de 80L de aceite y su correspondiente proporción de cantidad de agua.

3.4.4.1. Proporción agua-aceite

La freidora se dimensionó para una cantidad de 60L de aceite. De acuerdo con la bibliografía consultada se tiene que por cada 9L de aceite se necesitan 2L de agua (Real 2010), es decir:

$$\frac{L_{ac}}{L_{ag}} = \frac{9}{2} = 4.5$$
$$L_{ag} = \frac{L_{ac}}{4.5}$$

En donde:

L_{ac} – Cantidad de aceite [L]

L_{ag} - Cantidad de agua [L]

L_T – Cantidad total de líquidos en la freidora [L]

Por lo tanto, si se requieren 60L de aceite, se calcula la cantidad de agua que necesita la freidora y la cantidad total de líquido que contiene.

$$L_{ag} = \frac{60}{4.5}$$
$$L_{ag} = 13.33 L$$

La cantidad de agua requerida para los 60L de aceite es de 13.33L, sin embargo, se redondeó esta cifra a 15L para facilitar el dimensionamiento de la cuba de agua.

$$L_T = L_{ac} + L_{ag} \quad (1)$$

$$L_T = 60 + 15$$

$$L_T = 75 L$$

3.4.4.2. Dimensionamiento de la cuba

Como se mencionó en la sección del tipo de freidora se optó por una forma circular, sin embargo, eso no quiere decir que tendrá la forma de una esfera o un cilindro, si no que el tanque de fritura es similar a una tolva de transición en donde la primera parte correspondiente a la cuba de aceite es un cono truncado, con un diámetro mayor en la superficie y un diámetro menor en el fondo, como se muestra en la Ilustración 3-22, para luego derivarse en una extensión rectangular que contiene a los tubos de calor:

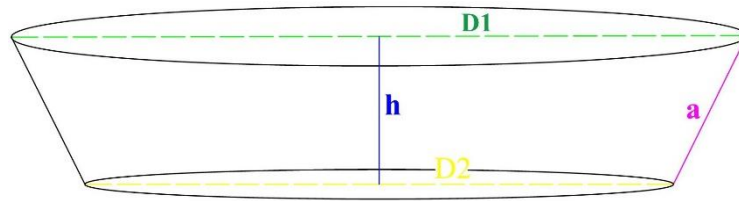


Ilustración 3-8: Geometría de la cuba principal

Realizado por: Paredes A., 2023

El volumen total de aceite para el cual se diseñó la freidora está planteado en 60L, y como se mencionó existe una extensión de la cuba de la freidora en donde se colocan los quemadores y los tubos de calor que son parte del sistema de calefacción, esta extensión tiene la forma de un prisma rectangular en el cual también hay aceite, tal como se muestra en la Ilustración 3-23:

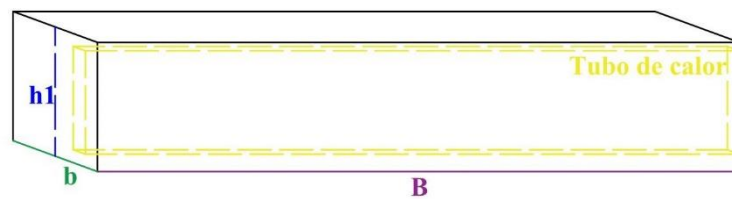


Ilustración 3-9: Geometría de la extensión de la cuba para la ubicación de los tubos de calor

Realizado por: Paredes A., 2023

El volumen de 60 L es el mínimo con el cual se diseñó la freidora, debido al principio de Arquímedes (se sumergen en la freidora los alimentos, la cesta de recolección y el brazo removedor, lo cual provoca que el líquido se eleve debido al peso de estos). Teniendo en cuenta esto se realizó un dimensionamiento que esté acorde a un tamaño funcional de las planchas de acero inoxidable de la industria, obteniendo como medidas de la cuba principal:

$$D_1 = 850 \text{ mm}$$

$$D_2 = 400 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

Para comprobar que estas dimensiones sean idóneas se calcula el volumen de la cuba con la siguiente expresión:

$$V_1 = \frac{h\pi}{3} (R_1^2 + R_2^2 + R_1R_2) \quad (3)$$

En donde:

V_1 – Volumen de la cuba principal [mm³]

h – Altura de la cuba [mm]

R_1 – Radio superior de la cuba [mm]

R_2 – Radio inferior de la cuba en [mm]

Reemplazando los datos en la ecuación, se obtuvo:

$$V_1 = \frac{200\pi}{3} (425^2 + 200^2 + 425 \times 200)$$

$$V_1 = 51061352.6 \text{ mm}^3 \approx 51 \text{ L}$$

Este es el primer volumen de la geometría principal de la cuba, a continuación, se calculó el volumen de la extensión rectangular y se disminuyó un aproximado del 50% de ese volumen por la presencia de X cantidad de tubos de calor, debido a que aún no se tiene claro cuáles son sus dimensiones ni la cantidad específica se aproxima a que ocupan la mitad del volumen total de la extensión rectangular de la freidora.

$$V_2 = Bbh_1 - 0.5Bbh_1 \quad (4)$$

En donde:

B – Base mayor de la extensión rectangular [mm]

b – Base menor de la extensión rectangular [mm]

h_1 – Altura de la extensión rectangular [mm]

Las dimensiones de la extensión rectangular son de 400x400x200 mm, por lo tanto, reemplazando los valores en la ecuación 4, se obtuvo:

$$V_2 = (400 \times 400 \times 200) - 0.5(400 \times 400 \times 200)$$

$$V_2 = 16000000 = 16 \text{ L}$$

Finalmente, el volumen total de la freidora que contiene el aceite viene dado por la ecuación 5.

$$V_{ac} = V_1 + V_2 \quad (5)$$

$$V_{ac} = 51 \text{ L} + 16 \text{ L}$$

$$V_{ac} = 67 \text{ L}$$

El volumen resultante obtenido es de 67L, por lo tanto, el dimensionamiento resultó idóneo al mantener una holgura de espacio para colocar los alimentos y demás componentes.

3.4.4.3. Dimensionamiento de la cuba de agua

La cuba que contiene al agua del sistema agua - aceite es del tipo prismática trapezoidal. Como se necesita un mínimo de 10L de agua. Para el cálculo del volumen que ocupa la cuba de agua se aplica la ecuación 6:

$$V_{ag} = \left[\frac{1}{2} (b_1 + b_2) h \right] H \quad (6)$$

En donde:

V_{ag} – Volumen de agua [mm³]

b_1 – Base menor de la cuba de agua [mm]

b_2 – Base mayor de la cuba de agua [mm]

h – Altura vertical de la cuba de agua [mm]

H – Ancho de la cuba de agua [mm]

Las dimensiones de la extensión prismática trapezoidal de la cuba de agua son de 100 mm de base menor, 400 mm de base mayor, 150 mm de altura vertical, y 400 mm del ancho de cuba, reemplazando los valores en la ecuación 6, se obtuvo:

$$V_{ag} = \left[\frac{1}{2}(100 + 400)150\right](400)$$

$$V_{ag} = 15000000 \text{ mm}^3 = 15 \text{ L}$$

3.4.5. Sistema de calefacción

3.4.5.1. Descripción de la técnica

La freidora posee un sistema de calefacción del tipo tubo, donde se tiene una cantidad determinada de tubos de calor que pasan a través de la cuba en medio de la superficie del aceite y por encima del agua. Cuenta con quemadores del tipo guitarra, conectados a un extremo de los tubos mientras que al otro lado se tiene un tiro de descarga para los residuos de combustión. Dentro de cada uno de los tubos se encuentran difusores de calor, que actúan como retardantes del flujo de gases de combustión, logrando incrementar la tasa de transferencia de calor.

Este sistema de calefacción es un conjunto determinado de quemadores horizontales a noventa grados, la cantidad de quemadores que necesita el sistema se calculó mediante ecuaciones de transferencia de calor, como se ve más adelante, estos quemadores están dirigidos hacia el mismo número de carcassas de montaje del quemador, un soporte para cada quemador, y una cubierta para dicho soporte en la cual se colocaron los tubos del intercambiador de calor con cada uno de los difusores antes mencionados. Los tubos se sitúan a lo largo de la extensión rectangular de la cuba de la freidora en donde un extremo está en contacto con los quemadores del tipo guitarra y el otro extremo da al tiro de la freidora.

Para iniciar el funcionamiento de este sistema de calefacción, primero se introduce gas en el conjunto de los quemadores mediante un colector situado en la parte baja, este gas se desplaza hasta la salida del quemador que da al extremo del tubo en donde una fuente piloto enciende el gas. Cuando la llama se genere, esta recorre el tubo longitudinalmente transfiriendo el calor a los difusores y calentando el aceite de la cuba, para luego salir por el tiro de la cuba.

3.4.5.2. Cálculo de la potencia calorífica de la freidora

El diseño de la freidora a gas implica varios aspectos clave para garantizar una combustión eficiente y un rendimiento óptimo. Para empezar, se definió la capacidad de aceite que puede contener la cuba y la cantidad de alimentos que se requiere freír en un período de tiempo determinado, como kilogramos de papas fritas por hora. Esta capacidad de producción es un factor clave para calcular la potencia del quemador. Adicionalmente se determinaron los requisitos de calor, es decir se calculó la cantidad de calor necesario para lograr la temperatura de cocción deseada.

Con el objetivo de determinar los requisitos de capacidad de la freidora en KW, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- **Tiempo de calentamiento especificado:** se requiere que el aceite de la freidora alcance la temperatura máxima en 30 minutos.
- **Temperaturas de arranque y funcionamiento:** la temperatura de arranque del aceite colocado en la cuba es la temperatura ambiente del líquido, es decir 21°C; se requiere que este se caliente hasta una temperatura máxima de 200°C y se mantenga en dicha temperatura durante el tiempo de uso.
- **Propiedades térmicas del material que se está calentando:** la cuba que contiene el aceite es enteramente de acero inoxidable AISI 304, cuya capacidad calorífica es de 0.5 KJ/Kg K.
- **Densidad del material que se está calentando:** el acero inoxidable AISI 304 tiene una densidad de 8000 Kg/m³, dato que sirvió para calcular el peso en Kg de la cuba, dependiendo de las dimensiones de esta.
- **Peso del contenedor y el equipo que contiene el material que se está calentando:** para determinar el peso del contenedor se calculó el área total de la cuba y se multiplicó este valor por el espesor de la chapa metálica usada y la densidad del acero inoxidable.
- **Pérdidas de calor de la superficie del material y/o el contenedor hacia el ambiente circundante:** en este caso se despreciaron las pérdidas de calor por conducción y radiación debido a que son mínimas, y se calcularon las pérdidas de calor por convección en base a la ley de Newton, teniendo en cuenta que el coeficiente de conductividad térmica del acero inoxidable AISI 304 es de 15 W/m K.

Con todo esto definido se procedió a calcular la capacidad de calentamiento de la freidora con la ecuación 7:

$$Q_F = \left(\frac{Q_A + Q_C}{t} + \frac{Q_P}{2} \right) (1 + f) \quad (7)$$

En donde:

Q_F – Energía total necesaria para calentar el aceite a la temperatura requerida [KW]

Q_A – Tasa de calor necesario para elevar la temperatura del aceite [KW/h]

Q_C - Tasa de calor necesario para elevar la temperatura de la cuba de acero inoxidable [KW/h]

Q_P – Pérdida de calor producido en la superficie del material [KW]

f – Factor de seguridad

t – Tiempo que tarda la freidora en alcanzar la temperatura requerida [h]

La tasa de calor necesario para elevar la temperatura del aceite se calculó mediante la ecuación 8:

$$Q_A = m_A \cdot C_{eA}(T_2 - T_1) \quad (8)$$

En donde:

m_A – Masa del aceite a calentar [Kg]

C_{eA} – Calor específico del aceite [KJ/Kg K]

T_2 – Temperatura final del aceite [°C]

T_1 – Temperatura inicial del aceite [°C]

Teniendo como datos que el volumen del aceite es de 60L, su densidad de 920 Kg/m³, y que se requiere elevar su temperatura de 21°C (temperatura del aceite al ambiente) hasta que este llegue a un máximo de 200°C:

$$m_A = \rho V = 920 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0.06m^3 = 55.2 Kg$$

$$C_{eA} = 1.8 \frac{KJ}{Kg K}$$

$$T_1 = 21 \text{ °C}$$

$$T_2 = 200 \text{ °C}$$

Reemplazando los valores en la 8:

$$Q_A = 55.2 Kg \cdot 1.8 \frac{KJ}{Kg K} \cdot (200 - 21) \text{ °C} \cdot \frac{1 KW/h}{3600KJ}$$

$$Q_A = 4.94 KW/h$$

La tasa de calor necesario para elevar la temperatura de la cuba de acero inoxidable se calculó de manera similar a la tasa de calor del aceite.

$$Q_C = m_C \cdot C_{eC} (T_2 - T_1) \quad (9)$$

En donde:

m_C – masa de la cuba de la freidora [Kg]

C_{eC} – calor específico del acero inoxidable AISI 304 [KJ/Kg K]

Las dimensiones de la cuba principal y extensión secundaria están dadas en la sección anterior donde se las dimensionó en base a los volúmenes requeridos, se procedió a calcular el área total de ambas geometrías mediante las ecuaciones 10, 11 y 12. Adicionalmente la densidad del acero inoxidable es de 8000 Kg/m³:

$$A_c = A_1 + A_2 \quad (10)$$

$$A_1 = \pi(R_1^2 + R_2^2 + a(R_1 + R_2)) \quad (11)$$

$$A_2 = [2(bh_1 + Bh_1) + bB] \quad (12)$$

En donde:

A_c – Área total de la cuba que contiene el aceite [m²]

A_1 – Área de la cuba principal [m²]

A_2 – Área de la extensión rectangular [m²]

Reemplazando los datos en las ecuaciones se tiene:

$$\begin{aligned}A_1 &= \pi(R_1^2 + R_2^2 + a(R_1 + R_2)) \\A_1 &= \pi(425^2 + 200^2 + 397.65(425 + 200)) \\A_1 &= 1607044 \text{ mm}^2 = 1.61 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_2 &= [2(bh_1 + Bh_1) + bB] \\A_2 &= [2(400 \times 200 + 400 \times 200) + 400 \times 400] \\A_2 &= 480000 \text{ mm}^2 = 0.48 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= A_1 + A_2 \\A_c &= 1.61 + 0.48 \\A_c &= 2.1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

A continuación, se calculó la masa total de la cuba que abarca la cuba principal y la extensión mediante la ecuación 13, conociendo que el espesor e de la plancha de acero inoxidable AISI 304 es de 1.6 mm:

$$\begin{aligned}m_c &= A_c \rho e & (13) \\m_c &= 2.1 \text{ m}^2 \times 1800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.0016 \text{ m} \\m_c &= 6.05 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Teniendo los siguientes datos:

$$\begin{aligned}C_{ec} &= 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg K}} \\T_1 &= 21 \text{ }^\circ\text{C} \\T_2 &= 200 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 9:

$$\begin{aligned}Q_c &= 6.05 \text{ Kg} \cdot 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg K}} \cdot (200 - 21)^\circ\text{C} \cdot \frac{1 \text{ KW/h}}{3600 \text{ KJ}} \\Q_c &= 0.15 \text{ KW/h}\end{aligned}$$

Para calcular la pérdida de calor de la superficie del contenedor hacia el ambiente circundante se utilizó la ley de Newton:

$$Q_p = hAdT \quad (14)$$

En donde:

h – Conductividad térmica del acero inoxidable AISI 304 [KW/m K]

A_c – Área superficial de la cuba [m²]

dT – Diferencial de temperatura [°C]

Teniendo como datos:

$$h = 0.015 \frac{KW}{mK}$$

$$A_c = 2.1 m^2$$

$$dT = 200 - 21 = 179 \text{ °C}$$

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$Q_P = 0.015 \frac{KW}{mK} \cdot 2.1 m^2 \cdot 179 \text{ °C}$$

$$Q_P = 5.64 KW$$

Con todo calculado se procedió a determinar el calor necesario para la freidora mediante el uso de la ecuación 7:

$$Q_F = \left(\frac{Q_A + Q_C}{t} + \frac{Q_P}{2} \right) (1 + f) \quad (7)$$

$$Q_F = \left(\frac{4.94 \frac{KW}{h} + 0.15 \frac{KW}{h}}{30 \text{ min } \left(\frac{1h}{60 \text{ min}} \right)} + \frac{5.64}{2} \right) (1 + 3)$$

$$Q_F = 52.94 KW \approx 55 KW$$

El valor de 52.94 KW representa la cantidad de calor necesaria para el correcto funcionamiento de la freidora, es decir la capacidad de la freidora. Se lo ha aproximado a 55 KW para poder tener un margen de error y que la selección de quemadores sea más sencilla.

3.4.5.3. Selección de los quemadores

Los quemadores son los dispositivos que generan la llama para la combustión del gas. Se puede elegir entre diferentes tipos de quemadores, y como se ha analizado en la matriz de selección de alternativas el quemador para esta aplicación es del tipo guitarra. Para una correcta selección de estos elementos se consideraron factores como la capacidad de producción de la freidora y la eficiencia deseada.

Para calcular la capacidad de los quemadores se utilizó la ecuación 14:

$$C_Q = \frac{Q_S}{n} \quad (15)$$

En donde:

C_Q – Capacidad del (los) quemador(s) [KW]

Q_S – Capacidad de la freidora [KW]

n – Eficiencia de la freidora

La eficiencia de una freidora a gas puede variar dependiendo de varios factores, en general, las freidoras a gas suelen tener una eficiencia energética relativamente alta en comparación con otros tipos de freidoras, como las eléctricas. En términos de eficiencia energética, algunas freidoras a gas de alta calidad pueden tener una eficiencia de alrededor del 50% al 70%. Para

calcular la capacidad de los quemadores se procede a utilizar la mayor eficiencia, esto significa que teóricamente la freidora convierte alrededor del 70% de la energía contenida en el gas en calor utilizado para calentar el aceite. Por lo tanto, se obtuvo:

$$C_Q = \frac{55 \text{ KW}}{0.7}$$

$$C_Q = 68.57 \text{ KW}$$

Para llegar a esta capacidad calorífica se puede seleccionar uno o más quemadores que cumplan con el requerimiento. En el diseño de la freidora se optó por el fabricante Frymaster, que ofrece quemadores de este tipo y que son adaptables a las necesidades del diseño de la freidora. La siguiente tabla muestra las características necesarias para continuar con los cálculos de la freidora.

Tabla 3-6: Características del quemador del tipo guitarra

Fabricante	Frymaster
Longitud	321.4 mm
Anchura	72.4 mm
Altura	66 mm
Masa	1315 g
Potencia calorífica	60 000 – 70 000 BTU/h

Fuente: Frymaster, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-10: Quemador de hierro fundido Frymaster

Fuente: Frymaster, 2023

Como la freidora necesita una capacidad calorífica de 68.57 KW, que es 232025.6 BTU/h, se pudo definir que son necesarios 4 quemadores para lograr cumplir con esta capacidad calorífica.

3.4.5.4. Flujo de gas

Para determinar el flujo de gas que necesita la freidora primero se estableció la presión a la cual debe trabajar. Esta presión está definida por recomendaciones de fabricantes y normas enfocadas en freidoras industriales a gas, de manera que la presión de gas para un correcto funcionamiento debe ser de 10 CA (2.75 KPa) cuando se usa GLP, y no debe exceder de los 3.5

KPa o de esta manera la freidora no funcionaría correctamente y se tendría que incrementar más métodos de seguridad como un regulador de presión. Adicionalmente se necesitó el valor de la potencia de la freidora que ya ha sido calculado anteriormente que es de 55 KW.

Una vez obtenidos estos datos, se utilizó la ecuación 16 para calcular el flujo de gas necesario:

$$\dot{Q}_{gas} = \frac{Q_F}{PCI \cdot n} \quad (16)$$

En donde:

\dot{Q}_{gas} - Flujo de gas [m³/h]

Q_F – Potencia de la freidora [KW]

PCI – Poder calorífico inferior del gas [KWh/m³]

n – Eficiencia de la freidora

El PCI (Poder calorífico inferior de gas) es una medida de la cantidad de energía que se puede obtener al quemar un metro cúbico de gas. El valor del PCI varía según el tipo de gas y puede consultarse en tablas de referencia o en la documentación del suministro de gas. Para esta aplicación se ocupó el PCI del GLP, que es de 2500 BTU/ft³ (25.847 KW/m³). La eficiencia de la freidora ya ha sido definida anteriormente y su valor es del 70%. Reemplazando estos datos en la ecuación 16 se obtuvo:

$$\dot{Q}_{gas} = \frac{55 \text{ KW}}{25.847 \text{ KWh/m}^3 \cdot 0.7}$$

$$\dot{Q}_{gas} = 3.54 \text{ m}^3/\text{h} \approx 4 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.4.5.5. Selección de la válvula principal

El sistema de calefacción de la freidora requiere una válvula milivoltica, también conocida como válvula de seguridad milivolt. Esta válvula es el componente más crucial del sistema de control de gas, ya que se encarga de regular el flujo de gas hacia el quemador, garantizando un funcionamiento seguro. En el diseño de la freidora, se ha utilizado una válvula Robert Shaw, la cual se encarga de suministrar el flujo de gas a los quemadores. Es importante destacar que esta válvula no solo es adecuada para gas GLP, sino que también puede adaptarse para su uso con gas natural. A continuación, se muestra una tabla que presenta las características de la válvula seleccionada:

Tabla 3-7: Características de la válvula principal milivoltica

Entrada de gas	3/4"
Salida de gas	3/4"
Conexión de piloto	1/4"
Serie	7000BMVR-LP
Regulador de presión para GLP	10 CA
Presión de salida	24.9 mBar
Voltaje	700 mV

Fuente: Robert Shaw, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-11: Válvula milivoltica Robert Shaw

Fuente: Robert Shaw, 2023

3.4.5.6. Conexiones y entradas de gas de la válvula principal

La válvula principal es una válvula del tipo milivoltica, cuyas características están detalladas en la sección anterior, esta válvula posee diversos componentes y conexiones que se detallan a continuación.

- Cuerpo de la válvula
- Bobina solenoide
- Conexiones de gas (conexiones de entrada y salida de gas)
- Perilla accionadora de piloto
- Salida hacia el piloto en T
- Conexiones para termostato, termopila y hi limit

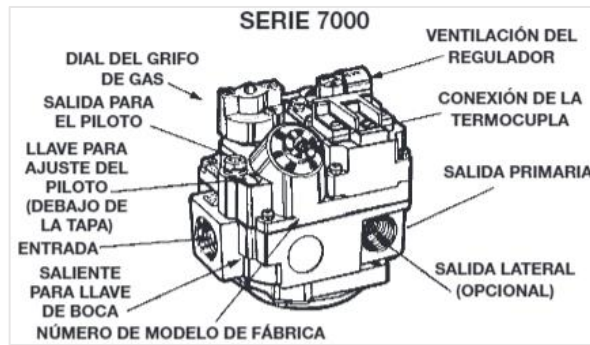


Ilustración 3-12: Conexiones y entradas de gas de la válvula principal

Fuente: Robert Shaw, 2023

3.4.5.7. Piloto quemador de la freidora

Las freidoras a gas generalmente utilizan un piloto de llama abierta para encender y mantener la llama que calienta el quemador principal. Este tipo de piloto consta de una pequeña boquilla por la que fluye el gas y una llama que se enciende cuando se le aplica una fuente de ignición, como un fósforo o un encendedor. La llama del piloto se mantiene encendida de manera constante mientras la freidora está en uso, incluso cuando el quemador principal se apaga y se enciende periódicamente para proporcionar el calor necesario para calentar el aceite. El piloto asegura una ignición rápida y segura cada vez que se enciende el quemador principal.

Como se usó una válvula Robert Shaw cuyo orificio de piloto es de 1/4" y se necesitaron 4 quemadores, se ha seleccionado un piloto en T que cumpla con estos requerimientos.

Tabla 3-8: Características del piloto quemador

Entrada de gas	1/4"
Longitud del conductor	42"
Diámetro de tubo	1/4"
Serie	6CH14-10

Fuente: Robert Shaw, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-13: Piloto quemador Robert Shaw

Fuente: Robert Shaw, 2023

3.4.5.8. Termopila de la freidora

Una termopila de freidora es un dispositivo utilizado en freidoras a gas que convierte el calor de la llama del piloto en energía eléctrica. Está compuesta por múltiples termopares conectados en serie. Un termopar es un dispositivo que produce corriente eléctrica cuando se expone a una diferencia de temperatura. La termopila amplifica esta corriente para alimentar otros componentes de la freidora. La energía generada se utiliza para mantener el piloto encendido y controlar la válvula de gas. Como se está trabajando con una válvula milivoltica Robert Shaw, la termopila debe ser compatible, tanto con la válvula como con el piloto de gas, de modo que la siguiente tabla muestra las características principales de la termopila seleccionada.

Tabla 3-9: Características de la termopila

Nº de piezas	5
Longitud X	910 mm
Tipo de conexión	Coaxial
Serie	1951-001
Salida de circuito abierto	250-750mV

Fuente: Robert Shaw, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-14: Termopila Robert Shaw

Fuente: Robert Shaw, 2023

3.4.5.9. Termostato de la freidora

El termostato de la freidora desempeña un papel fundamental al controlar y mantener la temperatura del aceite de cocción, garantizando una fritura óptima y segura. Su diseño permite que el aceite alcance una temperatura preestablecida, momento en el cual se apaga automáticamente, asegurando así que la temperatura se mantenga constante. A continuación, se detallan las características del termostato seleccionado:

Tabla 3-10: Características del termostato de la freidora

Temperatura máxima	260 °C
Diámetro del sensor	4,5 mm
Longitud del sensor	280 mm
Longitud del tubo capilar	900 mm
Diámetro del eje	6.5x4.7 mm
Rango de trabajo	93-260°C
Longitud del eje	32.5 mm

Fuente: Robert Shaw, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-15: Termostato Robert Shaw

Fuente: Robert Shaw, 2023

3.4.5.10. Colector de gas

El colector de gas de la freidora cumple una función crucial dentro del sistema de suministro de gas, ya que abastece al quemador de manera segura y eficiente. Su diseño con un tubo en forma de U permite recolectar el gas de una fuente de suministro, como una tubería o conexión de gas. Un extremo del tubo se conecta directamente a la válvula milivoltica para la entrada de gas, mientras que el otro extremo está provisto de salidas individuales para cada uno de los quemadores.

Para calcular las dimensiones del colector, se toma en cuenta el ancho de los quemadores, asegurándose de mantener un espacio de al menos 30 mm entre ellos en la parte más gruesa, para los quemadores continuos. En el caso de los quemadores alrededor del piloto de la freidora, se mantiene una distancia de 70 mm entre ellos. Estas distancias se basan en los diseños ya probados y calificados de freidoras industriales a gas, seleccionando los modelos mejor evaluados por los usuarios. Por consiguiente, la longitud principal del colector de gas se determina utilizando la ecuación 17.

$$L_c = 2e + 5a + 2b + 2c \quad (17)$$

En donde:

L_c – longitud principal del colector de gas

a, b, c, e – longitudes que se muestran en la ilustración 3-31:

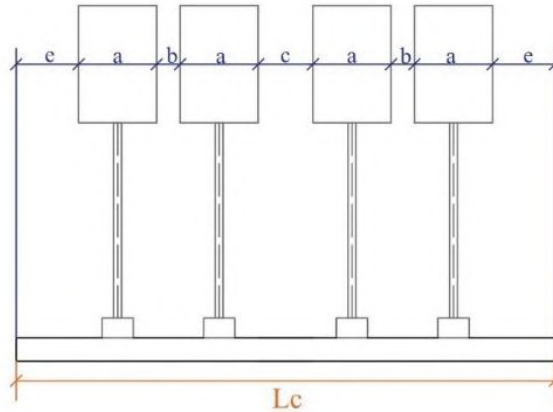


Ilustración 3-16: Dimensiones necesarias para calcular la longitud principal del colector

Realizado por: Paredes A., 2023

El valor de e para un dimensionamiento adecuado es de 40 mm, las cabezas de los quemadores tienen una dimensión de 65 mm, la separación b es de 30 mm y la separación c es de 70mm. Por lo tanto, se obtuvo:

$$L_c = 2(40) + 4(65) + 2(30) + 70$$

$$L_c = 470 \text{ mm}$$

Una vez determinada de longitud del colector de gas se seleccionaron los inyectores que son los encargados de transportar el gas hacia cada 1 de los quemadores de la freidora. En la industria existen diversos tipos de inyectores y no se puede simplemente elegir cualquiera en el mercado, se necesita verificar que el inyector sea compatible con los quemadores y que proporcione el flujo de gas óptimo para que se mezcle con el aire antes de ser quemado.

Tabla 3-11: Características del inyector de gas

Fabricante	Eutrón
Boquilla de gas	Rosca 9/16" UBF
Diámetro interior	1.6 mm
Longitud	42 mm
Tipo de gas	GLP

Fuente: GEV, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023



Ilustración 3-17: Inyector Eutrón

Fuente: GEV, 2023

3.4.5.11. Tubos de calor de la freidora

Los tubos en una freidora a gas suelen estar fabricados con materiales resistentes al calor, como el acero inoxidable. Estos tubos se encuentran conectados transversalmente en la cuba de la freidora y se extienden a 90° de los quemadores (Ricord y Hutchinson 2006).

Los quemadores en la freidora están diseñados para proporcionar una llama controlada y uniforme. Los tubos distribuyen el gas hacia los quemadores a lo largo de toda su longitud. En la parte interior de estos tubos hay deflectores cuya función principal es dirigir y distribuir adecuadamente el calor generado por la llama de gas a lo largo de la superficie de cocción y se describen en el siguiente punto.

Los tubos se construyeron utilizando una plancha de acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 2 mm. Esta elección de espesor se basa en el análisis de diseños de freidoras existentes en el mercado y en las recomendaciones de fabricantes tanto nacionales como internacionales. Se ha determinado que este espesor es adecuado para soportar los esfuerzos presentes en el sistema.

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales del acero inoxidable 304:

ESPEORES	desde 0.40 – 15mm	
ACABADOS	2B – N4 – N1	
DIMENSIONES	1220 x 2440 mm (estándar)	
	1220 x otros (largos especial)	
DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A LA NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301

Ilustración 3-18: Plancha de acero inoxidable seleccionada para los tubos de calor

Fuente: ImportAceros, 2021

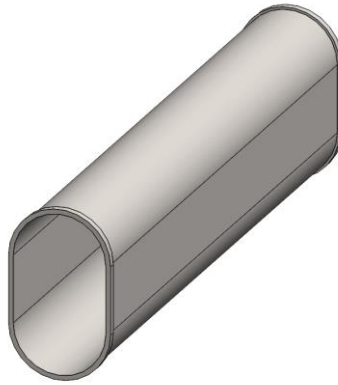


Ilustración 3-19: Geometría de los tubos de calor

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.5.12. *Difusores de calor*

Los difusores son componentes que se encuentran dentro de los tubos o conductos de los quemadores. Su función principal es dirigir y distribuir adecuadamente el calor generado por la llama de gas a lo largo de la superficie de cocción. Fueron diseñados para ayudar a minimizar los puntos calientes y asegurar una distribución uniforme del calor en el área de cocción. Al hacerlo, evitan que los alimentos se quemen o se cocinen de manera desigual.

Los deflectores o difusores utilizados en este proyecto se han diseñado tomando como referencia deflectores ya existentes en el mercado (Ricord y Hutchinson 2006). Se realizó un análisis exhaustivo para determinar la mejor opción de configuración para estos componentes. En consecuencia, se optó por utilizar difusores del tipo placa perforada con dobleces a 45°. Estos deflectores tienen una longitud equivalente al 90% del largo del tubo, y cuentan con una pestaña trasera y otra delantera para garantizar su sujeción al tubo de calor de la freidora y mantener su posición. Además, su altura se corresponde con el 70% de la altura del tubo de calor.

$$L_d = 0.9L_T \quad (18)$$

$$H_d = 0.7H_T \quad (19)$$

En donde:

L_d – Longitud del difusor sin contar con las pestañas trasera y delantera [mm]

L_T – Longitud del tubo de calor (400) [mm]

H_d – Altura del difusor [mm]

H_T – Altura del tubo de calor (110) [mm]

Conocidos los datos de altura y longitud del difusor de calor, se obtuvieron las medidas generales del difusor:

$$L_d = 0.9(400 \text{ mm})$$

$$L_d = 360 \text{ mm}$$

$$H_d = 0.7(110\text{mm})$$

$$H_d = 77 \text{ mm} \approx 80\text{mm}$$

Cabe recalcar que la longitud establecida del difusor de 360mm es de la placa metálica doblada, tal como se muestra en la ilustración, de manera que, a requerir 7 caras inclinadas la configuración debe ser la siguiente:

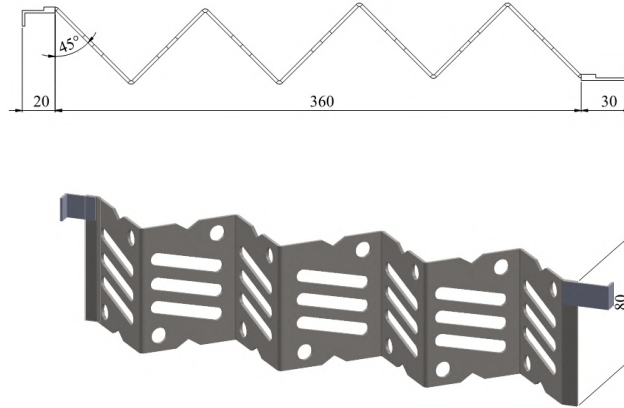


Ilustración 3-20: Geometría del difusor de calor

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.5.13. *Ensamble del sistema de calefacción*

Con todos los elementos definidos, el sistema de calefacción de la freidora tiene la siguiente disposición:

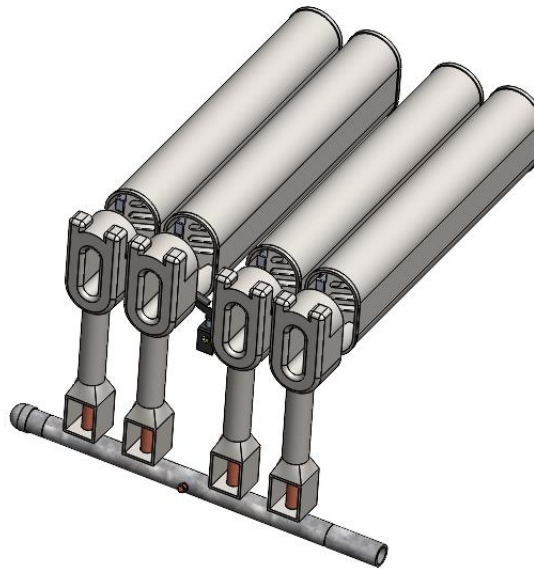


Ilustración 3-21: Sistema de calefacción de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

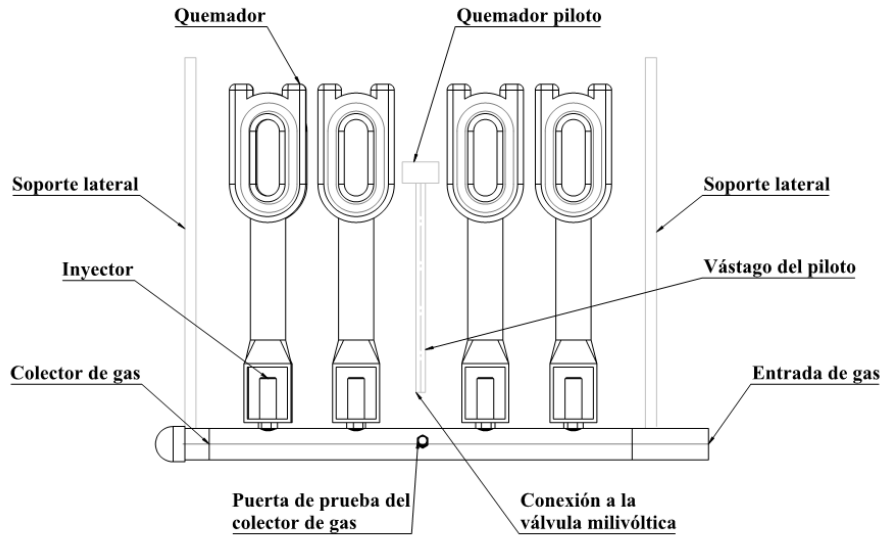


Ilustración 3-22: Elementos del sistema de calefacción de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

Luego de haber seleccionado los elementos de catálogo y dimensionado aquellos que se deban construir se obtuvo un sistema de calefacción como el que se muestra en las Ilustraciones 3-35 y 3-36, en las que se observa un conjunto de 4 quemadores, colector de gas, 4 tubos de calor de la freidora, difusor o deflector de transferencia de calor, una cubeta de líquidos (agua y aceite). El colector de gas presenta orificios para la entrada de gas que se conecta directamente a la válvula y también un punto de prueba para las tareas de mantenimiento. Cuando la freidora está en uso el gas G LP se introduce en el colector través de la entrada y se distribuye verticalmente en cada 1 de los quemadores por medio de los inyectores colocados en cada orificio inferior del quemador.

También se muestra la conexión de los quemadores a lo largo del colector de gas mediante inyectores unidos mediante una unión roscada. Cada inyector se corresponde con la parte inferior de cada quemador, y el colector cuenta con soportes izquierdo y derecho para su montaje en la freidora. Además, el conjunto de calefacción incluye un piloto quemador conectado directamente a la válvula principal milivoltica, el cual se encuentra sujeto a la cuba de la freidora mediante soportes.

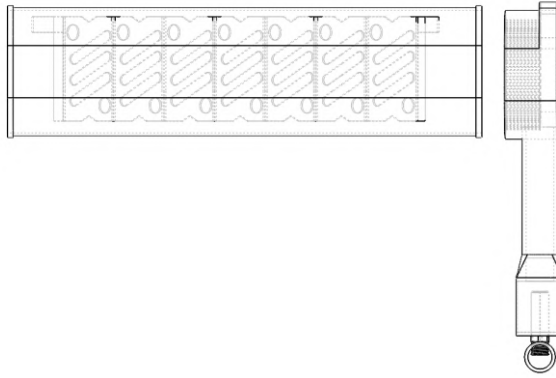


Ilustración 3-23: Ubicación de los deflectores en los tubos de calor

Realizado por: Paredes A., 2023

La Ilustración 3-37 muestra la geometría de los difusores de gas y como están dispuestos dentro de los tubos de intercambiador de calor, estos difusores tienen varias aberturas que mejoran la eficiencia de transferencia de calor en la freidora a gas al actuar como agente retardante de transferencia de calor. El deflector al estar en contacto con los gases de combustión se calienta para luego conducir e irradiar dicho calor al tubo de la freidora.

3.4.6. Brazo removedor de aceite

3.4.6.1. Potencia requerida del motor debido a las fuerzas ejercidas en cada paleta

El brazo removedor está formado por 5 paletas, en cada una de ellas se estimó que actúa un quinto de la mezcla entre papas y aceite. Como referencia a fabricantes de distintas marcas de freidoras, se tiene que se pueden freír alrededor de 0.5 kg a 0.7 kg de papas por litro de aceite. Por lo tanto, en la freidora de 60L (51 kg) de capacidad se puede freír entre 25.5 Kg y 35.7 Kg de papas, se tomó una media de este valor y se estableció que la masa total de la mezcla es de 82 Kg, considerando entonces que en cada una de las paletas actúa 16.4 Kg de la mezcla.

Como se está usando un brazo removedor con paletas simétricas, cada una de estas tiene las mismas dimensiones, que se muestran en la ilustración, en donde CM es la indicación del centro de masa de la paleta con un origen O.

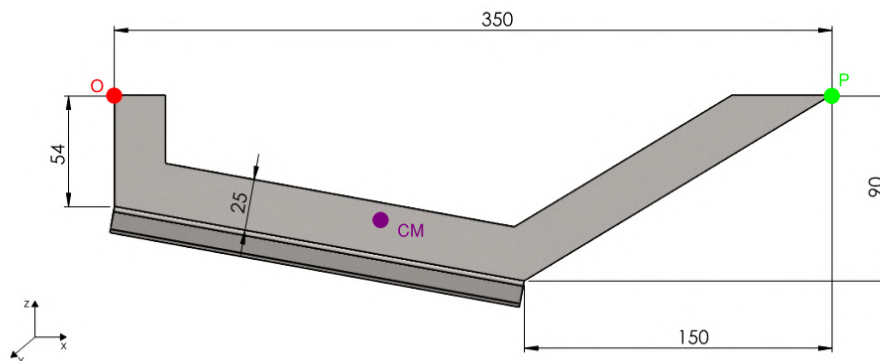


Ilustración 3-24: Geometría del aspa del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

Coordenadas del centro de masa con origen en O:

$$\begin{aligned}x &= 226.95 \text{ mm} \\y &= -86.40 \text{ mm} \\z &= 0.91 \text{ mm}\end{aligned}$$

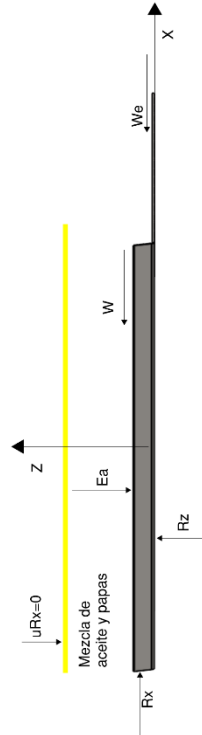


Ilustración 3-25: Fuerzas que actúan sobre el asa del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

En donde:

W – Peso de la mezcla de aceite y papas que incide en cada paleta [N]

W_e – Peso del eje en cada brazo [N]

R_z – Reacción en el eje Z [N]

R_y – Reacción en el eje Y [N]

E_a – Fuerza lateral ejercida por el fluido en contacto con la superficie de la paleta [N]

De la Ilustración 3-39 se obtuvo una sumatoria de fuerzas tanto en el eje Y como en el Z teniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned}\sum F_z &= 0 \\R_z - E_a &= 0 \\E_a &= \rho h A g \\ \sum F_x &= 0 \\R_x - W - W_e &= 0\end{aligned}$$

Para determinar la fuerza lateral ejercida por el aceite, se realizó una aproximación considerando al aspa del brazo removedor como una superficie plana. Se tienen en cuenta los siguientes datos: la densidad del aceite, con un valor de 920 Kg/m³; la altura h a la que se sumerge la paleta, que tiene un valor máximo de 0.2 m; el cálculo del área de la paleta, realizado mediante software, que da como resultado una superficie de 0.072 m²; la masa del eje, que es de 2.8 Kg y se distribuye en 5 partes para cada una de las paletas. Además, se considera que la fricción entre el aceite y las paletas es despreciable. Con estos datos definidos, se procedió al cálculo de las reacciones en ambos ejes.

$$R_z - E_a = 0$$

$$R_z = E_a$$

$$R_z = \rho h A g$$

$$R_z = \left(920 \frac{Kg}{m^3}\right) (0.2m) (0.072m^2) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$R_z = 130 N$$

$$R_x = W + W_e$$

$$R_x = \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) \left(16.4Kg + \frac{2.8}{5} Kg\right)$$

$$R_x = 166.38 N$$

La reacción en el eje Z es la que actúa en cada una de las aspas que conforman el brazo removedor y para determinar el torque requerido se realizó el producto cruz entre el vector posición \vec{V} al centro de masa de las aspas desde su extremo superior y la reacción en Z.

$$x = 226.95 mm$$

$$y = -86.40 mm$$

$$z = 0.91 mm$$

$$\vec{T} = \vec{V} \times \vec{R}_z$$

$$\vec{V} = (0.226 \vec{i} - 0.0864 \vec{j} + 0.009 \vec{k}) - (0.5 \vec{i})$$

$$\vec{V} = -0.274 \vec{i} - 0.0864 \vec{j} + 0.009 \vec{k}$$

$$\vec{T} = (-0.274 \vec{i} - 0.0864 \vec{j} + 0.009 \vec{k}) \times 130 \vec{k}$$

$$\vec{T} = -11.20 \vec{i} - 35.62 \vec{j}$$

$$T = 37.35 Nm$$

La velocidad de giro del brazo removedor de aceite es de 25 rpm, por lo tanto, la potencia requerida por el eje del brazo es de:

$$P = T \cdot N \tag{20}$$

En donde:

P – Potencia requerida por el eje del brazo removedor [W]

T – Torque requerido para el movimiento del brazo removedor [Nm]

N – Velocidad del eje del brazo removedor [rad/s]

$$P = (37.333 \text{ Nm}) \left(25 \text{ rpm} \times \frac{\pi/30 \text{ rad/s}}{1 \text{ rpm}} \right)$$

$$P = 78.19 \text{ W} = 0.08 \text{ KW} = 0.12 \text{ Hp}$$

Por lo tanto, mediante el uso de un catálogo de motores Weg, se seleccionó un motorreductor de 0.25 Hp, cuyas características se muestran en la Ilustración 3-40:

MOTOREDUCTOR MONOFÁSICO FCNDK ALUMINIO

Ortogonal, con eje hueco, tornillo sin fin y brida estándar.



Código	Potencia	Voltaje VAC	Carcasa M - R	i	Velocidad RPM	Fs	Torque Nm	Precio
543072	0.25HP (0.18kW)	110 - 220	63 - 40	30	58	2.10	26	0.00
543142	0.25HP (0.18kW)	110 - 220	63 - 40	40	45	1.60	27	0.00
543071	0.25HP (0.18kW)	110 - 220	63 - 50	60	29	1.90	34	0.00
543070	0.25HP (0.18kW)	110 - 220	63 - 50	100	17	1.00	55	0.00
543143	0.5HP (0.37kW)	110	71 - 40	7.5	233	3.00	13	0.00

Ilustración 3-26: Motorreductor monofásico FCNDK

Fuente: WEG, 2021

3.4.6.2. Resguardo del motor reductor

Para el diseño del resguardo del motor reductor se basó en las pautas establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores (Decreto 2393 2016). Este reglamento establece que las dimensiones de los resguardos deben estar adecuadas al componente que se requiere proteger. En consecuencia, se establecieron las medidas y aberturas del resguardo del motor reductor del brazo removedor de aceite, tal como se muestra en la ilustración.

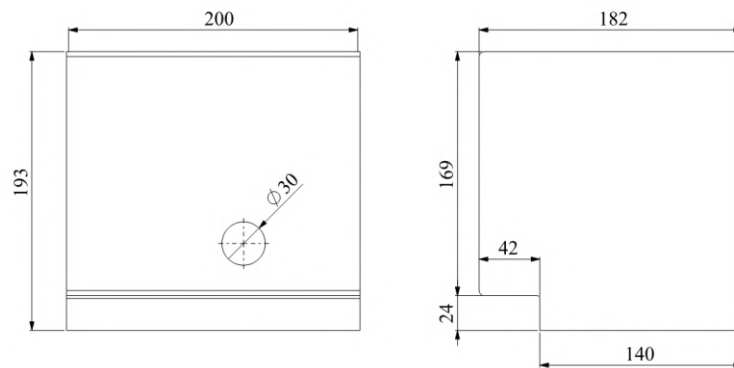


Ilustración 3-27: Dimensiones generales del resguardo del motor reductor del brazo removedor de aceite

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.6.3. Eje del brazo removedor: diseño por resistencia

Para el cálculo del diámetro del eje del brazo removedor se ocupó la potencia del motorreductor seleccionado en el ítem anterior, cuya incidencia en el eje es de manera constante, como no existen elementos que ejerzan fuerzas transversales que causen flexión salvo el peso del conjunto de las aspas del brazo que se muestra en la siguiente ilustración:

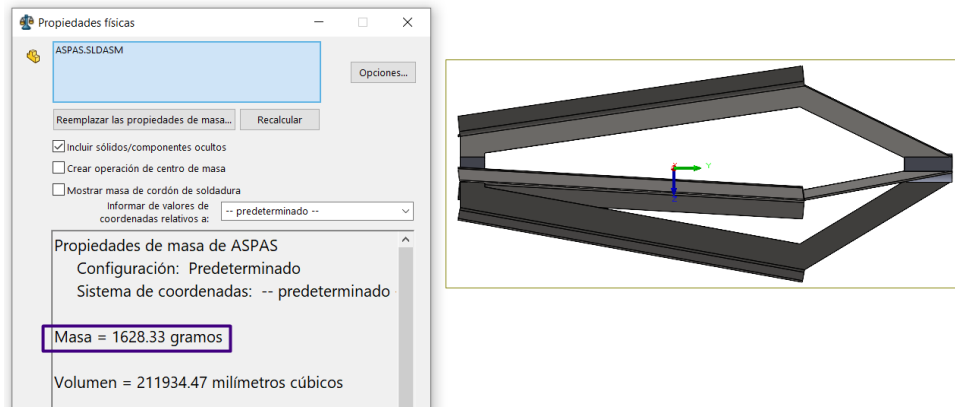


Ilustración 3-28: Peso del conjunto de aspas del brazo removedor.

Realizado por: Paredes A., 2023

$$W_A = g \cdot m_A = 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1.628 \text{ Kg} = 15.971 \text{ N}$$

Se llevó a cabo el traslado de este peso desde su centro de masa mediante el uso de un software CAD especializado. En dicho programa, se definieron las coordenadas del centro de gravedad del sistema y la posición del punto que se deseaba mover. Luego, se realizó la diferencia entre la posición final e inicial con respecto a un sistema local de referencia, tal como se muestra en las siguientes ilustraciones:

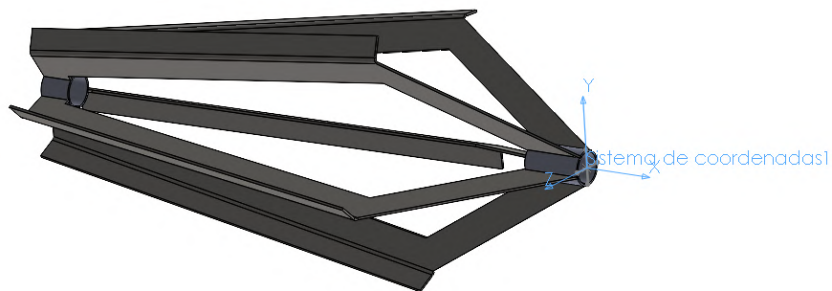


Ilustración 3-29: Ubicación del sistema local de referencia del conjunto de paletas

Realizado por: Paredes A., 2023

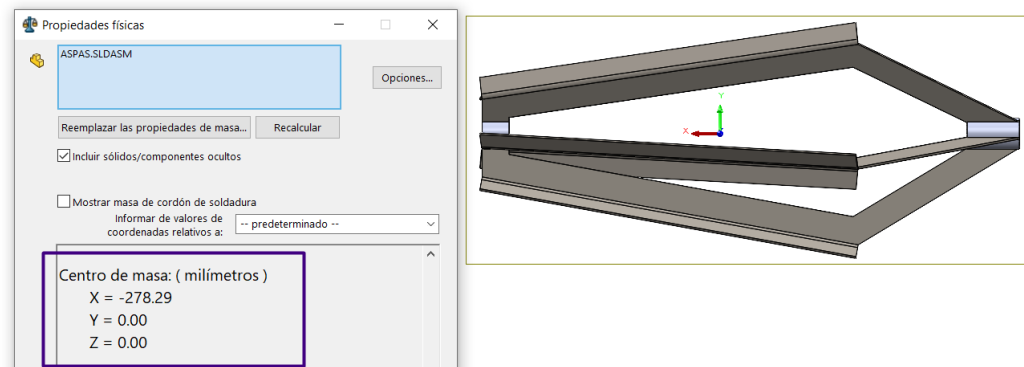


Ilustración 3-30: Localización del centro de masa del conjunto

Realizado por: Paredes A., 2023

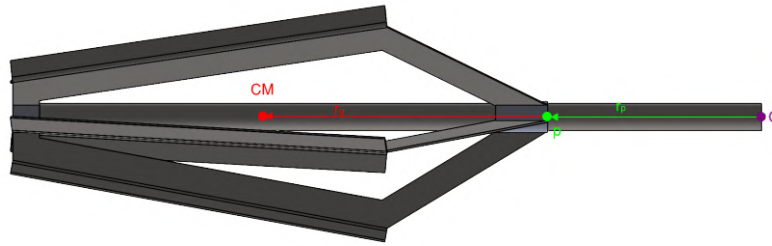


Ilustración 3-31: Localización del punto a trasladar

Realizado por: Paredes A., 2023

$$\vec{r}_g = (-0.2783 \hat{i}) m$$

$$\vec{r}_p = (-0.2000 \hat{i}) m$$

Para trasladar la fuerza ejercida por la masa del conjunto de las aspas del brazo removedor al punto p donde se realizó el análisis del eje, fue necesario transformar dicha fuerza en un sistema fuerza-par equivalente mediante el producto cruz entre el radio vector \vec{r} de localización del centro de masa y la fuerza \vec{W} ejercida por la masa. Por lo tanto:

$$\vec{M}_T = \vec{r} \times \vec{W}$$

$$\vec{M}_T = [(-0.2783 \hat{i}) - (-0.2000 \hat{i})] \times (-15.971 \hat{k})$$

$$\vec{M}_T = -0.0783 \hat{i} \times -15.971 \hat{k}$$

$$\vec{M}_T = (-1.25 \hat{j}) Nm$$

La velocidad angular del brazo removedor es de 25 rpm, y la potencia del motorreductor es de 0.25Hp, por lo tanto, el torque del sistema es de:

$$T = \frac{P}{N}$$

$$T = \frac{186.425 W}{2.617 rad/s} = 71.236 Nm$$

Una vez definida la fuerza y momento equivalente en el punto de interés del eje del brazo removedor de aceite, se elaboró el diagrama de cuerpo libre del conjunto.

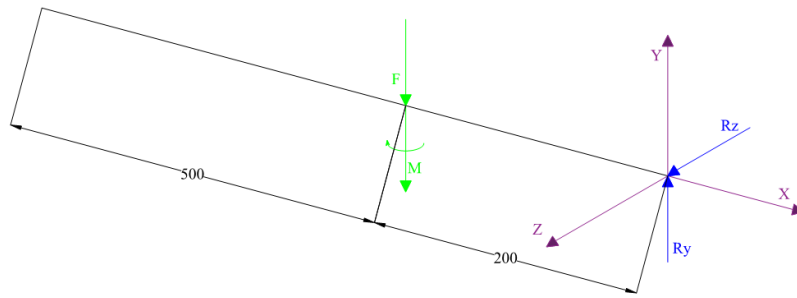


Ilustración 3-32: Diagrama de cuerpo libre del eje del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

Se llevó a cabo un análisis estático para calcular las reacciones en el apoyo del eje. El plano XY fue el foco de interés, ya que en este caso el momento aplicado no genera reacciones en el punto de interés.



Ilustración 3-34: Análisis de fuerzas en el plano XY

Realizado por: Paredes A., 2023

Se obtuvo los siguientes valores de reacciones tras el análisis de equilibrio estático:

$$\sum F_y = 0$$

$$-\vec{F} + \vec{R}_y = 0$$

$$\vec{R}_y = 15.971 \text{ N}$$

Una vez que se definió la reacción en el punto crítico del eje, se realizó un diagrama de cortante y momento flector mediante un software especializado.

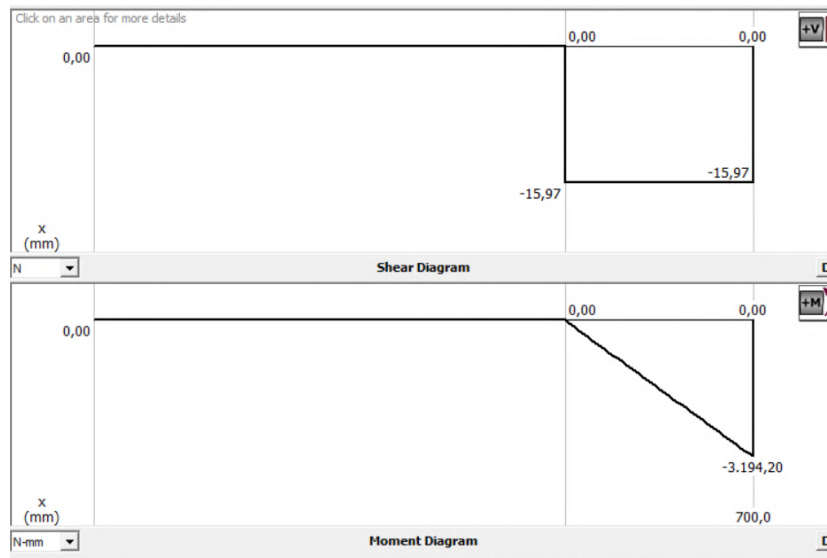


Ilustración 3-35: Diagrama de cortante y momento flector en el plano de interés

Realizado por: Paredes A., 2023

Se identificó que el momento resultante para el diseño del eje del brazo removedor se produjo en el punto B definido como crítico, teniendo los siguientes valores para el dimensionamiento de la sección del eje:

$$M_B = 3194.20 \text{ Nmm}$$

$$T = 71236 \text{ Nmm}$$

Con las solicitaciones definidas se empleó la expresión dada por el ASME B106.1M para el cálculo del diámetro de ejes y árboles (ASME B106.1M 1985).

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{k_f \cdot M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{k_f \cdot M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (21)$$

Se asumieron los valores de concentradores de esfuerzos a flexión (k_{ff}) y cortante (k_{fs}), en base a las recomendaciones de la norma, los cuales sirvieron para calcular el diámetro tentativo del eje del brazo removedor.

$$k_{ff} = 1.6$$

$$k_{fs} = 1.4$$

Como se trata de un elemento con rotación continua, los esfuerzos en el punto crítico cambian de naturaleza entre compresión y tracción, por lo tanto, se efectuó un análisis dinámico con las solicitaciones dadas en la tabla:

Tabla 3-12: Solicitaciones en el punto crítico del brazo removedor

M_a [Nmm]	3194.20
M_m [Nmm]	0
T_a [Nmm]	0
T_m [Nmm]	71236

Realizado por: Paredes A., 2023

Para definir el límite de fatiga (S_e) se ocupó la expresión propuesta por Marín, en la que se asume que el valor del factor de esfuerzos.

$$S_e = k \cdot S_e' \quad (22)$$

En donde:

k – Factor de esfuerzos de Marín

$S_e' = 0.5S_{sut}$ debido a que predomina la flexión

El material con el que se diseñó a la freidora es acero inoxidable AISI 304 con las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 276 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 568 \text{ MPa}$$

En donde:

S_y – Resistencia a la fluencia

S_{ut} – Resistencia última a la tracción

Con esto se encontró el valor del límite de fatiga (S_e).

$$S_e = 0.6 \cdot 0.5 \cdot 568$$

$$S_e = 170.4 \text{ MPa}$$

Se determinó el diámetro del eje mediante un reemplazo de los datos conocidos en la ecuación propuesta por el ASME B106.1 M

$$d = \left\{ \frac{16(2)}{\pi} \left[4 \left(\frac{1,6(3194.20)}{170.4} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,4(71236)}{276} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 25.264 \text{ mm}$$

Se estableció un diámetro estandarizado del catálogo de ejes del fabricante DIPAC, cabe recalcar que el eje no se diseñó con cambios de secciones por lo que no se recalculó el diámetro, pero se comprobó su factor de seguridad mediante software CAE.

$$d = 25.4 \text{ mm}$$

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES
DIÁMETRO
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

Ilustración 3-36: Características del eje seleccionado de catálogo

Fuente: Dipac, 2022

3.4.6.4. Eje del brazo removedor: diseño por rigidez

Para verificar el diseño del eje se aplicó un análisis de deformaciones mediante el software SAP200, teniendo en cuenta que la deflexión máxima en ejes que soportan elementos en movimiento tiene una resistencia permisible de $[y] = (0.0002 - 0.0003)L$ (Ivanov M 1984), donde L es la longitud total del eje.

Para un análisis conservador se utilizó el valor máximo de $[y]$

$$[y] = 0.0003L \quad (23)$$

$$[y] = 0.0003(700mm)$$

$$[y] = 0.21 \text{ mm}$$

Ya definido el límite de la deformación admisible, se procedió a aplicar el software SAP200 para obtener las deflexiones en el eje, luego de insertar los parámetros conocidos como la sección circular, material, método de análisis, entre otros, obteniendo los siguientes valores:

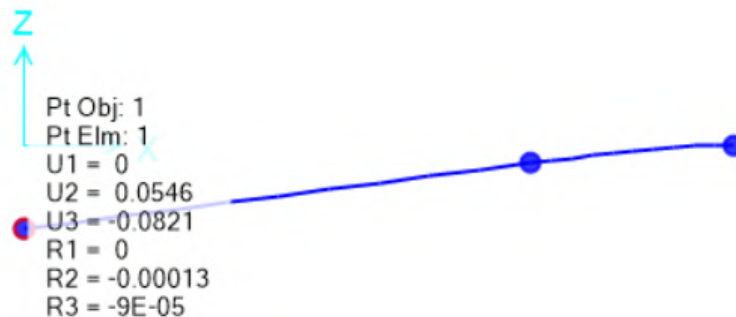


Ilustración 3-37: Valor en mm de las deformaciones producidas en el eje del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

Tabla 3-13: Deformación máxima en el eje del brazo removedor

Deformaciones en el eje del brazo removedor				
Deformaciones en el punto crítico	U_2 [mm]	0,0546	Deformación total ρ [mm]	0.1
	U_3 [mm]	0,0821		
<p>U_2 – Deformación en el punto crítico en el eje Y</p> <p>U_3 – Deformación en el punto crítico en el eje Z</p> <p>ρ – Deformación total en el punto crítico en el eje calculada mediante la expresión:</p> $\rho = \sqrt{U_2^2 + U_3^2}$				

Realizado por: Paredes A., 2023

$$0.21 \text{ mm} > 0.1 \text{ mm}$$

$$[y] > \rho$$

Con esto se comprobó que el eje no presenta deflexiones mayores a las permitidas por la norma.

3.4.6.5. Selección del rodamiento para el eje del brazo removedor

Para el eje del brazo removedor se necesitó de un solo rodamiento en el cual la fuerza aplicada es la reacción R_y que se calculó en la sección anterior.

$$R_y = 15.971 \text{ N}$$

Al no existir más reacciones en este rodamiento la fuerza radial (F_r) tiene la misma magnitud, además no existe una fuerza axial (F_a), es decir:

$$F_r = R_y$$

$$F_a = 0$$

Se partió por un análisis de carga dinámica para el rodamiento:

$$C' = \frac{f_h}{f_n} \cdot P \tag{24}$$

En donde:

C' - Carga dinámica del rodamiento [KN]

f_h - Factor de vida del rodamiento [--]

L_h - Horas de funcionamiento [h]

f_n - Factor de velocidad [--]

P - Carga total aplicada [KN]

n - Velocidad del eje [rpm]

Para determinar el factor de vida del rodamiento se trabajó con una confiabilidad del 90%, cuyo factor necesario para los cálculos se muestra en la tabla:

Tabla 3-14: Factor de confiabilidad a1 de rodamientos

Confiabilidad %	Lh	a1
90	L10	1
95	L5	0,62
96	L4	0,53
97	L3	0,44
98	L2	0,33
99	L1	0,21

Fuente: NTN Corporation, 2004

Realizado por: Paredes A., 2023

El tiempo de funcionamiento del rodamiento se estimó para una máquina que trabaja un promedio de 8h al día y sin uso continuo.

$$L_h = [1000 - 2500]h$$

Se tomó un tiempo de 20000 horas y con la confiabilidad ya mencionada del 90% el tiempo de vida L_h es igual al L_{10} ya que el factor de confiabilidad a1 tiene un valor de 1. Adicionalmente se consideró un rodamiento rígido de bolas, de manera que:

$$f_h = \left(\frac{L_{10}}{500}\right)^{1/3} \quad (25)$$

$$f_h = \left(\frac{20000}{500}\right)^{1/3}$$

$$f_h = 3.42$$

El factor de velocidad se lo calculó mediante la siguiente expresión:

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{1/3} \quad (26)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{25}\right)^{1/3}$$

$$f_n = 1.1$$

A continuación, se obtuvo la carga radial del rodamiento:

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (27)$$

$$X = 1$$

$$P_r = F_r = 15.971 \text{ N}$$

Se calculó la capacidad de carga requerida:

$$C' = \frac{3,42}{1.1} \cdot (0.01597) = 0.0497 \text{ KN}$$

Como siguiente paso se procedió a ocupar el catálogo de rodamientos C-NTN en donde para el diámetro del eje se preseleccionó el siguiente rodamiento:

Tabla 3-15: Rodamientos rígidos de bolas del catálogo NTN

Dimensiones principales					Capacidades básicas de carga				Factor	Velocidades límites				Números de rodamientos			
mm					Dinámica	Estática	Dinámica	Estática		rpm				Tipo	Con	Con	Con
d	D	B	rs min	rNS min	KN	KN	Kgf	Kgf	fo	ZZ LLB	Z LB	LL H	LLU	abierto	tapas	sello de bajo torque	sello de contacto
25	32	4	0,2	-	1,10	0,84	112	86	15	4000	4600	-	-	6705	-	-	-
	37	7	0,3	0,3	4,30	2,95	435	300	16,1	18000	21000	-	10000	6805	ZZ	-	LLU
	42	9	0,3	0,3	7,05	4,55	715	460	15,4	16000	19000	-	9800	6905	ZZ	-	LLU
	47	8	-	-	8,35	5,10	855	520	15,1	15000	18000	-	-	16005	-	-	-
	47	12	0,5	0,5	10,1	5,85	1030	595	14,5	15000	18000	11000	9400	6005	ZZ	LLH	LLU
	52	15	0,5	0,5	14,0	7,85	1430	800	13,9	13000	15000	11000	8900	6205	ZZ	LLH	LLU

Fuente: NTN Corporation, 2004

Realizado por: Paredes A., 2023

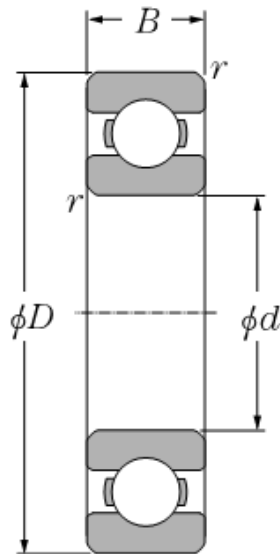


Ilustración 3-38: Geometría del rodamiento rígido de bolas

Fuente: NTN Corporation, 2004

Para verificar la selección se comprobó que la carga requerida fuera menor que la carga crítica del rodamiento:

$$C' < C_r$$

$$0.0497 \text{ KN} < 1.10 \text{ KN}$$

Adicionalmente se hizo una comprobación a carga estática del rodamiento, tomando en cuenta que el factor de servicio del eje es de 1.2, valor tomado del mismo catálogo analizado.

$$f_s = 1,2$$

$$P_o = 0,6 \cdot F_r + 0,5 \cdot F_a \tag{28}$$

$$P_o = 0.6 \cdot 15.97 = 9.582 \text{ N} = 0.00958 \text{ KN}$$

$$C_o' = f_s \cdot P_o \quad (29)$$

$$C_o' = 1,2 \cdot 0,00958 = 0,0115 \text{ KN}$$

$$C_o' < C_{or}$$

$$0,0115 \text{ KN} < 0,84 \text{ KN}$$

De esta manera se ha verificado que el rodamiento 6705 del catálogo C-NTN fue el adecuado para el diseño del eje.

Tabla 3-16: Características geométricas del rodamiento 6705 -NTN

Designación	Valor	Unidad
d	25	mm
D	32	mm
B	4	mm
r	0.2	mm
Cr	1.10	KN
Cor	0.84	KN

Fuente: NTN Corporation, 2004

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.6.6. Análisis CAE del eje del brazo removedor

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del eje del brazo removedor, se llevó a cabo un análisis de elementos finitos (MEF) utilizando el software ANSYS, y basado en el siguiente proceso:

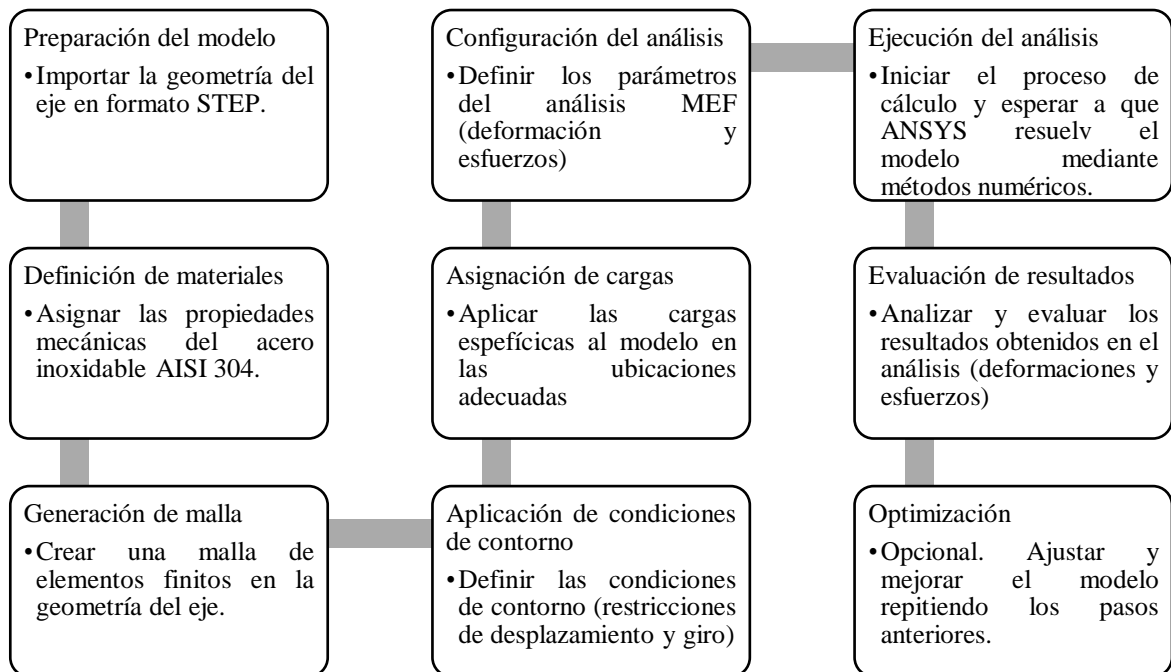


Ilustración 3-39: Proceso de análisis CAE del eje del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.7. Estructura exterior de la freidora

Una vez definidos cada uno de los componentes de la freidora, así como su localización se obtuvo la geometría exterior de la freidora, que está hecha en su totalidad por acero inoxidable AISI 304 calibre 16 para las chapas metálicas y perfiles cuadrados de espesor 1.5mm seleccionados del catálogo.

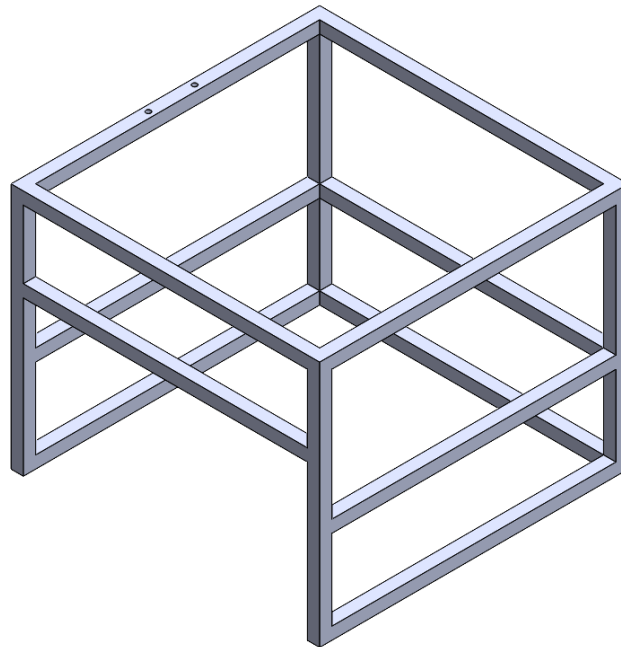


Ilustración 3-40: Estructura exterior de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

Para asegurar una estabilidad idónea y que la estructura esté adecuada a la norma alimenticia, se seleccionaron perfiles de acero inoxidable AISI 304 del catálogo de Import Aceros:

Descripción: Tubo cuadrado inoxidable 304 acabado N4 pulido 6 mts

DIMENSIONES			PROPIEDADES	
PL.G.	mm	ESPESOR mm	PESO Kg/mt	PESO Kg/6mt
1/2	12,0	1	0,35	2,09
1/2	12,0	1,2	0,41	2,47
1/2	12,0	1,5	0,50	3,00
1/2	12,0	2	0,64	3,81

DIMENSIONES			PROPIEDADES	
PL.G.	mm	ESPESOR mm	PESO Kg/mt	PESO Kg/6mt
1 1/2	40	1	1,24	7,42
1 1/2	40	1,2	1,48	8,86
1 1/2	40	1,5	1,83	10,99
1 1/2	40	2	2,41	14,46

Ilustración 3-41: Selección de los perfiles de acero inoxidable

Fuente: ImportAceros, 2021

Los perfiles cuadrados de 40x40x1.5mm se ocuparon para la construcción de la estructura exterior de la geometría de la freidora.

3.4.7.1. Análisis CAE de la estructura exterior de la freidora

Para determinar la relación entre la demanda y la capacidad, así como las deformaciones causadas en la estructura exterior de la freidora, se empleó el software SAP2000, mediante los siguientes pasos:

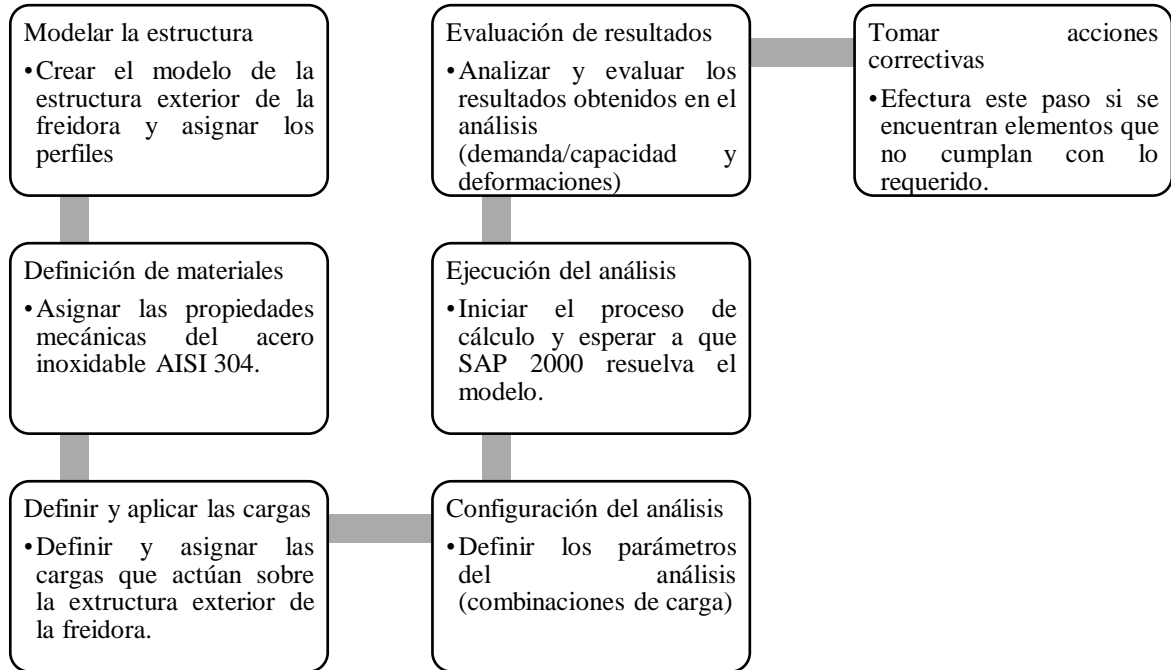


Ilustración 3-42: Proceso de análisis CAE de la estructura exterior de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

3.4.8. Selección de la forma de unión

3.4.8.1. Unión permanente

Todos los elementos de la freidora tanto la perfilería como las chapas metálicas que forman el recubrimiento exterior, cubas y tubos de calor fueron diseñados con acero inoxidable AISI 304, el cual es un acero del tipo austenítico. Aunque la soldadura es un proceso de ensamblaje económico, la generación de calor y la fusión localizada del acero pueden ocasionar cambios significativos en la microestructura. Estos cambios pueden afectar las propiedades del material en la unión soldada, especialmente su resistencia, ductilidad/formabilidad y resistencia a la corrosión, en comparación con el material original sin soldar. Por lo tanto, es fundamental prestar especial atención a la elección adecuada del método de soldadura, el metal utilizado como aporte y los tratamientos posteriores a la soldadura cuando se trabaja con acero inoxidable.

Soldadura TIG

El método de soldadura aplicado para las uniones permanentes de la freidora es el proceso TIG (Tungsten Inert Gas) el cual resultó ser el más adecuado para la aplicación. En donde un gas inerte que generalmente es argón se usa para proteger el metal fundido del proceso. En este caso si resultó ser necesario el uso de un metal de aporte en forma de alambre. Esta soldadura posee

ventajas como la facilidad de uso en cualquier posición, no genera escoria ni salpicaduras lo cual reduce las tareas de limpieza, y no provoca un cambio drástico en la composición del material base.

Penetración completa de las soldaduras

Para lograr una resistencia adecuada en las soldaduras a tope que se ocupen en la freidora, estas deben penetrar totalmente, sobre todo porque la máquina está expuesta a un servicio corrosivo, y cualquier rendija existente puede ocasionar fugas de líquidos y por lo tanto fallos en el funcionamiento y corrosión por rendijas (ACERIND SC 2022),.

Diseño de las juntas

El diseño de las juntas que se utilizaron en la freidora debe garantizar una resistencia apropiada y un buen desempeño durante el tiempo de vida útil de la máquina, y como se mencionó, en las soldaduras a tope necesariamente se garantizó un CJP, mientras que en la soldadura de filete no es necesario realizar una penetración completa siempre y cuando se suelden ambos lados para evitar la existencia de rendijas. Para saber cuál es el grosor del cordón de soldadura a emplear, se utilizó la norma AWS D1.1, en la que se detalla las recomendaciones de apertura de la raíz, tamaño del cordón, entre otros (AWS D1.1 2019). El esquema de las juntas aplicadas para la soldadura de las planchas y perfiles se muestra en las Ilustraciones 3-55 y 3-56.

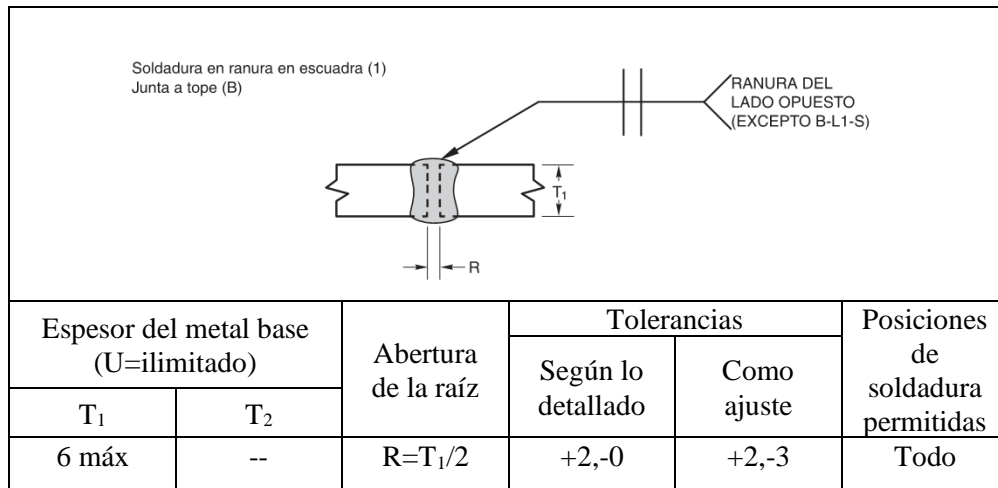


Ilustración 3-43: Detalles de la tope precalificada en milímetros

Fuente: AWS D1.1 2019

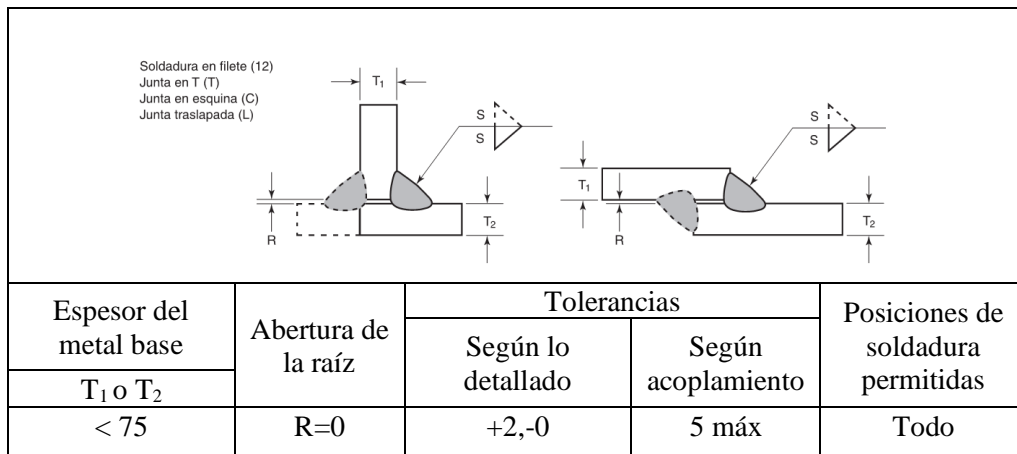


Ilustración 3-44: Detalles de la junta soldada en filete precalificada en milímetros

Fuente: AWS D1.1

El tamaño de la soldadura de filete está dado por las recomendaciones de la sección 7.3 y la tabla 5.1. de la norma AWS D1.1, en donde para espesores menores a 8 mm el ancho del cordón de soldadura debe ser igual al espesor menor de los materiales por soldar (AWS D1.1 2019).

Material de aporte

Para este proceso el material de aporte seleccionado es el AWS: ER 308L, el cual resulta ser el más apropiado en procesos de soldadura con gas inerte (TIG), sus propiedades mecánicas están bien balanceadas y presenta un contenido extra bajo en carbono (INDURA 2010).

Tabla 3-17: Material de aporte para las uniones permanentes

Características del metal de aporte ER 308L	
Posiciones de soldadura	P, H, V, SC
Tipo de corriente	CCEP
Composición química	Mn: 1.90%
	P: 0.02%
	Cr: 19.8%
	Mo: 0.19%
Resistencia a la tracción	570 MPa
Elongación	44%
Energía absorbida	90J

Fuente: INDURA, 2010

Realizado por: Paredes A., 2023

3.5. Automatización

3.5.1. Control de temperatura

Para el control de temperatura del aceite en la freidora se usó un termostato capilar analógico el cual es un componente esencial para el control preciso de la temperatura. Este termostato consta de un tubo capilar de cobre enrollado que contiene un líquido expansible, generalmente xileno.

El extremo del capilar se coloca en contacto con el área caliente de la freidora, mientras que el otro extremo está conectado a un diafragma y un interruptor. A medida que la temperatura aumenta, el líquido dentro del capilar se expande, generando presión en el diafragma. Esta presión mecánica acciona el interruptor, que a su vez controla el suministro de gas y la llama del quemador. Cuando se alcanza la temperatura establecida, el líquido se contrae, liberando la presión en el diafragma y cerrando el interruptor, lo que regula el calor y mantiene la temperatura deseada en la freidora industrial a gas. Este sistema de termostato capilar asegura un control eficiente y seguro de la temperatura en el proceso de freído. Se inició con la esquematización del sistema de control de temperatura para tomarlo como punto de partida en el desarrollo.

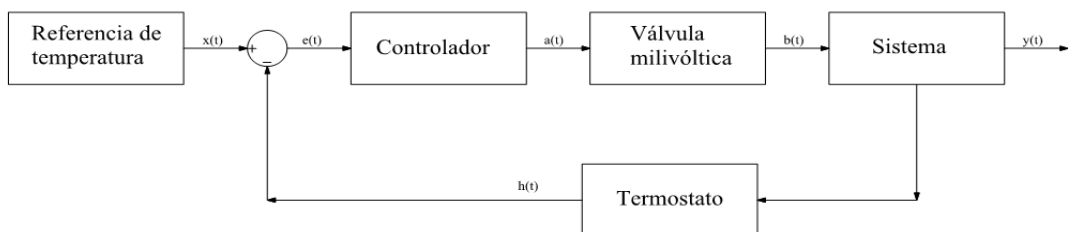


Ilustración 3-45: Sistema de control de temperatura

Realizado por: Paredes A., 2023

3.5.1.1. Conexión del termostato a la válvula milivolt

El termostato y la válvula milivolt en una freidora a gas trabajan en conjunto para controlar la temperatura del aceite y mantenerla en el nivel deseado. A continuación, se detalla cómo se conecta el termostato a la válvula y cómo funciona este sistema:

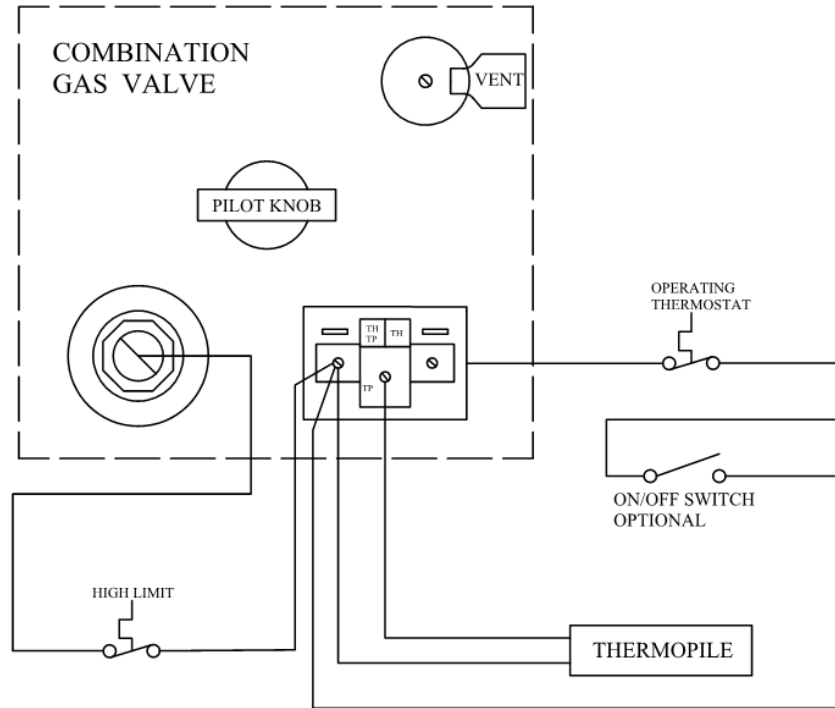


Ilustración 3-46: Diagrama de conexión de la válvula milivolt

Fuente: Robert Shaw, 2023

Realizado por: Paredes A., 2023

El termostato y la válvula milivolt están conectados en serie eléctricamente, lo que permite que la electricidad generada por el termopar en la válvula milivolt también se suministre al termostato. Cuando la temperatura medida por la sonda del termostato es inferior al nivel establecido, este activa un relé que permite el flujo constante de electricidad del termopar hacia el electroimán de la válvula, lo que en consecuencia controla el flujo de gas y regula la temperatura.

3.5.1.2. Funcionamiento del sistema

Cuando la freidora se enciende, la llama piloto se activa automáticamente y comienza a calentar el termopar de la válvula milivolt. Este termopar genera electricidad a medida que se calienta, manteniendo activo el electroimán de la válvula y permitiendo el flujo de gas hacia el quemador. La temperatura del aceite es constantemente medida por la sonda del termostato, y si está por debajo del nivel establecido, el termostato activa el relé, permitiendo que la electricidad fluya hacia el electroimán de la válvula y manteniéndola abierta para que el gas fluya al quemador. A medida que la temperatura del aceite se acerca al nivel deseado, el termostato disminuye la cantidad de electricidad enviada al electroimán, resultando en un cierre parcial de la válvula y reduciendo el flujo de gas para disminuir la intensidad de la llama. Este ciclo de apertura y cierre se repite continuamente para mantener la temperatura constante del aceite. Cuando la temperatura alcanza el valor establecido, el termostato detiene el flujo de electricidad

al electroimán, cerrando parcial o totalmente la válvula y reduciendo o deteniendo el flujo de gas, logrando así el mantenimiento de la temperatura deseada.

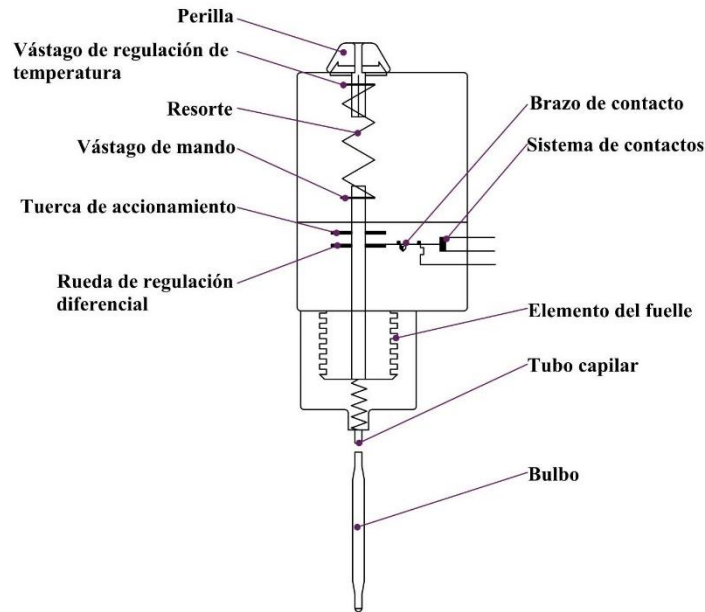


Ilustración 3-47: Partes del termostato conectado

Fuente: Mayo, 2020

Realizado por: Paredes A., 2023

3.5.2. Control del brazo removedor

El brazo removedor está equipado con un reductor de velocidad que garantiza un giro uniforme y una velocidad adecuada para el trabajo. El control automático de este brazo se logra mediante el uso de un contactor, un selector e interruptores lumínicos para encender y apagar su funcionamiento. A continuación, se presenta un diagrama de bloques que simplifica la representación del circuito:

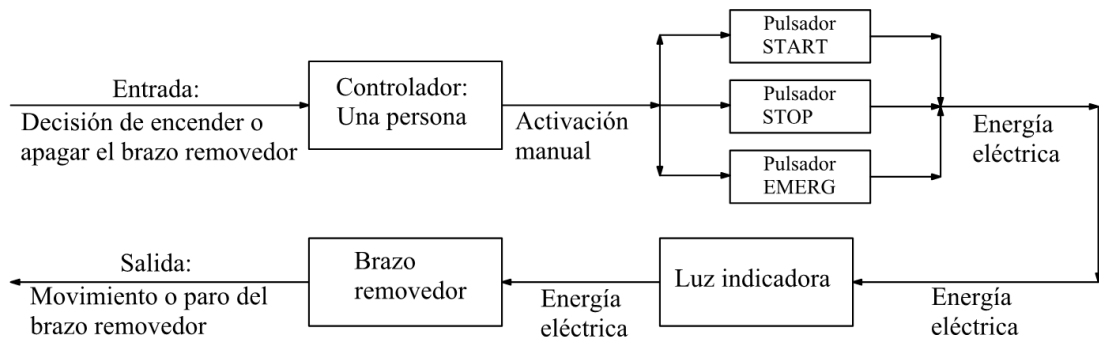


Ilustración 3-48: Diagrama de bloques del control del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

En el diagrama, el contactor es el interruptor de control principal del brazo removedor. El selector posibilita la selección de distintos modos de operación, mientras que las luces

indicadoras muestran el estado de encendido o apagado del brazo removedor. A continuación, se detallan los componentes empleados en este sistema de control:

Tabla 3-18: Componentes del sistema de control del brazo removedor

Componente	Símbolo
Motor monofásico	M
Contactador (bobina de control + contactos principales)	KM
Disyuntor de protección	Q1
Botón de arranque (normalmente abierto)	START
Botón de paro (normalmente cerrado)	STOP
Botón de emergencia (normalmente cerrado)	EMERG
Luz indicadora de encendido del motor	H1
Luz indicadora de paro del motor	H2
Luz indicadora de emergencia	H3
Relé térmico	F1
Líneas de alimentación	L, N
Línea de tierra	PE

Realizado por: Paredes A., 2023

En teoría, no hay ninguna razón que impida arrancar el brazo removedor conectándolo directamente a la red de alimentación. Sin embargo, el problema surge debido a que, en ese momento de arranque, la corriente absorbida puede alcanzar hasta 7 veces el valor de la corriente nominal, lo que ocasiona inconvenientes en su funcionamiento. Para abordar esta situación, se muestra en el siguiente diagrama de conexión una solución adecuada.

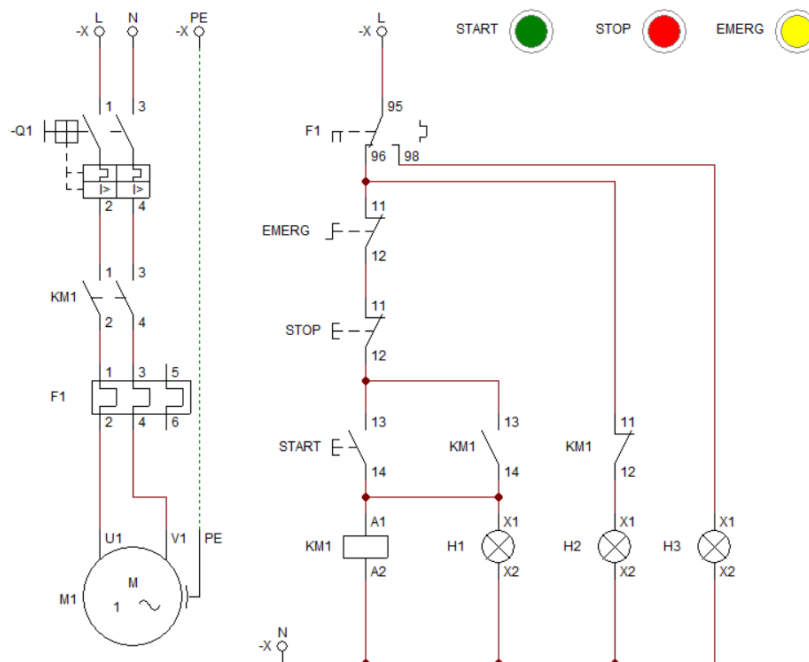


Ilustración 3-49: Diagrama de conexión del sistema de control del brazo removedor

Realizado por: Paredes A., 2023

3.5.2.1. Funcionamiento

En el inicio solo hay energía hasta los terminales de entrada en el disyuntor Q1, y cuando se activa el disyuntor se permite el paso de la corriente, encendiendo la luz indicadora H2 que indica que el motor está parado.

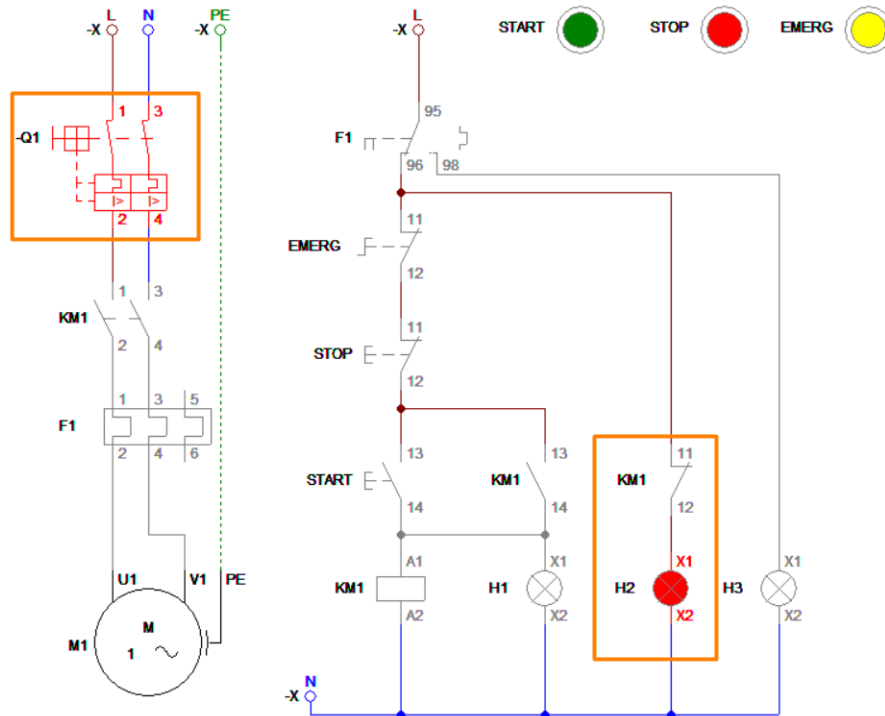


Ilustración 3-50: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición neutra

Realizado por: Paredes A., 2023

Al presionar el botón verde "START" en el circuito de control, se activa la bobina del contactor, lo que resulta en el cierre de todos los contactores previamente abiertos y la apertura de los contactos que estaban cerrados. Esta secuencia de acciones habilita el flujo de corriente hacia el motor monofásico del brazo removedor, lo que provoca su arranque.

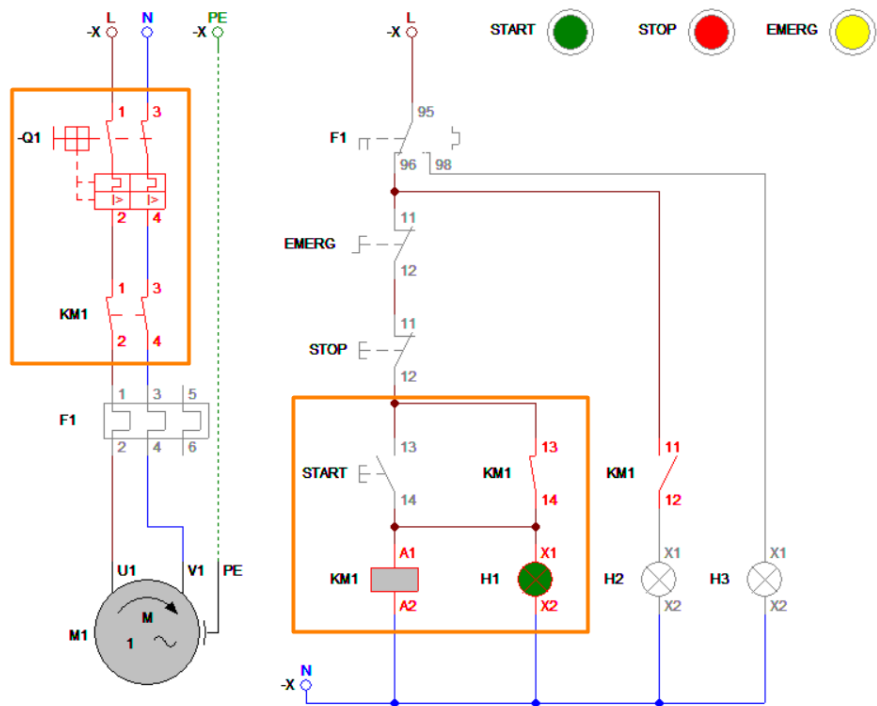


Ilustración 3-51: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición en movimiento

Realizado por: Paredes A., 2023

Para detener el movimiento del brazo removedor, simplemente se debe presionar el botón rojo "STOP". Al hacerlo, se interrumpe la energía que se dirige hacia la bobina del contactor, lo que resulta en la apertura de los contactos de fuerza y provoca la detención inmediata del motor.

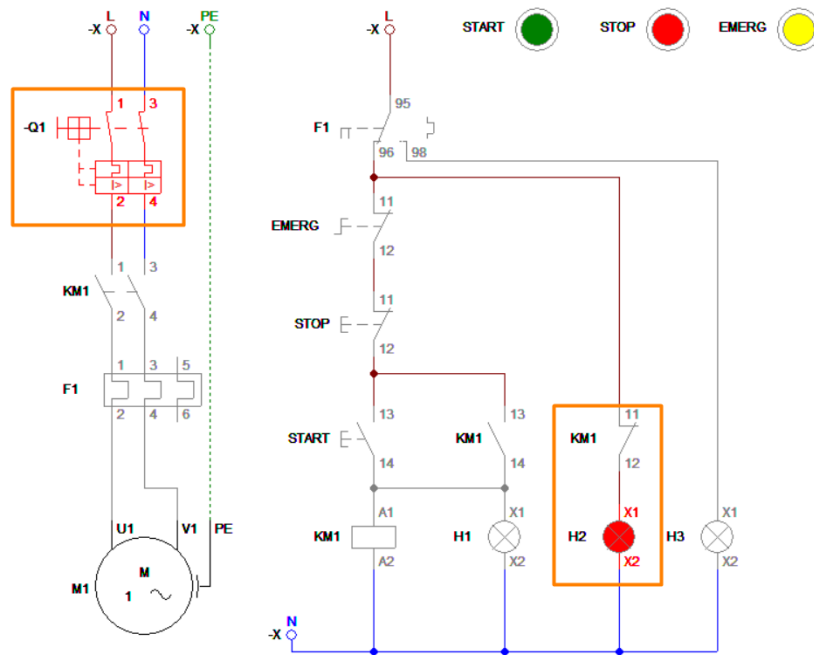


Ilustración 3-52: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición de paro

Realizado por: Paredes A., 2023

En el caso de requerir un paro de emergencia, se pulsa el botón “EMERG”, al hacerlo se interrumpen las demás conexiones y el motor del brazo removedor se detiene y bloquea.

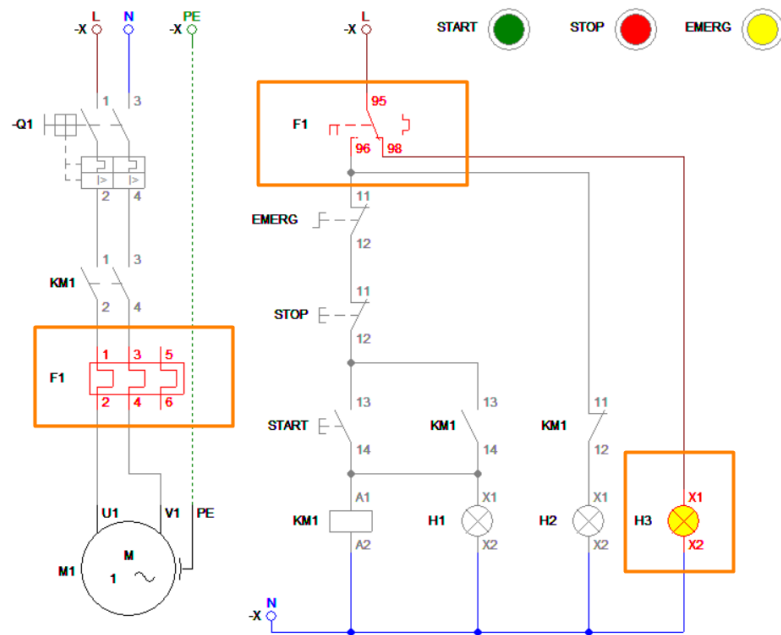


Ilustración 3-54: Diagrama de conexión del control del brazo removedor, posición de paro de emergencia

Realizado por: Paredes A., 2023

Finalmente, para la implementación de los pulsadores en el panel de control de la freidora se tomaron como directrices las recomendaciones del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. En congruencia con estas pautas, se determinó un tamaño diferenciado entre el pulsador de puesta en marcha y el de parada de emergencia, con el objetivo de garantizar su distinción visual y táctil (Decreto 2393 2016).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Validación CAE de la estructura exterior de la freidora

4.1.1. Condiciones iniciales

Para verificar la resistencia de la estructura exterior de la freidora se utilizó el software SAP2000, en el cual mediante el proceso descrito en la tabla 4-24 se preparó la estructura para los respectivos análisis. Cabe mencionar que el material utilizado en la simulación fue el acero inoxidable 304 cuyas propiedades deben definirse como un nuevo material en el software de acuerdo con la tabla 4-23.

Tabla 4-1: Propiedades del acero inoxidable AISI 304

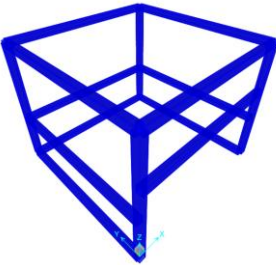
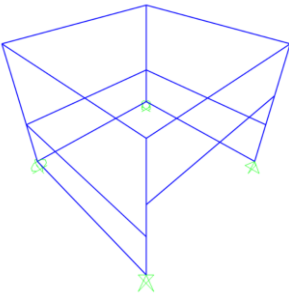
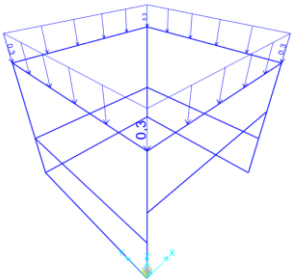
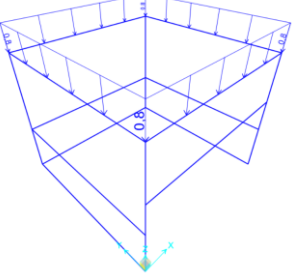
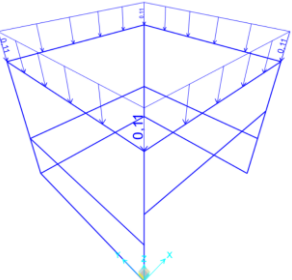
Capacidad calorífica	500 J/ (Kg K)
Densidad	7.3 g/cm ³
Punto de fusión	1400-1455 °C
Módulo de elasticidad	193 000 N/mm ²
Conductividad térmica	16 W/m K
Resistencia a la tracción	568 MPa
Resistencia a la fluencia	210 MPa

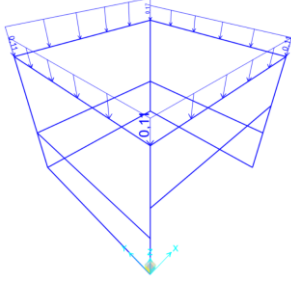
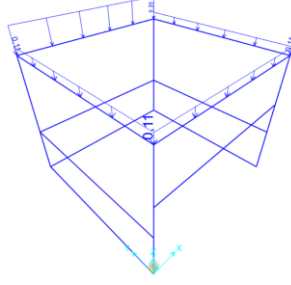
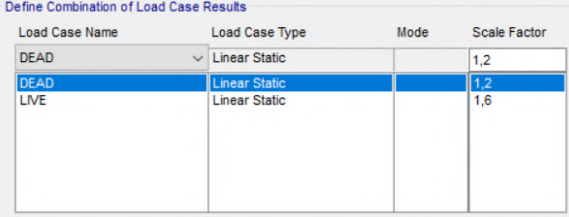
Fuente: (Grumeber 2021)

Realizado por: Paredes A., 2023

Tabla 4-2: Condiciones iniciales para el análisis CAE de la estructura exterior

Creación de la geometría de la estructura		
Geometría de la estructura exterior	Se dibujó la geometría de la estructura exterior mediante las siguientes coordenadas [mm]: P1= (0,0,0) P2= (0,0,300) P3= (0,0,500) P4= (0,0,800) P5= (1000,0,0) P6= (1000,0,300) P7= (1000,0,500) P8= (1000,0,800) P9= (0,1000,0) P10= (0,1000,300) P11= (0,1000,800) P12= (1000,1000,0) P13= (1000,1000,300) P14= (1000,1000,800)	

Asignación de la sección transversal	Todos los elementos se diseñaron con una sección cuadrada de 40mm x 1.5mm de espesor de acero inoxidable AISI 304.	
Asignación de apoyos		
Apoyos fijos Apoyos móviles	2 apoyos simples en los nodos P1 y P5 2 apoyos móviles en los nodos P9 y P12	
Asignación de cargas vivas		
Peso máximo de papas por freír	$W = 9.81 \cdot 31$ $= 304.11 N$	
Peso del aceite (nivel máximo)	$W = 9.81 \cdot 51$ $= 500.31 N$ (Se añade a la carga anterior)	
Asignación de cargas muertas		
Peso de la cuba principal de aceite	$W = 9.81 \cdot 11.045$ $= 108.351 N$	

Peso del brazo removedor completo	$W = 9.81 \cdot 4.465$ $= 57.320 N$ (Carga ubicada entre los nodos P11 y P14, se añade a la anterior)	
Peso del motor reductor	$W = 9.81 \cdot 19$ $= 186.39 N$ (Carga ubicada entre los nodos P11 y P14, se añade a la anterior)	
Combinación de cargas		
Definición de la combinación de cargas según la normativa AISC 360-16.	$1.2D+1.6L$ D= carga muerta L=carga viva	

Realizado por: Paredes A., 2023

4.1.2. Razón demanda capacidad de la estructura exterior

Una vez definidas las solicitaciones presentes en la estructura, así como las características de estas y las combinaciones de carga de interés, teniendo en consideración que las cargas preponderantes en el análisis son las cargas muertas, se toma lo establecido en la norma AISC 360-16 en la que se plantea la combinación $1.2D+1.6L$ donde D representa la carga muerta, y L a la carga viva, adicionalmente se realizó un análisis LRFD, empleando la siguiente configuración en el software SAP2000.

	Item	Value
1	Design Code	AISC 360-16
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Framing Type	OMF
4	Seismic Design Category	D
5	Importance Factor	1,
6	Design System Rho	1,
7	Design System Sds	0,5
8	Design System R	8,
9	Design System Omega0	3,
10	Design System Cd	5,5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15	Phi(Bending)	0,9
16	Phi(Compression)	0,9
17	Phi(Tension-Yielding)	0,9
18	Phi(Tension-Fracture)	0,75
19	Phi(Shear)	0,9
20	Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1,
21	Phi(Torsion)	0,9
22	Ignore Seismic Code?	No
23	Ignore Special Seismic Load?	No

Ilustración 4-1: Configuración del tipo de análisis en el software SAP2000

Realizado por: Paredes A., 2023

Definidas las cargas y la configuración, se realizó el análisis de demanda capacidad de la estructura exterior de la freidora, esta razón se refiere a la comparación entre la carga o fuerza máxima que puede soportar la estructura (capacidad) y la carga o fuerza aplicada sobre ella durante su funcionamiento o eventos extremos (demanda). Es esencial para garantizar la seguridad y la integridad de la estructura, ya que una demanda que exceda la capacidad puede provocar fallas estructurales o colapsos. Por lo tanto, es necesario realizar el análisis preciso para determinar la razón demanda-capacidad y asegurarse de que la estructura exterior de la freidora cumpla con los requisitos de resistencia y estabilidad necesarios para su uso previsto.

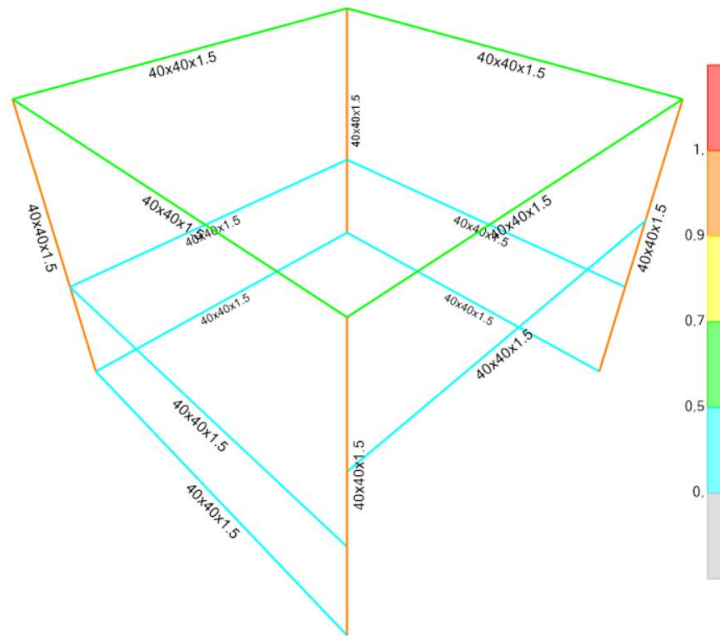


Ilustración 4-2: Razón demanda capacidad de la estructura exterior de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

Con se observa en la Ilustración 4-70, la razón demanda capacidad de la estructura fluctúa entre 0.5 y 0.7 para los perfiles horizontales, lo que significa que la demanda aplicada sobre la estructura metálica es un poco más de la mitad de su capacidad máxima; y de un máximo de 0.9 para los perfiles verticales, que continúa siendo menor a 1. En otras palabras, la carga o fuerza que se está aplicando a la estructura es menor que su capacidad de resistencia. Esto indica que la estructura tiene un margen de seguridad considerable y está diseñada para soportar cargas superiores a las que se le están aplicando actualmente. Una razón demanda-capacidad como la calculada es un indicador positivo de la estabilidad y la capacidad de carga de la estructura, lo que significa que está operando dentro de los límites seguros y puede resistir posibles eventos extremos sin comprometer su integridad estructural.

4.1.3. Deformaciones en la estructura exterior

La práctica estándar americana en la norma AISC360-16 menciona que la deflexión máxima puede ser limitada a $L/200$ donde L representa la longitud entre los claros (AISC360-16 2016). En este caso en particular se tiene que:

$$\rho_{adm} = \frac{L}{200}$$

$$\rho_{adm} = \frac{1100}{200} = 5.5 \text{ mm}$$

La máxima deformación producida en la estructura exterior de la freidora está localizada en la sección donde se coloca el brazo removedor, y sus componentes se observan en la ilustración:

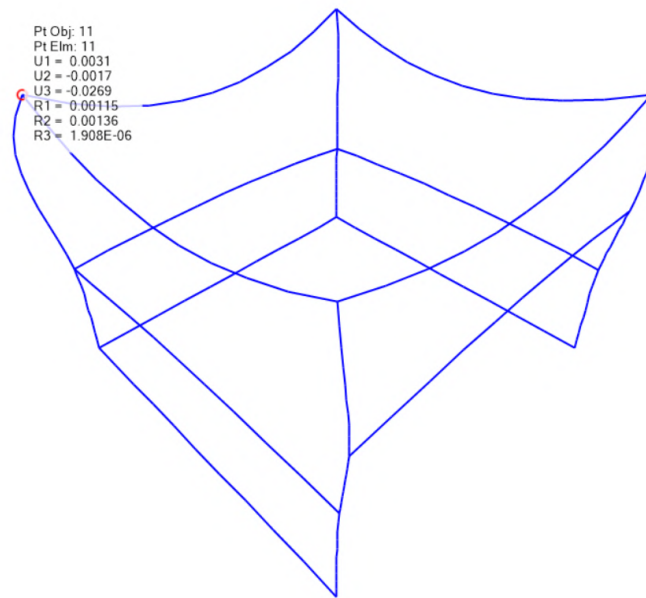


Ilustración 4-3: Deformación máxima producida en la estructura exterior [mm]

Realizado por: Paredes A., 2023

La deformación en el punto señalado es de:

$$\rho_{m\acute{a}x} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2}$$

En donde:

$\rho_{m\acute{a}x}$ – deformación máxima producida en la estructura exterior de la freidora [mm]

U_1 – deformación en el eje X [mm]

U_2 – deformación en el eje Y [mm]

U_3 – deformación en el eje Z [mm]

$$\rho_{m\acute{a}x} = \sqrt{0.0031^2 + 0.0017^2 + 0.0269^2}$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.027 \text{ mm}$$

$$\rho_{adm} > \rho_{m\acute{a}x}$$

Se evidencia que la deformación máxima producida en la estructura exterior de la freidora es menor a la deflexión admisible, por lo tanto, cumple por rigidez.

4.2. Validación CAE del eje del brazo removedor

4.2.1. Condiciones iniciales

El eje del brazo removedor fue diseñado manualmente mediante la norma ASME B106.1M, de manera que para verificar si las deformaciones producidas por acción de las aspas y su movimiento rotatorio están dentro de la normativa se procedió a utilizar el software ANSYS, en donde al igual que en la simulación de la geometría exterior de la freidora primero se definió el material, que continúa siendo acero inoxidable AISI 304. Al eje se lo analizó como un elemento beam, con una sección de 1", como se muestra en la ilustración:

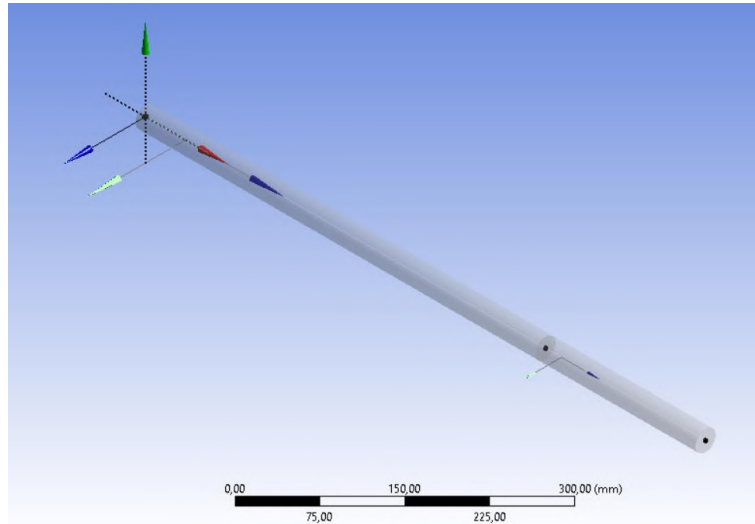


Ilustración 4-4: Eje definido como elemento beam en Desing Modeler

Realizado por: Paredes A., 2023

Una vez definida la geometría del eje, se procedió a colocar las solicitaciones presentes en el eje, que son las concernientes a las aspas del brazo removedor (Fuerza-par $\vec{F} = (-15.971 \vec{k})Ny$ y $\vec{M} = (-1.25 \vec{j})Nm$), al igual que los apoyos presentes, manteniendo libre el giro en el eje axial del eje.

4.2.2. Deformaciones en el eje del brazo removedor

Para determinar la deformación máxima producida en el eje del brazo removedor se realizó un mallado del eje mediante un Body Sizing de 5mm, para luego calcular dicha deflexión mediante la herramienta Total Deformation, dando como resultado lo siguiente:

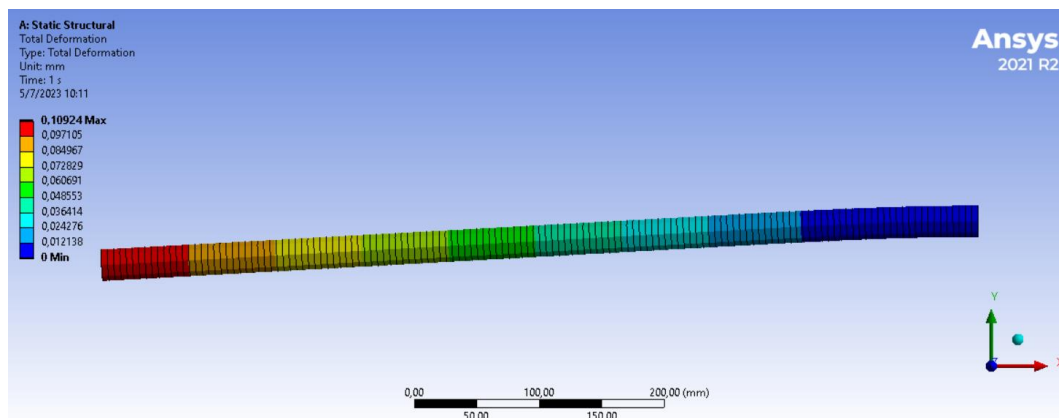


Ilustración 4-5: Deformaciones producidas en el eje del brazo removedor [mm]

Realizado por: Paredes A., 2023

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.11 \text{ mm}$$

Como se definió en el capítulo anterior la deflexión máxima permitida para el eje tiene una magnitud de $\rho = 0.21 \text{ mm}$, por lo tanto, la deformación calculada mediante el software está

por debajo de la deformación máxima permitida lo que significa que el eje no presentará problemas cuando esté en uso.

4.2.3. Esfuerzos en el eje del brazo removedor

El eje del brazo removedor no está sujeto a fuerzas o momentos elevados, es por ello que en el análisis no se evidencia la presencia de esfuerzos axiales tensión o compresión, si no, los esfuerzos de corte (torsión) y los esfuerzos de flexión. Para realizar esta simulación se incrementó en el árbol de solución la herramienta BeamTool, en donde la característica de interés es el Maximum Combined Stress (esfuerzo máximo combinado), dando como resultado un esfuerzo de magnitud 3.455 MPa es cual es mucho menor a el esfuerzo de resistencia a la fluencia (S_y), lo que garantiza un buen funcionamiento del brazo removedor.

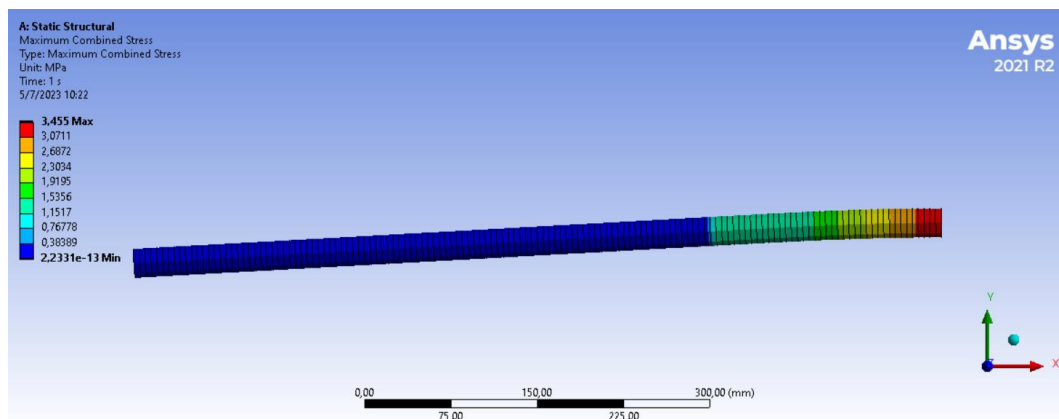


Ilustración 4-6: Esfuerzo máximo combinado del eje del brazo removedor [MPa]

Realizado por: Paredes., 2023

4.3. Construcción de la freidora

4.3.1. Proceso de construcción

Construir la freidora industrial a gas requiere de habilidades técnicas y conocimientos de seguridad. Se debe asegurar el seguir todas las regulaciones locales y consultar con expertos antes de iniciar el proceso de construcción. A continuación, se detallan los pasos generales a seguir para la construcción de la freidora:

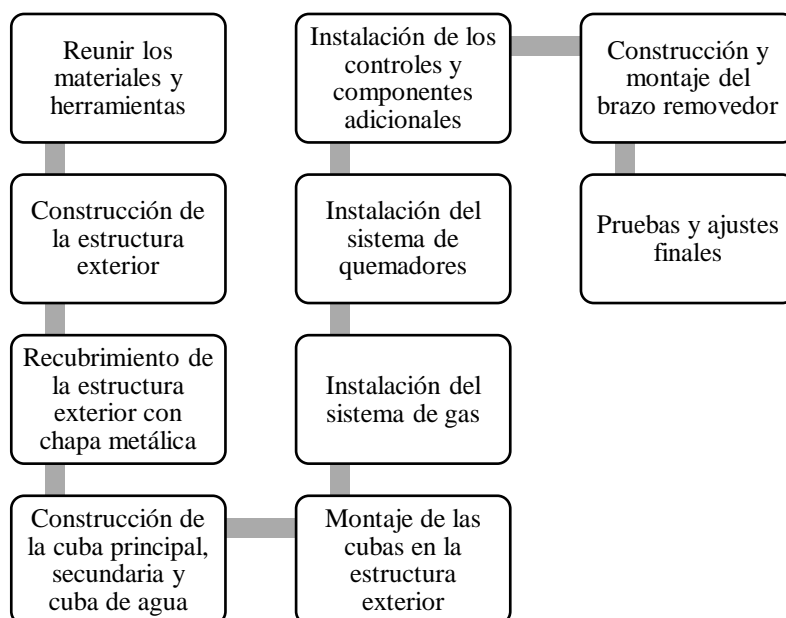


Ilustración 4-7: Proceso de construcción

Realizado por: Paredes A., 2023

4.3.2. Equipos y herramientas

Para la construcción de la freidora es necesario el uso de distintos equipos y/o herramientas durante todo el proceso de elaboración los cuales están especificados en la siguiente tabla:

Tabla 4-3: Equipos/herramientas necesarias para la construcción

Ítem	Equipo / herramienta
1	Soldadora TIG
2	Amoladora
3	Tronzadora
4	Cizalla
5	Flexómetro
6	Taladro de pedestal
7	Taladro de mano
8	Llaves
9	Destornillador
10	Dobladora de chapa metálica
11	Nivel
12	Esmeril
13	Martillo
14	Remachadora
15	Taladro atornillador

Realizado por: Paredes A., 2023

4.3.3. *Tiempos de construcción*

El tiempo de construcción del proyecto se refiere al período necesario para llevar a cabo todas las actividades y tareas relacionadas con la construcción de la freidora. Este período abarca desde el inicio de la construcción hasta la finalización del proyecto, incluyendo la preparación del sitio, la adquisición de materiales, la ejecución de la mano de obra, las pruebas y la puesta en funcionamiento. La duración del tiempo de construcción puede variar según, la disponibilidad de recursos, la eficiencia de la planificación y la gestión. Es fundamental contar con una planificación detallada y realista para estimar y controlar el tiempo de construcción de manera eficiente. A continuación, se muestra el tiempo de trabajo necesario para la construcción de cada componente de la freidora:

Tabla 4-4: Tiempo de trabajo de construcción de los componentes de la freidora

Componente	Elementos	Nº	Operación	Tiempo (min)
Estructura exterior	Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 40x1.5 mm	1	Trazado	50
		2	Corte	40
		3	Soldado	60
		4	Armado	60
Recubrimiento de la estructura exterior	Lámina metálica de acero inoxidable AISI 304 de 1.5mm	1	Trazado	30
		2	Corte	40
		3	Soldado	60
		4	Armado	50
Cuba principal de aceite	Lámina metálica de acero inoxidable AISI 304 de 1.5mm	1	Trazado	25
		2	Corte	60
		3	Doblado	60
		4	Soldado	40
Extensión rectangular de la cuba principal con tubos de calor	Lámina metálica de acero inoxidable AISI 304 de 1.5mm	1	Trazado	60
		2	Corte	60
		3	Doblado	50
		4	Soldado	120
Cuba de agua	Lámina metálica de acero inoxidable AISI 304 de 1.5mm	1	Trazado	40
		2	Corte	50
		3	Doblado	40
		4	Soldado	80
Estructura general	Estructura exterior, láminas de recubrimiento, cubas	1	Montaje	40
		2	Remachado	120

		3	Soldado	50
Sistema de gas	Tubo galvanizado SCH40, accesorios de tuberías, válvulas	1	Corte	25
		2	Instalación	120
Sistema de quemadores	Quemadores, inyectores, soportes	1	Montaje	120
		2	Soldado	45
		3	Uniones no permanentes	60
		4	Comprobación de fugas	110
Controles y componentes adicionales	Termostato, piloto, termopila, controladores de temperatura, on/off.	1	Montaje	800
Brazo removedor	Eje de Ø1 in de acero inoxidable	1	Corte	10
	Lámina metálica de acero inoxidable AISI 304 de 2mm	1	Corte	80
		2	Doblado	60
	3	Soldado	70	

Realizado por: Paredes A., 2023

Teniendo de esta manera un total de 2785 min que es el equivalente a un aproximado de 46 horas.

4.3.4. *Ensamblaje*

El proceso de ensamblaje de la freidora se refiere a la etapa en la que se unen y conectan todas las partes y componentes del proyecto para formar la estructura final. Implica la coordinación y ejecución de actividades que van desde la instalación de elementos prefabricados hasta el montaje de piezas adquiridas de catálogo. Durante el proceso de ensamblaje, se siguen los planos y diseños previamente elaborados, se ajustan y aseguran las conexiones, se realizan pruebas de funcionamiento y se verifica la calidad de la freidora.

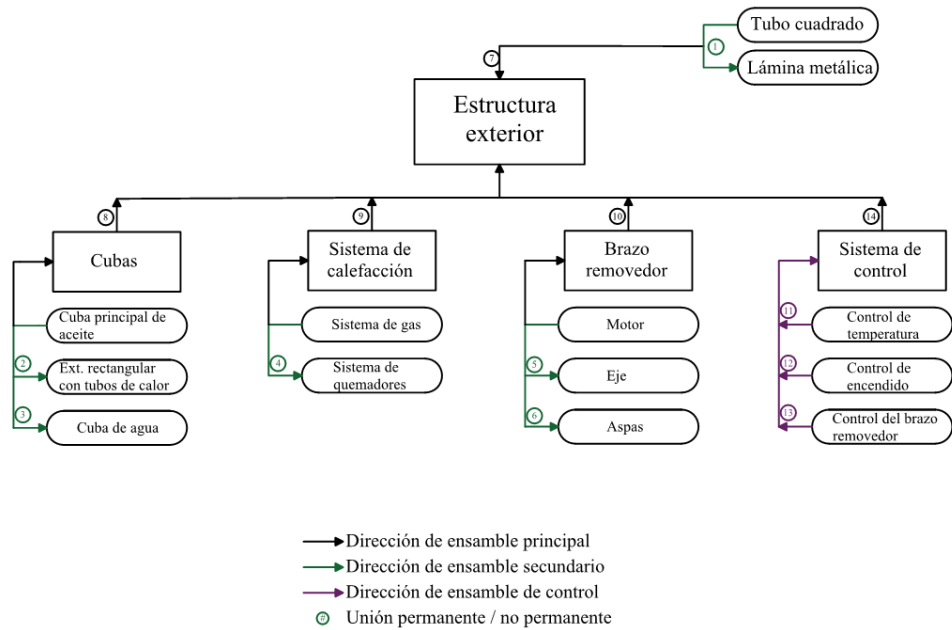


Ilustración 4-8: Diagrama de ensamblaje de la freidora.

Realizado por: Paredes A., 2023

El tiempo de ensamblaje de cada componente de la freidora es de:

Tabla 4-5: Tiempo de ensamblaje de los componentes de la freidora

Ítem de ensamblaje	Tiempo (h)
1	5
2	8
3	4
4	10
5	1
6	2
7	5
8	6
9	4
10	2
11	3
12	3
13	3
14	2

Realizado por: Paredes A., 2023

Dando como resultado un tiempo de **58** horas para el ensamblaje final de la freidora industrial a gas.

4.4. Validación del funcionamiento

4.4.1. Pruebas de funcionamiento de la freidora

Las pruebas de funcionamiento de la freidora fueron diseñadas para verificar que la máquina cumple con los requisitos y especificaciones establecidas, y que puede realizar las funciones para las que fue diseñada. Estas pruebas se realizaron para garantizar que la freidora está en condiciones de funcionar correctamente y de manera segura antes de su puesta en servicio.

4.4.1.1. Encendido y alcance de temperatura

La freidora fue diseñada para que el aceite alcance una temperatura de 180 °C en un lapso de 30 min. Se llevaron a cabo un total de 10 ensayos para evaluar este parámetro, permitiendo que entre cada prueba el aceite regresara a su temperatura ambiental de 21°C.

Tabla 4-6: Pruebas de encendido y alcance de temperatura

N.º ensayo	Tiempo ideal [min]	Tiempo medido [min]	$X - \bar{X}_i$	$(X - \bar{X}_i)^2$
1	30	29,52	0,48	0,23
2		28,34	1,66	2,76
3		32,15	-2,15	4,62
4		30,12	0,12	0,01
5		33,26	-3,26	10,63
6		30,14	0,14	0,02
7		31,53	-1,53	2,34
8		33,10	-3,10	9,61
9		30,42	0,42	0,18
10		34,36	-4,36	19,01
		$\bar{X}_i = 31.29$		$\sum = 49,41$

Realizado por: Paredes A., 2023

Se determinó el error absoluto y el error relativo de esta prueba, con la finalidad de cuantificar y proporcionar una estimación confiable de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos. Esto contribuye a comprender la variabilidad presente en las mediciones y brindar una evaluación precisa del proceso de medición.

$$E_A = \sqrt{\frac{\sum_{n=10}^1 (X - \bar{X}_i)^2}{n(n-1)}}$$
$$E_R = \frac{E_A}{X} \times 100\%$$

En donde:

E_A – Error absoluto

E_R – Error relativo

X – Valor ideal [30 min]

\bar{X}_i – Valor promedio de las mediciones [32.25 min]

n – Número de pruebas realizadas [10]

$$E_A = \sqrt{\frac{49,41}{10(10 - 1)}}$$

$$E_A = 0,741$$

$$E_R = \frac{0,741}{30} \times 100\%$$

$$E_R = 2.47\%$$

El error obtenido en esta prueba puede considerarse como aceptable, debido a que el tiempo en alcanzar la temperatura deseada no varía significativamente.

4.4.1.2. Respuesta al ajuste de temperatura

Para la elaboración de esta prueba se disminuyó la temperatura de la freidora en intervalos de 20°C, midiendo el tiempo de respuesta entre cada una de las variaciones.

Tabla 4-7: Pruebas de ajuste de temperatura

T inicial [°C]	T final [°C]	Tiempo [min]
180	160	5,12
160	140	4,35
140	120	4,21
120	100	6,33
80	60	7,10
60	40	5,16
40	20	4,48
		$\bar{X}_t = 5,25$

Realizado por: Paredes A., 2023

Se puede evidenciar en la tabla anterior, que el tiempo que tarda en ajustarse la temperatura de la freidora es prácticamente constante en cada intervalo, lo que puede relacionarse con una correcta respuesta a la variación de la temperatura en la freidora.

4.4.1.3. Prueba de rendimiento a carga máxima

La freidora fue diseñada para trabajar con una carga máxima de 30Kg/h. Teniendo en cuenta que los snacks de papa tardan 6 minutos (equivalente a 0.1h) para completar su proceso de cocción, se ha optado por trabajar con lotes de 3Kg de papas cada uno para verificar el cumplimiento efectivo de la capacidad máxima especificada, obviando el tiempo que se tarda en colocar y retirar las papas en la freidora.

Tabla 4-8: Pruebas de rendimiento a carga máxima

Nº Lote	Tiempo ideal de fritura [min]	Tiempo de fritura [min]	$X - \bar{X}_i$	$(X - \bar{X}_i)^2$
1	6	6,12	-0,12	0,01
2		6,00	0,00	0,00
3		5,33	0,67	0,45
4		6,22	-0,22	0,05
5		6,15	-0,15	0,02
6		7,14	-1,14	1,30
7		6,51	-0,51	0,26
8		6,17	-0,17	0,03
9		5,37	0,63	0,40
10		6,49	0,49	0,24
		$\bar{X}_i = 6.2$		$\sum = 2,76$

Realizado por: Paredes A., 2023

Al igual que en las pruebas de encendido y alcance de la temperatura se calcularon los errores absoluto y relativo de la evaluación. Lo que sirvió para determinar si existe una variación significativa entre el valor esperado de funcionamiento a carga máxima y el obtenido.

$$E_A = \sqrt{\frac{\sum_{n=10}^1 (X - \bar{X}_i)^2}{n(n-1)}}$$

$$E_A = \sqrt{\frac{2,76}{10(10-1)}}$$

$$E_A = 0,175$$

$$E_R = \frac{E_A}{X} \times 100\%$$

$$E_R = \frac{0,175}{6} \times 100\%$$

$$E_R = 2,91 \%$$

A partir de los errores encontrados se puede evidenciar que la variación con respecto a el valor esperado es mínima, adicionalmente si se toma en cuenta el tiempo total que tardaron los 10 lotes de papas en freírse; este tiene un valor de 61.7 min, es decir solo 1.7 min más de una hora.

4.4.1.4. Evaluación del sistema de control del brazo removedor

El brazo removedor de aceite incorporado en esta freidora cumple con la función de evitar que las papas se adhieran entre sí durante el proceso de fritura asegurando una distribución uniforme del calor en cada una. Con el objetivo de evaluar la efectividad del sistema de control automático del brazo removedor, se llevaron a cabo ensayos en los cuales se alternaba la activación y desactivación del motor reductor responsable del movimiento del brazo.

Tabla4-9: Evaluación del sistema de control del brazo removedor

Nº prueba	Encendido	Apagado
1	OK	OK
2	OK	OK
3	OK	OK
4	OK	OK
5	OK	OK
6	OK	OK
7	OK	OK
8	OK	OK
9	OK	OK
10	OK	OK

Realizado por: Paredes A., 2023

Como se evidencia en la tabla anterior esta evaluación obtuvo un éxito del 100%, lo cual confirma la correcta funcionalidad del encendido y apagado del brazo removedor.

4.4.1.5. Verificación de la dificultad de limpieza

Luego de finalizar las pruebas de funcionamiento de la máquina se realizó la verificación de la dificultad de limpieza de los componentes de la freidora, estableciendo una escala numérica del 1 al 3 que representan descriptores cualitativos de dificultad “Alta”, “Media y “Baja”, respectivamente.

Tabla 4-10: Verificación de la dificultad de limpieza de los componentes de la freidora

Componente	Valoración
Cuba de aceite	3
Extensión de tubos de calor	2
Cuba de agua	2
Estructura exterior	3
Brazo removedor	3
Sistema de calefacción	3

Realizado por: Paredes A., 2023

Se evidencia que la dificultad de limpieza de los diferentes componentes de la freidora resulta sencilla en su mayoría, sin embargo cuando se trata de la limpieza de la extensión donde se colocan los tubos de calor y la cuba de agua se tiene una ponderación diferente, esto debido a que la disposición de los tubos no permite que se inserten elementos como cepillos gruesos o esponjas, sin embargo, para solucionar este inconveniente se ha implementado en el manual de mantenimiento de la freidora que está adjuntado en los Anexos de este proyecto técnico, una guía de limpieza, en donde se detalla un proceso eficiente de aseo de los elementos de la freidora.

4.4.1.6. Resultado final de las pruebas de funcionamiento de la freidora

Una vez terminadas todas las pruebas relacionadas al desempeño de la freidora industrial de snacks de papa, se elaboró una tabla resumen que desglosa cada una de las evaluaciones llevadas a cabo y su resultado correspondiente, ya sea si pasó o falló.

Tabla 4-11: Resultado final de las pruebas de funcionamiento de la freidora

Nº de Prueba	Descripción de la prueba	Resultado esperado	Resultado observado	Pasó /Falló
1	Encendido y alcance de temperatura	La freidora se enciende y alcanza la temperatura deseada en un tiempo razonable.	La freidora alcanzó la temperatura deseada en un tiempo de 30 ± 0.811 min.	Pasó
2	Respuesta al ajuste de temperatura	La freidora ajusta la temperatura según la configuración del termostato.	La freidora ajusta correctamente la temperatura al variar el termostato en un tiempo entre intervalos aproximadamente constante.	Pasó
3	Prueba de rendimiento a carga máxima	Se realizan frituras a lo largo de una hora para verificar que la capacidad en Kg/h de la freidora se cumpla.	La freidora cumple con la capacidad máxima de 30 Kg/h, tardándose un tiempo de 61.7 min.	Pasó
4	Evaluación del sistema de control del brazo removedor	Se verifica la precisión y respuesta del brazo removedor.	El brazo removedor se enciende y apaga correctamente.	Pasó
5	Verificación de limpieza y mantenimiento	Se evalúa la facilidad de limpieza y si todos los componentes se pueden mantener adecuadamente.	La mayor parte de los componentes de la freidora se pueden limpiar con facilidad y para los que no, se puede recurrir al manual de mantenimiento para una guía especializada.	Pasó

Realizado por: Paredes A., 2023

La tabla de resumen de las pruebas realizadas demuestra que la freidora cumple con eficacia todas las evaluaciones llevadas a cabo, validando de esta manera el acierto del diseño implementado.

4.4.2. Pruebas de calidad del producto final

Las pruebas de calidad para los snacks de papa son esenciales para asegurarse de que los productos cumplen con los estándares de sabor, color, textura y proporcionan una experiencia satisfactoria para los consumidores.

El método de evaluación de cada criterio es una escala numérica del 1 al 5 que representan descriptores cualitativos de “malo”, “deficiente”, “aceptable”, bueno” y “excelente” respectivamente. Para poder dar una valoración acertada sin que esté sujeta a ambigüedades, se proporcionó una guía de los resultados esperados en cada análisis, basados en productos similares puestos en el mercado.

4.4.2.1. Pruebas de apariencia visual

Color: los snacks de papa sin condimentos adicionales deben tener un color dorado o marrón claro; lo que evoca una idea de fritura crujiente y fresca, un color diferente puede indicar que está crudo, la papa usada no estaba en buen estado o que el producto está quemado.

Forma: los snacks de papa deben poseer una forma elipsoidal o de discos en una lámina delgada lo que permite una mayor superficie de contacto con el aceite durante la fritura, adicionalmente la forma delgada facilita la distribución de los sabores.

Integridad: las papas en cada empaque deben tener un mínimo de papas rotas, para que sea ideal al menos el 80% del producto final debe estar en óptimas condiciones. Esto refleja la calidad del proceso de cocción.

Tabla 4-12: Evaluación de la apariencia visual de los snacks de papa

Nº de muestra	Color	Forma	Integridad
1	4	5	5
2	5	4	4
3	5	4	5
4	4	5	5
5	5	5	4
6	4	5	5
7	5	4	5
8	5	5	4
9	5	4	5
10	5	5	5
\overline{X}_l	4,7	4,6	4,7
\overline{X}_c	5		
Valor promedio	\overline{X}_l		
Valor ideal	\overline{X}_c		

Realizado por: Paredes A., 2023

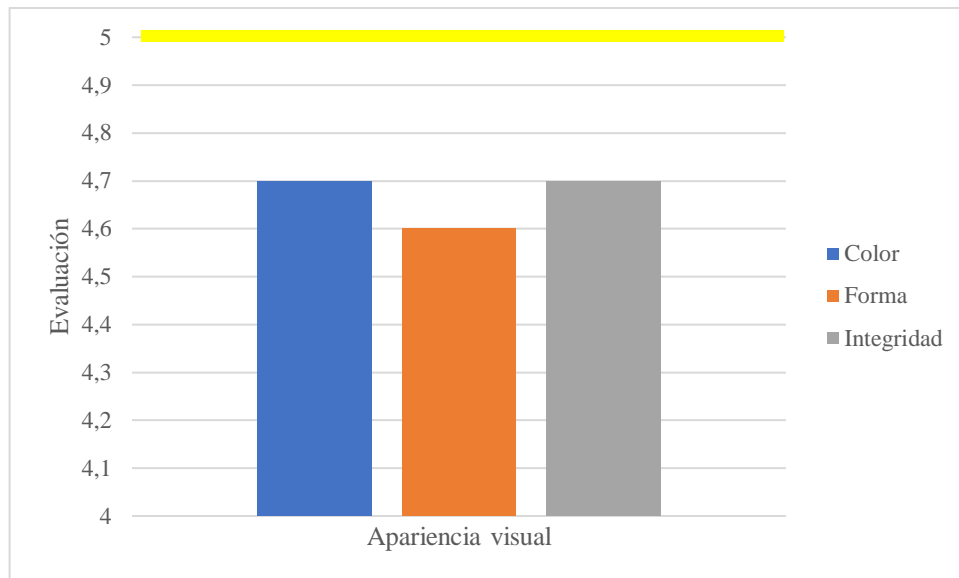


Ilustración 4-9: Evaluación de la apariencia visual de los snacks de papa

Realizado por: Paredes A., 2023

Como se observa en la ilustración, tanto el color como la forma e integridad de las muestras de papa analizadas poseen una variación de entre [0.3;0.4] del valor ideal, lo que significa que las pruebas visuales resultaron satisfactorias.

4.4.2.2. Pruebas de textura

Crocancia: los snacks de papa deben tener un equilibrio entre la textura crujiente y la facilidad para morder, debe romperse con facilidad al morder sin que sean duros de masticar o demasiado frágiles que se deshagan con facilidad.

Dureza: los snacks de papa deben tener un equilibrio entre firmeza y facilidad de consumo, es decir deben ser lo suficientemente firmes como para conservar su forma y textura al ser manipulados.

Uniformidad: cada muestra de snacks de papa debe tener una apariencia y textura consistentes entre sí, presentando un aspecto homogéneo en términos de tamaño, color y nivel de cocción

Tabla 4-13: Evaluación de la textura de los snacks de papa

Nº de muestra	Crocancia	Forma	Uniformidad
1	5	5	5
2	5	5	4
3	5	4	4
4	4	5	5
5	5	4	4
6	4	4	4
7	5	5	5
8	5	5	4
9	5	5	5
10	5	4	5
\bar{X}_t	4,8	4,6	4,5
\bar{X}_c	5		
Valor promedio	\bar{X}_t		
Valor ideal	\bar{X}_c		

Realizado por: Paredes A., 2023

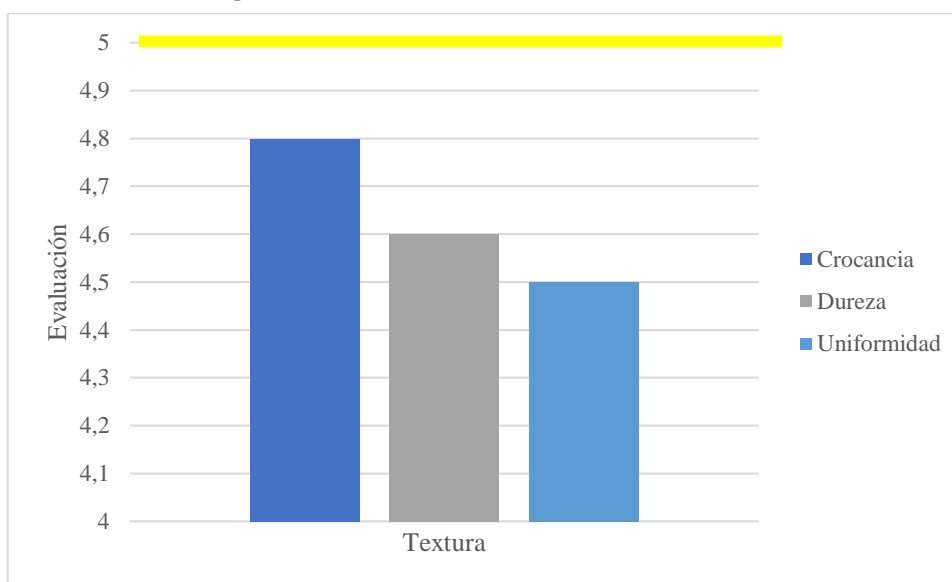


Ilustración 4-10: Evaluación de la textura de los snacks de papa

Realizado por: Paredes A., 2023

Como se observa en la ilustración la crocancia obtuvo una mayor ponderación en comparación con la dureza y uniformidad, no obstante, cabe destacar que la discrepancia con el valor ideal está dentro de un intervalo de [0.2;0.5]. Esta diferencia puede ser considerada como un resultado satisfactorio, aunque da origen a un margen de mejora en el parámetro de uniformidad.

4.4.2.3. Evaluación del sabor

Sabor general: los snacks de papa deben tener un sabor distintivo de la papa fresca, realizado por la combinación con un condimento básico (sal), el sabor debe despertar el paladar y generar interés, pero no debe ser muy abrumadora para que el consumidor se hastíe muy rápidamente.

Conservación del sabor: el sabor de los snacks de papa debe conservarse en el tiempo, Para la prueba de conservación del sabor, se evaluaron las muestras con cinco horas de diferencia a partir de su cocción.

Tabla 4-14: Evaluación del sabor de los snacks de papa

Nº de muestra	Sabor general	Conservación del sabor
1	5	3
2	5	4
3	4	5
4	4	4
5	5	5
6	5	4
7	5	5
8	4	3
9	5	4
10	5	4
\bar{X}_l	4,7	4,1
\bar{X}_c	5	
Valor promedio	\bar{X}_l	
Valor ideal	\bar{X}_c	

Realizado por: Paredes A., 2023

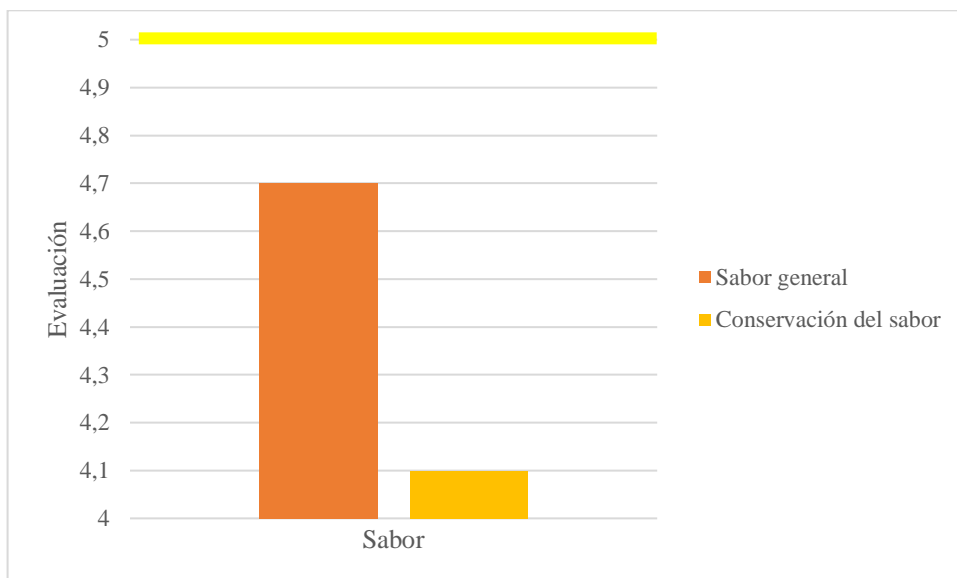


Ilustración 4-11: Evaluación de la textura de los snacks de papa

Realizado por: Paredes A., 2023

En la ilustración se evidencia que el sabor general de los snacks de papa ha obtenido una valoración favorable de 4.7, indicando que ofrecen un disfrute gustativo satisfactorio para los consumidores, sin embargo, durante la evaluación de la conservación del sabor, la ponderación disminuyó a 4.1. Este decremento se lo atribuye a la ausencia de conservantes artificiales, lo cual resalta la necesidad de mejoras en este aspecto para una futura producción en masa.

4.4.2.4. Resultado final de las pruebas de calidad

El resultado final de las pruebas de calidad de los snacks de papa muestra que en una escala del 1-5, la valoración general del conjunto de pruebas es de 4.57, lo cual entra en una categoría de bueno a excelente. Es importante recalcar que muchos de los aspectos negativos en las pruebas de calidad se deben a el proceso previo a la fritura (pelado y cortado de las papas), aspectos fuera del alcance del diseño de la freidora industrial.

Tabla 4-15: Ponderación general de las pruebas de calidad

Prueba	Ponderación
Apariencia visual	4,67
Textura	4,63
Sabor	4,40
\bar{X}_t	4,57

Realizado por: Paredes A., 2023

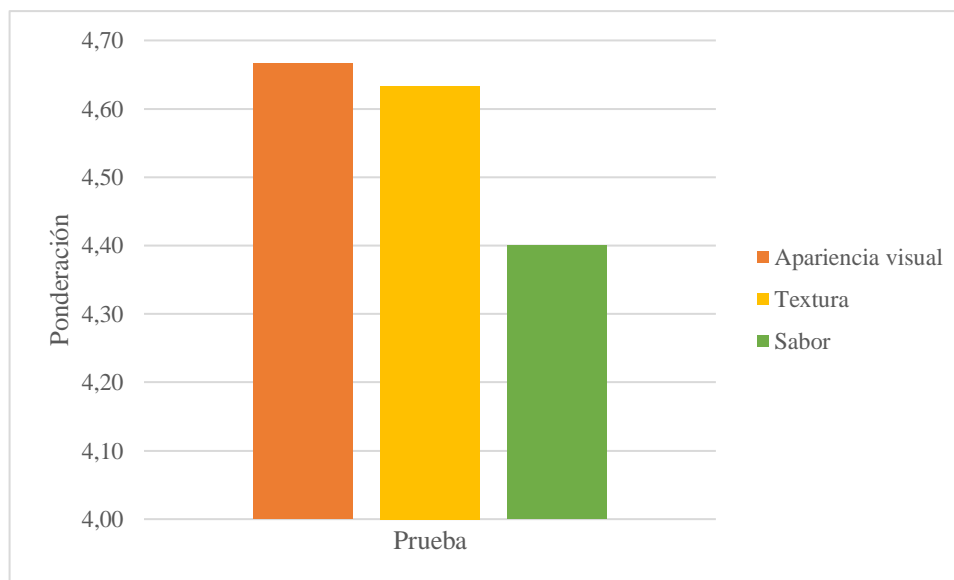


Ilustración 4-12: Ponderación general de las pruebas de calidad

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5. Costos y mantenimiento

4.5.1. Análisis de costos

En esta sección se detalla la evaluación y desglose de los gastos relacionados con la construcción de la freidora industrial a gas. El objetivo principal es determinar el costo total del proyecto teniendo en cuenta los costos directos (materiales, mano de obra, gastos operativos) como los costos indirectos (ingenieriles, supervisión, imprevistos, utilidad).

4.5.1.1. Costos directos

Estos costos son aquellos gastos específicos y claramente atribuibles a la ejecución y desarrollo del proyecto en sí. Están directamente relacionados con los recursos utilizados, como materiales, mano de obra directa y equipos necesarios para llevar a cabo las tareas y actividades del proyecto. Las siguientes tablas muestran estos costos más a detalle.

Tabla 4-16: A-Costos de materiales

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Sub Total
1	Arandela 16X6X1.2 A.304	U	10	0,15	1,50
2	Bisagras de acero inoxidable con fricción preajustada K1518 0 a 270° máx	U	6	1,25	7,50
3	Boquilla de acero para tubo Ø3/4" P19" NPT	U	2	0,95	1,90
4	Conector de cable macho de Ø7/8 " series 820	U	1	2,06	2,06
5	Unidad de chumacera de banco con carcasa de metal fundido de Ø1"	U	1	4,60	4,60
6	Codo de acero galvanizado 90°x Ø1/2 FOSET	U	4	2,75	11,00
7	Codo de acero galvanizado 90°x Ø3/4 FOSET	U	4	2,80	11,20
8	Conector terminal para gas de latón de Ø1/8 x 1/2"	U	1	1,35	1,35
9	Interruptor de parada de emergencia de 3 botones de aluminio impermeable IP66, 1NC 1NO con cierre de botón de bloqueo (175 x 80 x 55)	U	1	10,31	10,31
10	Disco de corte de Acero Inoxidable de Ø4 1/2"	U	2	0,74	1,48
11	Inyector de gas para llama piloto M10X1 Ø1.05mm7	U	4	6,94	27,76
12	Manguito de reducción de acero galvanizado de 3/4"-1/2"	U	2	1,60	3,20
13	Manija cuadrada negra mate de acero inoxidable Ø10x100mm	U	2	7,35	14,70
14	Motor reductor monofásico 1/4Hp 4P 230V 60Hz	U	1	152,00	152,00
15	Conexión pasamuros hembra Ø3/4" NPT X 3/8" UNI-LOK	U	1	3,50	3,50
16	PIC18F4550-I/P	U	1	1,08	1,08
17	Placa de acero inoxidable PL2 500x500mm	U	1	30,00	30,00
18	Plancha de acero inoxidable 1220x2440x1,6 mm	U	3	80,40	241,20
19	Platina de acero inoxidable PLT30x3	U	1	12,48	12,48

20	Prensaestopa de latón niquelado Ø3/4" NPT	U	1	1,10	1,10
21	Quemador de hierro fundido para freidora de tubo	U	4	15,00	60,00
22	Quemador piloto y conjunto de termofilos de 750 milivolt, propio cable de fibra de vidrio de aluminio	U	1	30,99	30,99
23	Relevador Estado Solido 1 Canal G3MB-202P	U	1	28,17	28,17
24	Rodamiento rígido de bolas SKF Ø1" 6705	U	1	9,40	9,40
25	Tapón hembra de acero galvanizado de Ø3/4" NPT	U	3	0,35	1,05
26	Termopar L 900mm sonda ø 9mm sonda L57mm 250-750mV unión roscada 7/16"	U	1	14,99	14,99
27	Termóstato T máx 204°C margen de trabajo 93-204°C 1 polos 1NO 0.67A sonda ø 9.5mm sonda L 123mm capilar 915mm eje ø 6x4,6mm eje L 21mm material de bulbo niquelado rosca sonda 1/4" americano	U	1	40,35	40,35
28	Perno INOX 304 DIN 912 M 12X12	U	6	0,78	4,68
29	Perno INOX 304 DIN 912 M- 16X45	U	6	1,60	9,60
30	Tubo cuadrado INOX 304 acabado N4 1 1/2"	kg/m	2	20,52	41,04
31	Tubo de acero galvanizado SCH40 Ø1/2"	kg/m	1	14,60	14,60
32	Tubo de acero galvanizado SCH40 Ø3/4"	kg/m	1	16,80	16,80
33	Válvula esférica estándar, manilla tipo palanca Ø3/4". Acabado cromo	U	2	6,12	12,24
34	Robertshaw Válvula de gas 700-506, apertura rápida, 250 000 BTUH	U	1	198,88	198,88
35	Varilla de aporte para soldadura TIG D1.1	lb	1	7,55	7,55
				Sub Total A	\$ 1.030,26

Realizado por: Paredes A., 2023

Tabla 4-17: B-Costos de materiales

Ítem	Descripción	Horas-Hombre	Costo/H	Sub Total	
1	Técnico metalmecánico	40	2,94	117,60	
2	Ayudante metalmecánico	40	2,90	116,00	
				Sub Total B	\$ 233,60

Realizado por: Paredes A., 2023

Tabla 4-18: C-Costos de equipos y herramientas

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Sub Total
1	Soldadora TIG	50	1,50	75,00
2	Taladro de pedestal	40	1,68	67,20
3	Taladro de mano	6	0,38	2,28
4	Cortadora láser	0,5	21,00	10,50
5	Cizalladora	2	1,31	2,62
6	Dobladora de chapa metálica	3	0,95	2,85
7	Esmeril	1	0,80	0,80
8	Amoladora	2	1,16	2,32
9	Tronzadora	1,5	1,69	2,54
10	Herramienta menor	6	0,75	4,50
			Sub Total C	\$ 170,61

Realizado por: Paredes A., 2023

Tabla 4-19: D-Costos de transporte

Ítem	Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Sub Total
1	Camioneta 4x4	1	28,28	28,28
			Sub Total D	\$ 28,28

Realizado por: Paredes A., 2023

Definidos los costos A, B, C y D, pertenecientes a los costos directos, se calculó el costo total directo del proyecto, como se observa en la Tabla 3-25:

Tabla 4-20: Costos directos

Ítem	Descripción	Sub Total
A	Materiales	1030,26
B	Mano de obra	233,60
C	Equipos y herramientas	170,61
D	Transporte	28,28
Sub Total		1462,75

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5.1.2. Costos indirectos

Los costos indirectos del proyecto son aquellos gastos que no se pueden atribuir directamente a una actividad o componente específico de la construcción de la freidora, pero que son necesarios para su ejecución y desarrollo. A diferencia de los costos directos, los costos indirectos son más difíciles de asignar con precisión a una actividad específica y, por lo tanto, se distribuyen de manera proporcional entre los diferentes componentes o actividades del proyecto tal como muestra la siguiente tabla:

Tabla 4-21: Costos indirectos

Ítem	Descripción	Sub Total
1	Costo ingenieril (10%)	146,27
2	Imprevistos	0,00
3	Utilidad	0,00
Sub Total		146,27

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5.1.3. Costo total

Una vez que se establecieron los costos directos e indirectos se calculó el costo total de elaboración del proyecto, teniendo en cuenta el IVA del país que es el del 12%, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4-22: Costo total

Ítem	Descripción	Sub Total
1	Costos directos	1462,75
2	Costos indirectos	146,27
Sub Total		\$ 1609,02
12% IVA		\$ 193,08
Total		\$ 1802,10

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5.2. Manual de seguridad

El manual de seguridad de la freidora industrial a gas ofrece pautas esenciales para el uso seguro y eficiente de este equipo en entornos comerciales. Cubre medidas de seguridad que incluyen la instalación, operación adecuadas, el mantenimiento regular y las medidas de emergencia, en congruencia con las recomendaciones dadas en el Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto 2393 2016). El manual incluye una variedad de señaléticas visuales para resaltar mensajes clave relacionados con peligros potenciales, prohibiciones, obligaciones, emergencias e información importante. Su objetivo es promover una cultura de seguridad al proporcionar una guía comprensible para garantizar la protección del personal y prevenir accidentes en la cocina. La ilustración 3-76 muestra la portada del manual de seguridad adjunto en la sección de anexos.



MANUAL DE SEGURIDAD



FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR

Modelo a gas



Ilustración 4-13: Portada del manual de seguridad de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5.3. *Manual de operación*

En este manual se proporciona una guía sobre cómo operar la freidora de manera eficiente para obtener el máximo rendimiento y resultados excepcionales en cada uso. Desde el momento en que se desempaque el equipo, encontrará instrucciones claras y concisas para su preparación inicial, asegurando que esté listo para comenzar a freír en poco tiempo. Además, se detallan las recomendaciones para el llenado adecuado del compartimento de agua y aceite, teniendo en cuenta las capacidades y límites de la freidora, lo que permitirá aprovechar al máximo su potencial. Asimismo, se exponen las indicaciones precisas para el correcto funcionamiento de los controles y ajustes, garantizando así la seguridad y eficiencia durante el proceso de fritura. Este manual no solo se enfoca en el aspecto técnico, sino que también incluye valiosos consejos sobre la elección de los ingredientes y el momento oportuno para cargar los alimentos, logrando así resultados deliciosos y perfectamente cocinados. La ilustración 3-76 muestra la portada del manual de operación adjunto en la sección de anexos.



MANUAL DE OPERACIÓN

**FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR**

Modelo a gas



Ilustración 4-14: Portada del manual de operación de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

4.5.4. Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento de la freidora a gas constituye una guía para mantener este equipo en óptimas condiciones de funcionamiento. Entre las principales tareas recomendadas, se encuentra la limpieza regular y meticulosa del tanque de aceite, la cesta y todos los elementos extraíbles. Además, se resalta la importancia del cambio y filtrado periódico del aceite, lo cual contribuye significativamente a prolongar la vida útil de la freidora y garantizar la calidad de los alimentos preparados. Este manual abarca las instrucciones de seguridad establecidas para el correcto manejo y mantenimiento de la freidora. Es crucial seguir rigurosamente estas pautas para evitar cualquier riesgo potencial y asegurar un entorno de trabajo seguro. Asimismo, se enfatiza la importancia de contar con el respaldo de un servicio técnico autorizado. Ante cualquier duda, consulta o inconveniente relacionado con el funcionamiento de la freidora, se recomienda encarecidamente comunicarse con los profesionales capacitados y especializados en el equipo. Su experiencia y conocimiento garantizarán soluciones efectivas y un mantenimiento

adecuado del aparato, lo que se traduce en un rendimiento óptimo y duradero. La ilustración 3-70 muestra la portada del manual de operación adjunto en la sección de anexos.



MANUAL DE MANTENIMIENTO

FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR

Modelo a gas



Ilustración 4-15: Portada del manual de mantenimiento de la freidora

Realizado por: Paredes A., 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó con éxito los requerimientos funcionales y los parámetros de diseño necesarios para la freidora industrial, teniendo como capacidad calorífica 230 000 BTU/h, que se lograron alcanzar con el uso de 4 quemadores del tipo guitarra cuyo flujo de gas se controló con una válvula milivolt y una velocidad angular de 25RPM para el brazo removedor que se alcanzó con el uso de un motor reductor monofásico de 0.25Hp.

Mediante el uso de software CAE, se ha llevado a cabo el diseño de materialización, asegurando que los materiales y dimensiones utilizados sean adecuados para soportar las condiciones de operación gracias a que las deformaciones producidas de 0.11mm para el brazo removedor y de 0.027mm para la estructura de la freidora están muy por debajo de las deformaciones máximas permitidas, garantizando de esa manera la seguridad y durabilidad del equipo.

Se ha establecido de manera concluyente que la capacidad máxima de producción de la freidora es de 30 kg/h. Este resultado se fundamenta en su eficiente operación en tandas de 3 kg de snacks de papas que se cocinan durante intervalos de 6 minutos.

Se determinó que el proceso de calentamiento de la freidora hasta alcanzar una temperatura de 180°C demanda un tiempo total de 30 minutos. Además, se ha identificado que la disminución de la temperatura en intervalos de 20°C lleva aproximadamente 5min.

Los snacks de papa elaborados en la freidora poseían un color dorado adecuado, su forma y resistencia fueron las aptas para su consumo, adicionalmente empaques de 50g cada uno, mantenían la forma y resistencia.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo la construcción del sistema de acuerdo con los parámetros de diseño previamente calculados y los elementos cuidadosamente seleccionados.

Es aconsejable que el operario revise minuciosamente el manual de operación y mantenimiento de la máquina para garantizar un funcionamiento óptimo.

Es aconsejable no alterar la velocidad de rotación del motor reductor, ya que un aumento en la velocidad podría generar salpicaduras de aceite y alimentos, representando un riesgo potencial para la seguridad del operario.

Se recomienda evitar freír los alimentos a temperaturas superiores a 180°C, no solo para garantizar la seguridad alimentaria, sino también para prolongar la durabilidad de la freidora

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACERIND SC**, *Soldadura de los aceros inoxidable*. [blog]. Quito: Kosmos, 2022 [Consulta: 10 de julio 2023]. Disponible en: <https://inoxidable.com/web/>
2. **ANSI/ASME B106.1M**. *Diseño de ejes y árboles de transmisión*.
3. **AWS D1.1**. *Structural welding code-steel American Welding Society*.
4. **AZUERO, Álex**. “Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación”. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [en línea], 2019, (México), vol. 4 (2), págs. 10-12 no. [Consulta: 12 de junio 2023]. ISSN 2542-3088. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=26514>
5. **BOBINAS, Pablo**. *Productos ImportAceros*. [blog]. Quito: Fakir, 2021. [Consulta: 5 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/Catalogo-importaceros-2021-web>
6. **BORGHI, Gonzalo**. *Freidoras industriales, Instrucciones para la instalación*. [blog]. Bogotá: Almadía, 2022. [Consulta: 3 de julio 2023]. Disponible en: <https://www.metalboss.com.mx/blog/freidora-industrial>
7. **BUENO, Carlos**. *Guía de freidoras industriales*. [blog]. Guayaquil: Ariel, 2018. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://fibracim.com/blog/tipos-de-freidoras-industriales/>
8. **CORICHI, Oswald**. *Freidora por inmersión Vollrath Foodservice*. [blog]. Sheboygan: Minneapolis, 2020. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.vollrathfoodservice.com>
9. **DAVIS, Celeste**. *Tipos de freidoras aplicadas en la industria*. [blog]. Lima: Herder, 2019. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://elblogdeceleste.com/tipos-de-freidoras/>
10. **DECRETO 2393**. *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*.
11. **EQUINOX, SA**. *Guía maestra sobre la freidora industrial a gas*. [blog]. Hatillo: Flory, 2021. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.equinoxcr.com/guia-maestra-sobre-la-freidora-industrial-a-gas/>
12. **EUNASA, SA**. *Freidora eléctrica GF serie 6L*. [blog]. Madrid: Nevsky, 2019. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.eunasa.com>
13. **FAINCA, Group**. *Manual freidoras profesionales*. [blog]. Guayaquil: Globe, 2019. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://fainca-group.com>
14. **GARCÍA, Antonio**. *Guía para escoger una freidora de gas para restaurante*. [blog]. México: Póster POS, [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://joinposter.mx/post/freidora-gas-restaurante>

15. **GRUMEBER, SL.** *Acero Inoxidable AISI 304: propiedades. Mecanizado CNC.* [blog]. España: Rubí, 2021. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://grumeber.com>
16. **INDURA, Strong.** *Manual de Aceros Inoxidables para soldadores.* [blog]. Inglaterra: Olañeta, 2010. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: www.indura.net
17. **INGEMAQ, SA.** Freidora estática para snacks-Ingemaq. [blog]. Quito: Lumen, 2010. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://www.ingemaq.ec/venta-de/freidoras-estatica-para-snacks/>
18. **IVANOV, Mont.** *Elementos de máquinas.* Moscú-Rusia: Sajalín, 1984, pág. 20.
19. **JIMENEZ, Mauro.** *Freidora industrial a gas uso y mantenimiento.* [blog]. Moquegua: Debate, 2019. [Consulta: 9 abril 2023]. Disponible en: <https://www.equinoxcr.com/guia-maestra-sobre-la-freidora-industrial-a-gas/>
20. **KATHERINE, Ariana & MORÁN, Ramón.** Análisis nutricional comparativo entre snacks de malanga (*Xanthosoma saggitifolium*) y papa china (*Colocasia esculenta*). (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Chile. Santiago: Chile. 2018. págs. 50-52.
21. **LATMAC, SA.** *Componentes de control de temperatura en las freidoras.* [blog]. Costa Rica: Tusquets, 2022. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://productostaiwaneses.com/los-componentes-de-control-de-temperatura-en-las-freidoras/>
22. **MCCORMAC, Jack & CSERNAK, Stephen.** *Diseño de estructuras de acero.* 5ª ed. New Jersey-USA: Pearson Education. 2013, pág. 200.
23. **MILENA, J. & RAMÍREZ, Quevedo.** Diseño de un control de variables para la línea de freído de papa frita de la empresa Comestibles Ricos Ltda. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de la Salle. Bogotá – Colombia. 2077.[Consulta: 2023-07-06]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion
24. **MILS, Ema.** *Aplicaciones de las reidoras de agua y aceite.* [blog]. Arequipa: Planeta, 2023. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://freidoras.org/agua-aceite/>
25. **MUÑOZ, Alejandro.** Automatización del manipulador de canastas de una freidora de papas. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ciencias de la ingeniería. Quito-Ecuador. 2016. págs. 45-53.
26. **NSF/ANSI 4.** *Equipos comerciales de cocción, Re termalización y mantenimiento y transporte de alimentos calientes.*
27. **NTE INEN 2259.** *Artefactos de uso doméstico para cocinar, que utilizan combustibles gaseosos. Requisitos e inspección.*
28. **OLAYA, Erika & RODRÍGUEZ, Carlos.** “Ingeniería e Investigación: Despliegue de la función calidad (QFD)”. *Revista Ingeniería e Investigación* [en línea], 2005, (Colombia), vol. 25 (2), págs. 34-40. [Consulta: 5 de mayo 2023]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325105>

29. **PORCEL, César.** *Freidoras Fabel sin aceite para restaurantes* [blog]. Valencia: Eterna, 2022. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.maquinasfebal.es/blog/maquinaria/todo-sobre-las-freidoras-sin-aceite-para-restaurantes/>
30. **RICORD, Charles & HUTCHINSON, David.** *Conjunto de quemadores para freidora de grasa tipo tubo*. [en línea]. Valencia-España: Castellana, 2006. [Consulta: 25 de marzo 2023]. Disponible en: <https://patentados.com/2011/conjunto-de-quemadores-para-freidora>
31. **SMITH, Chad.** *Equipos agroindustriales*. [blog]. Tainan: Zhonghua, 2018. [Consulta: 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://productostaiwaneses.com/estos-son-los-componentes-del-sistema-de-freidora/>
32. **SOTO, Oscar.** *Manual de uso de una freidora a gas*. [blog]. Monterrey, Aguilar, 2021. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/476972799/458-1-2-MANUAL-FREIDORA-A-GAS>
33. **VALENCIA, Iván. & RODRÍGUEZ, Luis.** *Diseño y puesta en marcha de un sistema de control para una freidora industrial a gas*. (Trabajo de titulación). Universidad Antonio Nariño, Mecánica. Cali-Colombia. 2021. págs. 70-75. [Consulta: 2023-08-01]. Disponible en: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4552/1/2021_CarlosIvanValencia.pdf
34. **WORTEN, Ben.** *¿Qué son y cómo funcionan las freidoras de agua y aceite?* [blog]. España: Océano, 2017. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://www.worten.es/blog/2874/que-son-y-como-funcionan-las-freidoras-de-agua-y-aceite/>

ANEXOS

ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA FREIDORA







**ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO
Y CALIDAD**







ANEXO C: MANUAL DE SEGURIDAD DE LA FREIDORA

	RUC: 0603354218001 DIRECCION: PRIMERA CONSTITUYENTE 35-36 Y DIEGO DE IBARRA TELEFONO: 032940761 – 0984599443 EMAIL: cs-industrial@proveedorariobamba.com
---	---

MANUAL DE SEGURIDAD



FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR



Modelo a gas



La freidora industrial a gas es una herramienta esencial en las cocinas comerciales, sin embargo, puede resultar peligrosa si no se usa adecuadamente. Para garantizar la seguridad de los operarios y prevenir accidentes, es menester seguir las indicaciones detalladas en el siguiente manual.

- *Simbología del manual (según normativa ISO 1070)*

Señales de peligro	
Símbolo	Significado
	<p>Peligro de incendio</p> <p>Indica la posibilidad de fuego si no se toman precauciones adecuadas.</p>
	<p>Peligro de quemaduras</p> <p>Advierte sobre superficies calientes.</p>
Señales de prohibición	
	<p>Prohibido dejar desatendido</p> <p>Indica que no se debe dejar la freidora sin supervisión.</p>
	<p>Prohibido sobrecargar</p> <p>Advierte contra la sobrecarga de la freidora.</p>
Señales de obligación	
	<p>Uso de protección</p> <p>Indica la obligación de usar cofia de protección al manejar la freidora.</p>
Señales de emergencia	
	<p>Extintor de incendios</p> <p>Indica la utilización de los extintores en caso de incendio.</p>
Señales de Información	

	<p>Capacidad máxima</p> <p>Informa sobre la capacidad máxima de carga.</p>
	<p>Instrucciones de apagado</p> <p>Informa que se debe apagar la freidora</p>

Seguridad en la instalación

Ubicación	Colocar la freidora en una superficie nivelada y estable, alejada de materiales inflamables, paredes y otros equipos.
Ventilación	Asegurarse de que la ubicación de la freidora sea en un área con buena ventilación para evitar acumulaciones de gases y vapores nocivos.
Conexión de gas	Realizar la instalación de gas con un profesional certificado. Verificar que no haya fugas de gas y que estén bien conectados todos los componentes.

Seguridad en la operación

Capacidad	<p>No sobrecargar la freidora con más alimentos o aceite del nivel máximo. Consulte con el manual de operación para conocer la capacidad máxima.</p> <p>Es recomendable llenar la freidora hasta la mitad de su capacidad máxima para prolongar su vida útil.</p>
Control de temperatura	<p>Ajuste correctamente la temperatura y no exceda los 180°C para fritura profunda</p> <p>Consulte recomendaciones de tiempo de cocción de los alimentos.</p> <p>No sobrecaliente el aceite.</p>
Supervisión continua	<p>Nunca dejar la freidora desatendida mientras está en funcionamiento.</p> <p>Mantener una vigilancia constante.</p>
Uso de tapas	<p>Adquiera una tapa de acero inoxidable para su freidora.</p> <p>Cubra la freidora cuando no esté en uso.</p>
Prevención de salpicaduras	<p>Colocar los alimentos en la cuba principal con cuidado para evitar salpicaduras de aceite caliente.</p> <p>Evitar freír alimentos muy humedecidos.</p> <p>Utilizar la cesta o utensilios adecuados para sumergir y retirar los alimentos.</p>

Seguridad en el mantenimiento

Limpieza regular	Limpie la freidora regularmente, use el manual de mantenimiento como referencia.
Cambio de aceite	Cambie el aceite periódicamente para evitar acumulación de residuos y el deterioro de la calidad del aceite y alimentos. Use el manual de mantenimiento como referencia.
Inspección de componentes	Revise regularmente los componentes como las válvulas de gas, las conexiones y los controles de temperatura para asegurarse de que estén en buen estado.

Seguridad en emergencias

Extintores	Mantenga los extintores de incendios cerca de la freidora y asegúrese de que el personal conozca su uso y ubicación.
Apagado de emergencia	Todos los operadores deben saber cómo apagar la freidora en caso de una emergencia. Esto implica cerrar la válvula de gas y apagar los controles de temperatura y brazo removedor.
Quemaduras	Si alguien sufre una quemadura por aceite caliente o contacto con una superficie caliente, enjuague la zona afectada con agua fría al menos 10 minutos y/o busque atención médica en caso de ser necesario.

Entrenamiento

Capacitación del personal	Asegúrese de que todo el personal que opere la freidora esté debidamente capacitado en su uso seguro y conozca los procedimientos de emergencia.
Manuales del fabricante	La freidora cuenta con 3 manuales (seguridad, operación y mantenimiento) asegúrese de que el personal conozca las especificaciones de cada uno.
Prácticas seguras	Fomente una cultura de seguridad en la cocina e incentive a los trabajadores a reportar cualquier inconveniente o comportamiento que represente riesgos.



RUC: 0603354218001
DIRECCION: PRIMERA
CONSTITUYENTE 35-36 Y DIEGO DE
IBARRA
TELEFONO: 032940761 – 0984599443
EMAIL: [cs-
industrial@proveedorariobamba.com](mailto:cs-industrial@proveedorariobamba.com)

MANUAL DE OPERACIÓN

FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR

Modelo a gas



La freidora industrial a gas cuenta con una capacidad máxima de 60 litros de aceite y 15 litros de agua. Además, está equipada con componentes de control que regulan el encendido, la temperatura y un brazo removedor. En este manual, encontrará detalladas instrucciones sobre cómo operar la freidora para obtener un rendimiento óptimo. También se incluyen pautas claras sobre el llenado y el funcionamiento adecuado del equipo.

Abastecimiento de la freidora

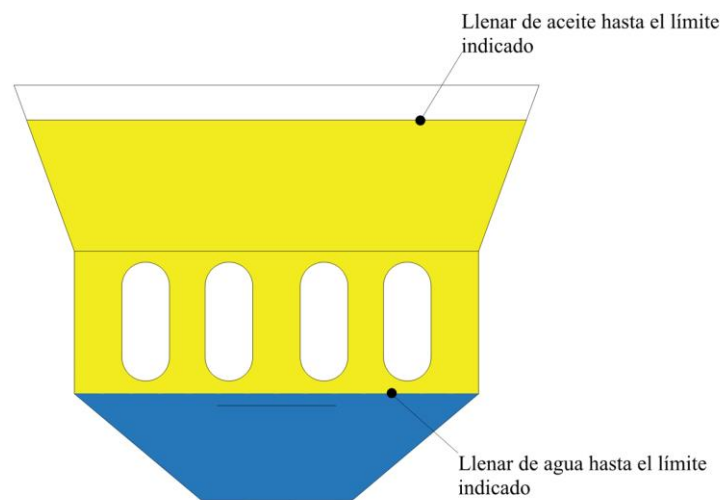
Para llenar la freidora se requiere de agua y aceite a temperatura ambiente, la freidora no está diseñada para ser utilizada con manteca en estado sólido, por lo que se recomienda no utilizarla.

a) Carga de agua

1. Asegúrese que la válvula de drenaje esté completamente cerrada.
2. Coloque agua a temperatura ambiente en la freidora hasta el nivel indicado (aproximadamente 15L).

b) Carga de aceite

1. Asegúrese que la válvula de drenaje esté completamente cerrada.
2. Coloque el aceite de preferencia aceite de girasol a temperatura ambiente en la freidora hasta el nivel recomendado (aproximadamente 60L).



Instrucciones de operación

Para obtener alimentos fritos de la mejor calidad, es importante seguir las instrucciones de preparación proporcionadas en este manual. Se recomienda utilizar aceite de alta calidad, preferiblemente aceite de girasol, ya que un aceite de buena calidad prolongará su vida útil y le permitirá ahorrar dinero. Además, cuando la freidora no esté en uso, es importante permitir que el aceite se enfríe y cubrirlo adecuadamente para evitar cualquier tipo de contaminación.



Precaución

No mueva la freidora cuando tenga líquido caliente, puede provocar salpicaduras y quemaduras al usuario.

No encienda el sistema de calefacción cuando la freidora no contenga líquidos.

No se exceda de la carga máxima de líquidos o alimentos.

No coloque el agua mientras la freidora esté prendida o aun esté caliente el aceite.

No retire los alimentos mientras el brazo removedor esté encendido, esto puede causar salpicaduras.


a) Puesta en marcha de la freidora

1. Abra las válvulas de suministro de gas de la freidora.
2. Abra las puertas de la estructura exterior de la freidora para acceder a los controles. Verifique que todos los controles de la válvula milivolt estén apagados.
3. Gire la perilla de la válvula milivolt a la posición PILOTO y mantenga presionado por aproximadamente un minuto o hasta que la llama del piloto se encienda y suéltela. Esto puede tardar un poco más tiempo las primeras veces que se encienda la freidora debido al aire en las líneas. No pulse repetidamente la perilla, esto puede dañar la válvula, solo manténgala presionada.
4. Si el piloto se apaga, espere por un lapso de 5 a 10 minutos y repita el paso 3. Si después de tres intentos el piloto no se enciende correctamente consulte de inmediato a un técnico calificado.
5. Una vez prendido el piloto, gire la perilla de la válvula milivolt en sentido antihorario hasta la posición ON (encendido).
6. Ajuste la perilla de control del termostato a la temperatura requerida (para snacks de papa la temperatura recomendada es de 180°C).
7. Los quemadores se encenderán y serán controlados por el termostato.
8. Cuando llegue a la temperatura deseada, coloque cuidadosamente las papas cortadas en láminas (o cualquier otro alimento).
9. Encienda el brazo removedor en la posición horizontal pulsando el botón ON del panel de control de la freidora.

b) Apagado de la freidora

1. Apague el brazo removedor pulsando el botón OFF del panel de control y levántelo a una posición vertical.
2. Existen dos modos de funcionamiento de apagado de la freidora, la posición STANDBY y la posición COMPLETE (en espera o completo). El modo de espera desactiva la funcionalidad de ciclo de los quemadores principales de la freidora, mientras que el apagado total interrumpe el suministro de gas hacia la freidora. Siga las instrucciones de la tabla para apagar la freidora mediante:

STANDBY (En espera)	Desactive el termostato y gire la perilla de la válvula milivolt en dirección de las agujas del reloj hasta alcanzar la posición piloto. En este momento, la freidora se encuentra en modo de espera, aunque se recomienda no mantenerla en este estado durante	
---------------------	---	---

	<p>largos períodos de tiempo. Nunca deje la freidora en modo de espera durante la noche.</p>	
<p>COMPLETE (Completo)</p>	<p>Para apagar por completo la freidora, gire y empuje la válvula de gas en sentido contrario a las agujas del reloj hasta alcanzar la posición OFF (apagado). Una vez realizada esta acción, la freidora estará completamente apagada y lista para ser limpiada y filtrada.</p>	

ANEXO D: MANUAL DE MANTENIMIENTO

 <p>SUMINISTROS - SERVICIOS PROVEEDORA INDUSTRIAL</p>	<p>RUC: 0603354218001 DIRECCION: PRIMERA CONSTITUYENTE 35-36 Y DIEGO DE IBARRA TELEFONO: 032940761 – 0984599443 EMAIL: cs- industrial@proveedorariobamba.com</p>
---	---

MANUAL DE MANTENIMIENTO

FREIDORA INDUSTRIAL 60L
SISTEMA AGUA-ACEITE
BRAZO REMOVEDOR

Modelo a gas



Generalidades

El mantenimiento de la freidora a gas incluye la limpieza regular del tanque de aceite, cesta y elementos extraíbles, así como el cambio y filtrado periódico del aceite. Se debe inspeccionar los componentes como válvulas de gas, reguladores de temperatura y quemadores, y mantener el sistema de ventilación limpio. Es importante seguir las instrucciones de seguridad establecidas y contactar al servicio técnico autorizado para cualquier duda o problema.

Instrucciones de seguridad

Es esencial realizar un mantenimiento preventivo en todos los equipos de cocina para asegurar su óptimo rendimiento. Uno de los aspectos fundamentales para mantener la freidora en condiciones ideales es llevar a cabo una limpieza periódica de forma regular, esto es esencial ya que mejora su apariencia, prolonga su vida útil y ayuda en su rendimiento.

Antes de limpiar o realizar cualquier actividad de mantenimiento, recuerde siempre cerrar el suministro de gas y verificar que la freidora esté correctamente apagada.

Evite usar solventes inflamables y productos de limpieza cerca o sobre la freidora mientras aún está caliente.

Para obtener resultados óptimos, la limpieza debe realizarse con regularidad y en profundidad, y es importante que una persona de servicio calificada inspeccione y ajuste periódicamente todos los controles y piezas mecánicas.

Si surge algún problema menor, se recomienda abordarlo de inmediato para evitar una avería completa.

Se recomienda revisar el aparato cada 6 meses.

- Drenaje y limpieza

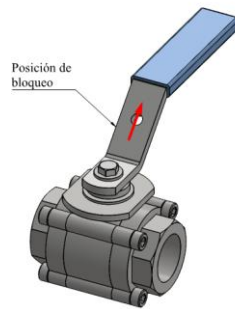
Previo a realizar el drenaje y limpieza de la freidora es recomendable que cuente con los siguientes elementos:

Recipiente para el agua
Recipiente para el aceite
Guantes de nitrilo
Espátula o rasqueta
Esponja no abrasiva
Detergente desengrasante
Agua caliente
Paños limpios
Cepillo de cerdas de nailon
Cepillo de cerdas suaves para los quemadores
Cepillo de pelusa flexible para ductos

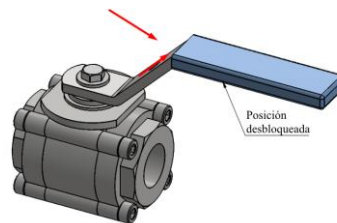
a) Drenaje

Para el drenaje de líquidos realice los siguientes pasos:

1. Coloque el recipiente para el agua debajo de la válvula de drenaje.
2. Verifique la válvula de drenaje se encuentre en la posición de bloqueo, como se muestra en la ilustración



3. Gire la válvula en sentido antihorario para drenar el líquido, primero llene el recipiente de agua, si el drenaje es solo para cambio de agua, vuelva a cerrar la llave y coloque nuevamente agua fría en la cuba hasta el nivel correspondiente. Si el drenaje es para una limpieza y cambio de aceite extraiga ambos líquidos por completo con la válvula en la posición desbloqueada (se recomienda abrir lentamente la válvula para evitar salpicar el líquido).



4. Terminado el trabajo de drenaje cierre nuevamente la válvula y retire los recipientes con líquidos a un lugar seguro.

a) Limpieza diaria

1. Al final de cada jornada drenar el agua de la freidora siguiendo los pasos detallados en la sección anterior.
2. Si existen inconvenientes en el drenado use una varilla limpia para revolver cualquier medio sólido atrapado.
3. Limpie las superficies de la freidora con un paño ligeramente humedecido con una solución de agua y detergente no abrasivo evitando hacer contacto con el aceite de la cuba.
4. Limpie las espas de brazo removedor especialmente en las partes donde exista acumulación de grasa.
5. Seque completamente las superficies.
6. Una vez finalizado el trabajo de limpieza diaria, verifique que la válvula esté completamente cerrada y coloque nuevamente la cantidad de agua necesaria hasta el límite indicado.

b) Limpieza semanal

1. Siga el procedimiento de drenaje descrito anteriormente y extraiga ambos líquidos en su totalidad.
2. Llene la freidora con agua limpia y fría hasta el nivel normal y agregue detergente no abrasivo o alguna marca comercial de detergente especializado para superficies de cocina, no es recomendable usar limpiadores multiusos, solución caustica o lejía porque pueden dañar las superficies de la freidora.
3. Caliente el agua hasta una temperatura máxima de 90°C.
4. Limpie los utensilios como cestas o espumaderas sumergiéndolas en la solución de agua caliente y remojándolas entre 5 a 10 minutos.
5. Pasado este tiempo apague completamente el sistema de calefacción y retire los utensilios sumergidos.
6. Mediante el uso de un cepillo de cerdas de nailon y una esponja no abrasiva frote vigorosamente las superficies de las cubas de la freidora especialmente en las partes donde hay más acumulación de grasa y residuos de alimentos. No use un cepillo de alambre.
7. Drene completamente la solución ocupada y enjuague bien con agua limpia, use una combinación de agua y vinagre (1 parte de vinagre por cada 15 de agua), esto ayudará a eliminar cualquier restante de detergente que haya quedado.
8. Repita el procedimiento de “Limpieza diaria” para todas las superficies de la freidora y el brazo removedor.
9. Limpie el tiro de la freidora con el cepillo para ductos.
10. Antes de colocar nuevamente el agua y el aceite verifique que todas las superficies estén completamente limpias y secas.
11. Llene nuevamente la freidora colocando primero el agua y luego el aceite.

Revisión semestral

Es recomendable realizar una verificación completa de los componentes de la freidora cada 6 meses, este trabajo solo debe realizarse por una persona de servicio calificada, quien se encargará de revisar y ajustar los controles, válvulas y componentes mecánicos de la freidora. En el caso de existir alguna falla, corregirla inmediatamente no se debe esperar a que esta empeore.

Guía de cambio de aceite

Se recomienda realizar un cambio total de aceite cuando se han superado los 50 lotes de papas. Si solo se está usando aceite en la freidora la tasa de cambio se reduce a un aproximado de 30 lotes de papas. Para facilitar la tarea de reconocer si es necesario o no un cambio total de aceite es recomendable adquirir un sensor de nivel de acidez, y seguir las indicaciones del fabricante, si no se dispone de dicho sensor use la siguiente tabla de indicadores.

Característica	Descripción
Color oscuro y opaco	El aceite fresco tiene un color dorado o amarillo claro. Si el aceite se vuelve oscuro y opaco, es un signo de que ha sido utilizado en exceso y ha acumulado residuos de alimentos.
Olor rancio o desagradable	El aceite fresco debe tener un olor neutro. Si nota un olor rancio, avinagrado o desagradable proveniente del aceite, es un indicativo de que se ha deteriorado
Sabor alterado de los alimentos	Cuando el aceite ya no es útil, puede afectar el sabor de los alimentos que se fríen en él. Si los alimentos adquieren un sabor rancio, quemado o desagradable, es probable que el aceite esté comprometiendo la calidad de la comida.
Espuma excesiva	Si el aceite produce mucha espuma durante el proceso de fritura, puede ser un indicador de que está contaminado con residuos y necesita ser reemplazado.
Tiempo de fritura prolongado	Si nota que los alimentos tardan más tiempo del habitual en cocinarse o si no se doran adecuadamente, el aceite podría estar agotado y perdiendo su capacidad de calentamiento eficiente.
Nota: El aceite fresco debe ser transparente o ligeramente amarillento y de olor neutro.	

Guía de solución de problemas

Esta sección ofrece una referencia conveniente para abordar problemas comunes que pueden surgir al operar la freidora. La guía de solución de problemas que se proporciona aquí está diseñada para ayudarlo a resolver o diagnosticar con precisión problemas con su equipo. Si bien la guía cubre problemas que se presentan con frecuencia, es posible encontrar un problema que no esté incluido en esta sección. En tales casos, es recomendable que se comunique con un especialista, quien hará todo lo posible para ayudarlo a identificar y resolver el problema.

