

CI TECNOLOGÍA ALIMENTARIA S.A.S

Servicios de ingeniería

Ingeniería sartén basculante


 <p>CI Talsa EQUIPOS Y SERVICIOS DE CALIDAD</p>	ELABORADO POR:	INGENIERO DE PROYECTOS/ ANALISTA DISEÑO	FECHA ELABORACIÓN:
	APROBADO POR:	LIDER DE DISEÑO Y NUEVOS DESARROLLOS	22-ENE-2024
	NOMBRE:	SARTEN BASCULANTE	VERSIÓN
	TIPO DE DOCUMENTO:	MEMORIA DE INGENIERÍA	19000001_22/ENE/20224

Tabla de contenido

Introducción.....	3
Requerimientos y características.....	4
Antecedentes del proyecto.....	5
Análisis de la competencia.....	6
1. GROEN:.....	6
2. FAGOR:.....	8
3. ROSINOX:.....	10
4. CLEVELAND:.....	11
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Justificación.....	16
Marco contextual:.....	16
Marco normativo.....	17
Marco conceptual:.....	19
Síntesis de sistema.....	21
Definición de los elementos principales para el sistema.....	22
Estado del arte.....	23
Quemadores:.....	23
Sistema de basculación:.....	29
Selección de elementos eléctricos:.....	41

Introducción

Los sartenes basculantes son una herramienta de cocina industrial cada vez más común. Su diseño permite cocinar de forma más cómoda y segura en volúmenes industriales, ya que permite inclinar el sartén para verter los alimentos sin necesidad de levantarlo o cargarlo.

El proceso de desarrollo requiere la generación de un documento de ingeniería que incluya todos los detalles técnicos del producto. Este documento es esencial para la documentación, fabricación, montaje, mantenimiento y generación del desarrollo del sartén.

Se plantea el diseño de una nueva versión de sartén basculante de línea que se tiene en horeca, esto con el objetivo de dar un mejor rendimiento tanto en capacidad, eficiencia energética al cliente y facilidad de uso.

Requerimientos y características

Para dar cumplimiento a estas características, se dieron los parámetros de diseño presentados a continuación:

- 100 litros de capacidad de cuba
- Basculación por manivela manual
- Sistema de basculación simplificada (Eje, no mecanismo)
- Asegurar una distribución uniforme de temperatura.

Adicionalmente, se tenía como referencia el quemador de un sartén basculante marca Groen al cuál se le realizó un mantenimiento para el cliente “nuestra cocina artesanal”. Dicho quemador contaba con las siguientes características:

- Quemador atmosférico: Aire inducido y premezcla.
- Agujeros cónicos en las flautas para la salida de gas
- Un total de 15 flautas
- Diámetro de flautas de 1 in
- Diámetro del inyector de 1.5 mm
- Encendido por llama piloto
- Uso de aletas en la parte inferior de la cuba para disipar mejor el calor de los gases de combustión y aprovechar ese mismo calor para mejorar la distribución de calor en la cuba.

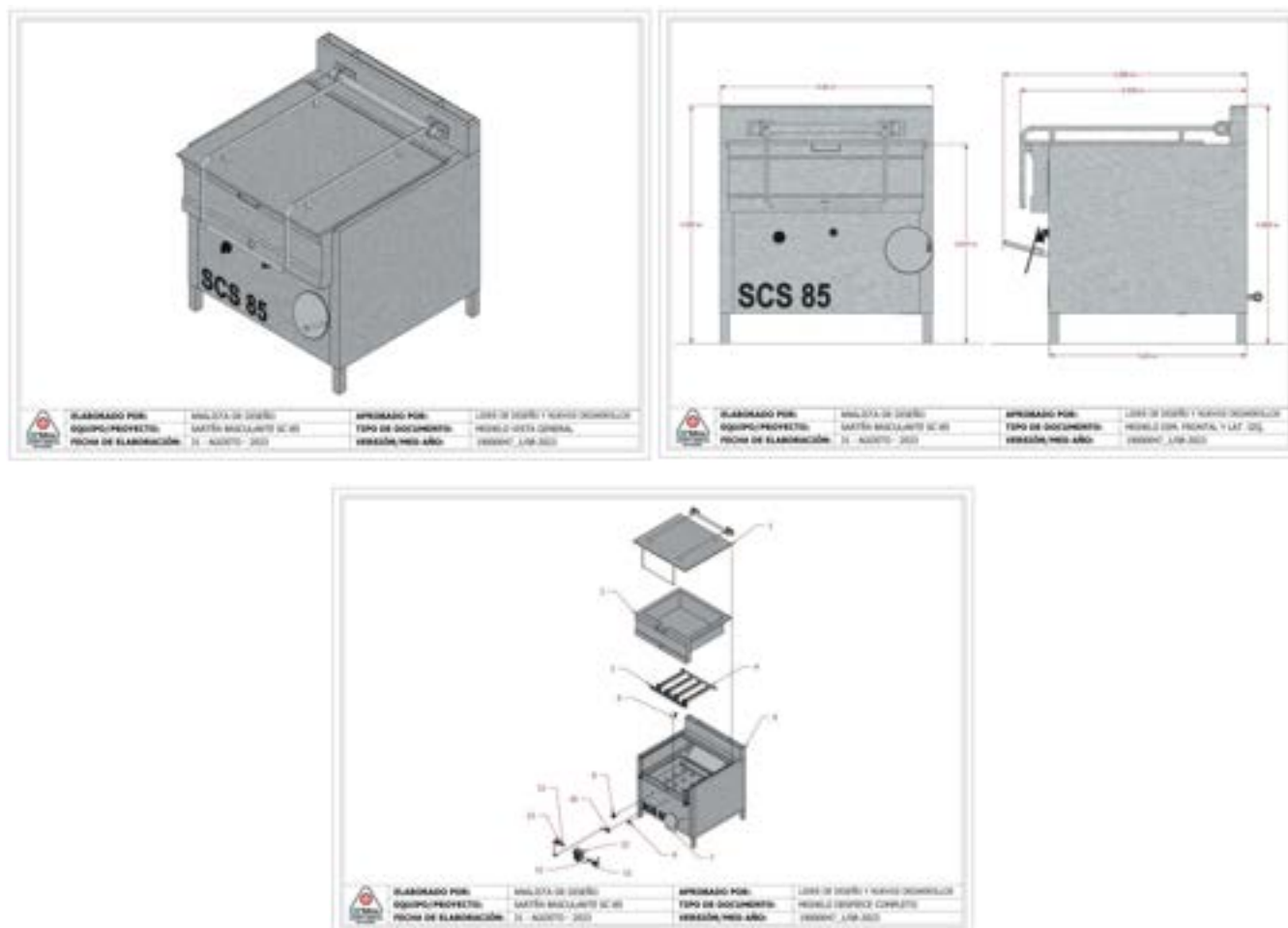


Antecedentes del proyecto

Los sartenes basculantes son una herramienta de cocina que se ha utilizado durante siglos. Con el fin de cocinar diferentes alimentos de forma industrial y tener la facilidad de la descarga de estos mismos, debido al volumen.

En la actualidad, los sartenes basculantes están disponibles en una amplia variedad de materiales, tamaños y diseños. Los sartenes basculantes más comunes están fabricados con aluminio o acero inoxidable. Estos sartenes son ligeros, fáciles de manejar y resistentes.

Actualmente CI Talsa, tiene un modelo existen de sartén basculante CI Talsa SCS85; un sartén basculante de 85 L fabricado en acero inoxidable 304, basculado mediante una manivela manual y un mecanismo de barras que inclinan el sartén, 4 quemadores a gas de alta eficiencia importados por el proveedor gas3000. (Ver imágenes adjuntas).



La realidad es que este modelo del sartén no cumple con la mayoría de los requerimientos de diseño, por lo que se debe plantear todo un nuevo proyecto de desarrollo para realizar el modelo nuevo que cumpla con los requerimientos, permitiéndonos ser más competitivos en el mercado y sorprendiendo positivamente a nuestros clientes, mejorando siempre nuestros productos.

Análisis de la competencia

El análisis comparativo de la competencia es una fase crítica en la formulación de estrategias para el exitoso lanzamiento del sartén basculante de Talsa. Se revisarán las marcas Groen, Fagor, Cleveland y Rosinox

Este análisis se llevará a cabo considerando varios aspectos clave:

1. GROEN:

Equipo de cocina con controles electrónicos para alcanzar temperaturas precisas y así lograr una consistencia en la cocción, Groen combina las funciones de un sartén y una olla en su modelo de cocina de alto rendimiento, que brasea, asa, hierve, hierve a fuego lento, baño María, saltea, asa al sartén, cocina a la parrilla, saltea y cuece al vapor.

1. Características Generales:

- Controles electrónicos
- Controles clasificados para lavado con agua IPX6
- Ajustes preestablecidos bajos (175°F) y altos (400°F eléctrico/425°F gas).
- Pantalla digital.
- Temporizador digital de 1 minuto a 10 horas.
- La sartén de cocción baja a temperatura baja (175°F) cuando el temporizador expira.
- Características de temperatura instantánea con sonda.
- Opción de automático o manual.
- Pasos de cocción preprogramables para el personal culinario para hasta 9 de sus recetas favoritas, incluyendo hasta 4 pasos por receta con alarmas audibles y/o en pantalla para indicar al chef que agregue, volteo o revuelva ingredientes
- Disponible en modelos de piso de 15, 30 y 40 galones y modelos de mostrador de 10 galones.
- Opciones eléctricas, de gas y con piloto permanente disponibles (el modelo de 10 galones es solo eléctrico)
- Equipo de cocina ideal para restaurantes, supermercados, escuelas, instalaciones de atención médica, hoteles y resorts, así como cualquier lugar donde se realice una cocción por lotes
- Garantía de un año

- 23 inclinaciones.
- Interior lijado con grano de esmeril estándar de 180
- Garantía de dos años para escuelas primarias y secundarias
- Revisión de rendimiento del segundo año para escuelas primarias y secundarias

2. Métodos de calentamiento:

GAS DIRECTO:

- Los modelos BPP-30GC y -30GA tienen una tasa de combustión de 104,000 BTU/h. Los modelos BPP-40GC y -40GA tienen una tasa de combustión de 144,000 BTU/h. El sistema de encendido electrónico con piloto intermitente es estándar. Las sartenes de cocción cuentan con un termostato de límite alto como medida de seguridad.

ELÉCTRICO DIRECTO:

- 208, 240 o 480 voltios, 3 fases, 60 Hz.
- La unidad requiere una conexión eléctrica de 1" IPS.

3. Modulación:

CONFIGURATIONS

MODEL	POWER	TILT	WIDTH	DEPTH	HEIGHT	CAPACITY	POWER INPUT PER CAVITY	APPROX. WEIGHT
BPM-15EC/A/C2T	Electric	Manual	30.5"	39.75"	41.5"	15 Gallons	7.6 KW	380 lbs
BPM-15GC/A/C2T	Gas	Manual	30.5"	39.75"	41.5"	15 Gallons	65,000 BTU	395 lbs
BPM-30EC/A/C2T	Electric	Manual	39"	40"	44"	30 Gallons	11.5 KW	425 lbs
BPP-30EC/A/C2T	Electric	Power	39"	40"	44"	30 Gallons	11.5 KW	425 lbs
BPM-30GC/A/C2T	Gas	Manual	39"	40"	44"	30 Gallons	104,000 BTU	440 lbs
BPP-30GC/A/C2T	Gas	Power	39"	40"	44"	30 Gallons	104,000 BTU	440 lbs
BPM-40EC/A/C2T	Electric	Manual	48"	40"	44"	40 Gallons	15 KW	510 lbs
BPP-40EC/A/C2T	Electric	Power	48"	40"	44"	40 Gallons	15 KW	510 lbs
BPM-40GC/A/C2T	Gas	Manual	48"	40"	44"	40 Gallons	144,000 BTU	540 lbs
BPP-40GC/A/C2T	Gas	Power	48"	40"	44"	40 Gallons	144,000 BTU	540 lbs

2. FAGOR:

Sartén basculante con recipiente paralelepípedo de hierro o acero, que puede colocarse en la pared, individualmente o en batería. Está indicada para restaurantes y comedores de pequeñas y medianas dimensiones. Por su uso versátil, sus dimensiones y sus reducidos consumos, es ideal para la preparación de productos alimentarios incluso en los pequeños talleres artesanales.

4. Características Generales:

- Paredes de la cuba de cocción de acero inoxidable AISI 304.
- Fondo de acero inoxidable AISI 304 con espesor de 10 mm. Opción: fondo de 12 mm compuesto (9 mm hierro + 3 mm acero).
- Cuba de cocción con acabado antiadherente y microesferas de cerámica.
- Introducción de agua en la cuba a través de un grifo de un orificio.
- Tapa de acero inoxidable AISI 304 con espesor de 10/10 equipado con cremallera de acero cromado con precarga de muelles y manija de acero inoxidable.
- Estructura portante de acero inoxidable con espesor de 20/10 montada en pies de acero regulables para la nivelación.
- Paredes externas de acero inoxidable AISI 304 satinado con espesor 10/10.
- Estante satinado de acero inoxidable AISI 304 con espesor 20/10.
- Inclinación automática motorizada. Incluye un sistema basculante manual en caso de fallo.
- Bloqueo automático en caso de avería del sistema.

5. Métodos de calentamiento:

GAS DIRECTO:

- Encendido piezoeléctrico manual y llama piloto.
- Calentamiento a través de quemadores tubulares y de alto rendimiento de acero inoxidable AISI 304.
- Parrilla de descarga de humos.
- Set de boquillas para varios tipos de gas.
- Termostato de seguridad.
- Grifo con válvula de seguridad con termopar.
- Regulación de la temperatura de 100°C a 300°C

ELÉCTRICO DIRECTO:

- Calentamiento a través de batería de resistencias eléctricas.
- Termostato de seguridad de las resistencias con bloqueo del calentamiento por

sobre-temperatura.

- Control de la temperatura (50°C – 260°C).
- Tensión de alimentación estándar 400V 3N 50/60Hz.

6. Modulación:

MODELO	CÓDIGO	POTENCIA (KW)	CAPACIDAD (L)	DIMENSIONES (mm)	€
Gas de calentamiento directo					
SBG-150 M	19072688	33,01	150	1200x900x850	-
SBG-200 M	19079430	44,01	200	1600X900X850	-
Eléctricas de calentamiento directo					
SBE-150 M	19072695	15,1	150	1200x900x850	-
SBE-200 M	19085076	20,1	200	1600X900X850	-

Opciones

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	€
*	Fondo de 12 mm compuesto (9 mm hierro + 3 mm acero) para sartenes de 150 L	-
*	Fondo de 12 mm compuesto (9 mm hierro + 3 mm acero) para sartenes de 200 L	-

(*) Consultar la versión.

3. ROSINOX:

1. Características Generales:

- Tanque de acero inoxidable con ángulos redondeados y fondo termo-difusor bimetálico compuesto por 8 mm de acero suave y 2 mm de acero inoxidable 18-10 en el lado de cocción.
- Virola de acero inoxidable 18-10, espesor 30/10.
- Aislamiento mediante paneles de manta térmica y aislante de alta densidad.
- Tapa de acero inoxidable 18-10, articulada y equilibrada.
- Mango de operación de acero inoxidable con bola de material aislante.
- Suministro de agua caliente / agua fría con pico orientable.
- Control volumétrico de llenado de agua.
- Inclinación eléctrica.
- Durante la inclinación, el cuerpo calefactor gira con el tanque, un microinterruptor de seguridad controla el apagado y encendido del calentador.
- Selector de modos de cocción: salteado, olla.
- Controles táctiles.
- Regulación mediante termostato electrónico.
- Temporizador electrónico programable de 0 a 99 minutos con señal sonora al final del ciclo, para encender y apagar automáticamente el calentador en modo salteado u olla, y la cuenta regresiva del tiempo de inmersión según el levantamiento automático (opción).
- Desagüe de la tolva.
- Opciones: - Chasis desmontable para 3 a 9 recipientes de acero inoxidable GN 1/1 (SMB 60) o 4 a 12 recipientes de acero inoxidable GN 1/1 (SMB 80), - levantamiento automático, - soporte oscilante frontal para bandeja GN 1/1, - ducha con manguera flexible, - sonda conector HACCP, - protección mecánica de los controles.

2. Métodos de calentamiento:

GAS DIRECTO:

- Cámara de combustión de chapa de acero inoxidable.
- Quemador de múltiples rampas con encendido electrónico mediante tren de chispas y supervisión de la llama por ionización.
- Chimenea de acero inoxidable 18-10 con revestimiento interior, asegurando la evacuación de los gases quemados de acuerdo con las normas de higiene y combustión.

ELÉCTRICO DIRECTO:

- Elementos calefactores blindados de acero inoxidable, chapados en el fondo del tanque, regulados por un termostato electrónico que controla un contactor de potencia (400 V trifásico - "bobina 230 V").

3. Modulación

Capacidad:

150 litros (SMB 60)

200 litros (SMB 80)

Dimensiones internas del tanque (mm):

L. 985 x An. 620 x Prof. 250 (SMB 60)

L. 1310 x An. 620 x Prof. 250 (SMB 80)

Peso:

SMB 60 G: 385 kg

SMB 80 G: 450 kg

SMB 60 E: 360 kg

SMB 80 E: 420 kg

4. CLEVELAND:

1. Características Generales:

- Disponible en modelos de diseño abierto de 30 y 40 galones (115 y 150 litros).
- Capacidad total hasta el borde del labio de vertido.
- Diseño de base abierta para facilitar la limpieza y el mantenimiento.
- Superficie de cocción de acero inoxidable 5/8" con acabado sandblasting que evita deformaciones y evita que los alimentos se peguen.
- Construcción duradera de acero inoxidable de calibre 12, tipo 304, en el sartén. Fondo de acero dulce de 5/8" (16 mm) más una placa de acero inoxidable de 1/16" (1.6 mm) para una distribución uniforme de la temperatura.
- Altura del borde baja de 35" para facilitar la operación y la limpieza.
- Controles y construcción a prueba de salpicaduras.
- Inclinación manual fácil de girar con caja de engranajes lubricada permanentemente. Disponible inclinación eléctrica opcional con anulación manual.
- Marcas de galones/litros y cubierta asistida por resorte con ventilación estándar.
- Disponible con válvula de descarga opcional de 2".
- Función de cocción a 10°. Incline la unidad hasta 10° sin apagar la alimentación.
- Termostato electrónico ajustable que controla con precisión la temperatura de 100° a 450° F.
- Cubierta asistida por resorte con asa de ancho completo y ventilación.
- Selector de control de temperatura, luz indicadora LED ENCENDIDO, interruptor principal de energía con ajustes estándar y alta potencia.
- Panel de control easyDial
- Selector con anillo LED, pantalla grande, tres modos de cocción, autodiagnóstico

incorporado y visualización, botón de selección de temperatura, botón de ajuste de temporizador (horas/minutos), botón de ajustes, botón de encendido principal, puerto de conexión de sonda, luces indicadoras LED para Calor ENCENDIDO, Sonda de producto, Temperatura, Tiempo, Ajustes, Autodiagnóstico, Fallo de encendido, Ajuste de potencia estándar y alta.

2. Métodos de calentamiento:

GAS DIRECTO:

- Configuración exclusiva de doble potencia: 90,000 y 125,000 Btu para 30 galones, 160,000 Btu y 200,000 Btu para 40 galones que proporciona un calentamiento y recuperación superiores.
- Sistema de "Encendido Electrónico por Chispa" estándar.

ELÉCTRICO DIRECTO:

- Sistema de calefacción de alta eficiencia con distribución uniforme del calor. Los modelos de 30 galones (115 litros) cuentan con un elemento calefactor de 12 KW, y los modelos de 40 galones (150 litros) cuentan con un elemento calefactor de 18 KW.
- Voltajes estándar 208-240, monofásico y trifásico.

3. Modulación

MODEL	A	B	C	D	E (combustible wall)	E (non-com- bustible wall)	F	G	H
SGL-30-T1	37 7/8"	24 1/2"	31 3/4"	12"	3 1/2"	2	18 1/4"	5 3/4"	8"
	(963mm)	(623mm)	(807mm)	(305mm)	(89mm)		(464mm)	(146mm)	(204mm)
SGL-40-T1	49 7/8"	36 1/2"	43 3/4"	18"	3 1/2"	2	24 1/4"	5 3/4"	8"
	(1267mm)	(928mm)	(1112mm)	(458mm)	(89mm)		(616mm)	(146mm)	(204mm)

(Se adjuntan algunas imágenes como referencia)

- Groen BPP 40GC



- Fagor Kore 900



- Cleveland SGL40T1



- Rosinox SMB 60G MULTI



Una de las tendencias que se logran apreciar es la simplicidad en los sistemas de basculación de los sartenes, en los cuales se tiende a optar por cubas expuestas que rotan sobre su propio eje, con quemadores que de igual forma rotan en conjunto, a partir de lo encontrado, se define una ruta a seguir en cuanto a diseño se refiere.

Objetivo general

Diseñar y desarrollar un modelo de sartén basculante de gas, optimizando su eficiencia, seguridad y funcionalidad para su aplicación en entornos comerciales e industriales de cocina.

Objetivos específicos

Investigar y seleccionar tecnologías y materiales apropiados para la fabricación de el sartén basculante, considerando aspectos como resistencia a altas temperaturas y durabilidad.

Desarrollar un sistema de calentamiento que utilice gas de manera eficiente, garantizando un calentamiento uniforme y control preciso de la temperatura.

Diseñar un sistema de control de fácil manejo(Maxthermo), que permita el manejo y control de temperatura del sartén de manera precisa y segura.

Diseñar y calcular un quemador atmosférico que permita usar de manera eficiente la potencia de los gases de combustión.

Diseñar un sistema de basculación mecánica, el cual se acciona de manera manual, que sea de fácil manejo, y a su vez presenta seguridad para el operario del sistema.

Evaluar y optimizar la distribución del calor en la superficie del sartén para asegurar una cocción uniforme de los alimentos.

Cumplir con las normativas de seguridad y eficiencia para equipos de cocina a gas, garantizando la aprobación normativa del sartén basculante.

Realizar pruebas de rendimiento y funcionamiento para validar la funcionalidad del sartén en condiciones de uso real.

Diseñarlo de forma que sea modular para que se pueda implementar un plan de limpieza de forma eficiente, que facilite el mantenimiento y cumplimiento de estándares higiénicos.

Optimizar el diseño del sartén basculante para facilitar su fabricación y minimizar costos de producción sin comprometer la calidad y seguridad del producto.

Justificación

El proyecto de ingeniería de un sartén basculante se justifica a partir de la necesidad crítica de mejorar nuestros productos con el fin de brindar la mejor calidad y eficiencia, para dar solución a las necesidades de nuestros clientes. Este desarrollo ofrece beneficios significativos, incluida la mejora de la calidad de los procesos, la consistencia en la producción buscando la mejora en la consistencia de la temperatura, la eficiencia operativa y la diferenciación competitiva. Además, proporciona una solución adaptable, garantizando la viabilidad técnica, económica y social. Así como una propuesta ideal para el mercado.

Marco contextual:

El marco contextual del sartén basculante de gas se presenta en el contexto que impactan la industria alimentaria y los procesos de cocina. En este contexto se deben abarcar los aspectos económicos, sociales y tecnológicos que influyen en el desarrollo y la implementación del sartén basculante.

A continuación, se detallan los elementos clave del marco contextual:

Tendencias de la Industria Alimentaria:

El proyecto se alinea con las tendencias en la industria alimentaria, donde la demanda de equipos eficientes y versátiles va en aumento. La capacidad de adaptarse a diversas técnicas de cocción y ofrecer eficiencia energética pone el diseño del sartén basculante como una respuesta a estas demandas.

Competitividad en la Manufactura de Alimentos:

El continuo crecimiento del sector de cocinas industriales, en todos los ámbitos, presenta oportunidades para la introducción de soluciones innovadoras y eficientes, en este caso el sartén basculante de CI TALSA, mejora la productividad de nuestros clientes, la calidad de los alimentos y facilita las operaciones a nivel industrial.

Desarrollo Tecnológico en la Cocina Industrial:

El avance tecnológico en la cocina industrial, con la integración de mecanismos avanzados y sistemas electrónicos, crea un entorno ideal para la incorporación de soluciones inteligentes y fáciles, como el sistema que se pretende plantear para el sartén basculante.

Consideraciones Ambientales y Sostenibilidad:

La conciencia ambiental y la preferencia por equipos que ofrezcan soluciones sostenibles generan que el diseño del sartén basculante, se plantee como una alternativa eficiente para generar un impacto positivo con el medio ambiente al utilizar gas como una fuente de energía, de manera que se aproveche al máximo su potencia energética, y se ofrezca una solución más limpia y eficiente.

Normativas:

El proyecto se desarrolla considerando las normativas con la seguridad de equipos de cocina y los estándares de calidad. El cumplimiento riguroso de estas normativas es esencial para la aprobación regulatoria y la salida del equipo al mercado de forma competitiva.

Demanda de Equipos en la Cocina Industrial Colombiana:

En el contexto colombiano, el aumento de la demanda de equipos de cocina versátiles para la preparación de alimentos a gran escala de forma industrial presenta una oportunidad estratégica para la introducción al mercado del nuevo sartén basculante de CI TALSA, ofreciendo un equipo competitivo y de calidad.

Competencia en el Mercado de Equipos del sector de alimentos:

La existencia de empresas competidoras y la evaluación de sus ofertas en el mercado son factores críticos para la posición estratégica del sartén basculante de CI TALSA. El análisis y comprensión de las fortalezas y debilidades de la competencia informa la estrategia de comercialización y diferenciación.

Marco normativo

El desarrollo y la implementación del sartén basculante debe cumplir con un conjunto de normas y estándares para garantizar la seguridad alimentaria, calidad y conformidad con estándares propios de la industria.

A continuación, se especifican las normativas relevantes que guiarán el diseño e ingeniería del proyecto:

El proyecto se adherirá al Reglamento Técnico de Seguridad para Equipos de Cocina Industrial, establecido por las entidades competentes. Este reglamento define los requisitos esenciales de seguridad y normas técnicas que deben cumplir los equipos utilizados en entornos de cocina industrial.

Normativa Técnica Colombiana (NTC):

La Norma Técnica Colombiana NTC 1692, que establece las especificaciones y requisitos para sartenes utilizados en contextos domésticos y comerciales, será una

referencia clave. Asegurará que el diseño del sartén basculante cumpla con los estándares nacionales aplicables.

Normativas de Seguridad Alimentaria:

ISO 22000:2005 (Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria): Esta norma establece los requisitos para un sistema de gestión de inocuidad alimentaria que garantiza la seguridad a lo largo de toda la cadena alimentaria.

Normativas Locales y Regionales:

Resolución 2674 de 2013 (INVIMA): Esta resolución establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los establecimientos de alimentos, desde la producción hasta la distribución y comercialización. También aborda aspectos relacionados con el registro sanitario de alimentos.

Resolución 5109 de 2005 (INVIMA): Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipos en contacto con alimentos.

Decreto 3075 de 1997: Este decreto regula las disposiciones sanitarias aplicables a establecimientos que producen, procesan, envasan, empacan, almacenan, transportan, distribuyen, comercializan, importan o exportan alimentos.

Norma Técnica Colombiana NTC 5400 (ICONTEC): Esta norma aborda los sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos y establece requisitos para el diseño, implementación y mantenimiento de estos sistemas.

Cumplimiento con Normas de Gas:

Se seguirán las normativas específicas para equipos a gas, asegurando la conformidad con los requisitos establecidos por entidades regulatorias locales e internacionales, como la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en Colombia.

Normas de Equipamiento Industrial:

ISO 9001 (Sistema de Gestión de Calidad): Aunque no específica para equipos industriales, la ISO 9001 puede ser relevante para garantizar la calidad en el diseño, fabricación y servicio postventa del sartén basculante.

Se aplicarán las normas de calidad ISO 9001 para el diseño y la ingeniería del sartén basculante, asegurando la implementación de procesos de gestión de calidad que mejoren la eficiencia y la consistencia en todas las etapas del proyecto.

Normativas sobre Materiales en Contacto con Alimentos: Cumplir con las regulaciones que especifican los materiales seguros para el contacto con alimentos, dados por el Invima.

Normativas Ambientales y Sostenibilidad:

ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental): Si bien no es específica para equipos, la implementación de prácticas de gestión ambiental puede contribuir a la sostenibilidad y a la reducción del impacto ambiental.

Normativas de seguridad eléctrica y electrónica:

Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (ICONTEC): Esta norma establece los requisitos de seguridad eléctrica para equipos electrónicos y eléctricos. Contiene directrices sobre aspectos como la construcción, las pruebas y las etiquetas de seguridad para los equipos eléctricos y electrónicos.

Estándares de Etiquetado y Documentación:

Regulaciones de Etiquetado de Equipos Industriales: Garantizar que el sarten basculante cumpla con las regulaciones específicas de etiquetado y documentación para equipos industriales.

Norma Técnica Colombiana NTC 1461 (ICONTEC): Esta norma aborda el etiquetado de maquinaria y equipo industrial, estableciendo requisitos específicos para la información que debe incluirse en las etiquetas de estos equipos.

Norma Técnica Colombiana NTC 1931 (ICONTEC): Esta norma trata sobre el etiquetado de productos eléctricos y electrónicos, y puede ser relevante para equipos industriales que incluyan componentes eléctricos

Normativas de Seguridad Laboral:

El diseño contempla las normativas de seguridad y salud en el trabajo, asegurando que el sartén basculante sea seguro para operadores y técnicos durante su fabricación, instalación y mantenimiento.

Este marco normativo garantiza que el sartén basculante sea realizado desde la ingeniería y diseño de acuerdo con los estándares de seguridad, calidad y sostenibilidad, cumpliendo con las regulaciones vigentes y proporcionando un producto confiable y conforme a las expectativas del mercado.

Marco conceptual:

El marco conceptual de este proyecto se basa en principios clave que definen la visión, los objetivos y la filosofía que guiarán el diseño e ingeniería del sartén basculante.

A continuación, se detallan los elementos fundamentales del marco conceptual:

Eficiencia Energética:

El proyecto se centra en maximizar la eficiencia energética al utilizar gas como fuente

principal de energía. La mejora de la eficiencia contribuirá a reducir los costos operativos y a posicionar el sartén basculante de CI TALSA como una opción muy competitiva, y una solución excelente para nuestros clientes.

Seguridad Integral:

La seguridad es importante en el diseño. Se implementarán sistemas de control de temperatura, contactor de seguridad para garantizar la protección del operador y prevenir posibles riesgos en el entorno de la cocina.

Versatilidad Culinaria:

El sartén basculante se percibe como una herramienta versátil que es capaz de adaptarse a diversas técnicas de cocción.

Innovación Tecnológica:

La implementación de tecnología, como el sistema de control electrónico (Maxthermo). La incorporación de esta tecnología no solo mejora la funcionalidad sino también la facilidad de manejo del usuario.

Sostenibilidad Ambiental:

Usar el gas como fuente de energía y la revisión de elementos sostenibles en el diseño y fabricación hacen parte del compromiso con el impacto ambiental. Se busca minimizar la huella ambiental y promover prácticas ecológicamente amigables a lo largo del ciclo de vida del producto.

Adaptación a Normas:

El marco normativo se basa en la adaptación y cumplimiento riguroso de normas ya citadas. Asegurar la conformidad con estas normas es esencial para la aceptación del sartén basculante en el mercado.

Experiencia del Usuario:

El diseño se basa en una experiencia del usuario. Controles con facilidad de manejo y ergonomía para la basculación se consideran elementos importantes para garantizar la facilidad y el incremento de la eficiencia.

Calidad

Se busca una muy alta calidad, desde el diseño, fabricación y gestión del proyecto. Con el fin de brindar fiabilidad y durabilidad del sartén basculante de CI TALSA.

Diseño

Realizar un buen proceso de diseño, garantizando materiales de alta calidad y técnicas de ingeniería, para brindar una buena durabilidad del sartén basculante. Se busca crear un producto que supere las expectativas y sorprenda positivamente al cliente.

Este marco conceptual establece las bases teóricas y prácticas para el diseño e

ingeniería del sartén basculante, asegurando que el producto final sea innovador, y eficiente, alineado con las expectativas del mercado y las tendencias de la industria.

Síntesis de sistema

El sartén basculante de gas propuesto es un sistema innovador y sencillo diseñado para mejorar los procesos de cocción en entornos comerciales e industriales.

Este sistema se debe plantear desde las siguientes características:

Fuente de Energía Eficiente:

Utilizar el gas como fuente de energía principal, garantizando una cocción rápida y eficiente, reduciendo los tiempos de preparación y optimizando los recursos energéticos.

Sistema de Basculación:

Incorporar un sistema de basculación manual que permita ajustar la inclinación del sartén de manera precisa, de fácil manipulación y adaptándose a diversas técnicas de cocción.

Control de Temperatura Preciso:

Integrar un sistema de control electrónico de temperatura, permitiendo una gestión precisa y constante del calor. Esto asegura una cocción uniforme y evita fluctuaciones no deseadas.

Materiales Resistentes y Duraderos:

Se utilizará acero inoxidable 304 resistente a la corrosión, para garantizar durabilidad, higiene y cumplimiento de estándares sanitarios.

Diseño Ergonómico y Usuario-Centrado:

Enfocar el diseño en la comodidad del operario y su manipulación, mediante un diseño ergonómico, control intuitivo y facilidad de manejo, mejorando la experiencia del usuario y mejorando la productividad.

Cumplimiento Normativo:

Cumplir con las normativas específicas para los equipos de cocina, asegurando la seguridad operativa y la conformidad con estándares de calidad.

Dispositivos de Seguridad:

Dispositivos de apagado una vez empiece a bascular y mecanismos de protección para el operador, elementos de seguridad críticos para prevenir accidentes.

Eficiencia Energética y Sostenibilidad:

Priorizar la eficiencia energética del gas, de manera que se reduzcan los costos operativos, se utilice de forma eficiente el combustible y se disminuya la huella ambiental.

Adaptabilidad y Versatilidad:

Diseñarlo para adaptarse a diversas necesidades culinarias, ofreciendo versatilidad en la cocina comercial e industrial.

Facilidad de Mantenimiento y Limpieza:

Incorporar un sistema de limpieza y modulación eficiente para facilitar el mantenimiento y cumplir con los estándares de higiene requeridos en entornos de cocina.

Definición de los elementos principales para el sistema

Cuerpo y Estructura:

El cuerpo y la estructura del sartén basculante están diseñados para soportar cargas de trabajo y resistir las condiciones operativas de la cocina industrial. Fabricados con acero inoxidable 304, proporcionan la durabilidad, resistencia y cumplen con los estándares de higiene.

Sistema de Control Electrónico:

El sistema de control electrónico regula la temperatura del sartén basculante con precisión. Utiliza sensores para monitorear la temperatura y ajustarla según las necesidades de cocción. Un control Maxthermo permite al usuario configurar y supervisar la temperatura de manera intuitiva.

Quemadores:

Los quemadores son componentes esenciales del sistema de cocción del sartén basculante. Están diseñados para distribuir uniformemente el calor sobre la superficie del sartén, permitiendo una cocción homogénea de los alimentos. Los quemadores están contruidos de la manera más eficiente para aprovechar su potencia térmica, se desarrolla un quemador atmosférico On/Off el cual distribuye su combustión a través de flautas.

Sistema de Basculación:

El sistema de basculación permite inclinar el sartén para verter líquidos o alimentos de manera segura y controlada. Consiste en un mecanismo manual a través de un sistema de manivela conectado a un mecanismo sin fin corona que facilita la manipulación del sartén.

Estado del arte

Modelo de cálculo

Quemadores:

Se inicia el modelo partiendo del requerimiento de capacidad del sartén para 100 L. Esta capacidad se ve reflejada principalmente en el tamaño de la cuba, la cual actúa como el recipiente en el que se hará la cocción de los alimentos, por ende este será el primer componente a diseñar (Se toman las dimensiones del sartén CI Talsa SCS85 como un punto base):

- El diseño se inicia con la ecuación básica de volumen para un cuerpo de cara rectangular:

$$V = a * b * c \quad (1)$$

Siendo:

a: Ancho = 625 mm

b: Largo = 800 mm

c: Alto = 250 mm

$$V: \text{Volumen} = 125000000 \text{ mm}^3 = 125 \text{ L}$$

Con esto se asegura un volumen útil de **100 L** y se deja una tolerancia de **25 L** para la seguridad del operario, facilitar la manipulación de altos volúmenes y evitar desbordamientos.

- Se plantea que el sartén sea más ancho que alto para maximizar el área de la superficie que estará en contacto con la llama y los alimentos, para garantizar una cocción más uniforme de los mismos.
- Tanto la cara frontal como la trasera cuentan con ángulo de desahogo para facilitar la manipulación de los alimentos al interior de la cuba y la descarga de la misma, por esta razón el ángulo en la cara frontal es más pronunciado.

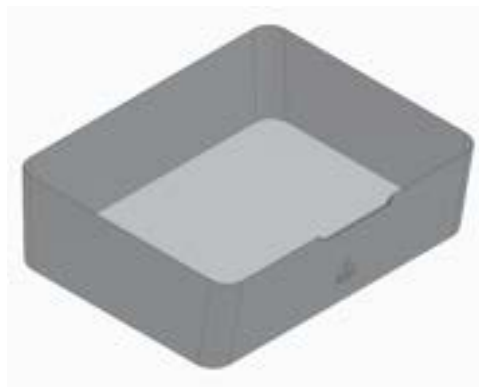
Ángulo cara frontal: 10°

Ángulo cara trasera: 1.5°

- Se le da un redondeo a las esquinas de la cuba para facilitar la distribución de los alimentos al interior de la cuba y el acceso a los alimentos por parte del operario.

Radio del redondeo: 50 mm

Con estas características se procede a hacer el modelo CAD en *Solid Edge 2024* (Ver imagen adjunta) y dentro de las propiedades de sólido del software se examina el volumen total con los añadidos geométricos:



El software nos arroja un volumen de **129048756.450 mm³** o **129.05 L**.

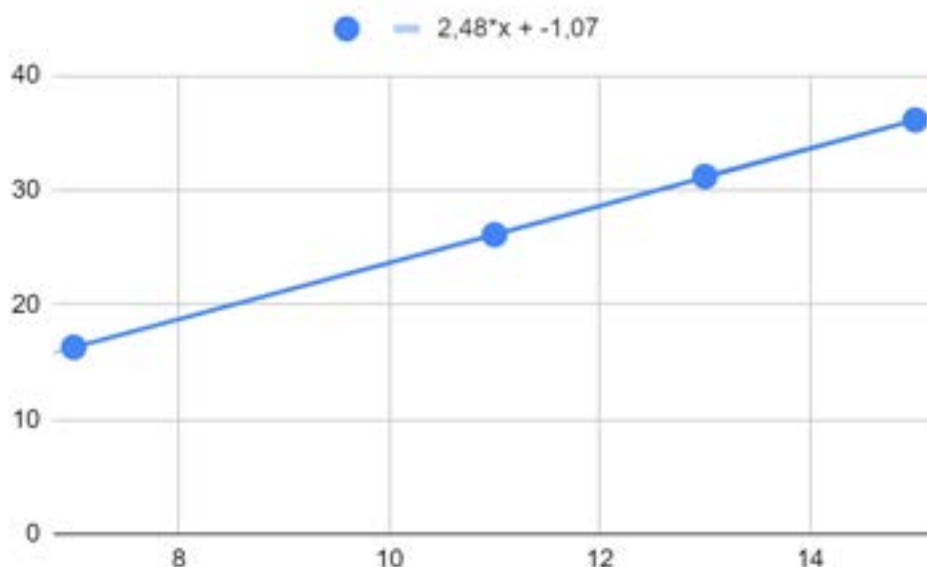
Teniendo presente que ya se contaba con un quemador de referencia dimensionado, y siendo este el principal componente del equipo, el modelo de cálculo se simplifica significativamente.

El quemador original cuenta con **15 flautas** para la distribución de la llama, que se traduce a su vez en **36.1 kW** de potencia para gas natural, la relación tamaño-potencia de modelos del mismo equipo con similares características pero menor tamaño se ven reflejados en la siguientes tablas:

Model	Natural (G20) KW	Natural BTU/hr	Propane (G31) KW	Propane BTU/hr
BPM-15G	16.3	55,700	16.3	55,700
BPM-30G	26.1	89,100	26.1	89,100
BPM-40G	36.1	123,300	36.1	123,300

Model	Natural Gas (G20) mm	Propane Gas (G31) mm	No. of Orifices (injectors)
BPM-15G	1.5	0.97	7
BPM-30G	1.5	0.97	11
BPM-40G	1.5	0.97	15

Haciendo una regresión lineal con estos datos se llegó a la expresión que describe el comportamiento previamente mencionado, donde y es la potencia y x es el número de flautas:



$$y = 2.48x - 1.07 \quad (2)$$

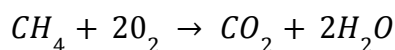
Esta expresión presenta un ajuste del 100% a los puntos presentados.

A partir del dimensionamiento de la cuba, y teniendo presente que el diámetro de las flautas es de **1 pulgada o 25.4 mm**, con un espaciamiento de poco más de **2 pulgadas** entre sí, nos deja que para distribuir las flautas en la superficie de la cuba, se requieren **13 flautas**.

Ahora, si se reemplaza el número de flautas en la ecuación 2, se obtiene una potencia de quemador de **31.18 kW**.

Para esta potencia se requiere de un suministro de gas de entre **8 y 9 milibares** (que suele ser el estándar de presión para suministros de gas natural).

Por otra parte, dentro de los parámetros principales de un quemador, la relación aire-combustible es fundamental para garantizar una combustión completa, mejorando la eficiencia y reduciendo la generación de monóxido de carbono (CO). Para calcular dicha relación, se hace un balance estequiométrico del gas natural (metano (CH₄)) con el oxígeno para obtener dióxido de carbono (CO₂) y Agua (H₂O):



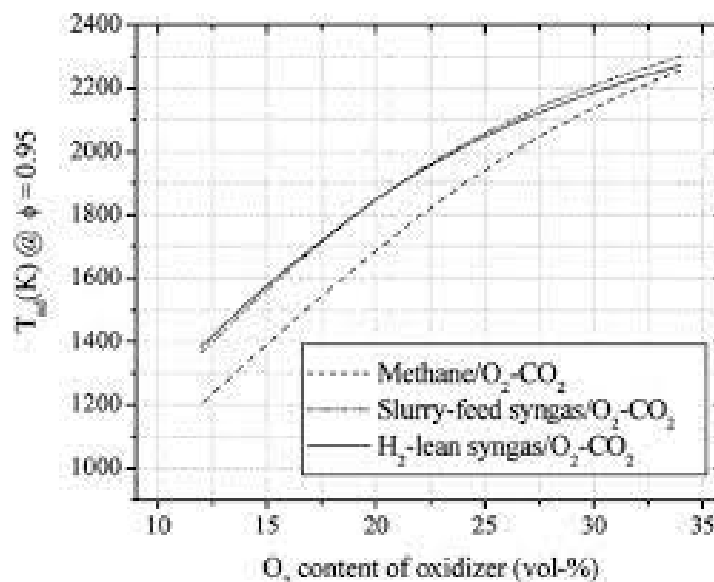
En otras palabras, un volumen de metano requiere 2 volúmenes de oxígeno para conseguir una combustión estequiométrica.

Sin embargo, en términos generales, la composición del gas natural es de 58% metano y el aire sólo contiene un 21% de oxígeno por lo que realmente se termina traduciendo en que:

$\frac{1}{0.58} CH_4 + \frac{1}{0.21} O_2$ equivalente a $CH_4 + 5.53 O_2$ para obtener una combustión estequiométrica.

Es decir que aproximadamente se requiere de una **relación 1 a 5 gas-combustible**, para obtener una combustión completa dentro del quemador.

Para estas características de potencia, presión y relación aire combustible, y suponiendo un sistema adiabático, pueden alcanzar temperaturas de flama de hasta **2000 K o 1726°C**. Sin embargo, es claro que por un lado que el sistema no es realmente adiabático, por lo que se tendrán temperaturas un tanto menores, pero también se entiende que la temperatura de trabajo del sartén **no será superior a 200°C**.



Adicionalmente se debe calcular el flujo volumétrico de gas al interior de las flautas, para eso se hará uso de la siguiente expresión:

$$Q_s = V' * PCS$$

Donde:

Q_s : Potencia del quemador [kW]

V' : Flujo volumétrico [m³/s]

PCS : Poder calorífico superior [kJ/m³]

Haciendo el despeje necesario, y los cálculos requeridos, el flujo volumétrico es:

$$V' = \frac{Q_s}{PCS} = \frac{31.18}{43128} = 0,0007229642 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con estos parámetros definidos y la geometría del quemador, se puede calcular entonces la longitud de llama, parámetro necesario para definir la distancia que debe haber entre el quemador, y la cuba. La expresión matemática que describe dicha variable es:

$$\frac{H}{V'} = \left[4 * \pi * D_0 * \ln\left(1 + \frac{1}{S}\right) \right]^{-1} * \left(\frac{T_0}{T_f} \right)^{0.67}$$

Donde:

H : Altura de llama [cm]

V' : Flujo volumétrico [cm^3/s]

D_0 : Coeficiente de difusión @ Tamb [0.2]

S : Rata de mezcla (Relación gas-combustible)

T_0 : Temperatura ambiente

T_f : Temperatura característica de difusividad (Temperatura de llama)

Realizando las operaciones correspondientes, se obtiene que:

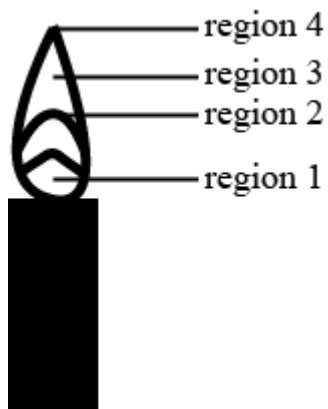
$$\frac{H}{Q} = 0,054767453$$

Por lo tanto:

$$H = 37.7 \text{ cm}$$

Finalmente, antes de posicionar el quemador hay que tener en cuenta la distribución de temperatura en la llama.

En una primera instancia, hay que entender que una llama se encuentra dividida en zonas, tal y como se muestra en la siguiente figura:

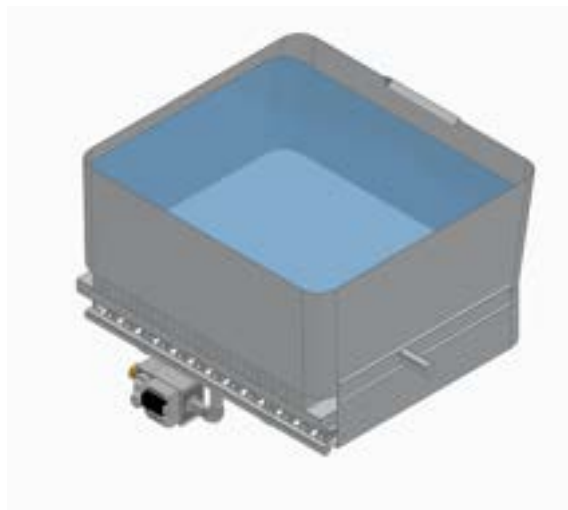


Dentro de esa distribución, el punto más caliente de la llama es justo donde termina la segunda región; por lo tanto es este punto en el que la llama debe hacer contacto con la superficie inferior de la cuba, para alcanzar mayores temperaturas más rápidamente con un mismo consumo de gas.

Esta segunda región está aproximadamente ubicada a una tercera parte de la longitud total de la llama, por lo que para el caso específico del diseño de este quemador con una longitud de flama de **37.7 cm**, será de **12.5 cm**, Es esta la distancia a la que se posicionará el quemador de la cuba.

Sistema de basculación:

Para dar inicio al modelo de cálculo para el sistema de basculación del sartén, se parte de hacer el ensamble de la cuba, y el quemador. Adicionalmente, se creó un componente que hace el papel del contenido del sartén y se le dieron propiedades del agua para con esto hacer una simulación de las propiedades físicas a las que estaría sometida la cuba en caso tal de estar bajo uso.



Gracias al software CAD *Solid Edge 2024*, accediendo a las propiedades físicas del modelo, podemos encontrar el centro de masa de la cuba, tanto llena como vacía, y de igual forma los momentos de inercia.

Propiedades físicas - Conjunto entero

☐ Definidas por el usuario

Sistema de coordenadas:
Espacio modelo

☐ Actualizar al guardar

Global Principales

Masa: 153,275 kg Volumen: 112048170,901 mm³

Masa de sustitución de cantidad: 153,275 kg ☐ Usar como la masa del conjunto

Centro de masa Centro de volumen

☐ Mostrar símbolo **cm** ☐ Mostrar símbolo **cv**

X: 290,72 mm X: 311,80 mm

Y: 372,66 mm Y: 366,30 mm

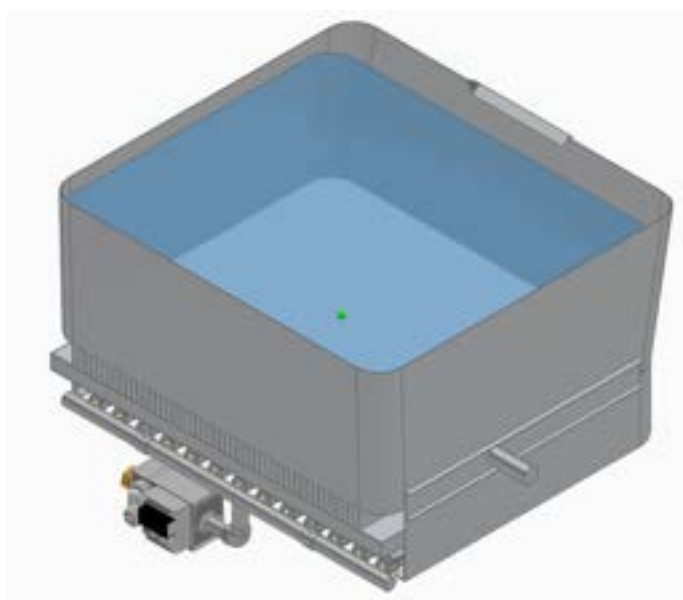
Z: 69,45 mm Z: 112,02 mm

Momentos de inercia de la masa

lxx: 31,409 kg·m ²	lyy: 21,428 kg·m ²	lzz: 47,008 kg·m ²
lxy: 16,345 kg·m ²	lxz: 3,978 kg·m ²	lyz: 3,681 kg·m ²

Las propiedades físicas están actualizadas.

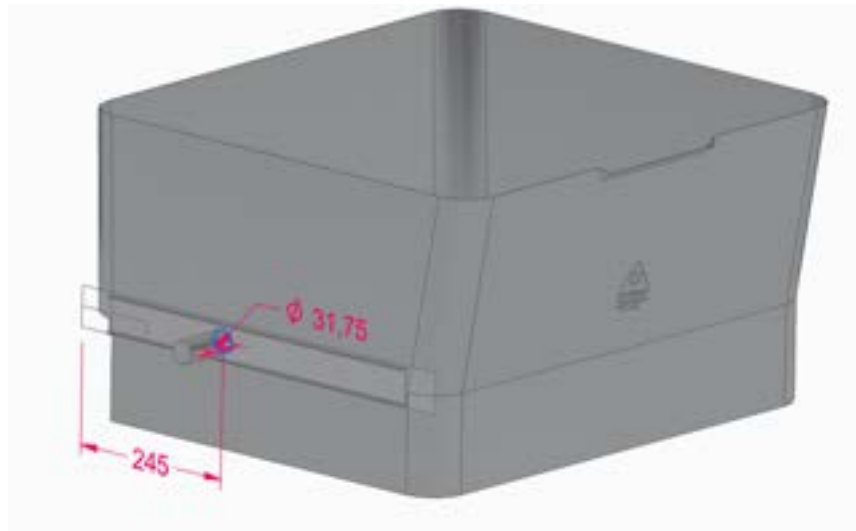
Actualizar Cerrar Guardar como... Ayuda

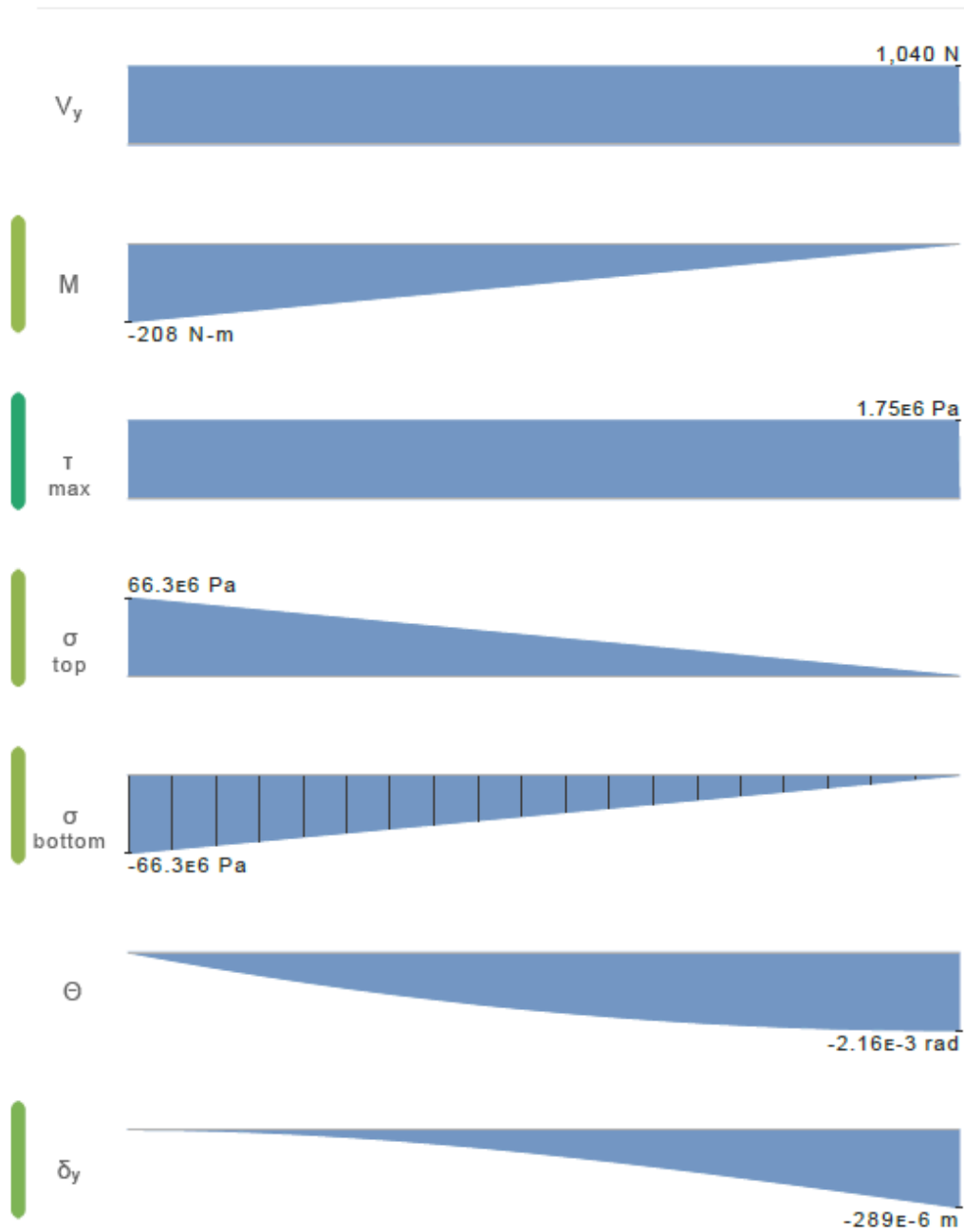


Con esta información, se procede a hacer varios cálculos y análisis que definen la geometría y construcción del sistema de basculación.

En una primera instancia, el posicionamiento del eje sobre la cuba se hace en un punto intermedio entre los centros de masa tanto lleno como vacío, esto para asegurar la mejor estabilidad posible de la cuba en cualquier condición de uso y que la basculación sea lo más suave posible para el usuario.

En la misma línea, para dimensionar el diámetro del eje, se realizó un estudio de cargas para analizar los esfuerzos que se ejercerán sobre este en la condición más crítica. Se utilizaron diámetros comerciales como referencia del análisis y se probaron hasta encontrar uno que no solo no falle ante la carga, sino que nos diera un margen de seguridad. Por este método se definió un **diámetro de eje de 1 ¼ de pulgada**.





Con esto definido, se posiciona la cuba con eje y su respectivas chumaceras en la estructura metálica que actúa como chasis.

El paso siguiente es dimensionar la transmisión sin fin corona que transforma el movimiento circular de la manivela que está dispuesta para el usuario, en basculación de la cuba.

Se parte asumiendo que por cada giro que el usuario haga de la manivela, el sartén debe bascular aproximadamente 8° , con esta información se puede hacer el cálculo de la relación de velocidad que debe tener la transmisión:

$$R = \frac{W_{in}}{W_{out}}$$

Dónde:

R : Relación de transmisión

W_{in} : Velocidad angular de entrada

W_{out} : Velocidad angular de salida

(Para este caso no se utilizó la velocidad angular, sino las revoluciones equivalentes)

El resultado de la operación anterior nos da un rango aceptable de trabajo de un R entre 35 y 50, se selecciona una **relación de 40**.

Con esto definido, se procede a hacer una verificación estática de la ergonomía, partiendo de la regla que una persona no debe realizar fuerzas superiores a **12 kgf** sin ayudas mecánicas. Se toma entonces ese dato como la fuerza máxima que se puede aplicar en la manivela, fuerza que es equivalente a trabajar con **117.68N**. Se define una longitud de palanca de **75 mm**.

Para poder hacer rotar la cuba, se debe vencer la inercia de la cuba, que para traducirla a un torque se utiliza la siguiente expresión:

$$T = I \cdot \alpha$$

Donde:

T : Torque

I : Inercia de masa

α : aceleración angular

De la tabla de propiedades de cuerpo que se extrajo de *Solid Edge*, se obtiene que el momento de inercia de masa sobre el eje Y (Eje sobre el que se bascula el sartén) es de **21.428 kg-m²**.

Para calcular la aceleración angular, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{W_f - W_o}{t}$$

Donde:

α : aceleración angular
 W_f : Velocidad angular final
 W_o : Velocidad angular inicial
 t : tiempo

Esta expresión se entiende como el delta de velocidad angular que se da en un determinado tiempo. El sistema parte del reposo por lo que W_o será **0**, y la velocidad final que se quiere alcanzar, se asumió de aproximadamente **60 rpm** o **6.28 rad/s** que sería una velocidad razonable que alcance una persona. Se entiende que una persona realmente no tendrá un proceso de aceleración gradual a la hora de girar la manivela, como sería el caso de un motor, por lo que se tomó un tiempo de **1 segundo** para pasar del reposo a la velocidad angular final. Con estos datos se resuelve la ecuación y se obtiene que la aceleración angular α es de **6.28 rad/s²**.

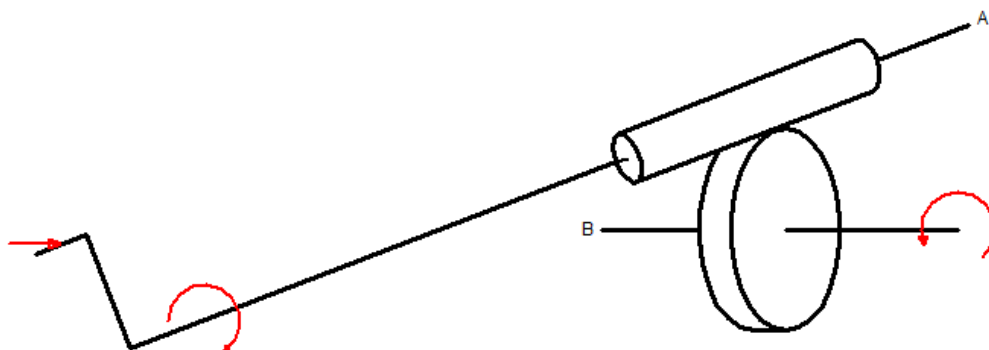
Otra expresión a tener en cuenta antes de proceder con el cálculo de las cargas, es la siguiente:

$$M = F \cdot D$$

Donde:
 M : Momento
 F : Fuerza
 D : Distancia

Esta expresión plantea que una fuerza aplicada a cierta distancia de un eje, produce una rotación o momento.

Con la información descrita hasta este momento, se procede a hacer el análisis estático del sistema, donde la fuerza entra sobre la manivela, convirtiéndose en un momento dada la acción de palanca y rotación, este momento activará el sinfín-corona, transmitiendo el movimiento al eje de la cuba. A continuación se muestra el diagrama estático.



Se realiza una sumatoria de momentos ($\sum M=0$) para validar que con la relación de transmisión que se tiene se adapta a las normas de ergonomía, o si es necesario hacer una reducción mayor.

Resolviendo, se encuentra que para vencer la inercia de la cuba, el usuario debe realizar una fuerza de **39.2 N** o **3.997 kgf**, que está bastante por debajo de los 12 kg permitidos por norma.

La relación de transmisión es adecuada, se procede a dimensionar el sinfín-corona:

Para el diseño y dimensionamiento, se partieron de 2 fuentes, el sinfín-corona del sartén Groen que se tenía como referencia, y la metodología descrita en el libro de *diseño de elementos de máquinas - Mott* que se reflejó en un código en excel que facilita los cálculos.

Se parte de parámetros que ya se tienen del sistema:

- Las velocidades angulares
- El torque
- La relación de transmisión: 40
- Se definió un **factor de sobrecarga** (factor de seguridad) de **1.5**.
- Material del Sinfín: Acero Inox 304
- Material de la corona: Se plantea fundición de bronce.
- Tornillo Sinfín de 2 entradas.
- Paso Axial del sinfín de ¼ de pulgada.

Con esto se define el primer parámetro importante que es el número de dientes de la corona, haciendo uso de la ecuación de relación de transmisión con dientes número de dientes, se obtiene que:

$$N = R * Entradas_{Sinfin}$$

La corona tiene un número de dientes de **80 dientes**.

Por estandarización comercial, y tomando el sinfín-corona del sartén groen como referencia, se define un **módulo 2** para la corona. También por estandarización, se define que el ángulo de presión es de **14.5°**.

Se busca en catálogos online una corona con las características previamente mencionadas, dando así selección a este componente.



Número de dent...	Código	de	dp	dm	D1		A	B
Z	CNSORDERNO	DE [mm]	DP [mm]	DM [mm]	D1 [mm]	KG [kg]	A [mm]	B [mm]
80	411020080	154	160	0	20	3.09	0	20

Con la geometría definida, se procede a hacer el análisis de cargas del sistema, esto para corroborar que el sinfín-corona soporte las cargas de transmisión, y no vaya a presentar falla.

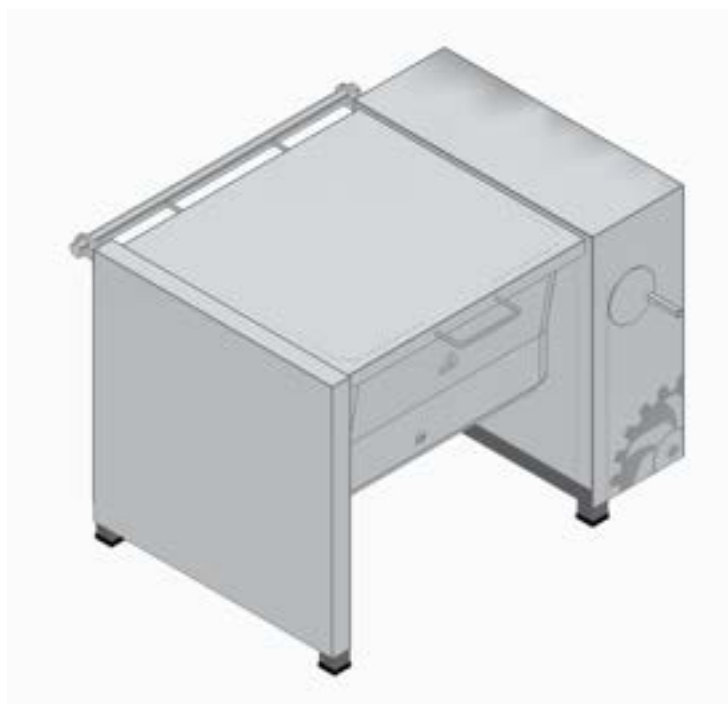
Potencia de salida, Ho (hp)	0,001
Velocidad del sinfín, nw (RPM)	60
Relación de velocidad, mG	40
Factor de sobrecarga, Ka	1,5
Factor de diseño, nd	1,2
Material del sinfín	Acero Inox 304
Material de la corona	Bronce fundido y enfriado
Entradas del sinfín, Nw	2
Paso axial del sinfín, px (pulg)	0,25
Dientes de la corona, NG	80
Paso diametral transversal de la corona, Pt	12,5664
Diámetro medio de la corona, dG (pulg)	6,366
Cabeza, a (pulg)	0,080
Raíz, b (pulg)	0,092
Profundidad completa, ht (pulg)	0,172
Diámetro medio del sinfín, dw (pulg)	1,5
Distancia entre centros, C (pulg)	3,933
(dw) bajo, pulg	1,105
(dw) alto, pulg	2,071
Avance, L (pulg)	0,500
Angulo de avance, λ (grados)	6,057
Angulo de presión, Φ_n (grados)	14,5
Velocidad de paso del sinfín, Vw (pies/min)	23,6
Velocidad de la corona, nG (RPM)	1,5
Velocidad de paso de la corona, VG (pies/min)	2,5
Velocidad de deslizamiento, Vs (pies/min)	23,7
Factor de materiales, Cs	1000,0
Factor de corrección de relación, Cm	0,814
Factor de velocidad, Cv	0,642
Coeficiente de fricción, f	0,0772
Eficiencia, e	0,566
Carga tangencial de la corona, WGt (lbf)	42,0
Carga tangencial del sinfín, WWt (lbf)	7,9

Potencia del tornillo, Hw (hp)	0,01
Potencia de la corona, HG (hp)	0,00
Carga de fricción, Wf (lbf)	-3,4
Potencia de fricción, Hf (hp)	0,002
Ancho de cara de la corona requerido, (FG)req	0,018
Ancho de cara de la corona máximo, (FG)máx	1,000
Ancho de cara de la corona seleccionado, FG (pulg)	3
Carga tangencial de la corona permisible, (Wt)perm (lbf)	6891,7
Coefic. transferencia combinada de calor, U (lb.pie/(min.pulg ² .°F))	0,139
Tasa de pérdida de calor, Q (lb.pie/min)	80,4
Area lateral mínima, Amín (pulg ²)	443,1
Area lateral seleccionada, A (pulg ²)	19274
Temperatura ambiente, ta (°F)	70
Temperatura del colector de aceite, ts (°F)	70,0
Paso diametral normal de la corona, Pn	12,637
Paso circular normal de la corona, pn	0,249
Factor de forma de Lewis, y	0,1
Esfuerzo flexionante de la corona, s (psi)	562,8
Factor de desgaste, Kw	40
Carga de Buckingham permisible, (WtG)perm (lbf)	763,9
Condición de desgaste	SEGURO
Condición de Temperatura	SEGURO

El resultado entregado es que el sistema es seguro, estando muy por debajo de las cargas críticas que podría resistir el sistema.



Modelo:





Selección de elementos eléctricos:

El diseño del Tablero electrónico y sus componentes estuvo a cargo de los ingenieros de control Juan Diego Mesa y Juliana Gomez Saldarriaga .

- Se pensó el sistema de control, para que el flujo de gas se corte una vez se bascule el sartén, esto para evitar accidentes la hora de manipular el equipo.
- Control de temperatura On/Off.
- Cheque de seguridad para temperatura máxima.
- Interfaz de usuario (Control) digital.

Elementos del tablero:

LISTADO DE MATERIALES				
CÓDIGO SAP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	SUBTOTAL
59002729	MÓDULO DE IGNICIÓN HONEYWELL A 24V	1	\$ 831.735,00	\$ 831.735,00
59002731	TRANSFORMADOR 220V/24V / MÓD HONEYWELL	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
59000649	SUICHE MULETILLA 2P SIEMENS 100014650	1	\$ 49.590,00	\$ 49.590,00
59000062	PILOTO VERDE QE22G-220V - PEV0010	1	\$ 40.150,00	\$ 40.150,00
59000066	BORNERA PORTAF 5X20MM 100/230V CAB0227	2	\$ 16.060,00	\$ 32.120,00
59000307	BORNERA UNIP CBC.2/GR 20-12AWG CAB0137	10	\$ 1.815,00	\$ 18.150,00
59001971	FUSIBLE VIDRIO CORTO 1A	4	\$ 500,00	\$ 2.000,00
59000863	CONTROL MAXTHERMO MC-5438-101-000 48X48	1	\$ 269.000,00	\$ 269.000,00
59000539	CABLE SILICONADO #12	5	\$ 8.800,00	\$ 44.000,00
59002728	VALVULA HONEYWELL	1	\$	\$

			1.197.593,00	1.197.593,00
59003545	SENSOR PT100 1/4" X 5" CNX CLAMP 1 1/2"	1	\$ 268.000,00	\$ 268.000,00
	MICRO SUICH (REFERENCIA POR DEFINIR)	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00

