

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**Propuesta conceptual de un sistema mecatrónico para la cocción y
extracción de pollos a la brasa sin intervención humana**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
DE BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

AUTOR

Luis Diego Gómez Cornejo

ASESOR:

César Ernesto Coasaca Apaza

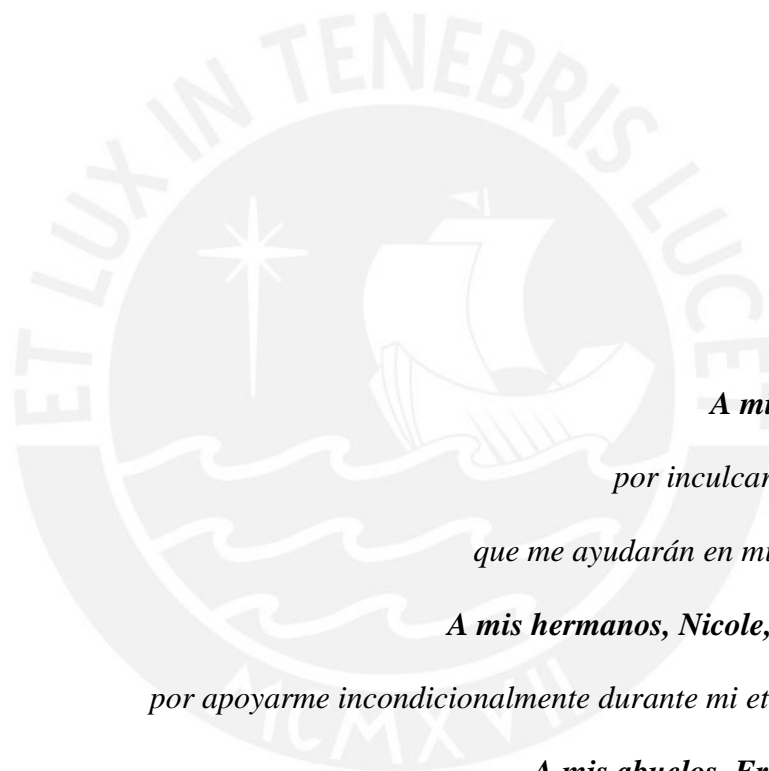
Lima, diciembre, 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la realización del diseño conceptual de un sistema mecatrónico que ayudará a los restaurantes de pollos a la brasa, a contar con una propuesta automatizada para la cocción y facilitar empaquetamiento de pollos, buscando realizar el empaquetamiento sin la intervención humana. Para lograr el objetivo principal, se debe determinar los factores de mercado, implementación y tecnología en relación a los hornos de pollos a la brasa.

Con el diseño del horno, se busca brindar una solución que de mayor resiliencia a las pollerías frente a factores adversos como a las consecuencias producto del COVID-19.

Como principal conclusión del trabajo, se logró diseñar preliminarmente un horno de pollos a la brasa, que luego de alcanzar la cocción deseada, serán extraídos automáticamente para ser llevados a una máquina empaquetadora.



A mi mamá, Milagros

*por inculcar en mí los valores
que me ayudarán en mi vida profesional.*

A mis hermanos, Nicole, Gaby y Panchito

por apoyarme incondicionalmente durante mi etapa universitaria.

A mis abuelos, Francisco y Avelina

por motivarme a ser un gran ingeniero.

A mi asesor, César

por guiarme durante este proceso y exigir lo mejor de mí.

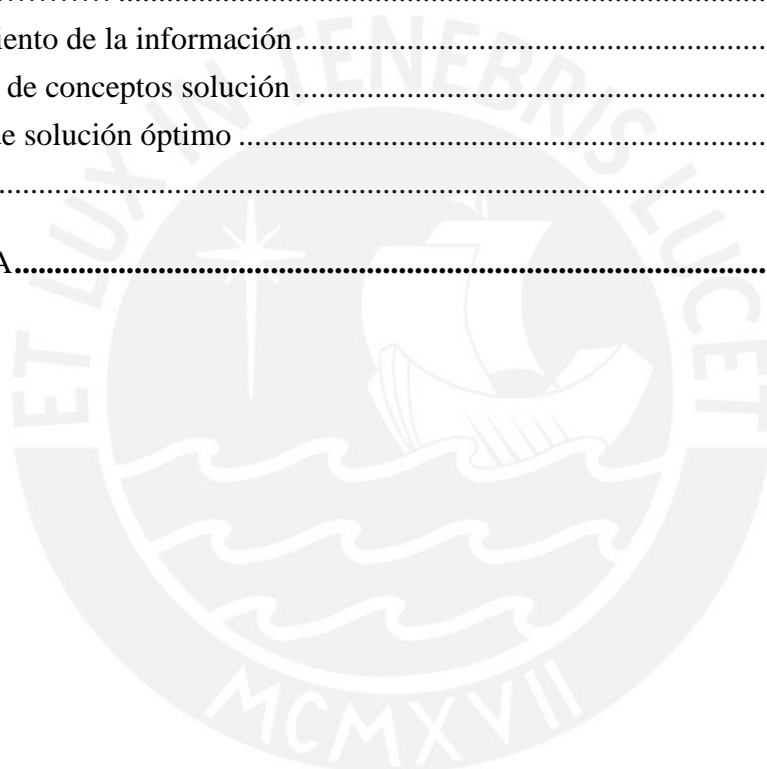
Por ayudarme a desarrollar mis habilidades en ingeniería,

siempre con un criterio de diseño enfocado en las personas.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problemática	1
1.2 Justificación de una propuesta automatizada.....	5
1.3 Alcance del trabajo de diseño	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo principal	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5 Metodología.....	6
1.5.1 Delft Design Guide	7
1.5.2 Método de innovación MIT	7
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Mercado	9
2.2 Implementación	11
2.3 Tecnología	12
2.3.1 Hornos ecológicos.....	12
2.3.2 Patentes de hornos	14
2.3.3 Hornos comerciales.....	23
CAPÍTULO 3: RESTRICCIONES.....	27
3.1 Restricciones.....	27
3.1.1 Lista de requerimientos.....	27
3.1.2 Cronograma.....	30
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL CONCEPTO SOLUCIÓN OPTIMO	32
4.1 Estructura de funciones.....	32

4.1.1 Black box.....	32
4.1.2 Estructura de funciones del sistema.....	34
4.2 Matriz morfológica.....	37
4.2.1 Sistema base.....	37
4.2.2 Sensores.....	43
4.2.3 Procesamiento de la información.....	44
4.3 Conceptos solución.....	47
4.3.1 Sistema base.....	48
4.3.2 Sensores.....	52
4.3.3 Procesamiento de la información.....	53
4.4 Evaluación de conceptos solución.....	55
4.5 Concepto de solución óptimo.....	57
Conclusiones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla.3.1 Lista de exigencias: parte 1/3	28
Tabla.3.2 Lista de exigencias: parte 2/3	29
Tabla.3.3 Lista de exigencias: parte 3/3	30
Tabla 4.1 Matriz morfológica de pollos.....	37
Tabla 4.2 Matriz morfológica de carbón	40
Tabla 4.3 Matriz morfológica de sensores.....	43
Tabla 4.4 Matriz morfológica centro de procesamiento	44
Tabla 4.5 Matriz morfológica interfaz humano máquina - entrada	45
Tabla 4.6 Matriz morfológica interfaz humano máquina - salida.....	46
Tabla 4.7 Matriz de Harris: sistema base.....	55
Tabla 4.8 Matriz de Harris: sensores	56
Tabla 4.9 Matriz de Harris: procesamiento de la información	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Extracción de espiedos del horno. Fuente: [7]	3
Figura 1.2 Almacenamiento de pollos cocidos. Fuente: [7]	3
Figura 1.3 Extracción de los pollos cocidos del espiedo. Fuente: [7]	3
Figura 1.4 Corte manual del pollo. Fuente: [7].....	4
Figura 1.5 Corte y empaquetado del pollo. Fuente: [7]	4
Figura 2.1 Ventas al consumidor final de pollo a la brasa. Fuente: [4]	10
Figura 2.2 Horno ecológico de pollos a la brasa. Fuente: [9].....	13
Figura 2.3 Nivel de aceptación de un pollo a la brasa de un horno ecológico. Fuente: [9]	14
Figura 2.4 Patente para cocción de carnes sobre brasas. Fuente: [25].....	15
Figura 2.5 Patente de horno de convección con banda transportadora. Fuente: [26].....	16
Figura 2.6 Patente de horno con rejilla transportadora. Fuente: [27]	17
Figura 2.7 Diagrama de componentes del horno. Fuente: [27]	17
Figura 2.8 Patente de horno rostizador con resistencias eléctricas. Fuente: [28]	18
Figura 2.9 Patente de horno ahumador. Fuente: [29]	19
Figura 2.10 Patente de horno para rostizar pollos. Fuente: [30].....	20
Figura 2.11 Interior del horno para rostizar pollos. Fuente: [30]	20
Figura 2.12 Patente de horno con sistema de recolección de aceites. Fuente: [32].....	22
Figura 2.13 Patente de diagrama de control para horno rostizador. Fuente: [33].....	23

Figura 2.14 Horno de pollos a la brasa Cimmsa. Fuente: [34]	24
Figura 2.15 Horno de pollos a la brasa Industria Surco. Fuente:.....	24
Figura 2.16 Horno de ladrillos refractarios. Fuente: [36]	25
Figura 2.17 Horno de pollos a la brasa Vulcagres. Fuente: [37]	26
Figura 3.1 Cronograma de trabajo	31
Figura 4.1 Concepto solución 1: vista exterior	48
Figura 4.2 Concepto solución 1: vista interior.....	49
Figura 4.3 Concepto solución 1: rampas internas	49
Figura 4.4 Concepto solución 2: vista exterior	50
Figura 4.5 Concepto solución 2: sujetador de pollos.....	50
Figura 4.6 Concepto solución 2: vista interior.....	51
Figura 4.7 Concepto solución 2: vista interna de parrilla de combustión.....	51
Figura 4.8 Concepto solución 3: vista exterior	52
Figura 4.9 Concepto solución 3: vista interior.....	52
Figura 4.10 Concepto solución óptimo: vista exterior.....	57
Figura 4.11 Concepto solución óptimo: alimentación de pollos	58

Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se explicará la problemática que motivó el desarrollo del presente trabajo académico, en conjunto con los objetivos y alcances. Se detallará por qué la solución debe contar con criterios de automatización y se explicará que metodologías de diseño se seguirán para el alcanzar el objetivo planteado.

1.1 Problemática

En el primer trimestre del año 2020, se observó como el COVID-19 representó un gran reto para la salud pública en diferentes países. Este virus no solo afectó a los sistemas de salud, sino a cada actividad económica que requería de por medio alguna interacción humana. Entre los afectados se tuvo a restaurantes, discotecas, clubes, cines y cualquier otro que exponga a las personas al contagio de este virus.

En el caso de Perú, el Gobierno determinó que los restaurantes no podrían realizar sus actividades hasta inicios del mes de mayo [1]; debido a que, el continuar con sus operaciones, tal cual se realizaban hasta antes de la pandemia, representaban un riesgo para la salud pública. Por consecuencia al estar inoperativos se generaron pérdidas de S/ 66 millones en los primeros días de cuarentena [2]. Pero de todos los negocios de restaurantes los que, por su nivel de

preferencia por los consumidores, generó mayor expectativa por su retorno fueron las pollerías [3].

Estas consecuencias no solo se notaron en el aspecto económico, sino en el aspecto emocional de los consumidores y es que con dos meses en los que estuvieron cerradas las pollerías, se sintió la ausencia de estos negocios para la sociedad peruana; esto se evidencia en una encuesta realizada por San Fernando y publicada en la página web del diario El Comercio, donde indica que más del 50% de los encuestados asegura que seguirá comiendo tanto pollo a la brasa, como lo hacía antes, una vez terminada la cuarentena [4]. Además, una vez que el Gobierno peruano permitió el funcionamiento de algunas pollerías, Roky's tuvo que dejar de recibir pedidos pues ya habían superado su capacidad [5]. Este comportamiento se puede explicar con las palabras de Paola Miglio, periodista gastronómica, que da a entender por qué el pollo a la brasa forma parte de la cultura peruana:

“El plato tiene todas las características para engatusarte y robarte el corazón. Te deprimes, comes pollo a la brasa; estás contento o festejando, lo comes. Estás en familia, lo comen. Y puedes comer desde un cuarto hasta media porción o entero. Es algo que está presente en nuestro imaginario” [4].

Luego de ver que tan importante es el pollo a la brasa para los peruanos y los efectos de la reapertura de las pollerías, podemos entender que bajo el contexto de pandemia se expone a los clientes a un posible contagio. Esto es debido a que según los comunicados de la Organización Mundial de la Salud (OMS) acerca del SARS-CoV-2 [6], este se mantiene activo por ciertos periodos de tiempo en las superficies y como gran cantidad de virus, este se desintegra a altas temperaturas; además, de saber que el principal portador del virus son los seres humanos. Por lo que si vemos el proceso actual de cocción, empaquetado y entrega de

pollos a la brasa; tal como se observa en las figuras 1.1 – 1.5, se reconoce que en esta cadena de procesos se trabaja con seres humanos. Los cuales están constantemente manipulando a los pollos recién horneados y a sus empaques. Lo que lleva a exponer este producto al contagio.



Figura 1.1 Extracción de espiedos del horno. Fuente: [7]



Figura 1.2 Almacenamiento de pollos cocidos. Fuente: [7]



Figura 1.3 Extracción de los pollos cocidos del espiedo. Fuente: [7]



Figura 1.4 Corte manual del pollo. Fuente: [7]



Figura 1.5 Corte y empaquetado del pollo. Fuente: [7]

Si bien se implementaron protocolos para que los restaurantes puedan operar en el contexto de pandemia, como los procesos que involucran al pollo a la brasa una vez fuera del horno son actividades humanas, no automatizadas, siempre existirá algún riesgo asociado que, aunque se tenga la intención de cumplir estos protocolos de salubridad, se pueda incidir en contagios a más personas. Esto se puede apreciar en una nota de The Guardian [7], que habla sobre como por más que dicten medidas de control para evitar el contagio; un factor determinante, como una mala conducta de la sociedad, puede generar mayor cantidad de contagios. Por tal motivo, brindar una solución que permita garantizar un servicio salubre y confiable para los clientes, da la oportunidad para cuestionar si se puede mejorar como se están realizando los procesos para la venta de pollo a la brasa. Es que, además, estos procesos son repetitivos lo que facilitaría una solución automatizada para la ejecución las tareas que involucran al pollo una vez que sale del horno.

Por lo tanto, la necesidad de aplicar soluciones de automatizadas en momentos de crisis resulta una oportunidad y esto se observa en el potencial que tiene la industria de alimentos para crecer al aplicar soluciones de automatización [8]. Tomando en consideración que estas soluciones automatizadas, podrían limitar en gran cantidad la intervención humana en algunos procesos, se podría reducir los contagios en los negocios como pollerías y, de este modo,

brindar una solución que permita generar una mayor robustez a estos procesos en el futuro será una prioridad. Sabiendo que los hornos de pollos a la brasa mantienen en su interior temperaturas mayores a 200°C [9] y que exponiendo al Sars-cov-2 a 92°C por 15 minutos es suficiente para eliminar las cepas contagiosas [10]. Esta solución deberá limitar, en lo posible, la intervención humana en los procesos en los que involucran al pollo una vez salido del horno.

1.2 Justificación de una propuesta automatizada

Como se detalló previamente, el impacto de coronavirus reveló los desafíos que presentan los actuales procesos de cocción de pollos a la brasa frente a las medidas de contención caracterizadas por el distanciamiento social. Por tal razón, siguiendo las recomendaciones del World Economic Forum, las empresas deben buscar implementar las tecnologías de la Industria 4.0 para mitigar los riesgos en sus cadenas de suministros, aumentar la flexibilidad de sus procesos y mejorar los estándares de calidad de sus productos. [11] Además, las empresas deberán emerger de esta crisis eliminando de sus procesos las prácticas desactualizadas e inclinarse por la aplicación de la automatización en busca de una mayor resiliencia en su cadena de suministro. [12]

1.3 Alcance del trabajo de diseño

El desarrollo del presente documento comprende el diseño conceptual de un horno de pollos a la brasa cuya extracción de pollos para su empaquetamiento se realice sin intervención humana.

No se buscará profundizar en aspectos térmicos de un horno como la eficiencia, el aislamiento térmico, mejoras en combustión de carbón, etc.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo principal

- Obtener un diseño conceptual de un sistema mecatrónico que cocine 36 pollos a la brasa por hora y los traslade a una máquina empaquetadora sin la intervención humana.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar factores a nivel comercial y de implementación de los hornos de pollo a la brasa
- Identificar características de construcción más comunes en hornos
- Definir los requerimientos
- Definir criterios necesarios para la cocción segura de pollos
- Definir proceso de cocción de los pollos
- Definir mecanismo de extracción de los pollos
- Desarrollo de conceptos solución y obtención del concepto óptimo

1.5 Metodología

Con la finalidad de poder desarrollar el siguiente trabajo de fin de carrera, el cual planteará el reto de diseñar un sistema mecatrónico, que demuestre en el alumno su dominio en las habilidades aprendidas durante el transcurso de su carrera; se tomarán fragmentos de la metodología de diseño VDI 2206 como la división del sistema por dominios mecánico, electrónico y procesamiento de la información, entre otros. Además, será acompañada de otras

dos metodologías o herramientas. Para ello, se identificarán los aspectos, de cada uno, que mejor se adapten

1.5.1 Delft Design Guide

Libro desarrollado por Delft University of Technology, que plantea seis etapas para el diseño y recolecta técnicas para cada de las siguientes etapas [13]:

- Factores en consideración para estructurar un proyecto de diseño
- Técnicas para definir la perspectiva o modelo de diseño
- Técnicas para obtener información
- Técnicas para definir como la problemática o la lista de requerimientos
- Técnicas para el desarrollo de ideas o conceptos
- Técnicas para la toma de decisiones

1.5.2 Método de innovación MIT

Esta metodología abarcada en el libro de Inside Real Innovation; habla de tomar en consideración tres aspectos importantes al momento de querer realizar innovación [14]. Entre ellos tenemos:

- Mercado: servirá para analizar el mercado, realizarnos preguntas como ¿quiénes consumen pollo a la brasa? ¿cuántas personas lo consumen? ¿existe alguna asociación de pollerías? etc.

- Implementación: en este caso nos guiará a tener en consideración criterios que se deben tomar en consideración cuando se quiera implementar la propuesta como las leyes, recomendaciones de la OMS, estrategias post-cuarentena, etc.
- Tecnología: este último aspecto ayudará en reconocer el desarrollo de la tecnología actual.

Como conclusión de todas las metodologías expuestas se escogerán las que se consideren más aptas según las actividades principales que esté trabajo demande, pero con el compromiso de siempre tener al usuario en el centro en del desarrollo.

- Para la definición de la problemática y del objetivo:
 - Delft: definición del problema y desafío de diseño
- Para la revisión del estado del arte:
 - Inside Real Innovation
- Para identificar las necesidades y definir los requerimientos del producto:
 - Product design and development: Capítulo 5 (Identificación de las necesidades del cliente) y capítulo 6 (Especificaciones del producto) [15]
 - Delft: observaciones al usuario, entrevistas y lista de requerimientos
- Elaboración de la estructura de funciones y matriz morfológica:
 - Adaptación de la VDI 2206
 - Delft: cuadro morfológico
- Selección del concepto óptimo
 - Selección: matriz de Harris

Capítulo 2: Estado del arte

El presente capítulo abarcará la investigación sobre qué factores del mercado influyen en el desarrollo de hornos de pollos a la brasa; además qué criterios se buscan para implementar los hornos y finalmente qué tecnologías se usan en la construcción de hornos.

Con la finalidad de poder llegar al desarrollo de un producto que nos permita disminuir el grado de incertidumbre al buscar su inserción en el mercado; se debe identificar aspectos fundamentales de cómo se desarrolla el mercado actualmente en relación a los hornos de pollo a la brasa. Además, se debe considerar que medidas, como regulaciones o normas, se están aplicando al producto en cuestión para identificar aquellos requerimientos y también los incentivos para aprovechar aquellas oportunidades. Finalmente se debe abarcar la tecnología con el propósito cómo se han estado diseñando los hornos de pollos a la brasa o similares.

2.1 Mercado

- Desde el año 2014, se ha observado un crecimiento en ventas finales de pollo a la brasa en el Perú. En la Figura 2.1 se evidencia como en cinco años, se incrementó este valor en 300 millones de dólares.

Ventas al consumidor final de pollo a la brasa

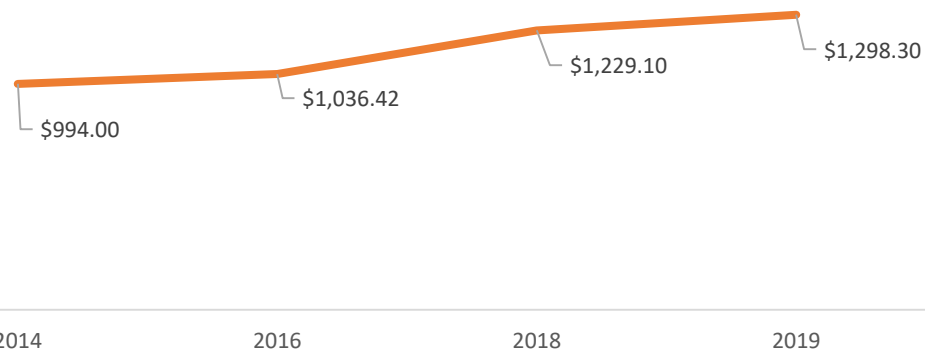


Figura 2.1 Ventas al consumidor final de pollo a la brasa. Fuente: [4]

- Se identificó que durante el año 2017 el servicio de *delivery* tenía un crecimiento anual del 10% y el 40% de los pedidos pertenecían a pollerías y pizzerías. [16]
- Según una nota del 2019 más del 40% de los negocios de comida rápida son pollerías. Además, de éstas el Grupo Norky's cuenta con una cuota del mercado del 12%; seguido por el Grupo Roky's con 8.3% del mercado. [17]
- En promedio los peruanos consumen 37 veces pollo a la brasa y más del 50% lo elige por encima del ceviche. [18]
 - En el Perú existen 13 mil pollerías. [19]
 - Se identificaron los siguientes fabricantes de hornos de pollo a la brasa:
 - Empresas Cimmsa: venden 3 modelos, entre los cuales uno viene incluido con freidora de papás
 - Industrias Surco: venden hornos a gas, carbón y dual
 - H. Ruiz Hnos. E.I.R.L.: vendedores de hornos ecológicos
 - JJ metales S.A.C: ganadores del programa Innovate Perú

- Se identificó que en internet se venden hornos por un precio entre S/ 3200 y S/ 4500.
[20]

2.2 Implementación

- El 16% de las concentraciones de partículas en suspensión de menos de 2.5 micras (PM2.5) pertenecen a los restaurantes y pollerías en Lima. Invirtiendo en hornos más eficientes y reduciendo el consumo de carbón vegetal permitirá recuperar las inversiones en poco tiempo. Aplicando las medidas correctas se pueden esperar ahorros de \$10 300 al año por el uso de carbón en pollerías. Además, se pueden evitar 145 muertes prematuras al año. [21]
- En el manual sobre las cinco claves de la inocuidad de los alimentos elaborados por la Organización Mundial de la Salud [22] se recomienda:
 - Mantener la limpieza
 - Separar alimentos crudos
 - Cocinar completamente los alimentos
 - Mantener los alimentos a temperaturas seguras
 - Usar agua y materias primas seguras
- En el estándar británico EN 1672-2:2005 que habla sobre máquinas para el procesamiento de la comida se dan recomendaciones para el diseño de estas máquinas. Como el diseño de superficies, uniones, uso de rodamientos, instrumentación, etc.
- Se identificó como asociaciones o gremios de interés:
 - APA: asociación peruana de avicultura
 - Gremio de la industria metal – mecánica
 - AHORA: asociación de hoteles, restaurantes y afines del Perú

- Como el diseño de un nuevo horno de pollos a la brasa daría la oportunidad a desarrollar innovación el Ministerio de Producción financia o cofinancia proyectos de innovación y uno de ellos es el Concursos de Innovación Empresarial y Validación de la Innovación. [23]
- Para la habilitación de los restaurantes, se estableció la Resolución Ministerial N° 142-2020-PRODUCE en el cual se especificaban los protocolos que se debe cumplir para que los restaurantes puedan brindar sus servicios. [24] Dentro de ellos se dará mayor importancia a la sección de preparación de pedidos y el despacho de estos. En el cual establece que los pedidos deben contar con dos capas de protección, en la que se debe verificar la higiene y hermeticidad de estos.

2.3 Tecnología

2.3.1 Hornos ecológicos

Luego de una revisión en busca de alguna investigación previa sobre construcción de hornos de pollos a la brasa, se obtuvo una guía que dictaba buenas prácticas en el uso y diseño de hornos de pollos a la brasa ecológicos [9]. Esta guía implicaba cambiar el diseño en algunos hornos que tenían las brasas por debajo del pollo. Pues al contar con las brasas debajo del horno, estas entraban en contacto con las grasas del pollo. Lo que genera gases contaminantes.

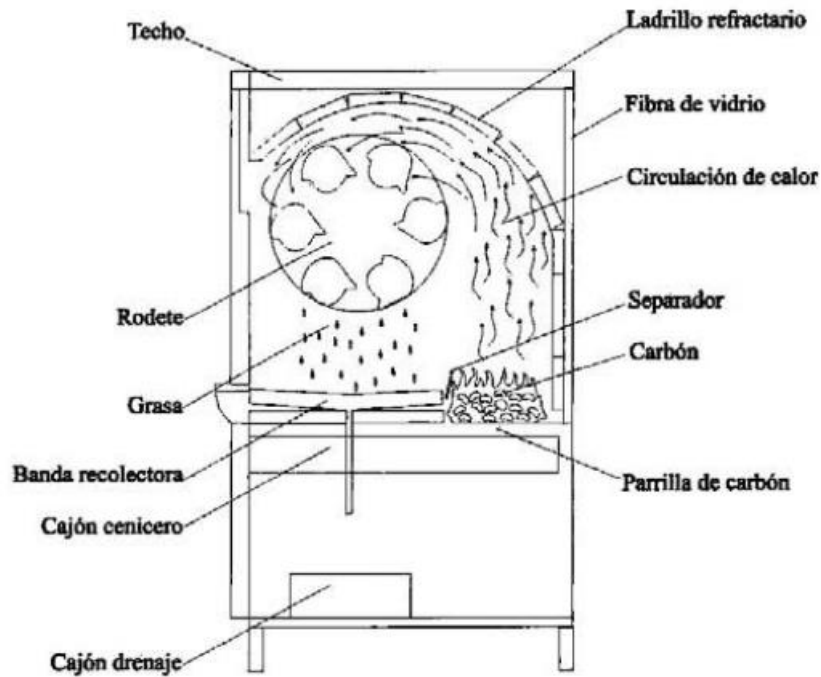


Figura 2.2 Horno ecológico de pollos a la brasa. Fuente: [9]

Debido a que se cambió este proceso y se llegó a construir esta máquina, se realizó una encuesta para validar si el cambiar la posición del carbón afectaba en el sabor del pollo. Lo cual por el resultado se demostró que no fue así. El nivel de aceptación frente a este proceso de cocción fue del 85% tal como se observa en la Figura 2.3. Por lo que se puede concluir que no es necesario tener el carbón debajo del pollo para obtener un pollo rico para los clientes. Solo es necesario dirigir el flujo del calor de las brasas hacía los pollos.

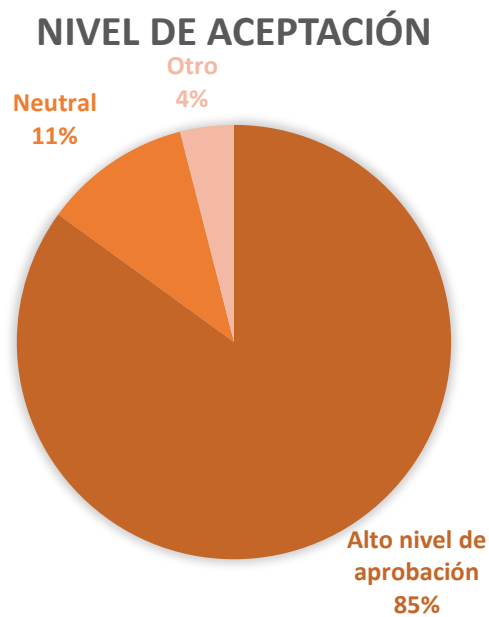


Figura 2.3 Nivel de aceptación de un pollo a la brasa de un horno ecológico. Fuente: [9]

2.3.2 Patentes de hornos

US 20100122630 A1:

El sistema [25] presenta un mecanismo de engranajes que permiten rotar de manera homogénea 5 ejes. Se cuenta con una manivela (81) que conectada a una caja reductora permitirá mover los engranajes (115, 125, 135, 145, 155, 165) que hará rotar a los engranajes que se encuentran en la parte superior (22, 23, 24, 25, 26). Lo que permitirá una rotación lenta y asegurará una cocción homogénea en todas las carnes al usar en este invento.

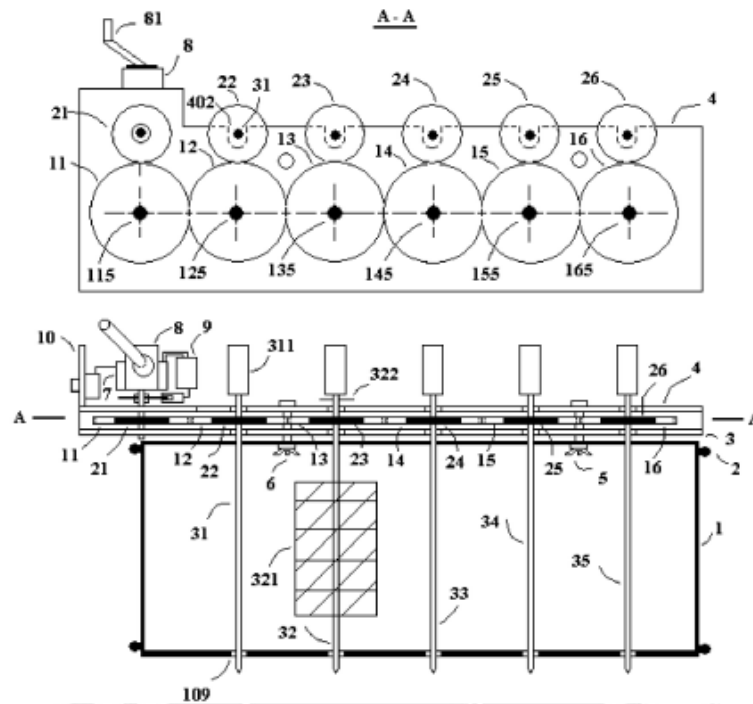


Figura 2.4 Patente para cocción de carnes sobre brasas. Fuente: [25]

US 20140120220 A1

Un horno [26] que cocina los alimentos por medio de una faja mientras estos suben recorriendo una trayectoria circular. Tiene instalado un ventilador (11) que puede girar en ambos sentidos permitiendo un segundo flujo de dirección inversa de aire caliente. Este aire es calentado gracias a unas resistencias eléctricas (13). Esta variación en la dirección del flujo del aire, y en su velocidad debido al control aplicado al ventilador, permite una cocción más uniforme a lo largo del recorrido de los alimentos.

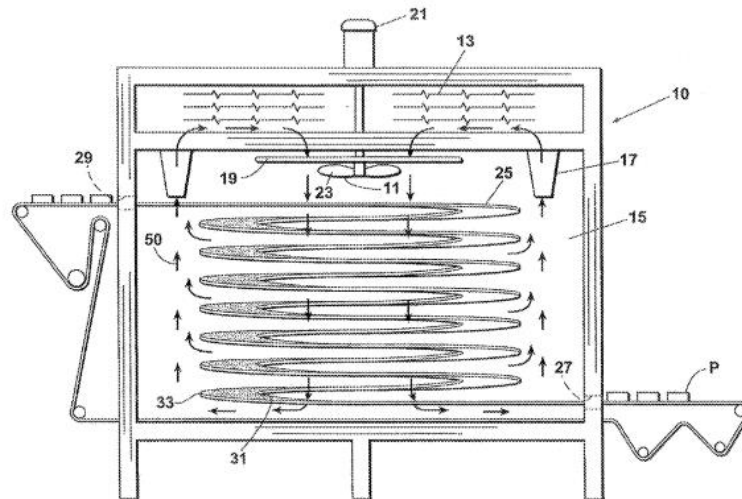


Figura 2.5 Patente de horno de convección con banda transportadora. Fuente: [26]

US 20180338503 A1

Este sistema [27] cuenta con un sensor que detecta algún evento que cause una disminución en la temperatura interna del horno. Este horno además posee un controlador que regula la salida de un actuador que permite mantener la temperatura en el punto deseado. Utiliza sensores para determinar si las puertas están abiertas. Como se puede observar en el esquemático de componentes de control. La máquina cuenta con un CPU que según se detalla en la patente es un PLC. Este computador regula la temperatura por medio de un control PID. Para ello utiliza sensores de temperatura y actuadores como resistencias eléctricas o válvulas para gas. Para asegurar la correcta cocción de los alimentos el operario solamente debe ingresar parámetros como la velocidad del ventilador, la temperatura de *set-point*, etc en la pantalla.

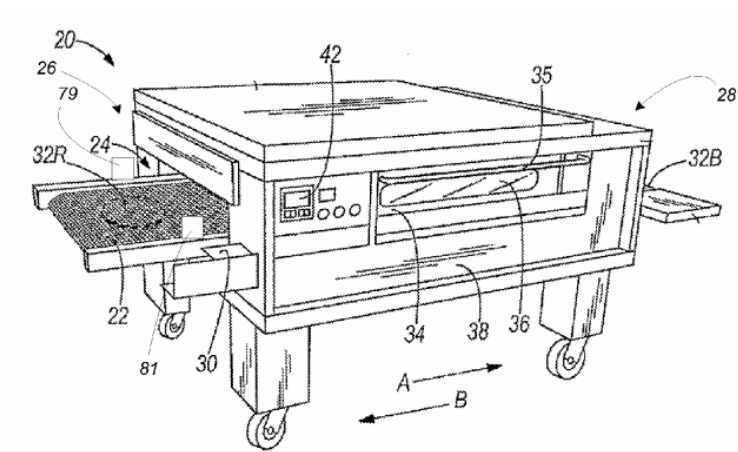


Figura 2.6 Patente de horno con rejilla transportadora. Fuente: [27]

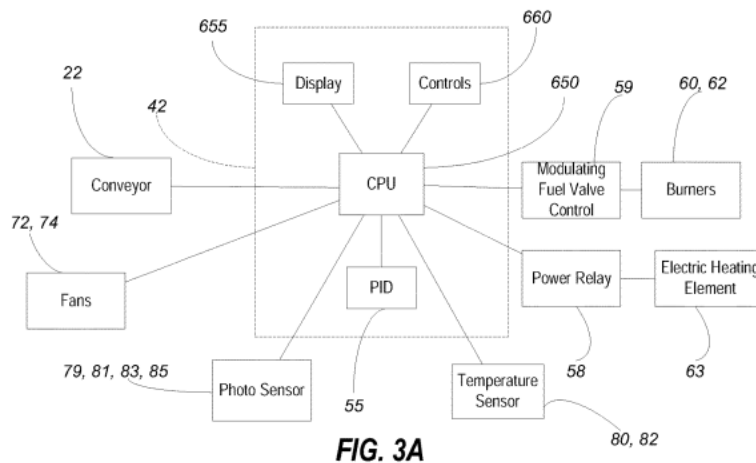


FIG. 3A

Figura 2.7 Diagrama de componentes del horno. Fuente: [27]

EP1844687B1

La siguiente invención [28] es un horno multifunciones entre las cuales se tiene el rostizar alimentos. Este horno puede operar tanto de manera vertical como horizontal. Es calentado por medio de resistencias eléctricas y cuenta con un panel de control ubicado a la derecha del horno. En el caso de los materiales de construcción, se detalla que para ciertas zonas del exterior se debería usar acero inoxidable, pero en la gran mayoría de componentes se debería usar plástico pues este contribuirá a tener un peso mínimo en el producto.

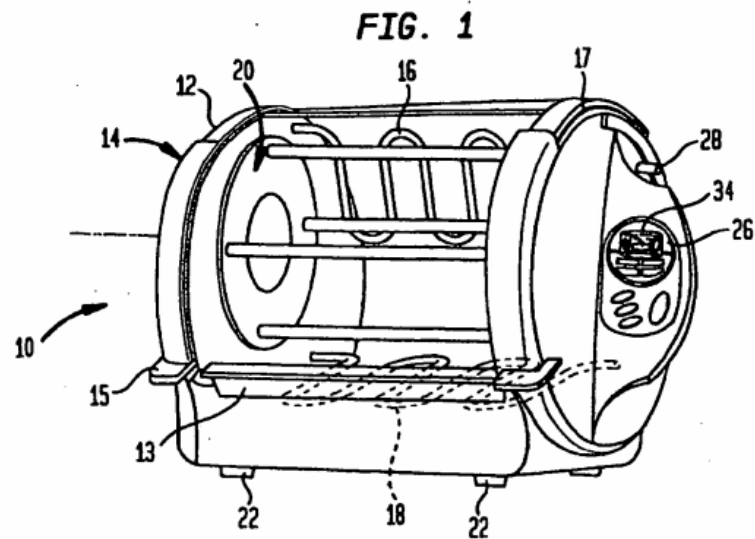


Figura 2.8 Patente de horno rostizador con resistencias eléctricas. Fuente: [28]

US4700618

La siguiente invención [29] es acerca de un ahumador para carnes. En el depósito (14) es donde se depositan y se consumen las brasas; contando con una cavidad (32) para el ingreso de aire. Las carnes se cocinan en la parrilla (12) y en la zona inferior cuenta con un drenaje (52) para los líquidos segregados por las carnes. Además, cuenta con una pequeña compuerta (62) que regula la cantidad de calor que ingresa a las carnes. Finalmente cuenta con un receptor (34) para las cenizas.

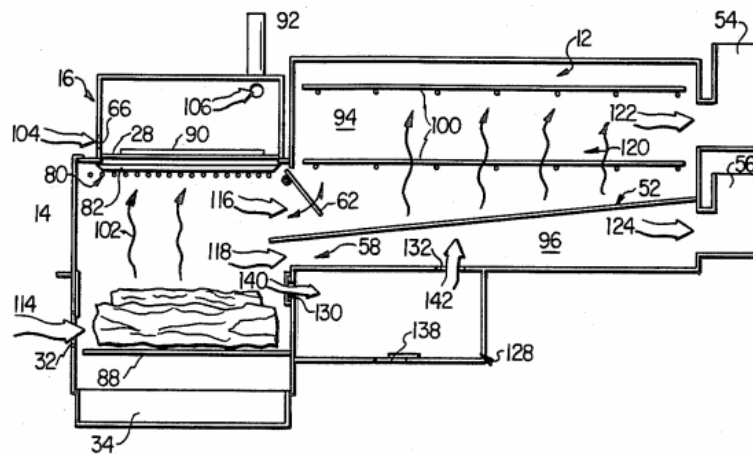


Figura 2.9 Patente de horno ahumador. Fuente: [29]

US9521927B2

La siguiente invención [30] es un horno para rostizar pollos. Este horno contiene varios niveles de calentadores y calienta por medio de convección con ayuda de ventiladores. Este sistema además produce vapor de agua de baja presión en su interior. Debido al alto costo de mantenimiento y de seguridad del vaporizador de agua; por lo tanto, propone el uso de rociadores de agua. En sus interiores se encuentran ventiladores de paletas que pueden invertir su sentido de rotación permitiendo un cambio en la dirección del flujo del aire pudiendo mejorar la cocción de los pollos. Como aclaración, el aire no es dirigido a zonas específicas del horno; solamente se busca su circulación.

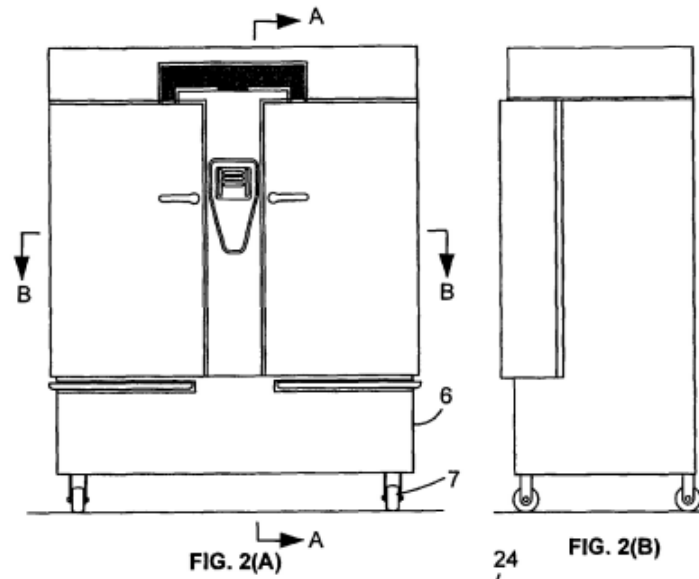


Figura 2.10 Patente de horno para rostizar pollos. Fuente: [30]

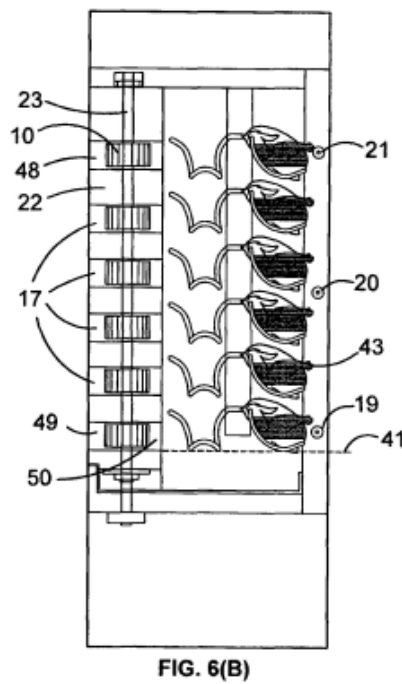
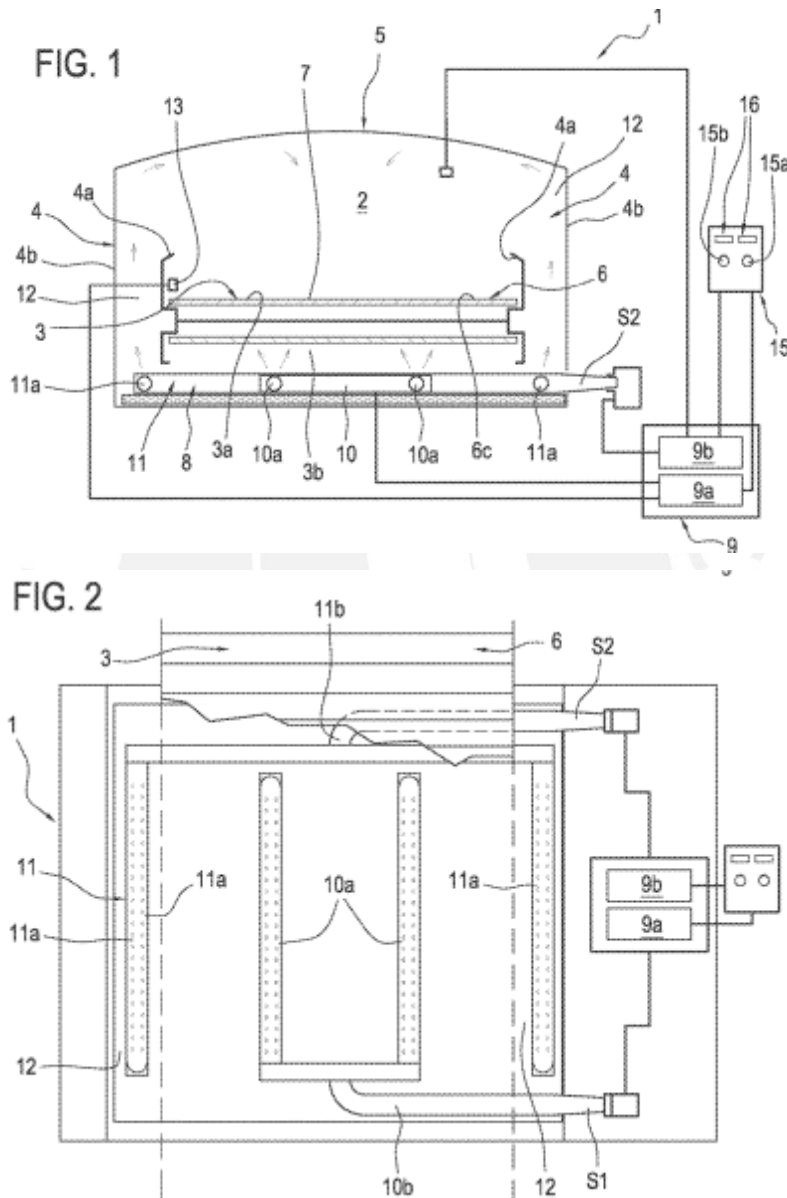


Figura 2.11 Interior del horno para rostizar pollos. Fuente: [30]

US10101034B2

El siguiente horno [31] funciona a gas. Comprende un sistema de regulación interno de temperatura que permite llegar a la temperatura deseada por el usuario. Este horno además comprende dos juegos de hornillas (10a) (11^a) que permite regular de manera independiente,

la temperatura en la zona inferior en comparación con la zona superior. El tipo de hornillas que cuenta este horno es hornilla atmosférica, lo cual nos dice que para la combustión del gas solo se necesitará el aire del ambiente.



US7421942B2

El siguiente invento [32] se caracteriza por presentar un horno con un colector (60) y dispensador de las grasas recolectadas por este. Además, está diseñado para evitar el ingreso de aire por el colector para así evitar dañar el proceso de cocción. Por otro lado, para el depósito de grasa es externo al horno; lo cual permite una fácil extracción de este.

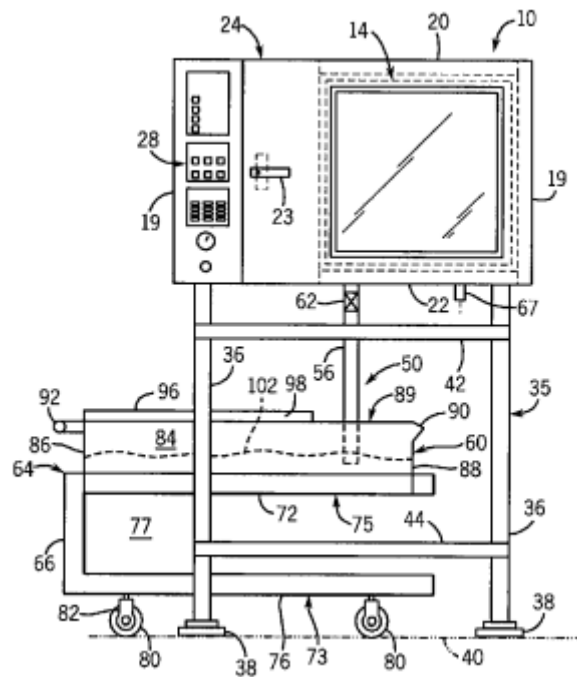


Figura 2.12 Patente de horno con sistema de recolección de aceites. Fuente: [32]

US007080593B1

La siguiente patente [33] muestra el diseño esquemático de un sistema de control para cocinar. Cumple las tareas de monitorear, medir y controlar la temperatura interna de hornos. Se apaga y activa una alarma automáticamente cuando se llegan a valores deseados. Para lograr ello se debe insertar dentro de la comida un sensor de temperatura que incluya un comunicador por radiofrecuencia.

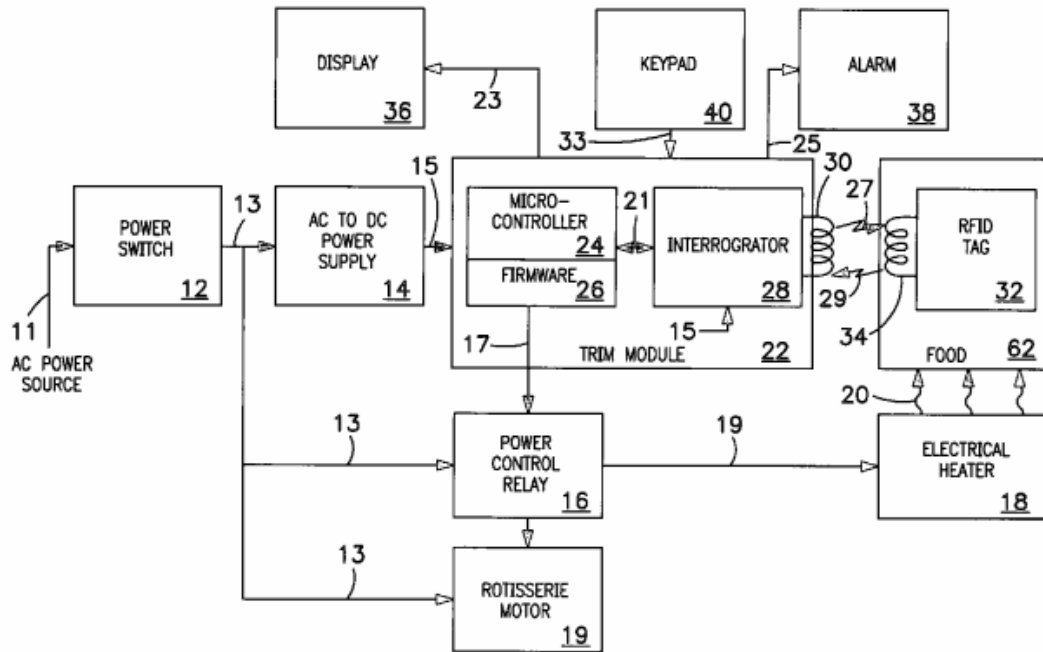


Figura 2.13 Patente de diagrama de control para horno rostizador. Fuente: [33]

2.3.3 Hornos comerciales

Horno de la marca Cimmsa fabricado en acero inoxidable. Fabricado para trabajar con carbón y para una capacidad de 18 pollos. Tiene implementado un motor de 1/3Hp 220VAC. Además se puede observar que tiene un acabado de acero inoxidable, debido a que es de grado alimenticio. [34] De este horno se puede resaltar su baja capacidad que es 18 pollos. Además, que tanto el exterior como el interior del horno este hecho de acero inoxidable, lo cual elevaría el costo si se hubiese usado otro tipo de acero más económico.



Figura 2.14 Horno de pollos a la brasa Cimmsa. Fuente: [34]

Horno de pollos de la marca industria Surco, tiene una capacidad de 30 a 48 pollos. El tiempo de cocción promedio es de 55 minutos y posee unas temperaturas de cocción de 50-60 minutos [35]. En el caso de este horno su capacidad es más del doble que del horno anterior. Sin embargo, su motor que posee es de la misma capacidad. Además, esta capacidad de 30 – 48, resulta ser de las más comunes en su lista de modelos. Finalmente se puede observar que cuenta con garruchas, lo que indicaría que el horno tiene la capacidad de ser trasladado.



Figura 2.15 Horno de pollos a la brasa Industria Surco. Fuente:

Estos hornos cuentan con ladrillos refractarios en su interior [36]. A diferencia de los otros hornos, este usa ladrillos refractarios para aislar el calor; lo cual permite mejorar la eficiencia del horno. Además, se observa como las brasas se encuentran ubicadas debajo de donde se cocinarán los pollos lo cual generará contaminación en el aire.



Figura 2.16 Horno de ladrillos refractarios. Fuente: [36]

Este horno permite cocinar 48 pollos al mismo tiempo. Además, cuenta con una distribución del carbón lo que permite reducir los niveles de contaminación al evitar que las grasas del pollo caigan en el carbón [37]. Lo que llama la atención de este horno a diferencia del resto es la ubicación de los engranajes. Estos se encuentran ubicados de tal manera que se reduce su exposición a la suciedad producida por la cocción del pollo y por la combustión del carbón. Lo que representa ventajas al momento de realizar mantenimiento al horno.



Figura 2.17 Horno de pollos a la brasa Vulcagres. Fuente: [37]



Capítulo 3: Restricciones

En base de la problemática definida y de la información obtenida en el estado del arte se van a detallar las restricciones en el desarrollo del presente trabajo de investigación. Además, se mostrarán con que requerimientos se buscará diseñar el concepto solución.

3.1 Restricciones

Debido a que el pollo entrará entero y no debe ser expuesto a algún medio de contaminación; no se podrá retirar el pollo para ser cortado previo a su empaquetamiento. Por lo tanto, teniendo como gran valor el proteger el pollo cocinado de contaminantes, se procesarán únicamente pollos enteros.

El concepto solución no incluirá la etapa de empaquetado, debido a que estas máquinas ya se encuentran desarrolladas en la industria alimentaria. Por ello, el concepto solución se debe caracterizar por transportar estos pollos a una máquina empaquetadora.

3.1.1 Lista de requerimientos

Tabla.3.1 Lista de exigencias: parte 1/3

Lista de exigencias		Hoja	1 de 3
		Edición	2
Proyecto	Diseño de horno de pollos a la brasa	Elaborado	26/05/20
		Revisado	26/05/20
Cliente	Pontificia Universidad Católica del Perú	Autor	Luis Gómez (LG)
Función principal	Cocinar 36 pollos a la brasa por hora y los traslade a una máquina empaquetadora sin la intervención humana.		
Fecha de actualización	Deseo o exigencia	Descripción	
26/05/20	Funciones		
	E	Recibir pollos crudos enteros manualmente	
	E	Recibir carbón	
	E	Cocinar pollos enteros	
	E	Evitar que las grasas del pollo entren en contacto con las brasas	
	E	Trasladar el pollo cocinado a una empaquetadora	
26/05/20	Geometría		
	E	160 x 120 x 210 cm (ancho, profundidad, alto)	
26/05/20	Materia prima		
	E	Pollos crudos aderezados	
	E	Sujetadores de pollos	
26/05/20	Alimentación		
	E	Corriente monofásica 220VAC 60Hz	
	D	GLP	
12/05/20	Control		
	E	Encendido manual	
26/05/20	Seguridad		
	E	No debe existir intervención humana con el pollo una vez dentro	
	E	Se deberá cumplir con la norma de diseño para máquinas procesadoras de comida BS EN1672 -2:2005	
	E	Se deberá cumplir con el Protocolo Restaurantes y Afines Produce para las actividades de preparación, despacho y entrega de los pollos a la brasa	

Tabla.3.2 Lista de exigencias: parte 2/3

Lista de exigencias		Hoja	1 de 3
		Edición	2
Proyecto	Diseño de horno de pollos a la brasa	Elaborado	26/05/20
		Revisado	26/05/20
Cliente	Pontificia Universidad Católica del Perú	Autor	Luis Gómez (LG)
Función principal	Cocinar 36 pollos a la brasa por hora y los traslade a una máquina empaquetadora sin la intervención humana.		
Fecha de actualización	Deseo o exigencia	Descripción	
26/05/20	Seguridad		
	E	Contará con parada de emergencia manual al alcance del operario de la máquina	
	E	Se diseñará tomando en cuenta medidas de riesgo para salvaguardar la integridad física del operario y no afectar al medio ambiente, incluyendo componentes electrónicos de protección en caso de cortos circuitos u otros según norma NTP 235	
	E	Se implementarán elementos de seguridad que impidan el acceso a las secciones de movimiento mecánico que puedan poner en riesgo la vida de cualquier persona según norma NTP 235 y NTP 552	
	D	Protección IP54	
26/05/20	Señales		
	E	Entrada: encendido, apagado, parada de emergencia, parada en posición deseada	
	E	Salida: indicador de inicio y parada de funcionamiento, señalización de cerrado de válvulas de gas	
26/05/20	Ergonomía		
	D	Los dispositivos de control estarán en una ubicación apropiada para el operario y se seleccionarán los dispositivos más convenientes según norma NTP 226	
	D	Las señales de control requeridas para el seguimiento del proceso realizado estarán a una altura apropiada para el operario de modo que se minimice el esfuerzo de su revisión según norma NTP 241	
26/05/20	Fabricación		
	D	Los componentes y materiales se podrán adquirir de proveedores locales.	
	E	Las partes de la máquina se podrá fabricar en talleres locales	

Tabla.3.3 Lista de exigencias: parte 3/3

Lista de exigencias		Hoja	3 de 3
		Edición	2
Proyecto	Diseño de horno de pollos a la brasa	Elaborado	26/05/20
		Revisado	26/05/20
Cliente	Pontificia Universidad Católica del Perú	Autor	Luis Gómez (LG)
Función principal	Cocinar 36 pollos a la brasa por hora y los traslade a una máquina empaquetadora sin la intervención humana.		
Fecha de actualización	Deseo o exigencia	Descripción	
Montaje			
26/05/20	E	Debe presentar un ensamblaje y desmontaje modular, que no tome más de un día y así permitir una sencilla instalación.	
Plazo de entrega			
26/05/20	E	Finalización del trabajo en planos mecánicos y eléctricos para diciembre del 2020	
Mantenimiento			
26/05/20	E	Diseño modular que permitirá un desmontado mínimo de la máquina, dependiendo de las partes que requieran de mantenimiento	
	E	Se debe diseñar evitando que los restos de combustión y la grasas del pollo ensucien los componentes móviles dentro de la máquina	
Transporte			
26/05/20	D	Se dispondrán de herramientas y soportes que faciliten su transporte. También se tomará en cuenta que el peso de la máquina sea el suficiente de tal modo que no requiera de alguna maquinaria especial para ser trasladada.	
	D	La máquina debe ser capaz de ser transportada por medios con altas vibraciones sin que se desarme.	
Costos			
26/05/20	E	Fabricación: no deben exceder de los S/ 20000	
	E	Diseño: S/ 10000	

3.1.2 Cronograma

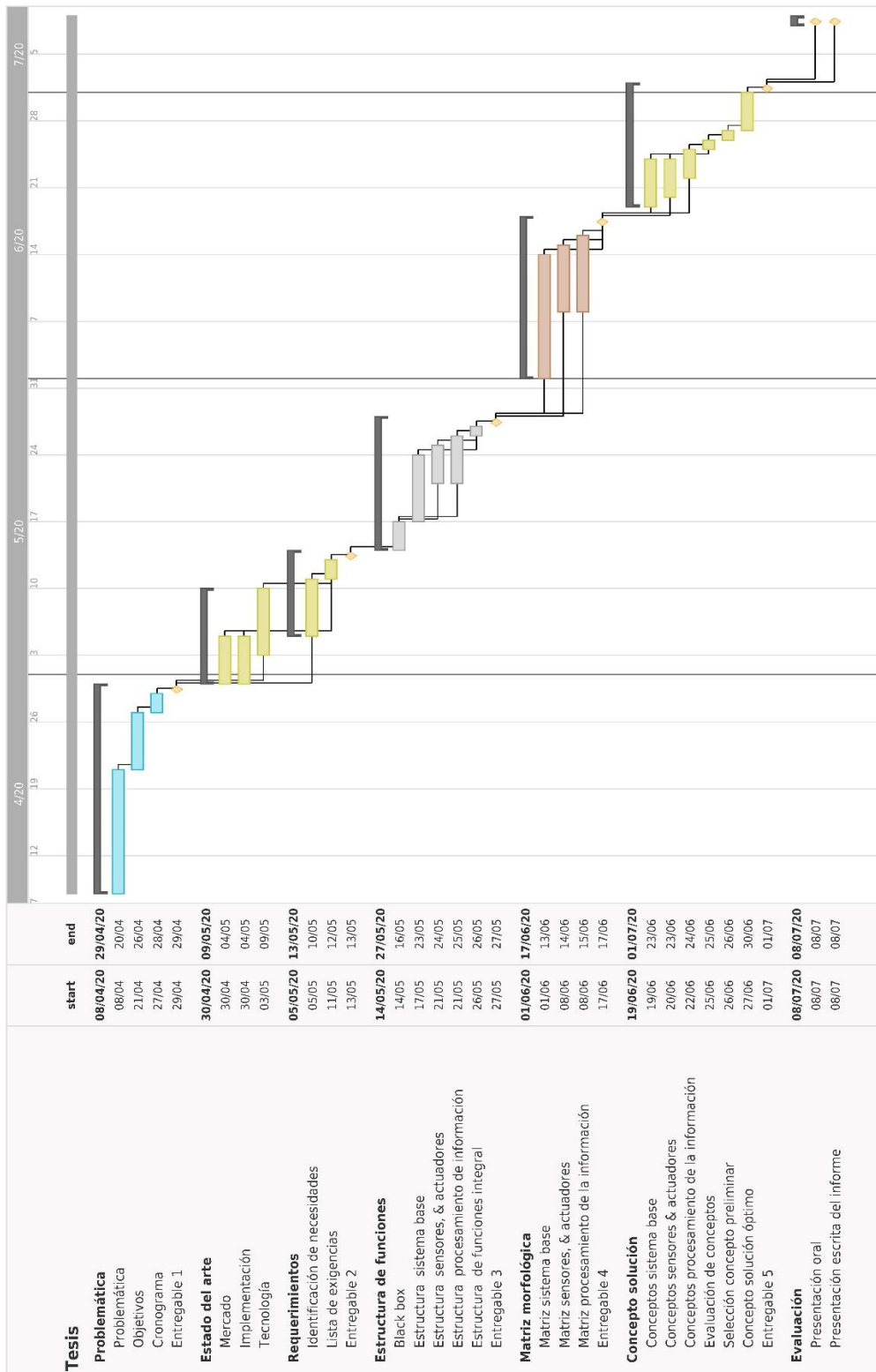


Figura 3.1 Cronograma de trabajo

Capítulo 4: Desarrollo del concepto solución óptimo

En este capítulo se formarán distintos conceptos a partir de la matriz morfológica; cada concepto buscará alcanzar el objetivo planteado previamente. Posteriormente, para escoger el mejor concepto solución se usará la matriz de Harris

4.1 Estructura de funciones

Luego de definir el objetivo e identificar las necesidades que va requerir el horno de pollos a la brasa, se procede a definir qué elementos del entorno van a interactuar con este. Además, se debe reconocer qué transformaciones van a recibir estos elementos. Para lo primero se desarrollará una black box (caja negra); la cual permitirá identificar los elementos que van a entrar y en los que van salir. Luego se elaborará una estructura de funciones de todo el sistema lo que permitirá mantener una visión integral cómo interactúan los elementos dentro de la máquina.

4.1.1 Black box

Para el desarrollo de la *black box* se usó tres tipos de flechas distintas que ayudarán a identificar mejor los elementos. Estos se van a diferenciar si son materia, señales o energía.

Las materias serán representadas por flechas gruesas; las señales, por flechas punteadas y la energía, por flechas continuas.

En el caso de este sistema, se identificó que los pollos entrarán al sistema en las con sus sujetadores, los que ayudarán a mantenerlos en una posición deseada durante su proceso de cocción y traslado. Por separado ingresará el carbón para la cocción y el aire para la combustión. Por otro lado; hay materia cuyo ingreso es no deseado, como la humedad, polvo o restos de contaminación humana. De ese mismo modo habrá materia cuyo ingreso sea poco frecuente, pero de interés para el diseño de la máquina, como los productos de limpieza y el lubricante para los componentes móviles. Para el caso de la energía, se identificó a la energía eléctrica, al gas licuado de petróleo (GLP) y una fuente de ignición para generar el encendido del GLP que posteriormente permitirá encender el carbón. Para las señales que generará el usuario y permitirá el funcionamiento deseado en el sistema, se definió el poder encender o apagar el sistema, la señal para calentar el horno, la señal que activará los actuadores necesarios para permitir la cocción de los pollos, la señal para parar el giro de los pollos en una posición deseada y finalmente la señal para parar la máquina en caso de emergencias.

Todo lo que entró al sistema debe salir ya sea transformado o en mismo estado. Los pollos saldrán del horno para entrar a una máquina empaquetadora. Debido a la cocción, se obtuvo como residuo las grasas del pollo. El aire caliente tendrá que salir con la mejor cantidad de contaminantes posibles. Debido a los actuadores y mecanismos que la máquina contará, se generará pérdidas de energía en forma de ruido, calor, electromagnetismo y vibraciones.

Finalmente, se definen como señales de salida para el usuario la temperatura del horno, el consumo energético, cantidad de pollos procesados al día e indicadores para los estados de la máquina, como encendido o apagado, y para generar una alerta si es que un pollo ya está listo para su despacho.



Figura 5.1: Black Box. Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Estructura de funciones del sistema

A continuación, se describirá a detalle como la materia, energía y señales interactuarán entre ellas para lograr cocinar los pollos y protegerlos de contaminantes del entorno. Para ello se subdividirá en subsistemas como sistema base, sensores, actuadores, procesamiento de la información y energía. Para la explicación de la estructura de funciones se usará como una guía el orden en el cual estas funciones serían implementadas en la aplicación real deseada.

Encendido del sistema

La máquina debe empezar siendo conectada a la fuente de suministro eléctrico y a la fuente de GLP. La corriente debe ingresar al sistema y debe ser regulada para su posterior adaptación y alimentar otros elementos que requieran energía eléctrica. Al momento de ser regulada, se debe realizar una medición constante del consumo de corriente; por lo cual debe ir conectado un sensor que permita tal función. Luego esta corriente debe ser adaptada según los requerimientos de los componentes, ya sea transformarla a corriente continua o variando

sus propiedades de corriente alterna. Otra fuente de energía es el GLP, cuya función principal es encender el carbón de manera más rápida. Por lo cual debe contar con un receptor y un componente que permita regular su ingreso, siendo aquí donde se debería medir la cantidad de gas consumido; además, por seguridad debe contar con un componente que permita bloquear o permitir su ingreso a la máquina.

Una vez la máquina ya se encuentre energizada, el usuario deberá generar los estímulos para encender los componentes electrónicos. Esto lo realizará interactuando con la interfaz que permita generar las señales de entrada descritas anteriormente. Estas señales generadas por la interfaz y por los sensores serán recibidas, identificadas y procesadas por una o más unidades de procesamiento. Además, esta unidad de procesamiento debe ser capaz de generar las señales necesarias para la interfaz de salida y para los actuadores.

4.1.2.1 Calentamiento del horno

Para realizar esto se debe ingresar el carbón vegetal al sistema, por la puerta lateral. El carbón se debe acomodar cerca al quemador de GLP para que pueda prender más rápido. Una vez encendido se deberá acomodar otra vez para esparcir las brasas de manera más uniforme.

Para lograr un calentamiento eficiente se debe controlar el ingreso de aire al horno hasta llegar a los 280°C.

4.1.2.2 Hornear pollos

Una vez el horno ya esté caliente, se debe ingresar los pollos con sus sujetadores. Los sujetadores cumplirán la función de sujetar al pollo y mantener su forma durante todo su proceso de cocción. Los pollos deberán ser trasladados y posicionados para que puedan cocinarse de manera uniforme.

Mientras se cocina el pollo, este irá botando sus grasas en forma líquida. Las cuales deberán ser recepcionadas, trasladadas y reservadas en un contenedor para ser desechadas.

Este proceso debería durar aproximadamente 50 minutos, controlando cada 15 minutos el ingreso de aire.

4.1.2.3 Traslación

Luego de haber alcanzado el tiempo de cocción necesario, los pollos deben ser trasladados a una máquina que los pueda empacar o embolsar. Por ello, dependiendo de cómo será el proceso de horneado, se deberán dosificar los pollos para que salgan uno por uno.

4.1.2.4 Limpieza y mantenimiento

Finalmente, cuando ya se usó la máquina y se debe limpiar. Primero se debería asegurar que esté desconectado del suministro eléctrico y del GLP. Luego se tendría que extraer las cenizas del horno, tanto de la zona de carbones como de la sección donde se encuentra el quemador de GLP. Para la extracción de polvo, residuos de combustión y de la cocción se debe usar componentes de limpieza no abrasivos.

Se debe además limpiar frecuentemente las zonas de contacto humano para asegurar la extracción de residuos de contaminación humana.

4.2 Matriz morfológica


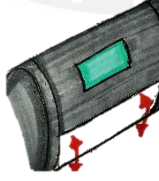
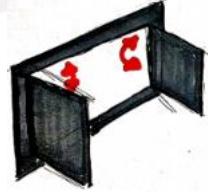
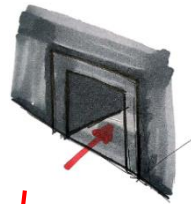
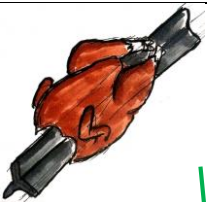
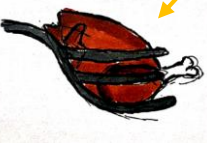
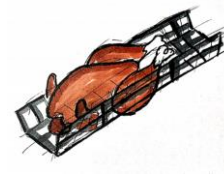
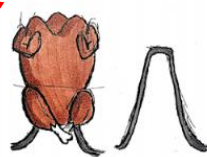
Luego de la elaboración y análisis de la estructura de funciones, estas serán extraídas para analizar posibles soluciones para cada función. Luego de ser agrupadas estratégicamente, servirán para obtener diferentes conceptos solución.




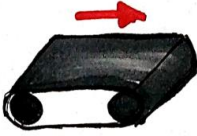
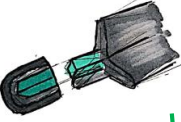
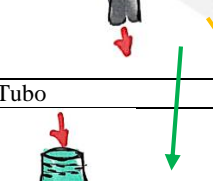
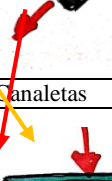
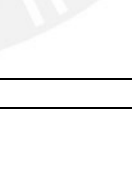
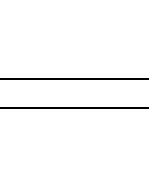


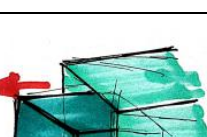
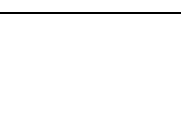




Se presentarán las matrices morfológicas del sistema base, sensores y procesamiento de la información. Debido a que los actuadores son dependientes de cada opción de solución, se realizará la selección de los actuadores cuando se obtenga el concepto solución óptimo preliminar.

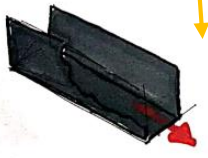





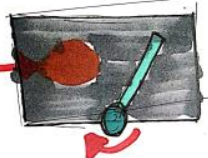

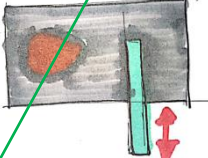
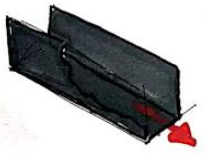
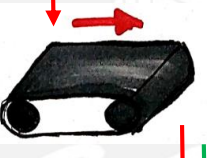





4.2.1 Sistema base

En la estructura de funciones se puede identificar dos flujos de materias de mayor número de funciones. Esto se da para el caso del carbón y de los pollos. Por tal motivo se presentarán dos matrices morfológicas, una que agrupe las funciones relacionadas con el carbón y otra matriz que agrupe a las funciones relacionadas al pollo.

Tabla 4.1 Matriz morfológica de pollos

Flujo de pollos				
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Permitir ingreso de pollos				
	Puerta recta deslizante	Puerta curva deslizante	Puerta con bisagra	Sin puerta
Tipos de sujetador				
	Varilla (espiedo)	Recipientes	Rejas	Soportes verticales

<p>Trasladar pollos</p>				
	<p>Manual</p>	<p>Rampa</p>	<p>Brazo robótico</p>	<p>Faja</p>
<p>Posicionar pollos</p>				
	<p>Forma</p>			
<p>Cocinar pollos</p>				
	<p>Sistema planetario</p>	<p>Rotación</p>	<p>Traslación</p>	<p>Estático con flujo de aire</p>
<p>Recolectar grasas del pollo</p>				
	<p>Rampa</p>	<p>Tolva general</p>	<p>Tolva individual</p>	<p>Canaletas</p>
<p>Transportar aceites</p>				
	<p>Tubo</p>	<p>Canaletas</p>		
<p>Almacenar grasas del pollo</p>				
	<p>Botella plástica</p>	<p>Balde plástico</p>		
<p>Retirar grasas del pollo</p>				

	Arrastre manual	Plataforma con ruedas	Cajón deslizante	
Trasladar pollos cocidos				
	Rampa	Faja	Brazo robótico	Manual
Posicionar pollos cocidos				
	Paredes regulables	Paredes fijas en V		
Dosificar pollos cocidos				
	Compuerta con servo	Compuerta con actuador neumático	Compuerta deslizante	
Trasladar un pollo cocido				
	Rampa	Faja	Brazo robótico	Gravedad
Posicionar un pollo cocido				
	Paredes regulables	Paredes fijas en V		
Separar pollo del sujetador				
	Volcado por gravedad			

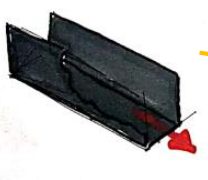
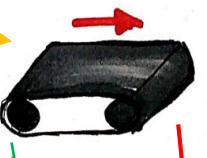
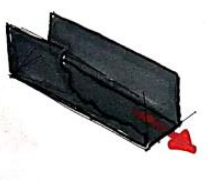
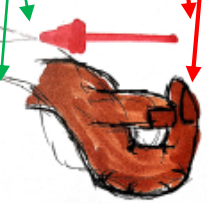
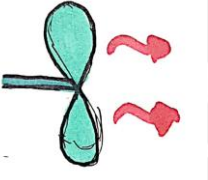
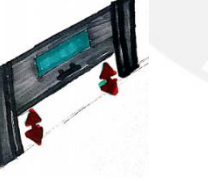

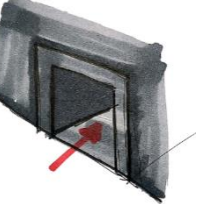
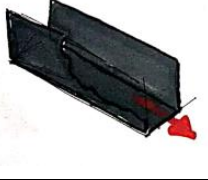
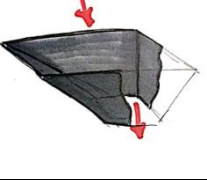
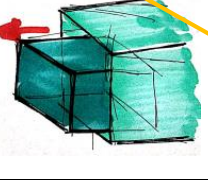
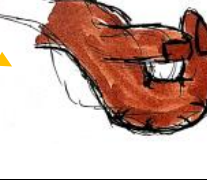
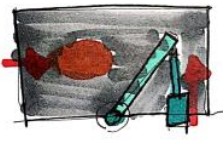

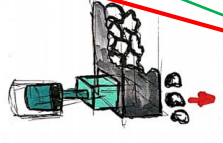


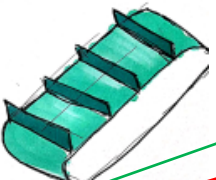



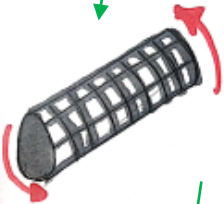
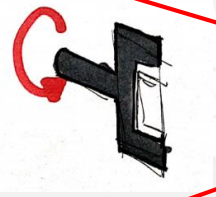








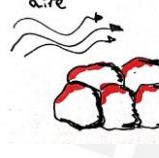







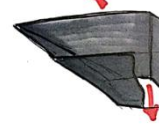


Retirar un pollo cocido				
	Rampa	Faja		
Retirar sujeción				
	Rampa	Manual		

Tabla 4.2 Matriz morfológica de carbón

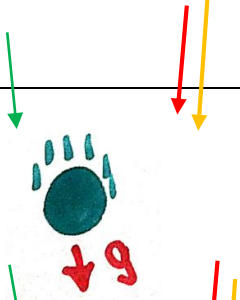


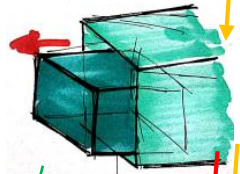



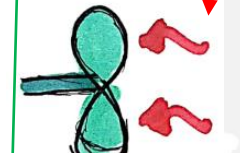

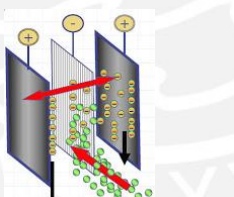

Flujo de carbón				
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Regular ingreso de aire				
	Inyector de aire	Sin inyector		
Permitir ingreso del carbón				
	Misma puerta de ingreso que el pollo	Puerta independiente de ingreso	Sin puerta	
Recibir carbón				
	Rampa	Tolva	Gabinete	Manual



Dosificar carbón				
	Compuerta	Faja	Empujar con actuador lineal	Manual
Trasladar carbón				
	Faja lisa	Faja con paletas	Gravedad	Manual
Recibir carbón				
	Parrilla de combustión			
Acomodar carbón				
	Tambor	Paletas	Rastrillo automático	Rastrillo manual
Recibir GLP				
	Boquilla de latón			
Permitir acceso del GLP				
	Válvula manual			
Regular flujo del GP				

	Válvula solenoide normalmente cerrada			
Encender GLP				
	Chispa eléctrica	Fosforo		
Encender carbón				
	Aire + calor de la combustión del GLP			
Generar calor				
	Combustión del carbón con flujo de aire controlado			
Aislar calor				
	Ladrillos refractarios	Fibra de cerámica	Fibra de lana de roca	Placas separadas por aire
Acomodar carbón				
	Tambor	Paletas	Rastrillo	Herramienta manual
Recolectar residuos				
	Tolva	Rampa	Canal en U	





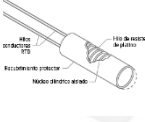






Trasladar residuos				
Almacenar				
Retirar residuos				
Regular salida de aire				
Filtrar aire				
Filtro de carbón activado		Filtro electrostático	Filtros secos	

4.2.2 Sensores



Tabla 4.3 Matriz morfológica de sensores

Sensores			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3

Sensor consumo corriente			
	Sensor de corriente de efecto Hall en lazo abierto	Sensor de corriente de efecto Hall en lazo cerrado	Sensor de corriente con transformador
Sensor consumo de gas			
	Sensor de flujo		
Sensor temperatura del horno			
	RTD	Termocupla	
Sensor presencia de pollos a la salida			
	Sensor fotoeléctrico	Sensor capacitivo	Sensor de presencia de activación mecánica

4.2.3 Procesamiento de la información

Tabla 4.4 Matriz morfológica centro de procesamiento

Centro de procesamiento			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Recibir señales			
	Módulo de entradas	PLC Compacto	















Identificar e interpretar señales			
	PLC	PLC Compacto	IPC
Procesar comandos			
	PLC	PLC Compacto	IPC
Generar señales			
	Módulo de salidas	PLC Compacto	

Tabla 4.5 Matriz morfológica interfaz humano máquina - entrada

Interfaz humano máquina - entrada			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Generar señal de encendido general			
	Selector con llave	Pulsador	Selector
Generar señal calentar horno			
	Pantalla HMI	Pulsador	Selector










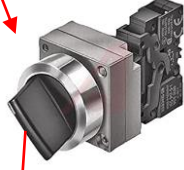

















Generar señal de apagado general			
	Pantalla HMI	Pulsador	Selector
Parar por emergencia			
	Pulsador tipo hongo	Interruptor de pedal	
Generar señal cocinar pollos			
	Pantalla HMI	Pulsador	Selector
Generar señal calentar horno			
	Pantalla HMI	Pulsador	Selector
Generar señal parada en posición deseada			
	Pantalla HMI		

Tabla 4.6 Matriz morfológica interfaz humano máquina - salida

Interfaz humano máquina - salida			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3



Mostrar temperatura del horno			
	Pantalla HMI	Sensor con display incluido	
Indicar consumo energético			
	Pantalla HMI	Módulo IoT	
Indicar cantidad de pollos producidos			
	Pantalla HMI	Módulo IoT	
Indicar tiempo para obtener un pollo listo			
	Temporizador manual	Pantalla HMI	
Indicador de pollo listo			
	Lámpara	Pantalla HMI	Parlante
Indicadores on / off			
	Lámpara piloto	Pantalla HMI	

4.3 Conceptos solución

4.3.1 Sistema base

4.3.1.1 Concepto solución 1

Este concepto comprende de tres ejes que van a estar rotando. Cada uno de ellos tendrá pollos 12 pollos. El usuario deberá ingresar los pollos crudos por la puerta de forma manual. Además, al extremo izquierdo se observa una puerta por donde se ingresará el carbón de forma manual. En esa misma zona se observa una parada de emergencia y una pantalla HMI, que representa la zona tentativa para ubicar estos componentes.

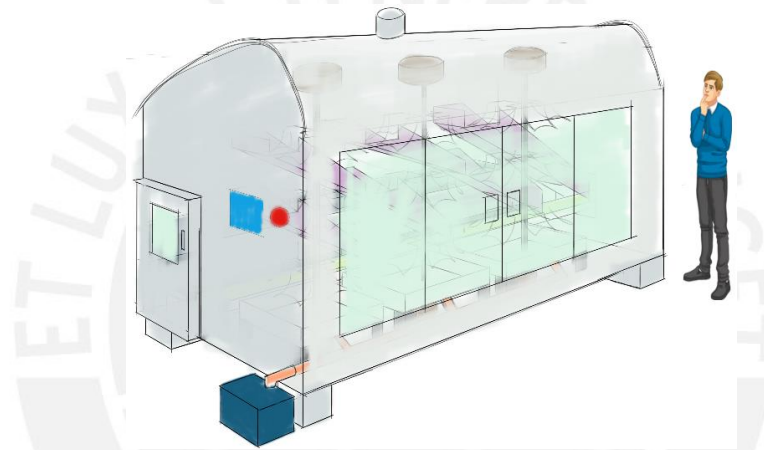


Figura 4.1 Concepto solución 1: vista exterior

Una vez que el usuario ingrese los pollos, los debe posicionar en su sujetador respectivo. Luego deberá cerrar la puerta y encender el sistema de cocción. Previamente el horno ya debe estar con el carbón encendido. Los pollos rotarán y cuando ya esté cocidos deberán caer por las rampas hasta llegar a la faja que retirará a los pollos de la máquina.

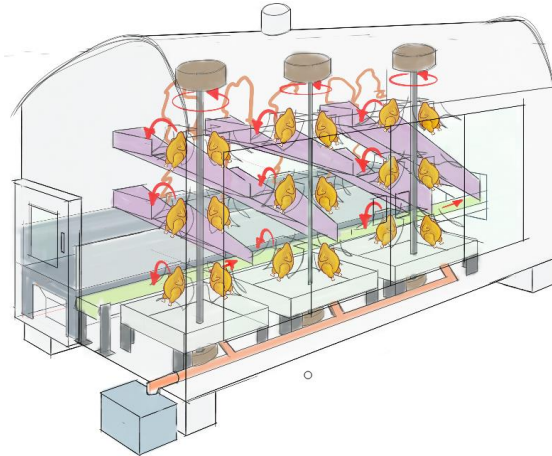


Figura 4.2 Concepto solución 1: vista interior

La parrilla de carbón tendrá en la zona posterior el quemador GLP, que ayudará para encender el carbón, esto se repetirá para cada concepto. Por otro lado, se optó por usar recipientes para cada eje; de este modo se recolectarán las grasas de cada grupo de pollos y será dirigidas a un contenedor externo.

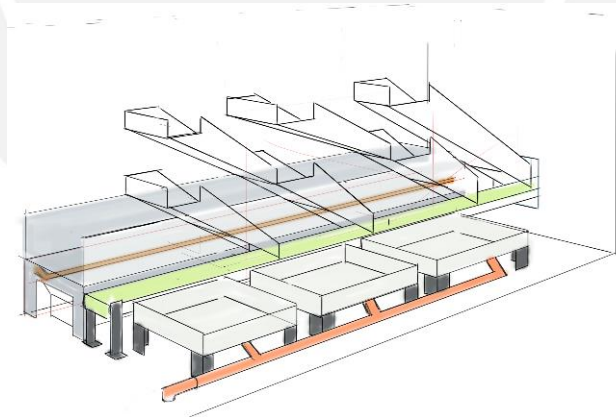


Figura 4.3 Concepto solución 1: rampas internas

4.3.1.2 Concepto solución 2

El siguiente concepto cuenta principalmente con un sistema de fajas para poder cocinar los pollos. El usuario tendrá que situar los pollos al inicio de las fajas, internamente estas fajas

serán separadas en dos para así aprovechar mejor el espacio internamente. Similar al concepto anterior, la máquina está diseñada para tener 36 pollos en su interior.

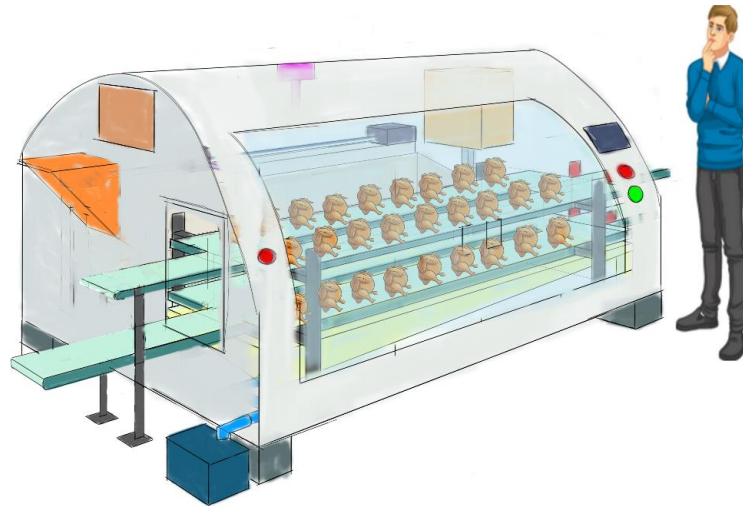


Figura 4.4 Concepto solución 2: vista exterior

Para sujetar los pollos se plantea usar el sujetador que mantiene en forma vertical al pollo.

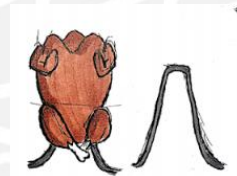


Figura 4.5 Concepto solución 2: sujetador de pollos

Para contener las grasas del pollo se usará un recipiente que abarque toda la zona de la faja interna. Este recipiente está inclinado para trasladar por un tubo a las grasas.

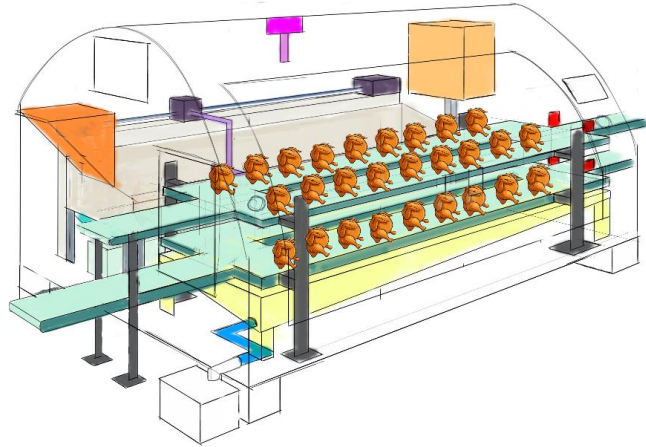


Figura 4.6 Concepto solución 2: vista interior

Finalmente, el carbón este será trasladado por una rampa a la parrilla de combustión. Ahí el carbón será acomodado por un rastrillo sujeto a un actuador lineal. Las cenizas serán recolectadas en un contenedor y luego retiradas manualmente.

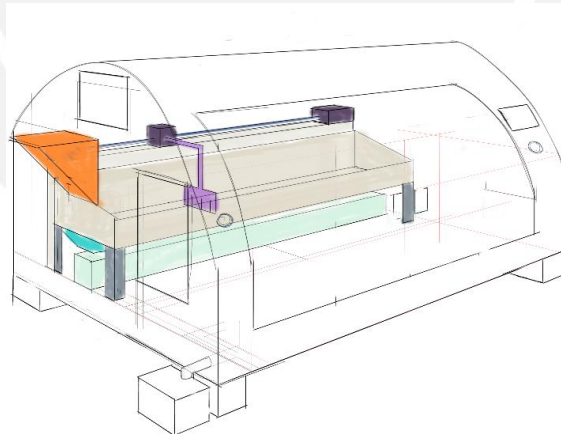


Figura 4.7 Concepto solución 2: vista interna de parrilla de combustión

4.3.1.3 Concepto solución 3

El concepto número 3 consiste en usar el sistema tradicional para la cocción de pollos a la brasa; es decir, usando espiedos acoplados a un sistema de rotación planetaria. Luego de

lograr su cocción, los espiedos se trasladarán para que los pollos sean retirados mediante una faja.

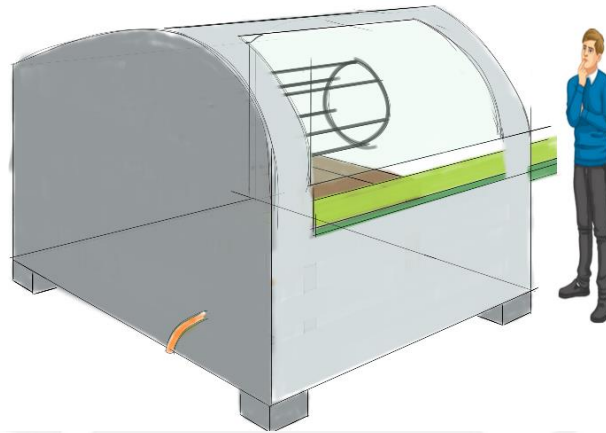


Figura 4.8 Concepto solución 3: vista exterior

Para el carbón se usará un tambor giratorio y se usará un contenedor interno para el carbón, de esta manera se podrá almacenar el carbón en el interior y tenerlo listo por si hace falta y así se evita abrir el horno.

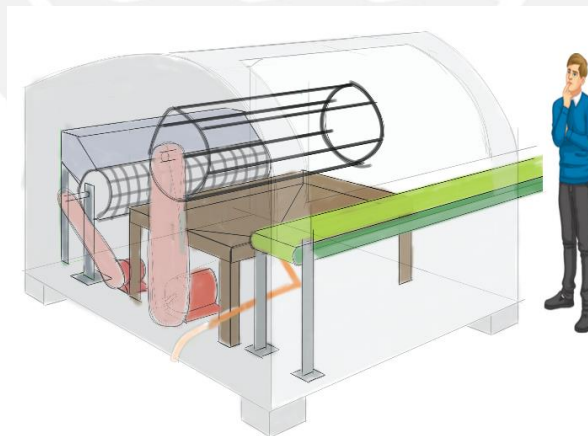


Figura 4.9 Concepto solución 3: vista interior

4.3.2 Sensores

4.3.2.1 Concepto solución 1

En este concepto se usa un sensor de corriente de efecto Hall en lazo abierto cuyo principio consiste en instalarse de forma paralela al flujo de corriente. Luego se usará un sensor de flujo para el GLP. Posteriormente, se propone implementar una termocupla; los cuales, en comparación con los RTD, estos son más económicos y poseen un mayor rango de temperatura de medición. Finalmente, para detectar la presencia de un pollo al salir de la máquina, se propone usar un sensor capacitivo; estos son conocidos por tener un rango bajo de respuesta y además de reaccionar diferentemente según el tipo de material a detectar.

4.3.2.2 Concepto solución 2

En el concepto 2 se usa un sensor de corriente de efecto Hall en lazo cerrado cuyo principio consiste en situar al sensor de forma perpendicular al campo magnético. de forma paralela al flujo de corriente. A diferencia del concepto anterior, en esta situación se usará RTD cuyas ventajas frente a la termocupla es su precisión y repetibilidad, factor de gran importancia si se desea instalar más de un sensor. Finalmente, se usará un sensor fotoeléctrico para detectar a los pollos, como ventaja frente al capacitivo es que el sensor puede detectar al objeto a una distancia mayor que el capacitivo.

4.3.2.3 Concepto solución 3

Para el concepto 3, a diferencia de los anteriores, para sensar la presencia de pollos, se plantea usar un sensor de presencia mecánico. Este tiene como desventaja que el mismo pollo debe entrar en contacto con el sensor para generar la señal.

4.3.3 Procesamiento de la información

4.3.3.1 Concepto solución 1

El concepto 1 consta de un PLC modular para la recepción, procesamiento y emisión de datos. Para la generación de señales se plantea un selector, botones y una pantalla HMI. Para la parada de emergencia se plantea usar una del tipo pedal.

Para mostrar la señal de la temperatura se está optando por un sensor con su propio *display*, lo cual genera cierta facilidad en el momento de implementación, pero limita las configuraciones posibles. Mientras que se propone un temporizador manual, lo que implica que de todas maneras deberá ser activado de forma manual.

4.3.3.2 Concepto solución 2

Para el concepto 2 se propone usar un PLC compacto, que en comparación entre los tres conceptos solución, este representa el de menor espacio a ocupar y de mayor facilidad al momento de implementación. Para la generación de señales se cuenta con un selector, una pantalla HMI y una para de emergencia tipo hongo. Mientras que para la generación de señales se mantiene el uso HMI es gran cantidad de funciones, pero se añade el uso de lámparas que servirán como luces piloto.

4.3.3.3 Concepto solución 3

En el caso del concepto 3, se busca implementar una computadora industrial con sus módulos de entradas y salidas necesarios. Se mantiene el uso variado entre selectores, pulsadores y pantalla HMI visto en el concepto 3; con la distinción de usar un selector con llave para encender la máquina, brindando más control al momento de usar el horno, pero a la vez generando restricciones en su uso. Para la generación de información de salida se busca usar una pantalla HMI y un módulo IoT que permita exportar algunos indicadores de interés de la máquina.

4.4 Evaluación de conceptos solución

Para obtener los conceptos de solución óptimos se usará la metodología de perfil de Harris. Esta metodología es recomendada en la guía de diseño de la universidad de Delft [13] para escoger la mejor opción entre diferentes propuestas. Para ello se plantean criterios de interés, que estarán relacionados con los requerimientos del diseño. Estos criterios son ordenados en una columna de mayor a menor importancia, estando en la zona superior los de mayor importancia. Para cada concepto se evaluará cada criterio seleccionando los recuadros “--“, “-“, “+” y “++“. Luego se le asignará un valor numérico a cada elección, teniendo al “--” siendo equivalente a un -2; el “-“, equivalente a un -1; el “+“, equivalente a un +1 y finalmente el “++“, equivalente a un +2. Luego se sumará este valor y el que obtenga el mayor total, será el concepto a escoger. En el caso de empates se escogerá el que cumpla con mayor cantidad de criterios de mayor importancia.

4.4.1.1 Evaluación de conceptos del sistema base

Tabla 4.7 Matriz de Harris: sistema base

Criterios	C. solución 1				C. solución 2				C. solución 3			
	--	-	+	++	--	-	+	++	--	-	+	++
Manipulación excesiva del pollo que pueda dañar su pellejo			■					■			■	
Necesidad de contar con un flujo interno de aire para una cocción uniforme			■			■						■
Necesidad de intervención humana luego de ingresar el pollo para su cocción				■				■	■			
Facilidad para calentar el horno		■					■					■
Facilidad para mantener encendido el carbón		■					■					■
Facilidad para ingresar pollos a la máquina			■					■		■		
Limpieza necesaria luego de cada uso	■						■				■	

Costos de mantenimiento			
Complejidad de construcción			
Costos de materiales			
Espacio ocupado			
Cantidad de actuadores			
Total	1	9	7

4.4.1.2 Evaluación de conceptos de sensores

Tabla 4.8 Matriz de Harris: sensores

Crterios	C. solución 1	C. solución 2	C. solución 3
	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++
Confiabilidad en el desempeño			
Complejidad de implementación			
Costo de implementación			
Facilidad de remplazo en caso de falla			
Costo de los componentes			
Disponibilidad en mercado local			
Total	4	6	7

4.4.1.3 Evaluación de conceptos del procesamiento de la información

Tabla 4.9 Matriz de Harris: procesamiento de la información

Crterios	C. solución 1	C. solución 2	C. solución 3
	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++
Facilidad de uso por el usuario			
Dificultad de implementación			
Costos de implementación			

Facilidad de remplazo en caso de falla			
Costo de los componentes			
Disponibilidad en mercado local			
Total	3	9	-2

4.5 Concepto de solución óptimo

Luego de evaluar las opciones de solución para el sistema base, los sensores y procesamiento de la información se llegó al siguiente concepto solución:

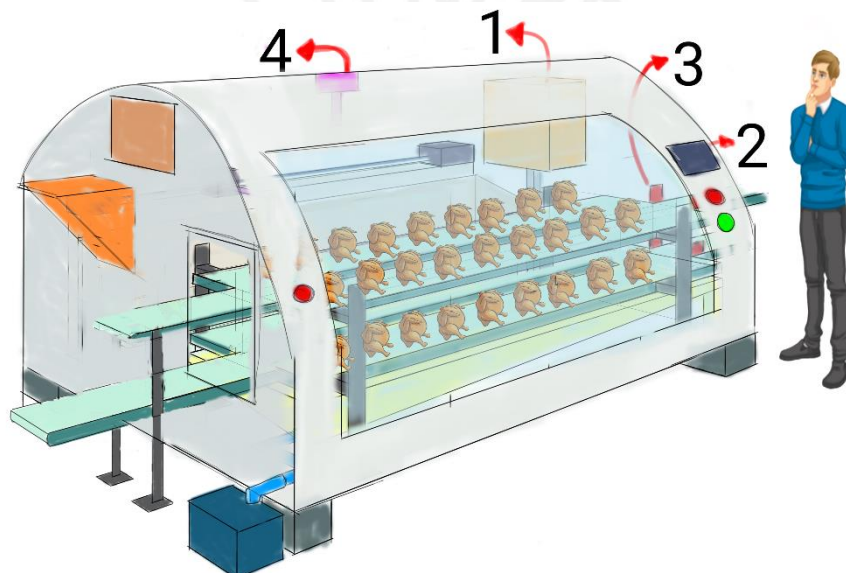


Figura 4.10 Concepto solución óptimo: vista exterior

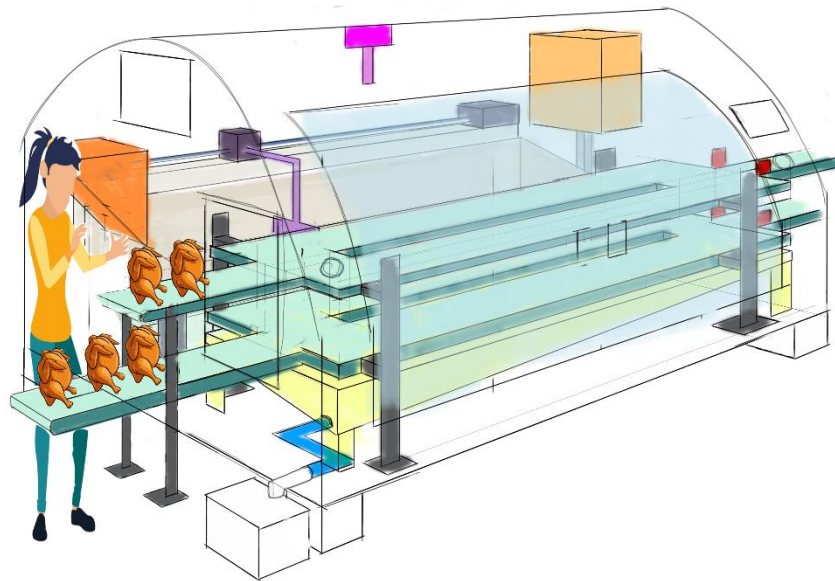


Figura 4.11 Concepto solución óptimo: alimentación de pollos

En la figura se puede observar el sistema de fajas para cocinar y trasladar los pollos. Esta traslación de pollos se dará por medio de una rejilla transportadora. Además, se observa una rampa para el ingreso de carbón y en esa misma cara se observa un ventilador para controlar el flujo interno de aire. Se añade un tablero de control (1) con los componentes electrónicos necesarios para la máquina. Se confirma la presencia de un HMI, en conjunto con un selector, una luz piloto y una parada de emergencia. Además, se confirma la presencia de un sensor a la salida de las fajas, pero ahora siendo sensores fotoeléctricos. Finalmente, se añade un sensor de temperatura (4) que será un RTD.

Conclusiones

El trabajo desarrollado permitió llegar al concepto solución óptimo que horneará 36 pollos a la brasa en un tiempo esperado de una hora. Debido a las características del concepto, una vez el pollo esté cocinado se podrá transportar a una máquina empaquetadora de pollos sin intervención humana.

Debido a que se cambió del diseño tradicional y no se tiene identificado el flujo del calor de las brasas, se deberá poner énfasis en el flujo forzado de aire caliente producto de la combustión del carbón.

Se tendrá que validar el concepto con expertos del sector gastronómico, de esto modo se podrá asegurar que la solución propuesta plantea una alternativa viable desde la perspectiva gastronómica. Además, se podrá reducir el rechazo de las personas al momento de evaluar la solución escogida.

El concepto escogido se caracteriza por no contar con la necesidad de intervención humana para la cocción y traslado de pollos. Esto presentará ventajas para implementar una línea de producción de pollos a la brasa de manera automatizada.

Con el estándar británico EN 1672-2:2005, se logrará diseñar una máquina segura para el procesado de pollos a la brasa.

Bibliografía

- [1] «Comisión evaluará reactivar servicio de delivery de restaurantes a partir del 4 de mayo,» *El Peruano*, 23 Abril 2020.
- [2] «Restaurantes en incertidumbre ante la crisis: ¿Cuántas pérdidas generan durante la cuarentena?,» *El Comercio*, pp. <https://elcomercio.pe/economia/peru/coronavirus-peru-restaurantes-en-incertidumbre-ante-la-crisis-cuantas-perdidas-generan-durante-la-cuarentena-covid-19-cuarentena-noticia/?ref=ecr>, 02 Abril 2020.
- [3] Sociedad LR, «Lince: clientes forman largas colas para comprar pollo a la brasa,» *La República*, 13 Mayo 2020.
- [4] P. V. S., «La nostalgia que nos generó el pollo a la brasa tras más casi dos meses de cuarentena: ¿Por qué nos gusta tanto?,» *El Comercio*, 14 Mayo 2020.
- [5] Sociedad LR, «Furor en la venta de pollos a la brasa tras reanudarse el servicio de delivery [FOTOS],» *La República*, 13 Mayo 2020.
- [6] O. M. d. I. Salud, «COVID-19 e inocuidad de los alimentos: orientaciones para,» OMS, 2020.

- [7] D. Collyns, «Peru's coronavirus response was 'right on time' – so why isn't it working?,» *The Guardian*, 20 Mayo 2020.
- [8] M. Muro, R. Maxim y J. Whiton, «Brookings.edu,» 24 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2020/03/24/the-robots-are-ready-as-the-covid-19-recession-spreads/>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [9] MINAM; Swisscontact; Calandria, «Guías de buenas prácticas ambientales para la producción de pollos a la brasa,» Arequipa.
- [10] F. T. M. G. X. d. L. R. N. C. Boris Pastorino, «Evaluation of heating and chemical protocols for inactivating SARS-CoV-2,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.04.11.036855v2>. [Último acceso: 10 Mayo 2020].
- [11] A. Seric y D. Winkler, «WORLD ECONOMIC FORUM,» 11 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2020/05/covid-19-automation-globalisation-coronavirus-world-pandemic-change/>. [Último acceso: 9 Septiembre 2020].
- [12] M. Joshi, «World Economic Forum,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/post-pandemic-economy-favour-fastest-movers/>. [Último acceso: 25 Setiembre 2020].

- [13] A. Boeijen, Delft design guide. Design methods, Amsterdam: Uitgeverij Bis., 2013.
- [14] E. Fitzgerald, A. Wankerl y C. Schramm, Inside Real Innovation, Massachusetts : World Scientific, 2010.
- [15] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, Product Design and development, New York: McGraw-Hill Education, 2015.
- [16] «Delivery representa en promedio el 40% de ventas de pollerías y pizzerías,» *Diario Gestión*, 28 Noviembre 2017.
- [17] «Perú: Pollerías lideran el mercado de fast food con más del 40% de participación,» 20 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.peru-retail.com/pollerias-peruanas-lideran-el-mercado-de-fast-food-con-el-40-de-participacion/>. [Último acceso: 7 Mayo 2020].
- [18] «Pollo a la Brasa es el plato favorito de peruanos: más 50% lo elige por encima de las cevicherías,» *Diario Gestión*, 21 Julio 2019.
- [19] «Coronavirus en Perú: Estas son las pollerías que volverán a funcionar,» RPP, 11 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/coronavirus-en-peru-estas-son-las-pollerias-que-volveran-a-funcionar-reactivacion-economica-noticia-1264812>. [Último acceso: 11 Mayo 2020].

- [20] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: <https://listado.mercadolibre.com.pe/horno-para-hacer-pollo-a-la-brasa>. [Último acceso: 11 Marzo 2020].
- [21] C. L. Group, «Sistema metropolitano de información ambiental,» 30 Marzo 2020. [En línea]. Available: <http://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/0d5fb5d135784e4a.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2020].
- [22] OMS, «FoodSafety,» [En línea]. Available: www.who.int/foodsafety. [Último acceso: 5 Mayo 2020].
- [23] «Concursos de Innovación Empresarial y Validación de la Innovación,» Innóvate Perú, [En línea]. Available: <https://www.innovateperu.gob.pe/convocatorias/por-tipo-de-concurso/concursos-para-empresas/204-concursos-de-innovacion-empresarial-y-validacion-de-la-innovacion>. [Último acceso: 11 Mayo 2020].
- [24] L. Castellanos, J. Salardi y W. Falen, «Plataforma digital única del Estado Peruano,» 8 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/563125-142-2020-produce>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].

- [25] I. Nimerovskiy, «ROTISSERIE ROTO-ROBOT KIT FOR PROGRAMMABLE SKEWER ROTATION». Estados Unidos Patente US 2010/0122630 A1, 17 Febrero 2009.
- [26] B. David Howard y T. Austen Laur, «AIRFLOW PATTERN FOR SPIRAL OVENS». Estados Unidos Patente US 20140120220A1, 7 Diciembre 2012.
- [27] S. John H . Wiker, D. Mohan K . Panicker, A. Richard H . Van Camp, T. J. Chmiola, W. S. .Schjerven y S. H. Magdy A . Albert, «CONVEYOR OVEN APPARATUS AND». Estados Unidos Patente US20180338503A1, 3 Agosto 2018.
- [28] J. Fernandez, R. H. T. Lam y P. MC Grath, «Vertical and horizontal oven». Europa Patente EP1844687B1, 13 Abril 2007.
- [29] J. David M. Cox, «MEAT SMOKER». Estados Unidos Patente US4700618, 6 Agosto 1985.
- [30] P. E. Willett, «ROASTING OVEN». Estados Unidos Patente US9521927B2, 15 Junio 2012.
- [31] P. Andrea Ricci, «GAS OVEN». Estados Unidos Patente US7421942B2, 8 Octubre 2014.

- [32] P. William J. Hansen, «GREASE COLLECTION SYSTEM FOR OVEN». Estados Unidos Patente US7421942B2, 22 Abril 2004.
- [33] D. Frankel, «CONTROLLED COOKING SYSTEM». Estados Unidos Patente US7080593B1, 2 Octubre 2003.
- [34] «Cimmsa,» Corporación Cimmsa, [En línea]. Available: <http://www.cimmsa.pe/principal/categorias/gastronomicos/hornos-para-pollos-a-la-brasa/mod-hp-18-detail>. [Último acceso: 12 Mayo 2020].
- [35] «Industrias Surco,» [En línea]. Available: <http://www.industriasurco.com.pe/product/hornos-de-pollos-a-la-brasa/>. [Último acceso: 12 Mayo 2020].
- [36] «Hornos Meneses Peru,» [En línea]. Available: <http://www.hornosmenesesperu.com/productos>. [Último acceso: 12 Mayo 2020].
- [37] V. G. B. G. A. C. O. S.L., «Youtube,» 6 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=TsF-wdcS-bY>. [Último acceso: 15 Mayo 2020].
- [38] A. I. C. d. 3, «A la Cuenta de 3 - Pollo a la brasa - 24/07/2017,» TVPerú, Lima, 2017.

- [39] Municipalidad provincial de Arequipa, «Guía de buenas prácticas ambientales para la producción de pollos a la brasa,» Arequipa.

