

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL PARA LA
OBTENCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL
USADO**

**JOSÉ SEBASTIÁN DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ
JUAN DAVID RIVERA ROMERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2020

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL PARA LA
OBTENCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL
USADO**

**JOSÉ SEBASTIÁN DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ
JUAN DAVID RIVERA ROMERO**

**Trabajo de grado para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director

**JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ
MSc. En Ingeniera Mecánica**

CODIRECTOR

YESID JAVIER RUEDA ORDÓÑEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2020

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por haberme dado salud, inteligencia y ganas para culminar exitosamente mis estudios universitarios.

A mis padres, José Rosendo Domínguez Torres y Claudia Patricia Martínez Hernández, los motores de mi vida, su apoyo incondicional, regaños y enseñanzas fueron indispensables para luchar por este sueño, con su esfuerzo y dedicación me brindaron la oportunidad de formarme como profesional y seguir avanzando en este viaje llamado vida.

A mi hermana, María Camila Domínguez Martínez, quien es mi ejemplo a seguir por que sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, sus virtudes infinitas y su gran corazón me hacen admirarla cada día un poco más.

A todos mis familiares, quienes me apoyaron y se alegraron cada vez que me acercaba a mi sueño.

A mi compañero de proyecto por su compromiso y dedicación a lo largo de todos estos meses de trabajo.

A mis amigos que estuvieron en las buenas y en las malas, en especial a mi mejor amigo Ricardo García, quien con su humildad me enseñó y ayudó en diferentes ocasiones.

José Sebastián Domínguez Martínez

DEDICATORIA

Al comenzar esta aventura de conocimiento no me imaginé la cantidad de circunstancias que se me presentarían a lo largo del camino, pero que hoy en día después de superarlas siento una gran satisfacción por todo lo vivido y quiero agradecer a todos los que aportaron para que esto sea una realidad. Primordialmente a Dios, por bendecir mi camino y acompañarme en el día a día y sobre todo en los momentos más difíciles fortaleciéndome para afrontarlos de la mejor manera.

A mis padres, José Ignacio Rivera Useda y Chiquinquirá Romero Quintero, por tantos consejos, por su acompañamiento por ser mi modelo a seguir, por enseñarme tantos valores, por formarme como la persona que soy hoy en día, por brindarme tanto amor y ser mi refugio ante las adversidades, por tantos sacrificios, pero sobre todo por ser mis mejores amigos.

A mi hermano, Camilo Andrés Rivera Romero, por siempre estar a mi lado, por ayudarme en tantas ocasiones y por ser ese apoyo incondicional.

A mi compañero de proyecto y gran amigo, por su disciplina, entrega y porque hicimos posible este logro de ser ingenieros mecánicos UIS.

A todos mis compañeros, amigos y familiares que estuvieron presente durante mi proceso formativo y que de una u otra manera contribuyeron significativamente en este sueño que hoy es una realidad.

Juan David Rivera Romero

AGRADECIMIENTOS

Expresamos los más sinceros agradecimientos a nuestro Director el profesor Jabid Eduardo Quiroga Méndez y Codirector el profesor Yesid Javier Rueda Ordoñez por la disposición, acompañamiento y orientación durante el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

A todos los profesores de la Universidad Industrial de Santander que hicieron parte de nuestro proceso de formación, brindando sus conocimientos y experiencias durante todo este tiempo, los cuales nos hicieron crecer como personas, estudiantes y futuros profesionales.

A nuestros compañeros y amigos que han estado presentes durante toda la carrera y que de una u otra manera contribuyeron en nuestro proceso de formación.

José Sebastián Domínguez Martínez

Juan David Rivera Romero

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	17
4.1 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	17
4.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	18
4.3 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD	19
4.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	20
4.4.1 Alternativa A: Quemador de pulverización mecánica tipo ciclón.	20
4.4.2 Alternativa B: Quemador de tipo atmosférico utilizando un compuesto orgánico para el calentamiento inicial del aceite vegetal usado.	20
4.4.3 Alternativa C: Quemador de tipo atmosférico empleando materia orgánica para el calentamiento inicial del aceite vegetal usado.	21
4.5 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	21
5. GENERALIDADES	23
5.1 ACEITE VEGETAL USADO (AVU)	23
5.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE VEGETAL USADO	23
5.3 GASES Y CONTAMINANTES DEL ACEITE VEGETAL USADO	26
5.4 ¿QUÉ ES UN QUEMADOR?	27
5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES	27
5.5.1 Quemadores de combustible líquido.	27
5.5.2 Quemadores de combustible gaseoso.	28
5.6 SUMINISTRO DE AIRE EN LOS QUEMADORES	28
5.7 MECANISMOS DE IGNICIÓN	29

5.7.1 Energía eléctrica.	29
5.7.2 Energía estática.	29
5.7.3 Superficies calientes.	29
5.7.4 Ignición espontanea.	29
5.8 PUNTO DE HUMO	30
6. METODOLOGÍA	31
6.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO	31
6.1.1 Relación aire-combustible.	31
6.1.2 Diseño para el suministro de aire.	34
6.1.3 Análisis y selección de los modelos funcionales.	40
6.1.4 Selección del tipo material.	45
6.1.4 Diseño del sistema de extinción de llama.	46
6.1.5 Construcción del modelo funcional.	47
6.2 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE VEGETAL USADO	48
6.3 MECANISMO DE IGNICIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA REACCIÓN EN CADENA	51
6.4 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL MODELO FUNCIONAL MEDIANTE EL PROTOCOLO WBT	52
6.5 ANÁLISIS FINANCIERO, TÉCNICO Y AMBIENTAL DEL QUEMADOR	56
6.5.1 Evaluación económica	56
6.5.2 Evaluación técnica.	59
6.5.3 Evaluación ambiental.	61
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Reacciones que tienen lugar durante la fritura en profundidad.	26
Figura 2. Suministro de aire en los quemadores.	28
Figura 3. Estructura inicial del quemador.	34
Figura 4. Número de orificios vs tiempo.	35
Figura 5. Ventilador y ducto para el suministro de aire.	36
Figura 6. Velocidades del ventilador vs tiempo.	38
Figura 7. Velocidades del ventilador vs potencia eléctrica.	39
Figura 8. Velocidades vs valores.	40
Figura 9. Diseño conceptual modelos Quemador 1 y 2.	41
Figura 10. Diseño conceptual modelo Quemador 3.	42
Figura 11. Sistema de extinción de la llama.	46
Figura 12. Construcción de las piezas del modelo funcional	47
Figura 13. Soldado, mecanizado, torneado y perforado de las piezas.	48
Figura 14. Modelo funcional.	48
Figura 15. Resultados Protocolo WBT.	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Nivel de satisfacción de las necesidades.	19
Tabla 2. Matriz QFD.	19
Tabla 3. Criterios para la selección de la mejor alternativa.	20
Tabla 4. Escala de evaluación de las alternativas.	21
Tabla 5. Evaluación de las alternativas.	21
Tabla 6. Matriz QFD para la elección del modelo.	44
Tabla 7. Criterios para la selección del mejor modelo.	44
Tabla 8. Evaluación de los modelos.	45
Tabla 9. Propiedades fisicoquímicas de las muestras de aceite vegetal.	49
Tabla 10. Tabla de presupuestos.	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. CÓDIGO ARDUINO Y CIRCUITO PARA LA VARIACIÓN DE LA POTENCIA EN EL VENTILADOR	69
ANEXO 2. PLANTILLA PARA DATOS Y RESULTADOS DEL PROTOCOLO WBT	71
ANEXO 3. PLANOS MODELO FUNCIONAL	72

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA A PARTIR DEL ACEITE VEGETAL USADO*.

AUTORES: JOSÉ SEBASTIÁN DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, JUAN DAVID RIVERA ROMERO**.

PALABRAS CLAVE: ACEITE VEGETAL USADO, COMBUSTIÓN, QUEMADOR ATMOSFÉRICO, MODELO FUNCIONAL.

DESCRIPCIÓN:

La obtención de energía térmica a partir del aceite vegetal usado es una buena alternativa para reducir el potencial contaminante que genera este residuo, el cual en muchas ocasiones termina siendo depositado en los alcantarillados y redes de saneamiento. El diseño y construcción de un modelo funcional para realizar este proceso es muy importante, debido a que proveerá una solución no solo para el manejo de este desecho sino también se logrará un beneficio desde el punto de vista económico.

En la actualidad se han desarrollado diferentes tipos de combustibles fósiles, pero como cualquier recurso natural se tiende a sobreexplotar y en un futuro llegará a desaparecer, este proyecto busca obtener un beneficio energético a partir de un equipo que usa como combustible aceite vegetal usado, el cual está presente en la mayoría de hogares y lugares donde se realicen procesos de cocción de los alimentos y debido a su alto contenido de peróxidos no requiere de ningún tipo de proceso para ser utilizado en el quemador de tipo atmosférico y aire inducido diseñado, por lo tanto, se convierte en una buena opción ya que ayuda a reducir un poco la contaminación y no genera gastos respecto a otros tipos de combustibles ya sean líquidos o gaseosos.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Directo Jabid Eduardo Quiroga Méndez. Codirector: Yesid Javier Rueda Ordoñez. MSc. En Ingeniera Mecánica

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FUNCTIONAL MODEL FOR OBTAINING THERMAL ENERGY FROM USED VEGETABLE OIL.*

AUTHORS: JOSÉ SEBASTIÁN DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, JUAN DAVID RIVERA ROMERO**

KEY WORDS: USED VEGETABLE OIL, COMBUSTION, ATMOSPHERIC BURNER, FUNCTIONAL MODEL.

DESCRIPTION:

Obtaining thermal energy from used vegetable oil is a good alternative to reduce the polluting potential generated by this residue, which often ends up being deposited in sewers and sanitation networks. The design and construction of a functional model to perform this process is very important, because it will provide a solution not only for the management of this waste but also an economic benefit will be achieved.

Different types of fossil fuels have now been developed, but as any natural resource tends to over exploded and in the future will disappear, this project seeks to obtain an energy benefit from equipment that uses used vegetable oil as fuel, which is present in most households and places where food cooking processes are carried out and due to its high peroxide content it does not require any kind of process to be used in the atmospheric type burner and induced air designed, therefore, it becomes a good option as it helps to reduce pollution and does not generate expenses for other types of fuels whether liquid or gaseous.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Jaid Eduardo Quiroga Méndez. Co-director: Yesid Javier Rueda Ordoñez. MSc. En Ingeniera Mecánica

INTRODUCCIÓN

El aceite vegetal usado es un riesgo potencial tanto para suelos como para las aguas superficiales a causa de su inconsciente desecho en la basura y desagües, pero no se puede erradicar el consumo de este producto debido a su importancia en la sociedad. El estudio del proceso de combustión de los gases obtenidos a partir del calentamiento de aceite vegetal usado como un posible método de reutilización no ha sido muy explorado.

Actualmente existen estudios sobre el impacto ambiental que genera este residuo y su posible reutilización para la elaboración de jabones, velas o biodiesel, debido a que no sabe con certeza cuál es la mejor forma de tratarlo para evitar causar contaminación, por otra parte el estudio de obtención de energía térmica a partir del aceite vegetal usado, no es muy avanzado, se pueden encontrar algunas maquetas experimentales, pero no hay un diseño patentado en donde se evidencie la utilización de este como combustible.

Dirigido principalmente en obtener un beneficio energético, este proyecto busca presentar un modelo funcional como fuente de energía térmica, el cual usa como combustible aceite vegetal usado, un residuo que no requiere de ningún tipo de proceso para ser utilizado y está presente en la mayoría de los hogares, por lo tanto, no acarrea gasto respecto a otros posibles combustibles.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aceite vegetal es un producto considerado esencial para el desarrollo normal de un individuo y por esto hace parte de la canasta básica familiar. Posterior a su uso en el ámbito gastronómico, este producto es considerado como un desecho, que no puede ser utilizado nuevamente, sin embargo, debería considerarse como un residuo, el cual puede tener un nuevo propósito. El AVU, aceite vegetal usado, es un riesgo potencial tanto para suelos como para las aguas superficiales a causa de su inconsciente desecho en la basura y desagües, pero no se puede erradicar el consumo de este producto debido a su importancia en la sociedad.

Con el paso del tiempo se han utilizado y desarrollado diferentes tipos de combustibles fósiles, pero como cualquier recurso natural cuando se es sobreexplotado llega a un punto en que tiende a desaparecer, y sumando también la contaminación generada por diferentes dispositivos y sistemas que usan éstos combustibles los cuales contribuyen de manera directa a los diferentes cambios climáticos y otras problemáticas ambientales vividas en la actualidad, se tiene la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energías térmicas.

Actualmente, el aprovechamiento de este residuo está principalmente enfocado en la fabricación de biocombustibles y jabones. El estudio del proceso de combustión de los gases obtenidos a partir del calentamiento de aceite vegetal usado como un posible método de reutilización no ha sido muy explorado, se pueden encontrar algunas maquetas experimentales, pero no hay un diseño patentado en donde se evidencie la utilización de este aceite como fuente de energía térmica, por lo tanto el desarrollo de sistemas para este proceso es prácticamente desconocido, de aquí surge la necesidad de implementar nuevas alternativas para su aprovechamiento.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Dirigido principalmente en obtener un beneficio energético, este proyecto busca desarrollar un sistema que brinde una posible solución al impacto negativo que produce el residuo de aceite vegetal al medio ambiente, así como buscar una fuente de energía térmica para disminuir el uso de combustibles fósiles. Además de ser innovador, proveerá una solución no solo para el manejo de este desecho sino también se obtendrá un beneficio desde el punto de vista económico.

Uno de los principales objetivos para una empresa en general es optimizar la parte económica, desarrollando un modelo del cual se obtenga mucha más energía útil que la consumida y así disminuir gastos financieros en los diferentes campos en donde sea utilizado, logrando un entorno más productivo y eficiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y validar un modelo funcional para el aprovechamiento del aceite vegetal usado, cumpliendo con el propósito del programa de la escuela de Ingeniería Mecánica en investigación, innovación, desarrollo y transferencia de tecnologías.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseño, selección y construcción de un modelo funcional de un quemador de aproximadamente $320 \text{ cm}^3/\text{h}$ de aceite vegetal usado.

Analizar los resultados obtenidos de la caracterización del aceite vegetal usado que se va a utilizar, para determinar las condiciones de trabajo.

Determinar mecanismo de ignición y mantenimiento de la reacción en cadena del aceite vegetal usado en el quemador.

Realizar una evaluación económica, técnica y ambiental del quemador propuesto frente a otros tipos de combustibles, tales como el diesel, gasolina y gas natural.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para el desarrollo de este proyecto es importante explorar distintas alternativas y evaluarlas bajo ciertos criterios de selección. Dichos criterios deben atender tanto los requerimientos del diseñador como las necesidades del individuo o empresa que muestre interés en adquirir el equipo. Esto se puede analizar mediante el despliegue de la función calidad donde se comparan las exigencias del adquisidor con los parámetros de diseño y de esta manera obtener los caracteres más relevantes para escoger la mejor alternativa.

4.1 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

El sistema propuesto está enfocado para la industria gastronómica, principalmente restaurantes donde se emplean grandes cantidades de aceite vegetal para freír yuca y papa. Estos clientes requieren los siguientes aspectos:

- Efectividad.
- Económico.
- Seguridad.
- Practico.
- Mantenibilidad.
- Durabilidad.
- Higiénico.
- Tamaño.

- Peso.
- Ecológico.
- Estético.

4.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para diseñar el equipo propuesto se requiere atender los siguientes parámetros:

- Combustión segura.
- Bajo impacto ambiental.
- Consumo energético.
- Salubridad.
- Materiales de construcción.
- Fácil manejo.
- Potencia efectiva.
- Requisito de materia prima (**AVU**).
- Tiempo de operación.
- Costo de operación.
- Fácil mantenimiento.

- Temperatura de funcionamiento.

4.3 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

Primero se establecen los valores de calificación según el nivel de satisfacción de las necesidades del cliente como se muestra en la Tabla 1. Después, con el despliegue de la función calidad se evalúan los parámetros de diseño, ver Tabla 2. A continuación, se obtienen los criterios más relevantes para la selección de la mejor alternativa y finalmente se analiza qué porcentaje de importancia que tiene cada uno, ver Tabla 3.

Tabla 1. Nivel de satisfacción de las necesidades.

NIVEL DE SATISFACCIÓN	CALIFICACIÓN
Alto	9
Medio	3
Bajo	1
Nulo	0

Tabla 2. Matriz QFD.

REQUERIMIENTOS DEL USUARIO	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO																										
	Importancia del requerimiento	Combustión segura	Bajo impacto ambiental	Consumo energético	Salubridad	Materiales de construcción	Fácil manejo	Potencia efectiva	Requisito de materia prima (AVU)	Tiempo de operación	Costos de operación	Fácil mantenimiento	Temperatura de funcionamiento														
Efectividad	11	3	33	1	11	9	99	0	0	3	33	3	33	9	99	3	33	3	33	1	11	0	0	3	33		
Económico	10	3	30	1	10	9	90	3	30	9	90	1	10	9	90	9	90	3	30	9	90	9	90	9	90	0	0
Seguridad	9	9	81	1	9	1	9	3	27	9	81	3	27	1	9	1	9	1	9	1	9	1	9	9	81	9	81
Practico	8	1	8	1	8	3	24	1	8	3	24	9	72	1	8	1	8	0	0	9	72	9	72	0	0	0	0
Mantenibilidad	7	1	7	3	21	1	7	3	21	9	63	1	7	0	0	0	0	9	63	1	7	9	63	3	21	0	0
Durabilidad	6	3	18	1	6	3	18	0	0	9	54	0	0	0	0	3	18	9	54	0	0	3	18	3	18	0	0
Higiénico	5	0	0	3	15	0	0	9	45	3	15	1	5	0	0	3	15	0	0	0	0	3	15	0	0	0	0
Tamaño	4	3	12	0	0	3	12	0	0	9	36	3	12	0	0	0	0	0	0	3	12	9	36	0	0	0	0
Peso	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	9	27	0	0	0	0	0	0	1	3	3	9	0	0	0	0
Ecológico	2	3	6	9	18	3	6	9	18	9	18	0	0	9	18	9	18	0	0	0	0	1	2	3	6	0	0
Estético	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			195		98		265		149		450		217		137		191		189		204		386		159		

Tabla 3. Criterios para la selección de la mejor alternativa.

CRITERIO	VALOR	PORCENTAJE (%)
Materiales de construcción	450	29,57
Fácil mantenimiento	386	25,93
Consumo energético	265	17,41
Fácil manejo	217	14,26
Costos de operación	204	13,40
Total	1522	100

4.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Para la solución del problema se plantean diferentes alternativas, las cuales son producto de un ejercicio de creatividad en el diseño y satisfacen las necesidades del cliente.

4.4.1 Alternativa A: Quemador de pulverización mecánica tipo ciclón. Los quemadores mecánicos presentan características constructivas y de funcionamiento con ventaja respecto a los quemadores atmosféricos dependiendo de su uso, en donde el aire para la combustión es introducido a la fuerza por un ventilador y el aceite vegetal usado se introduce mediante pulverización, cuando el aire a determinada presión se junta con este y posteriormente pasa al ciclón, puede ser de tipo modulante es decir que es posible regular la relación aire-combustible para obtener una determinada cantidad de energía térmica.

4.4.2 Alternativa B: Quemador de tipo atmosférico utilizando un compuesto orgánico para el calentamiento inicial del aceite vegetal usado. Esta clase de quemadores producen la llama por la acción del aire que se introduce a la presión atmosférica para generar la combustión, estos se usan para combustibles gaseosos. En este caso el aceite vegetal usado cambiará de la fase líquida a gaseosa mediante una transferencia de calor por medio del compuesto orgánico para generar la obtención de energía térmica.

4.4.3 Alternativa C: Quemador de tipo atmosférico empleando materia orgánica para el calentamiento inicial del aceite vegetal usado. Se empleará el tipo de quemador de la Alternativa B para la necesidad del usuario, pero para esta se dispone de una sección de quemado de material orgánico, como madera carbón o algún tipo de biomasa para el calentamiento inicial del aceite vegetal usado.

4.5 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Las alternativas planteadas anteriormente se evalúan respecto a los criterios de la Tabla 3, teniendo en cuenta la escala de valoración que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Escala de evaluación de las alternativas.

EVALUACIÓN CUALITATIVA	PUNTAJE
Excelente	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Tabla 5. Evaluación de las alternativas.

CRITERIO	PUNTAJE	%	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B		ALTERNATIVA C	
Materiales de construcción	450	29,57	4	1,18	4	1,18	4	1,18
Fácil mantenimiento	386	25,36	3	0,76	4	1,01	4	1,01
Consumo energético	265	17,41	3	0,52	4	0,69	3	0,52
Fácil manejo	217	14,26	5	0,71	3	0,43	2	0,28
Costos de operación	204	13,40	2	0,27	3	0,40	3	0,40
TOTAL	1522	100	17	3,44	18	3,71	16	3,39

Según los resultados obtenidos en la Tabla 5, la solución que mejor se adapta a las necesidades del cliente y los requerimientos de diseño es la Alternativa B.

5. GENERALIDADES

5.1 ACEITE VEGETAL USADO (AVU)

El aceite vegetal usado, es todo aquel aceite que ha sido sometido a un proceso de cocción, en el cual debido a las reacciones que se presentan por el cambio de temperatura y otros factores externos, se generan modificaciones en sus propiedades con respecto al original.

“Es un residuo contaminante y de difícil eliminación que, en muchos casos, acaba siendo vertido al sistema de saneamiento, provocando problemas e incrementando los costos del proceso de depuración, además de causar graves daños en los ecosistemas acuáticos”¹. Por lo tanto, es de vital importancia evaluar las diferentes alternativas para su aprovechamiento.

En la industria alimenticia, en especial en los restaurantes, el aceite vegetal es indispensable, ya que estas grasas de origen animal o vegetal, como lo son el aceite de palma, girasol y oliva, son utilizadas en la cocción de alimentos. Después de cumplir su vida útil para la cocina son desechados o reutilizados en otros tipos de industrias.

5.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE VEGETAL USADO

Los aceites vegetales son sometidos a procesos térmicos continuamente, los cuales se caracterizan por ser a elevadas temperaturas, estar en presencia de oxígeno y en contacto directo con los alimentos².

¹ PATIÑO, Sandra. El aceite usado, un residuo peligroso [blog]. Los residuos peligrosos. Colombia. 4 de noviembre de 2016. [Consultado: 7 de octubre de 2019]. Disponible en: http://residuos peligrosos10d.blogspot.com/2016/11/el-aceite-usado-un-residuo-peligroso_4.html

² JUÁREZ, María Daniela; SAMMAN, Norma. Aceite de fritura. En: El deterioro de los aceites durante la fritura: Rev Esp Nutr Comunitaria [en línea]. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, 2007.

A medida que interactúa el aceite con los alimentos en los procesos de cocción se modifican las propiedades de cada una de las partes. Es por esto que es importante seleccionar un aceite vegetal que tenga en cuenta las siguientes características:

- Composición en ácidos grasos.
- Estabilidad.
- Disponibilidad comercial.
- Cumplimiento de normas reguladoras.
- Precio³.

Hoy en día los aceites más empleados en fritura son:

- Oliva, canola y manteca de maní cuya característica es el alto contenido en ácido oleico.
- Cártamo, soja, girasol, maíz, sésamo, aceites poliinsaturados usados por considerarse saludables. Los de soja, cártamo, girasol y canola, por lo general, se hidrogenan parcialmente antes de ser usados en fritura⁴.

Los aceites al ser utilizado en los procesos de cocción se someten a:

vol.13, nro. 2. p. 82-94. [Consultado: 7 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>

³ Ibid.

⁴ Ibid.

- Período de almacenamiento: Comienza tan pronto como es producido el aceite. Durante este tiempo está poco expuesto al aire y se encuentra a temperatura ambiente.
- Período de espera o standby: Incluye los tiempos durante los cuales el aceite es calentado y enfriado en la freidora en ausencia de alimentos, o sea, son los tiempos necesarios para alcanzar la temperatura de fritura y para el enfriamiento, al finalizar la misma. Durante estos períodos está expuesto al aire a elevadas temperaturas.
- Período de fritura: durante éste, el aceite está expuesto a altas temperaturas, al aire y al vapor proveniente del agua del alimento que se está friendo⁵.

El alimento que se fríe puede influir en las transformaciones del aceite de tres maneras:

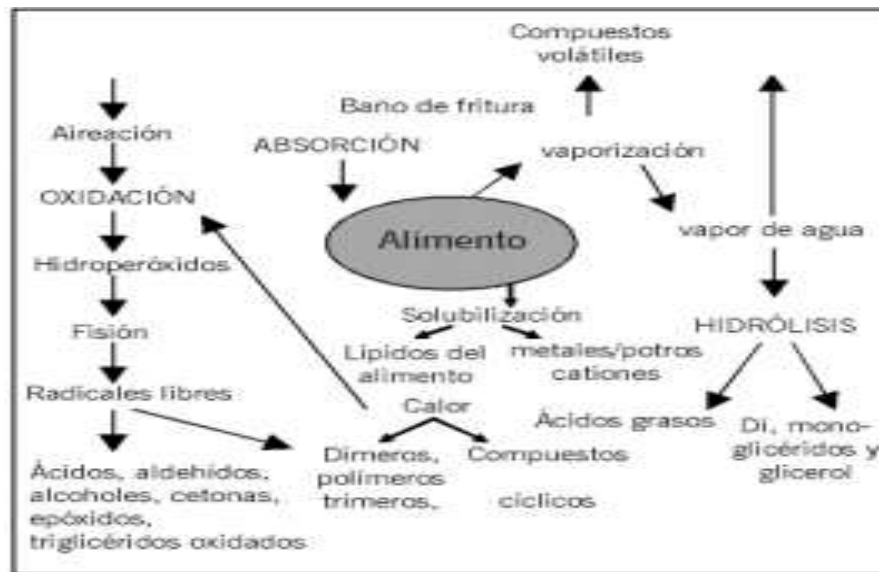
- Por la liberación de antioxidantes o pro-oxidantes al medio de fritura y por la absorción de los antioxidantes o pro-oxidantes presentes en el aceite.
- Por el efecto catalítico de ciertos grupos funcionales presentes en el alimento o por el efecto de los productos pirolíticos formados durante la fritura en las reacciones secundarias o en los radicales libres presentes en el aceite.
- Por la adsorción/absorción en el alimento de productos de oxidación presentes en el aceite⁶.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

Para finalizar durante el proceso de fritura, las materias grasas sufren una serie compleja de reacciones tales como auto-oxidación, polimerización térmica, oxidación térmica, isomerización, ciclación e hidrólisis⁷. Ver Figura 1.

Figura 1. Reacciones que tienen lugar durante la fritura en profundidad.



Fuente: JUÁREZ, María Daniela; SAMMAN, Norma. Reacciones que tienen lugar durante la fritura en profundidad [imagen]. El deterioro de los aceites durante la fritura. Argentina: Rev Esp Nutr Comunitaria. 2007. p. 87. [Consultado: 8 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>

5.3 GASES Y CONTAMINANTES DEL ACEITE VEGETAL USADO

Debido a las altas presiones y temperaturas durante su calentamiento, se presentan diferentes tipos de reacciones, las cuales “pueden contener sustancias o compuestos tóxicos de cloro, fósforo, azufre, cinc, metales pesados (plomo, cadmio), etc., así como compuestos aromáticos, todos ellos altamente contaminantes”⁸.

⁷ Ibid.

⁸ PATIÑO, Sandra. ¿Por qué es considerado el aceite usado un residuo peligroso? [blog]. Los residuos peligrosos. Colombia. 4 de Noviembre de 2016. [Consultado: 7 de octubre de 2019].

El aceite vegetal usado debido a su transformación química, es considerado un residuo peligroso ya que al no ser gestionado correctamente se considera un riesgo para los seres vivos y sus ecosistemas. “Se estima que un litro de aceite puede contaminar mil litros de agua”⁹.

5.4 ¿QUÉ ES UN QUEMADOR?

Es un equipo que permite la mezcla entre el combustible y comburente, en el cual se genera la combustión debido a la presencia del oxígeno. “La combustión se inicia mediante una chispa, o incluso manualmente acercando una llama. A medida que aumenta la potencia de combustión, la función del quemador se va haciendo más compleja hasta convertirse, en los quemadores industriales”¹⁰. Todo esto para lograr una combustión estable, con un buen rendimiento.

5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES

Dependiendo del tipo de combustible, se clasifican en: quemadores de combustible líquido y combustible gaseoso, estos presentan varias similitudes pero se diferencian porque el de combustible líquido requiere una previa preparación del combustible a utilizar¹¹.

5.5.1 Quemadores de combustible líquido. Es importante para este tipo de quemadores transformar el combustible a fase gaseosa, condición indispensable

Disponible en: http://residuos peligrosos10d.blogspot.com/2016/11/el-aceite-usado-un-residuo-peligroso_4.html

⁹ Ibid.

¹⁰ TORRE, Fabiana. Mantenimiento y ensayos de equipos electromecánicos [blog]. Combustibles-Tipos-características. Argentina. 8 de agosto de 2016. [Consultado: 8 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/mantenimientoenseqelectrom/home/mantenimiento-para-usuarios>

¹¹ Ibid.

para obtener la mezcla combustible-comburente, estos deben ser bien atomizados y mezclados con el aire en movimiento para lograr su ignición¹².

5.5.2 Quemadores de combustible gaseoso. Su funcionamiento es similar al de los de combustible líquido, en estos el aire entra inducido por el gas a presión y pueden funcionar según el tipo Venturi o por un ventilador centrífugo¹³.

5.6 SUMINISTRO DE AIRE EN LOS QUEMADORES

El suministro de aire en los quemadores depende del tipo de combustible (sólido, líquido o gaseoso) con el cual se esté trabajando. En la Figura 2 se observa el método de suministro de aire para cada tipo de combustible y su respectivo medio.

Figura 2. Suministro de aire en los quemadores.

TIPO COMBUSTIBLE	SUMINISTRO DE AIRE	MEDIO
SÓLIDOS	TIRO BALANCEADO	CHIMENEA
	AIRE INSUFLADO	VENTILADOR CENTRIFUGO
LÍQUIDOS	AIRE INSUFLADO	VENTILADOR CENTRIFUGO
	AIRE A PRESIÓN	COMPRESORES
GASEOSOS	AIRE INDUCIDO	AIRE DEL AMBIENTE
	AIRE INSUFLADO	VENTILADOR CENTRIFUGO

Fuente: TORRE, Fabiana. Suministro de aire en los quemadores [imagen]. Mantenimiento y ensayos de equipos electromecánicos. Argentina: Blog. 8 de agosto de 2016. [Consultado: 10 de octubre de 2019].

Disponible en:
<https://sites.google.com/site/mantenimientoenseqelectrom/home/mantenimiento-para-usuarios>

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

5.7 MECANISMOS DE IGNICIÓN

Son aquellos que actúan como fuentes de energía en forma de calor para que el combustible llegue a su temperatura de ignición. Se clasifican según el origen del calor¹⁴, entre las que se encuentran:

5.7.1 Energía eléctrica. Se encarga de producir el calor a través de un conductor cuando la corriente eléctrica fluye por este. Para este tipo de fuente se tiene que: “El calor producido es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente”¹⁵.

5.7.2 Energía estática. Se presenta cuando hay una acumulación de carga eléctrica en la superficie de un material, estas superficies se cargan negativa y positivamente. En una tubería por la cual fluye el combustible se puede generar la suficiente energía estática y provocar la ignición del vapor inflamable¹⁶.

5.7.3 Superficies calientes. La ignición puede ser provocada por una superficie que se calienta por medios diferentes a la energía eléctrica, ya sea por calor radiante o por contacto directo. “Estas superficies calientes son mayormente producidas por: La fricción, equipos de calefacción y sustancias fundidas”¹⁷.

5.7.4 Ignición espontánea. Ocurre en materiales sólidos y líquidos, entre los que se encuentran: Los aceites vegetales o animales, astillas de madera y carbón. Este tipo de materiales aumentan su temperatura sin recibir calor del ambiente, este incremento se da debido a las reacciones exotérmicas tales como: Oxidación, descomposición, polimerización o por acción biológica¹⁸.

¹⁴ RIMAC. Fuentes de ignición [sitio web]. Lima. [Consultado: 10 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://prevencionrimac.com/riesgopatrimoniales/Herramientas/Causa-siniestros/Incendios/Fuentes-ignicion>

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Ibid.

5.8 PUNTO DE HUMO

Es una característica a tener en cuenta para la temperatura de trabajo del aceite vegetal, ya que a esta comienza a humear y posteriormente alcanza el punto de ignición. Dependiendo de la composición del aceite habrá unos que tengan este punto a una temperatura más alta que otros, principalmente por el contenido de antioxidantes presentes en el aceite. Se debe tener en cuenta que el punto de humo y de ignición disminuyen respecto a la cantidad de procesos de cocción a los cuales sea sometido el aceite, es decir cada vez que este se oxida, es más fácil de generar combustión¹⁹.

¹⁹ GARCÍA DE LA CRUZ. Puntos de humo de los aceites comestibles. [sitio web]. Toledo. 5 de septiembre de 2017. [Consultado: 19 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.aceitesgarciadelacruz.com/puntos-de-humo-de-los-aceites-comestibles/>

6. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO

Para el aprovechamiento del aceite vegetal usado como fuente de energía térmica es necesario diseñar, seleccionar y construir un equipo que realice el proceso de combustión de manera segura y que cumpla con todas las condiciones de trabajo.

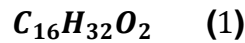
Para el correcto funcionamiento del quemador con combustible líquido de tipo atmosférico se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de aceite deben permanecer limpias.
- El aceite que va al quemador debe llegar a la temperatura adecuada.
- Mantener el caudal de aire apropiado para mantener la relación de aire combustible deseada.
- Garantizar una buena llama.

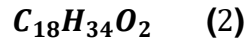
6.1.1 Relación aire-combustible. El aceite vegetal usado que se utilizó como combustible es un aceite de palma, el cual está conformado entre un 40 a un 48% de ácidos grasos saturados, principalmente palmíticos y entre un 37 a un 46% de ácidos grasos monoinsaturados, principalmente oléico²⁰, por lo tanto, se utilizará estos dos ácidos para hallar la relación aire combustible para el quemador.

- Formula molecular del ácido palmítico:

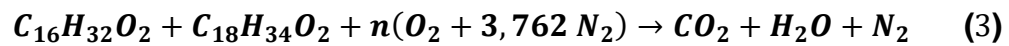
²⁰ UNIPALMA S.A. Aceite de palma: Composición típica de los ácidos grasos [sitio web]. [Consultado: 14 de febrero de 2020]. Disponible en: https://www.unipalma.com/aceite-de-palma?fbclid=IwAR2wF8Waf5ONZpRViB3Hb_WFOGKZ58wyfa0fhB0-m0wXYuiYZ9jx1tQHnLA



- Formula molecular del ácido oléico:



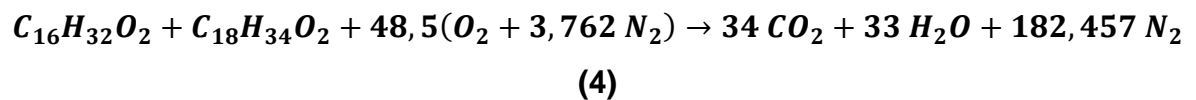
Para el balance estequiométrico del proceso de combustión tenemos:



Dónde:

$$n: 48,5$$

Balanceando queda:



Por otra parte, es necesario calcular la relación de masa y volumen para determinar la de aire-combustible:

- Relación de masa:

$$r_{e\ masa} = \frac{\text{masa aire}}{\text{masa combustible}} \quad (4)$$

$$r_{e\ masa} = \frac{48,5(2 * 32 + 3,762 * 2 * 28,174)}{34 * 12 + 66 * 1 + 4 * 32}$$

$$r_{e\ masa} = 22,23$$

- Relación de volumen:

$$r_{e\ volumen} = \frac{\text{volumen aire}}{\text{volumen combustible}} \quad (5)$$

Para esto se necesitan las siguientes densidades:

$$C = 2,26 \frac{g}{ml}$$

$$O = 1426 \frac{g}{ml}$$

$$H = 0,071 \frac{g}{ml}$$

$$N = 0,81 \frac{g}{ml}$$

Entonces la relación queda:

$$r_{e\ volumen} = \frac{48,5(2 * (\frac{32}{1426}) + 3,762 * 2 * (\frac{28,174}{0,81}))}{34 * (\frac{12}{2,26}) + 66 * (\frac{1}{0,071}) + 4 * (\frac{32}{1426})}$$

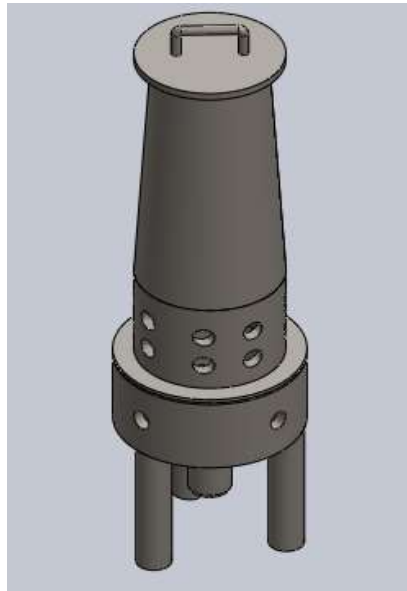
$$r_{e\ volumen} = 11,43$$

Por lo tanto, por cada ml de aceite vegetal usado se necesitan 11,43 ml de aire a una presión de 90 kpa y temperatura de 25°C. Se estableció que el consumo de aceite vegetal usado en el quemador debe ser de aproximadamente 320 cm³/h, por lo tanto, para este flujo volumétrico de aceite vegetal usado se necesita un flujo de aire de 3657,6 cm³/h.

6.1.2 Diseño para el suministro de aire. El quemador es de tipo atmosférico de aire inducido en el cual debido al cambio de densidades que se genera por la combustión no requiere de un sistema de ventilación para el suministro de aire, es por esto que en el diseño se estableció un conjunto de orificios para garantizar que entre la cantidad necesaria para que se quemara el aceite.

Para la obtención de energía térmica a partir del aprovechamiento del aceite vegetal usado, se debe conocer el flujo de aire necesario para que exista un buen rendimiento en la combustión. Debido a que el quemador es de aire inducido, su estructura fue diseñada con una configuración de orificios los cuales permiten la entrada del aire necesario para obtener el flujo que se estableció anteriormente. Ver Figura 3

Figura 3. Estructura inicial del quemador.

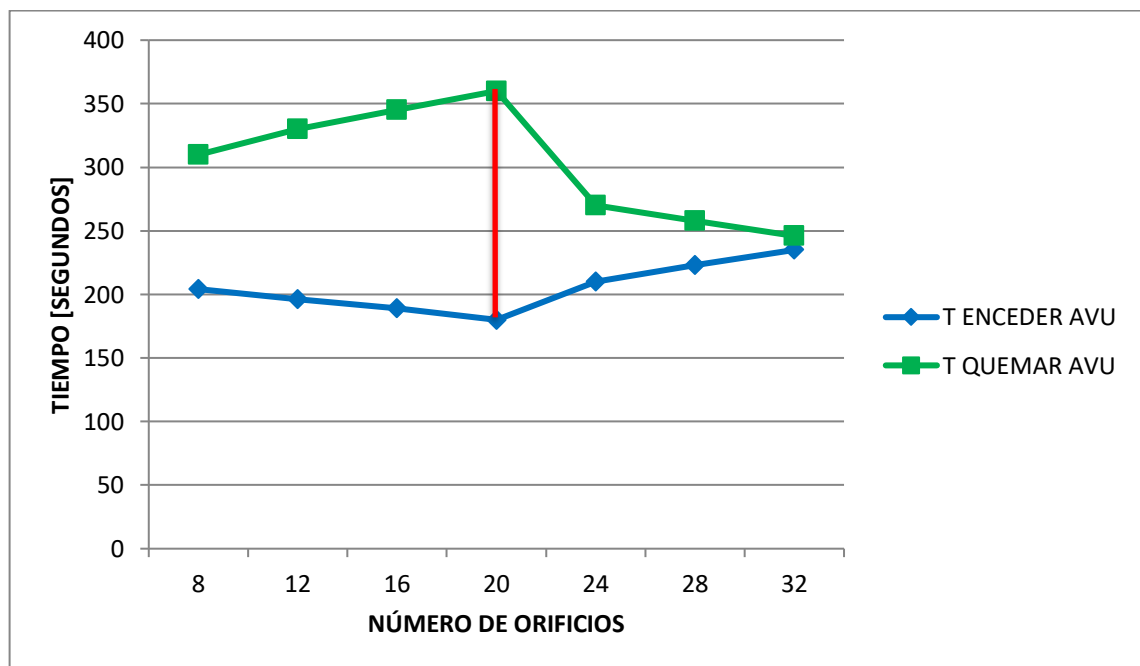


Para el cálculo del número de orificios se realizaron una serie de pruebas en donde se comparó el tiempo que tarda cada configuración en encender y en quemar determinada cantidad de aceite vegetal usado.

En este procedimiento se utilizaron 40 ml de combustible (**AVU**) y 20 ml de etanol al 96% como mecanismo de ignición para el proceso. Se probaron 7 tipos de configuraciones, las cuales fueron para 32, 28, 24, 16, 12 y 8 orificios, cada una con el fin de obtener el flujo de aire de aproximadamente 3657,8 cm³/h.

Luego con los datos recolectados anteriormente se relacionó el tiempo que tarda en encender y quemar el **AVU** con respecto al número de orificios. Ver Figura 4.

Figura 4. Número de orificios vs tiempo.



El suministro de aire juega un papel fundamental para el funcionamiento del quemador, ya que dependiendo de la configuración este va tener un mejor rendimiento.

De la Figura 4, se observa que para la configuración en la cual el número de orificios es 20, el quemador presenta su mejor rendimiento, ya que el tiempo que tarda en encenderse es menor que los demás, lo que significa que enciende mucho más rápido y a su vez el tiempo que tarda en quemar el aceite vegetal usado es mayor,

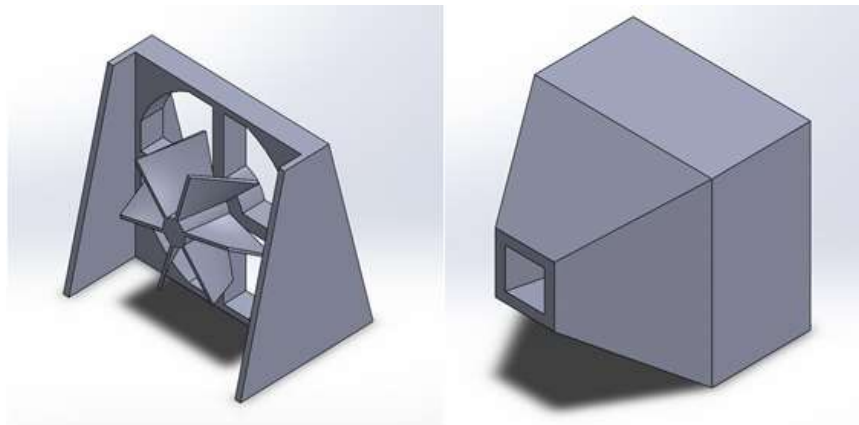
lo que significa que se mantuvo por más tiempo el proceso de combustión respecto a las otras configuraciones, es importante tener en cuenta que esta configuración proporciona un flujo cercano al establecido teóricamente.

Por otra parte, se diseñó una configuración en la cual solo había un orificio, esto con el fin de modificar el mecanismo de entrada del flujo de aire, para encontrar una equivalencia entre el flujo de aire forzado (utilizando el ventilador) y el inducido (20 orificios).

Para esta configuración, inicialmente se utilizó un ventilador con un motor de 9 voltios y este fue alimentado por unas baterías de 1,5 voltios. Luego de unas pruebas realizadas, se observó que este ventilador no entregaba una cantidad adecuada de aire para realizar correctamente el proceso de combustión, por lo tanto, se cambió el ventilador por uno de referencia Techman Model: VN-375 DC 5V / 0,14A.

Después de realizadas las pruebas con este nuevo tipo de ventilador, se observó que este si entregó un flujo de aire adecuado para el funcionamiento del quemador, para lo cual se le diseño un ducto para guiar el aire hacia el interior del equipo. Ver Figura 5.

Figura 5. Ventilador y ducto para el suministro de aire.



Posteriormente se realizó un circuito compuesto por una placa arduino uno, una resistencia de $1k\Omega$, un transistor 2N2222 NPN, cables conectores y el ventilador de 5V previamente seleccionado. Ver Anexo 1. Todo esto con el fin de variar la velocidad del ventilador y así poder realizar una parametrización en la cual se comparen los resultados obtenidos entre la configuración de un solo orificio respecto a la de varios.

Para el control de un motor con velocidad variable se utilizó un código de arduino uno²¹, para realizar varias pruebas a diferentes velocidades y así poder medir la potencia a la que trabaja el ventilador para cada una de ellas. Ver Anexo 1.

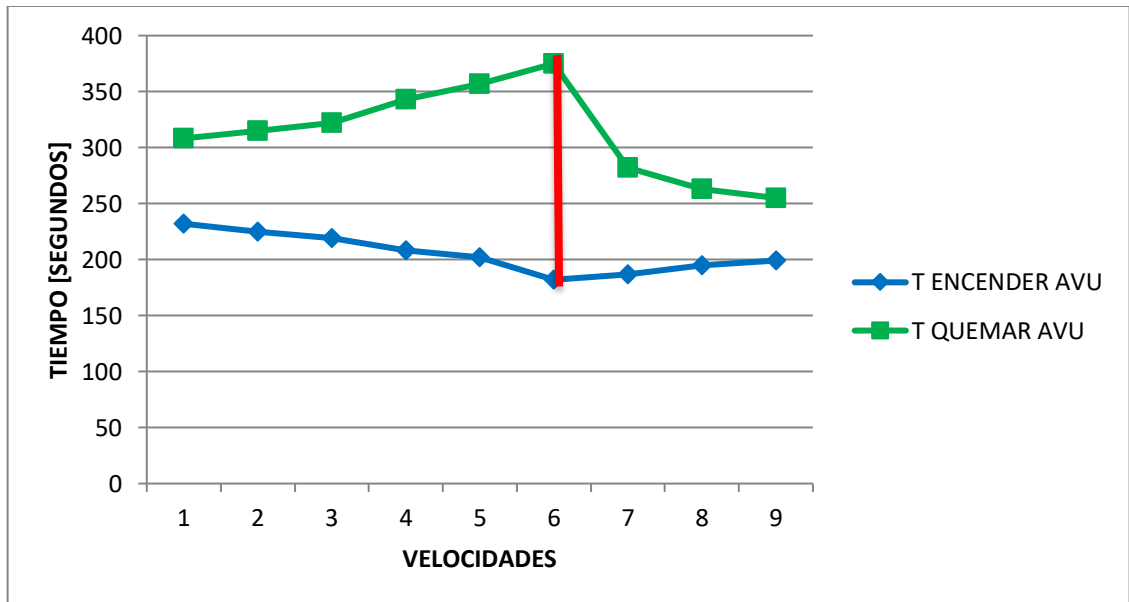
Al implementar el código en el programa del arduino se estipuló para el ventilador 9 velocidades, las cuales son controladas en el monitor serie del programa, donde 1 es la mínima y 9 la máxima, también se observa la modulación por ancho de pulso (**PWM**), la cual nos indica el aumento de la velocidad en el ventilador.

Ya puesto en funcionamiento el programa de arduino uno para la variación de velocidades en el ventilador, se realizaron las pruebas para determinar el tiempo que tarda en encender y quemarse el aceite vegetal usado. Experimentalmente se probaron 9 velocidades, cada una con el fin de obtener los tiempos de encendido y quemado similares a los de la configuración de 20 orificios para un flujo de aproximadamente $3657,8 \text{ cm}^3/\text{h}$.

Luego con los datos recolectados anteriormente se relacionó el tiempo que tarda en encender y quemar el **AVU** con respecto a las velocidades del ventilador. Ver Figura 6.

²¹ MUÑOZ LLORET, Adrián. Arduino: Control de un motor con velocidad variable [blog]. Aprendiendo a programar entre todos. 9 de julio de 2014. [Consultado: 14 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://resolviendoejerciciosdeprogramacion.blogspot.com/2014/07/arduino-control-de-un-motor-con.html>

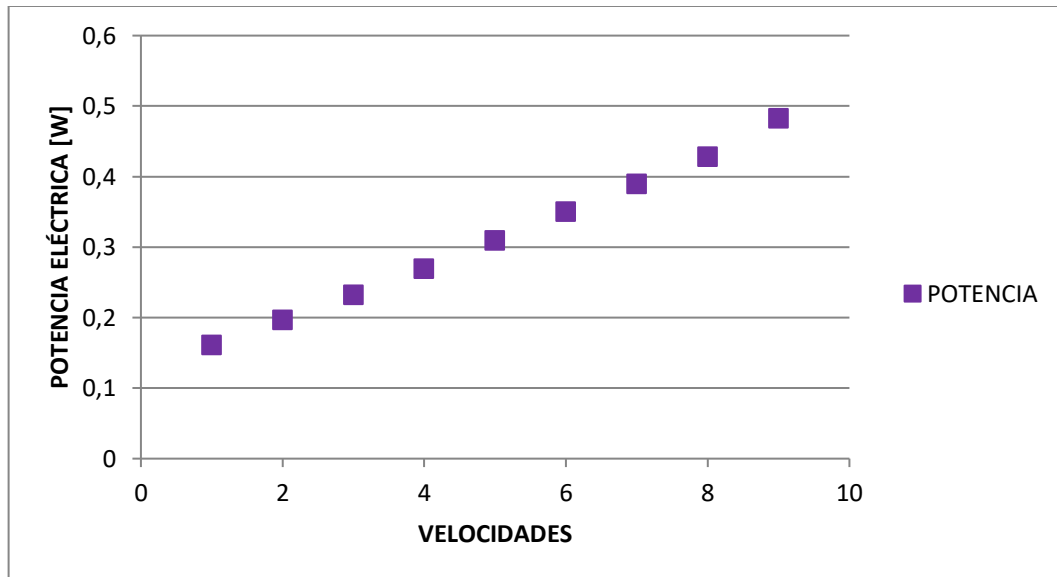
Figura 6. Velocidades del ventilador vs tiempo.



Para las velocidades establecidas anteriormente se midió la corriente y voltaje con un multímetro para determinar la potencia a la cual trabaja el ventilador en cada una de ellas. Se observó que la corriente y el voltaje aumentan directamente proporcional con cada una de las velocidades, por lo tanto, aumenta el valor de la potencia eléctrica, la cual es el resultado de la multiplicación de las anteriores.

Luego con los datos recolectados anteriormente se relacionó la potencia eléctrica en el circuito con respecto a las velocidades del ventilador. Ver Figura 7.

Figura 7. Velocidades del ventilador vs potencia eléctrica.

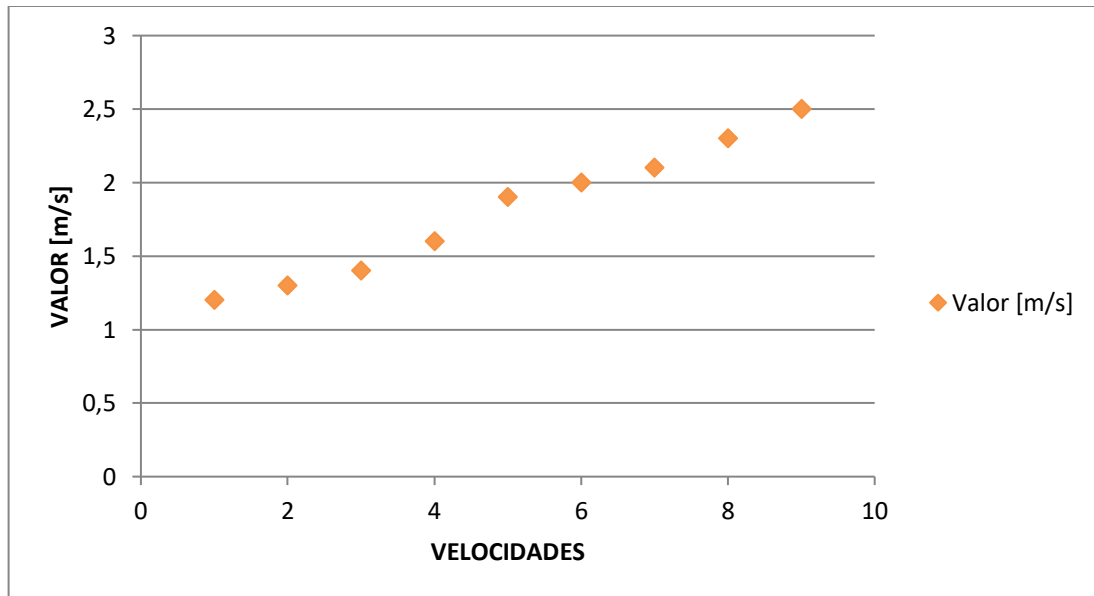


La velocidad del ventilador juega un papel fundamental para el funcionamiento del quemador, ya que, dependiendo de la cantidad de aire suministrada por este, se va tener un mejor rendimiento.

De la Figura 6, se observa que para la velocidad 6 los tiempos de encendido y quemado son similares a los tiempos de la configuración con 20 orificios, por lo tanto, el flujo de aire suministrado equivale al de un ventilador Techman Model: VN-375 DC a una potencia eléctrica de 0,350 W, es decir que para esta velocidad se proporciona el flujo establecido teóricamente para el buen funcionamiento del quemador.

Para complementar esta parametrización, se midieron las 9 velocidades proporcionadas por el ventilador utilizando un anemómetro UNI-T UT363 BT, el cual es un equipo especializado en medir la velocidad del viento. Se utilizó nuevamente el circuito establecido para la configuración de un orificio y el código de arduino uno. La velocidad máxima que entrega el ventilador de referencia Techman Model: VN-375 DC 5V / 0,14A es de 2,5 m/s y la mínima es 1,2 m/s. Ver Figura 8.

Figura 8. Velocidades vs valores.



De los análisis realizados anteriormente se concluyó que para la velocidad 6 el valor medido con el anemómetro es 2,0 m/s. Por lo tanto, este valor es aproximadamente el que necesita el quemador para alcanzar el flujo establecido teóricamente para su buen funcionamiento.

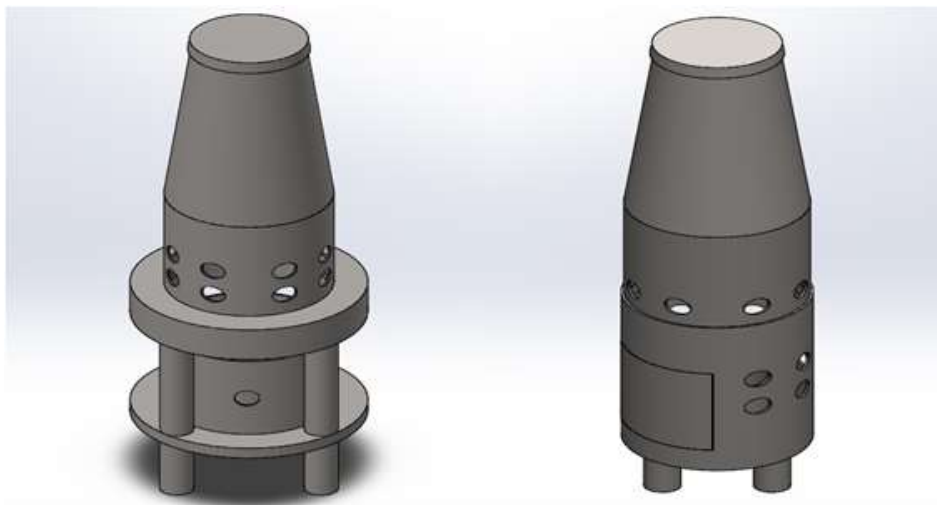
6.1.3 Análisis y selección de los modelos funcionales. Se establecieron tres modelos funcionales para el diseño del quemador de tipo atmosférico y su almacenamiento, partiendo de la configuración establecida en la parametrización que se realizó anteriormente (20 orificios), esto con el fin de que se cumpla el flujo de aire determinado de $3657,6 \text{ cm}^3/\text{h}$, como se muestra en la Figura 9 y Figura 10.

Modelo Quemador 1 y 2. El primer modelo está conformado por tres partes que son: La base del quemador, la estructura parte inferior y la estructura parte superior. La base tiene 4 orificios cada uno de 12,5 milímetros de diámetro, en su interior tiene el depósito de aceite, el cual se encuentra apoyado sobre unos pequeños soportes con el fin de darle altura respecto a la base. La estructura parte inferior es de forma cilíndrica, la cual tiene 16 orificios del mismo diámetro de los de la base.

Por último se tiene la estructura parte superior que es en forma cónica y es por donde va a salir la llama del quemador. Estas partes se encuentran apoyadas sobre un soporte de dos niveles dejando un espacio entre la base del quemador y la estructura parte inferior para garantizar un mayor flujo de aire.

En el segundo modelo la base del quemador cambia su geometría ya que es necesaria una puerta para el suministro del aceite, esta se diferencia de la base del primer modelo porque tiene 12 orificios del mismo diámetro y la estructura parte inferior tiene 8 orificios, por otra parte, la estructura parte superior se mantiene igual a la del modelo anterior y se encuentran soldados a la base. Ver Figura 9.

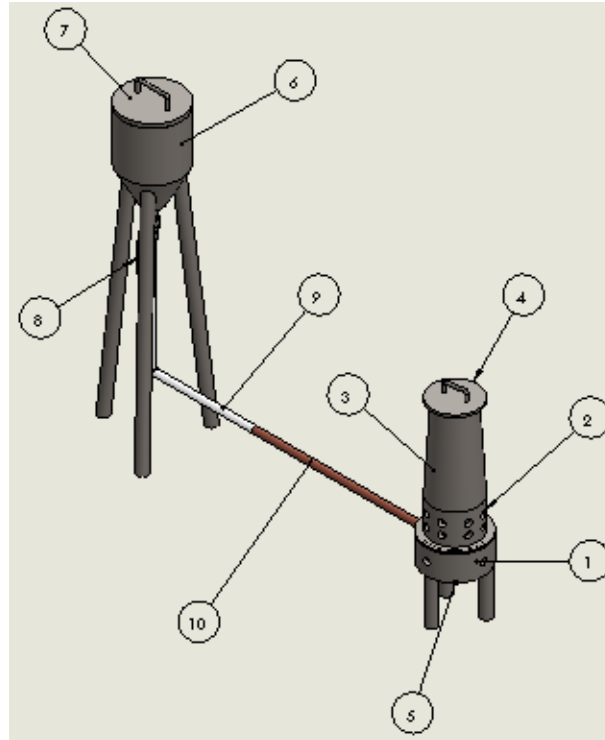
Figura 9. Diseño conceptual modelos Quemador 1 y 2.



Modelo Quemador 3 Este modelo se caracteriza por tener un depósito para el almacenamiento del aceite, el cual se conectará al quemador por medio de una manguera 400 mm y un tubo de cobre hueco de 400 mm de largo y en un extremo 200 mm en forma de espiral, el cual se conecta con el interior de la base del quemador. La base tiene 4 orificios de 12,5 milímetros de diámetro y apoyada sobre esta va la estructura parte inferior, la cual tiene 16 orificios del mismo diámetro, la

estructura parte superior es de forma cónica igual a la de los anteriores modelos.
Ver Figura 10.

Figura 10. Diseño conceptual modelo Quemador 3.



N° ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE QUEMADOR	1
2	ESTRUCTURA PARTE INFERIOR QUEMADOR	1
3	ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
4	TAPA ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
5	TAPÓN QUEMADOR	1
6	DEPÓSITO ACEITE	1
7	TAPA DEPÓSITO ACEITE	1
8	LLAVE DE PASO DEPÓSITO ACEITE REGISTRO 1/4 MILANO	1
9	MANGUERA DEPÓSITO ACEITE PVC TRANSPARENTE	1
10	TUBO DE COBRE DEPÓSITO ACEITE	1

Con base a los 3 diseños conceptuales, se realizó un análisis respecto a ciertos criterios para seleccionar el mejor modelo funcional. Primero se establecieron valores de calificación según el nivel de satisfacción de las necesidades del cliente, siendo 9 un valor alto, 4 un valor medio, 1 un valor bajo y 0 nulo. Los siguientes requerimientos se consideran básicos para un cliente sin importar el uso al cual vaya destinado el quemador:

- Seguridad.
- Practico.
- Mantenimiento.
- Tamaño.
- Peso.

Para la elección del diseño se tuvo en cuenta los siguientes criterios

- Combustión segura.
- Fácil manejo.
- Tiempo de operación.
- Fácil mantenimiento.

Después, con el despliegue de la función calidad se evalúan los parámetros de diseño como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz QFD para la elección del modelo.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA ELCCIÓN DEL MODELO REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE PARA ELCCIÓN DEL MODELO	Importancia del requerimiento	Combustión segura		Fácil manejo		Tiempo de operación		Fácil mantenimiento		Fácil reabastecimiento de AVU	
Seguridad	5	9	45	9	45	4	20	1	5	9	45
Práctico	4	1	4	4	16	1	4	3	12	4	16
Mantenibilidad	3	4	12	1	3	4	12	1	3	4	12
Tamaño	2	1	2	9	18	9	18	4	8	9	18
Peso	1	0	0	4	4	0	0	4	4	1	1
TOTAL			63		86		54		32		92

Esta tabla se realizó con el fin de establecer la importancia que tienen los requerimientos del diseño para la elección del modelo, en donde el parámetro más importante es el reabastecimiento del **AVU**. En la Tabla 7 se muestran los respectivos porcentajes para el valor de cada criterio.

Tabla 7. Criterios para la selección del mejor modelo.

CRITERIO	VALOR	PORCENTAJE (%)
Fácil reabastecimiento de AVU	92	28,13
Fácil manejo	86	26,3
Combustión segura	63	19,26
Tiempo de operación	54	16,51
Fácil mantenimiento	32	9,79
Total	327	100

Los modelos planteados anteriormente se evalúan respecto al valor de los criterios de la Tabla 7, teniendo en cuenta la escala de valoración en donde 5 es excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 malo y 1 muy malo. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Evaluación de los modelos.

CRITERIO	PUNTAJE	%	Modelo Quemador 1	Modelo Quemador 2	Modelo Quemador 3			
Fácil reabastecimiento de AVU	92	28,13	2	0,56	3	0,84	5	1,4
Fácil manejo	86	26,3	4	1,05	4	1,05	4	1,05
Combustión segura	63	19,26	4	0,77	4	0,77	5	0,96
Tiempo de operación	54	16,51	3	0,49	2	0,33	4	0,66
Fácil mantenimiento	32	9,79	3	0,29	3	0,29	4	0,39
TOTAL	327	100	16	3,16	16	3,28	22	4,46

Según los resultados obtenidos de la Tabla 8, la solución que más se adapta a las necesidades es la del Diseño conceptual del modelo Quemador 3, debido a que esta configuración nos proporciona un mejor funcionamiento que los otros modelos, ya que el aceite se va ir quemando a medida que se suministra y es más fácil el reabastecimiento de este debido se encuentra independiente del quemador.

Es importante tener en cuenta que para un quemador de este tipo el combustible este en buenas condiciones, en lo referente a la viscosidad y contenido de impurezas, ya que la calidad juega un papel fundamental en su funcionamiento.

6.1.4 Selección del tipo material. Según la norma EN 13501 estipulada por la unión europea en la década del 2000 se estableció una clasificación desde la A hasta la F de acuerdo con las propiedades que presentan los materiales respecto al fuego. El material seleccionado para el quemador se encuentra ubicado en la categoría A1, caracterizados por ser no combustibles y no contribuyentes al fuego, entre los cuales se encuentra el concreto, vidrio, acero, piedra natural y cerámicos.²²

Respecto a los datos anteriores se tiene que los materiales cerámicos y aceros son ideales para la construcción del quemador. Los materiales cerámicos se diferencian

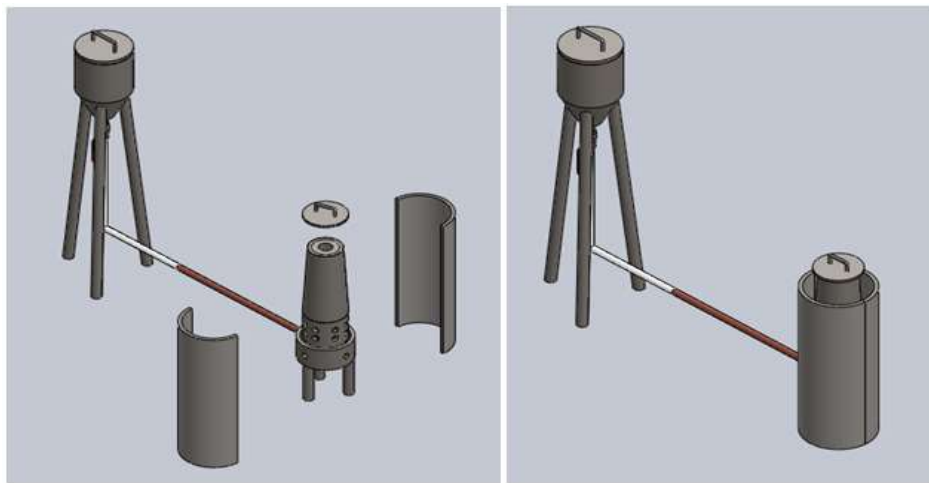
²² FRANCO, José. Cómo se clasifican los materiales ante un incendio: reacción y resistencia al fuego [sitio web]. ARCH DAILY. [Consultado: 10 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.archdaily.co/co/915593/reaccion-y-resistencia-al-fuego-como-se-clasifican-los-materiales-ante-un-incendio>

de los aceros por su baja conductividad térmica lo cual ayuda a la seguridad para el cliente, pero son mucho más frágiles.

Por otra parte, los aceros garantizan una mayor vida útil del quemador debido a que tiene una mayor resistencia mecánica, por esta razón el material escogido para el quemador fue el acero **ASTM A36**, que es una aleación de hierro la cual se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono menor al 0,29%, por ser de fácil soldabilidad, buena ductilidad, homogeneidad y buena resistencia mecánica²³.

6.1.4 Diseño del sistema de extinción de llama. Para este sistema se tiene una tapa en la estructura parte superior y debido a que es un quemador atmosférico se diseñó una carcasa que cubrirá en su totalidad todos los orificios de la base del quemador y de la estructura parte inferior, eliminando el flujo de aire y ahogando el proceso de combustión. Ver Figura 11.

Figura 11. Sistema de extinción de la llama.



²³ CIA. GENERAL DE ACEROS. Lámina A36 [sitio web]. [Consultado: 11 de febrero de 2020]. Disponible en : <https://www.cga.com.co/producto/lamina-a36/?fbclid=IwAR1sDWEf3Yu68ryGdR9mFsreJljj4lumCCXtCu2KUy-9Oh63bKSnBdBcAjo>

6.1.5 Construcción del modelo funcional. Inicialmente se realizaron las piezas y los planos en el software **CAD Solidworks** para modelados mecánicos 2D y 3D (Ver anexos), en donde se establecieron las dimensiones, el tipo de material y el calibre de cada una de las piezas que conforman el equipo. El proceso de construcción se llevó a cabo en un taller externo a la Universidad Industrial de Santander, se llevaron los materiales especificados en los planos y se dio inicio a la construcción.

Figura 12. Construcción de las piezas del modelo funcional



En la Figura 12 se muestran las piezas para el quemador luego de realizarles diversos procesos como soldadura, mecanizado, torneado y perforado, posteriormente se pulieron y soldaron para obtener el ensamble general del modelo funcional. Ver Figura 13 y Figura 14.

Figura 13. Soldado, mecanizado, torneado y perforado de las piezas.



Figura 14. Modelo funcional.



6.2 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE VEGETAL USADO

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizó el aceite vegetal usado proporcionado por el restaurante Ítaca ubicado en Floridablanca Santander. Se recolectaron muestras de aceite vegetal virgen y aceite residual de cocina, las cuales fueron

caracterizadas por la estudiante de maestría en Ingeniería Química Deyanira Ferreira Beltrán.

De acuerdo a los datos recopilados de la caracterización de cada muestra, se realizó una tabla con la información suministrada por la maestranda, basada en el capítulo 1 (Efecto del proceso de cocción sobre las propiedades de los aceites vegetales) de su proyecto de investigación titulado: Determinación del efecto de los procesos de cocción de aceites vegetales sobre el rendimiento del biodiesel²⁴.

Se analizaron cuatro propiedades fisicoquímicas importantes a tener en cuenta para trabajar con este tipo de aceites como combustibles, entre las que se encuentran la viscosidad dinámica, el índice de peróxidos, índice de acidez y el contenido de humedad como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. Propiedades fisicoquímicas de las muestras de aceite vegetal.

PROPIEDAD FISICOQUÍMICA	UNIDAD	ACEITE VIRGEN	ACEITE RESIDUAL	MÉTODO DE ANÁLISIS
VISCOSIDAD DINÁMICA	Cp	39,2 ± 0,68	47,68 ± 1,36	ASTM D2196
ÍNDICE DE PERÓXIDOS	mEq O ₂ / kg	0,89 ± 0,0004	5,9 ± 0,02	AOAC 965.33
ÍNDICE DE ACIDEZ	Mg KOH / g	0,08 ± 0,0007	3,14 ± 0,013	AOAC 940.28
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0,17 ± 0,02	0,22 ± 0,006	TERMOGRAVIMÉTRICO DE INTERFASE

Para las muestras recolectadas, la viscosidad dinámica se midió a una temperatura 40°C. De los resultados se observa que la muestra de aceite residual aumenta con

²⁴ FERREIRA BELTRÁN, Deyanira. Determinación del efecto de los procesos de cocción de aceites vegetales sobre el rendimiento del biodiesel. Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería Química. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. 2020.

respecto a la muestra de aceite virgen, pero se mantiene en un rango óptimo. A partir de la caracterización obtenida, el aceite fluye, así como a temperatura ambiente que es a la cual el aceite va a estar en el tanque de almacenamiento.

Cuando los aceites vegetales son sometidos a procesos de cocción, se generan una cantidad infinita de reacciones. El índice de peróxidos, nos indica el estado de oxidación inicial de un aceite²⁵. El valor aumentó considerablemente, lo que indica que el aceite se ha degradado, es decir, no es recomendable para el consumo. Si se tiene un mayor índice de peróxidos, menor será la capacidad antioxidante del aceite, pero esto indica que será más rápido llegar al punto de ignición para obtener la energía térmica necesaria en este proyecto.

El contenido de humedad de la muestra de aceite residual aumenta muy poco con respecto a la de aceite virgen, gracias a su forma de almacenamiento, ya que si el aceite se protege correctamente de los agentes externos, este porcentaje no cambiará en gran medida así como su punto de ignición.

De acuerdo con el análisis de los resultados de la caracterización del aceite vegetal virgen y residual del restaurante Ítaca, se determina que este se encuentra en óptimas condiciones para la obtención de energía térmica.

Posterior al análisis de la caracterización se realizó una prueba experimental para comprobar que este tipo de aceite vegetal usado se puede utilizar como combustible para el quemador, por lo cual fue sometido a un proceso de calentamiento para obtener energía térmica. Para finalizar se concluye en la práctica que este aceite vegetal usado gracias a su alta cantidad de peróxidos logra una combustión rápida y sirve para ser utilizado como combustible para el quemador.

²⁵ HANNA INSTRUMENTS. Determinación del índice de peróxidos. [sitio web]. [Consultado: 15 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos>

6.3 MECANISMO DE IGNICIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA REACCIÓN EN CADENA

“La combustión es una reacción química entre una sustancia o material combustible y un compuesto comburente”²⁶, que en este caso es el aceite vegetal usado y el oxígeno. Este fenómeno ocurre gracias a la generación de calor y posteriormente su ignición.

Cuando el aceite vegetal usado es sometido a un proceso de calentamiento y se encuentra en contacto con el aire, este comienza a oxidarse, a medida que aumenta la temperatura, se oxidará mucho más rápido²⁷.

Para precalentar el sistema y producir la mezcla de aire-combustible, se utilizó en primera instancia Etanol al 96% como fuente de energía para el quemador, el cual va en el fondo de la base del quemador, con el fin de que al encenderse comience a calentar el tubo de cobre por donde viene el aceite del depósito y después de unos minutos se genere la ignición, este proceso dura aproximadamente entre 3 a 4 minutos.

Posterior a esto se observa que cierta parte del aceite cambia a estado gaseoso y al reaccionar con el aire y el etanol genera la llama, la cual después de un tiempo se estabiliza y desarrolla a lo largo de la estructura del quemador gracias a la configuración establecida para el flujo de aire.

Después de producirse la combustión, el mantenimiento de la reacción en cadena se hace por sí solo, debido a que el quemador cuenta con un sistema para el

²⁶ MEDINA ZUÑIGA, Fernando Antonio. La combustión de sustancias peligrosas inflamables y su almacenamiento seguro [en línea]. Prevención integral. Chile. [Consultado: 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2007/combustion-sustancias-peligrosas-inflamables-su-almacenamiento-seguro>

²⁷ BARRERA TRUJILLO, Virginia. Caracterización de residuos industriales (UF0288). Editorial Elearning. Página 145. [Consultado el 24 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3dM7zVE>

suministro del aceite, en el cual hay una llave de paso que se gradúa proporcionalmente hasta obtener una llama constante, se evidencia que en cierto punto el mecanismo de ignición deja de actuar pero la llama se mantiene, es decir que se presenta una ignición espontánea al momento en que esta sea constante,

Es importante tener en cuenta que dependiendo de las condiciones a las cuales se encuentra almacenado el aceite vegetal usado y que en muchos casos el calor desprendido por la oxidación no tiene facilidad para disiparse.

6.4 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL MODELO FUNCIONAL MEDIANTE EL PROTOCOLO WBT

La **WTB** (Water boiling test), es una prueba de ebullición del agua, en donde se simula el proceso de cocción para medir la eficiencia de una estufa al utilizar un determinado combustible. Esta prueba consta de tres fases que son:

- Fase 1: Alta potencia de inicio frío.
- Fase 2: Alta potencia de inicio caliente.
- Fase 3: Fuego lento.

Para la fase 1 se utilizó la estufa (Modelo funcional) a temperatura ambiente, el combustible es previamente pesado y se utiliza para hervir una cantidad medida de agua (698 g) en un olla estándar, posterior a esto se inicia la fase 2 mientras la estufa se encuentra caliente, en donde nuevamente se utiliza el combustible previamente pesado para hervir una cantidad medida de agua pero esta fase es solamente para estufas con elevada masa térmica, las cuales requieren de un tiempo elevado de calentamiento. Para finalizar la fase 3 consiste en dejar 5 litros

de agua durante 45 minutos a fuego lento con el fin de simular el tiempo de cocción de legumbres y leguminosas comúnmente a nivel mundial²⁸.

Debido a los parámetros establecidos se optó por no realizar las pruebas para las fases 2 y 3, ya que este modelo funcional no trabaja con una elevada cantidad de masa, es decir, con posibles recubrimientos cerámicos y también porque la prueba de fuego lento no contribuye con datos relevantes para la eficiencia térmica del modelo funcional. Para esta prueba se necesitaron los siguientes implementos:

- Una olla estándar para depositar el agua.
- Agua previamente pesada.
- combustible (aceite vegetal usado).
- Balanza.
- Termómetro.

Se pesó la cantidad de agua que se utilizó para ser hervida y también el combustible, esto con el fin de seguir con los parámetros iniciales que establece el protocolo. Posteriormente se adecuó una estructura con una parrilla al modelo funcional del quemador para poder realizar el Protocolo WBT.

Luego se dio inicio a la prueba casera, en donde se contabilizó el tiempo que tardó el equipo en comenzar a hervir una cantidad establecida de agua, partiendo de una cantidad de combustible (**AVU**) de 45 g en el quemador puesto a prueba, con una

²⁸ CLEAN COOKING ALLIANCE. Protocolo WBT 4.2.3 [en línea]. 19 de marzo de 2014. [Consultado el 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3IOuMew>

cantidad de agua equivalente a 698 g, el modelo funcional tardó un tiempo de 14,35 minutos en comenzar a hervir el agua.

Al suministrar los datos en una plantilla de Excel definida para el Protocolo **WBT** (Ver Anexo 2), se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación. Ver Figura 15.

Figura 15. Resultados Protocolo WBT.

Calculations/Results	Units	COLD START	
		data	label
Fuel consumed (moist)	g	45	f_{cm}
Net change in char during test	g	25	Δc_c
Equivalent dry fuel consumed	g	45	f_{cd}
Water vaporized from all pots	g	30	w_{cv}
Effective mass of water boiled	g	661	w_{cr}
Time to boil Pot # 1	min	15	Δt_c
Temp-corr time to boil Pot # 1	min	14	Δt_c^T
Thermal efficiency	%	16%	h_c
Burning rate	g/min	3,1	r_{cb}
Specific fuel consumption	g/liter boiled	68	SC_c
Temp-corr sp consumption	g/liter	67,20751829	SC_c^T
Temp-corr sp energy consumpt.	kJ/liter	2.668	SE_c^T
Firepower	watts	2037	FP_c

La temperatura pasó de 21 grados a 96 grados y alcanzó a evaporar una cantidad de 30 gramos, gracias a estos datos la eficiencia térmica del equipo es del 16%, lo cual quiere decir que esta es la cantidad de calor que se convierte en trabajo. Para el modelo funcional (Quemador) es un buen resultado debido a que es muy difícil

convertir la energía térmica en energía mecánica y es por esto que la eficiencia por lo general suele ser inferior o muy inferior al 50%²⁹.

Por otra parte, el poder llama (Firepower) es 2037 watts, el cual expresa que tan rápido se quema el combustible (AVU) en el equipo, no influye en el funcionamiento si este valor es bajo o alto sino que es un indicador del tamaño del equipo³⁰.

Después de haber calculado la eficiencia térmica del modelo funcional implementando el Protocolo WBT, se calculó la efectividad de este respecto a una estufa de gas convencional, en donde se utilizó la misma cantidad de agua y se contabilizó el tiempo que tardó en comenzar a hervir, esto con el fin de realizar una relación respecto al tiempo empleado con el quemador, el cual fue de 875 segundos.

El tiempo que tardó la estufa en comenzar a hervir el agua fue de 706 segundos. Para hallar la efectividad se relacionó el tiempo que tardó la estufa a gas respecto al del modelo funcional como se observa a continuación:

$$Efectividad = \frac{T_{estufa\ a\ gas}}{T_{modelo\ funcional}} \quad (7)$$

$$Efectividad = \frac{706\ segundos}{875\ segundos}$$

$$Efectividad = 0,806 = 80,6 \%$$

²⁹ CONNOR, Nick. Fórmula de eficiencia térmica [en línea]. THERMAL ENGINEERING. (13 de enero de 2020). [Consultado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-formula-de-eficiencia-termica-definicion/>

³⁰ CLEAN COOKING ALLIANCE. Protocolo WBT 4.2.3 [en línea]. 19 de marzo de 2014. [Consultado el 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3IOuMew>

Por lo tanto el modelo funcional tiene una efectividad de 80,6% respecto a una estufa a gas convencional, lo cual quiere decir que este equipo es una buena fuente para la obtención de energía térmica.

6.5 ANÁLISIS FINANCIERO, TÉCNICO Y AMBIENTAL DEL QUEMADOR

Se realizaron tres tipos de análisis con el fin de evaluar y comparar económica, técnica y ambientalmente el quemador de aceite vegetal usado propuesto frente a otros tipos de combustibles.

6.5.1 Evaluación económica

Valoraciones y costos. El quemador es de tipo atmosférico de aire inducido, produce energía térmica utilizando como combustible el aceite vegetal usado, esta materia prima aparte de ser muy económica, tiene buenas características respecto al proceso de combustión.

El aceite que se utilizó es de palma, el cual tiene un precio aproximado de 4.120 pesos por litro cuando es virgen, pero cuando este es usado para la cocción de alimentos, después de un tiempo las personas no saben qué hacer con este y en diferentes ocasiones es arrojado a las cañerías, donde posteriormente va al medio ambiente, causando un impacto negativo ya que es altamente contaminante.

El uso de este residuo para generar energía térmica es una gran ventaja, aunque en diversas ocasiones como por ejemplo en el ámbito industrial, los restaurantes suelen venderlo por grandes cantidades, en donde el litro lo pagan aproximadamente en 1000 pesos, resulta más rentable aprovecharlo como fuente de energía, en este caso para el quemador.

Los costos totales del equipo son los mostrados en la Tabla 10. En donde el material de construcción es acero **ASTM A36** recubierto con una capa de pintura de alta temperatura, una manguera de pvc transparente, un tubo de cobre de 5/16” y una llave de registro 1/4” milano, así como la mano de obra y el uso de herramientas como la pulidora y el torno, para un total de 505.000 pesos colombianos.

Tabla 10. Tabla de presupuestos.

ITEM	COSTOS
Material	200.000
Accesorios	40.000
Torno	50.000
Mano de obra	150.000
Pintura de alta temperatura	20.000
Otros	45.000
TOTAL	505.000

Depreciaciones. La duración del equipo depende directamente del uso al cual sea sometido, el quemador ha sido diseñado con un acero **ASTM A36**, el cual se caracteriza por ser una aleación de hierro con un bajo contenido de carbono, por lo tanto, su vida útil se extenderá de acuerdo a la frecuencia con la cual se le realice su respectivo mantenimiento.

Con respecto al tiempo, este equipo puede depreciarse debido a posibles optimizaciones o desarrollos de equipos similares en los que incluyan avances tecnológicos para mejorar la obtención de energía térmica a partir del aceite vegetal usado, sin embargo, este equipo será la base para el posible desarrollo de estos.

Rentabilidad. La rentabilidad del quemador se evaluó principalmente respecto al costo que tiene utilizar otros tipos de combustibles presentes en la actualidad, ya que el objetivo principal es la obtención de energía térmica, entre los que se encuentran: el gas natural o gas butano, la gasolina y el diesel.

El gas natural es utilizado en la mayoría de las cocinas, el valor en Colombia, específicamente en el municipio de Floridablanca, para un estrato 4 es de \$1.714 pesos el m³, si se utilizara este tipo de combustible para el quemador, al mes se pagaría lo equivalente a la cantidad de tiempo que se va a utilizar, de las pruebas realizadas anteriormente se obtuvo que la efectividad del modelo funcional respecto a una estufa de gas es de 80,6%, mediante una prueba en la cual se midió el tiempo en comenzar a hervir una cantidad de agua previamente pesada y el consumo de gas en litros, el cual para un tiempo de 706 segundos equivale a 24 litros, los cuales tienen un valor de 41,13 pesos colombianos, es decir que resulta mucho más económico aprovechar el aceite vegetal usado como fuente para el quemador, ya que este residuo en muchos casos es arrojado a las cañerías o entregado en puntos limpios sin ningún costo, lo que significa que al implementar este tipo de combustible para la obtención de energía térmica, se reducirían considerablemente los costos.

Por otra parte el valor del galón de gasolina en las principales ciudades de Colombia a partir del 11 de julio de 2020 es de \$7.998 pesos³¹, el diesel ronda por unos valores inferiores pero no muy distantes. Una estufa alimentada por gasolina tiene un consumo aproximado de 225 cm³/h, los cuales equivalen a 463 pesos colombianos por cada hora de funcionamiento.

Por otra parte, no existen modelos registrados de estufas que trabajen con diesel como combustible, por lo tanto el modelo funcional diseñado tiene una eficiencia térmica del 16%, lo que significa que si lo comparamos con la cantidad de aceite vegetal usado que utilizamos para obtener determinada cantidad de energía térmica respecto a los otros combustibles es una gran alternativa sobre todo contemplando que el aceite vegetal usado es considerado en muchas ocasiones como un desperdicio.

³¹ DINERO. Sube precio promedio de la gasolina en 13 principales ciudades de Colombia [sitio web]. [Consultado: 25 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.dinero.com/actualidad/articulo/precio-de-la-gasolina-en-colombia-en-julio-de-2020/292331>

6.5.2 Evaluación técnica. El modelo funcional para la obtención de energía térmica consta de tres subsistemas (Ver Anexo 3), el quemador, el suministro de combustible (AVU) y el sistema de extinción de la llama para un consumo aproximado de $320 \text{ cm}^3/\text{h}$ de aceite vegetal usado, el cual requiere de etanol al 96% como mecanismo de ignición, este equipo está diseñado para funcionar en instalaciones con poca corriente de aire, debido a que el flujo necesario para la combustión es inducido por la configuración de orificios diseñados para éste.

Las pruebas realizadas para obtener las características y datos de funcionamiento registrados del equipo fueron realizadas en la ciudad de Bucaramanga Santander, una ciudad con una altitud de 959 m respecto al nivel de mar, con una temperatura de aire de 25°C y una humedad relativa del aire del 86%.

El material seleccionado fue acero **ASTM A36**, el cual es una aleación de hierro, caracterizado por ser de fácil soldabilidad, buena ductilidad, homogeneidad, buena resistencia mecánica y económico, con un recubrimiento de pintura de alta temperatura, las dimensiones y calibres de cada pieza están especificados en los planos. Ver Anexo 3.

Para el diseño de este proyecto se partió del número de orificios que se necesitan para que entre el aire necesario al proceso de combustión, realizando un balance estequiométrico para encontrar la relación aire-combustible de la cual se concluyó que a una presión de 90 kpa y temperatura de 25°C , se necesitan 11.43 ml de aire por cada ml de aceite vegetal usado, luego se planteó una parametrización entre configuraciones de diferentes números de orificios para el quemador y una configuración con un solo orificio al cual se le introducía una corriente de aire forzada por un ventilador de 5V DC y 0.14 A, este fue montado en un circuito el cual permitía variar su potencia para obtener la deseada, los resultados para estas pruebas finalizaron en que se necesita una configuración de 20 orificios para obtener la cantidad de aire planteada en la parte del balance estequiométrico y esta

configuración se aproximaba a una velocidad de aire entregada por el ventilador previamente mencionado de 2.0 m/s.

Posteriormente se plantearon 3 diseños para el modelo funcional, cada uno de ellos con una configuración de 20 orificios, de los cuales se escogió por medio de una matriz QFD y la respectiva evaluación de las alternativas, un diseño que se distinguía de los otros debido a que permitía el fácil reabastecimiento del aceite vegetal usado y se lograba aumentar el tiempo de operación.

Por último, se diseñó un sistema de extinción de la llama para el equipo que consiste en una carcasa que cubre los orificios del quemador y una tapa en la parte superior de este, que es por donde sale la llama, logrando cortar el flujo del aire y ahogando el proceso de combustión.

El combustible que se va a utilizar para la obtención de energía térmica es aceite vegetal usado de palma, para el estudio de este se utilizaron muestras suministradas por el restaurante Ítaca de la ciudad de Floridablanca Santander, se analizaron sus principales propiedades fisicoquímica de las cuales junto con una prueba experimental se concluyó que éste aceite vegetal usado logra una combustión rápida y sirve para ser utilizado como combustible.

Para los datos de funcionamiento así como las características del modelo funcional, se llevó a cabo el Protocolo WBT (Water Boiling Test), el cual consiste en contabilizar el tiempo que tarda el equipo en comenzar a hervir una cantidad de agua con una cantidad de combustible, ambos previamente pesados, se obtuvo que la eficiencia térmica del equipo es del 16% y tiene un poder de llama de 2037 watts, finalmente se hizo una relación del modelo funcional respecto a una estufa a gas convencional, en donde se realizó una prueba similar contabilizando el tiempo en comenzar a hervir la misma cantidad de agua que se utilizó en el Protocolo **WBT** y

se obtuvo una efectividad del 80,6%, lo cual indica que este equipo es una buena fuente para la obtención de energía térmica.

6.5.3 Evaluación ambiental. Para este análisis se tuvo en cuenta el impacto que genera el AVU como residuo al medio ambiente, debido a que en diferentes ocasiones las personas no saben qué hacer con este tipo de desecho el cual es altamente contaminante.

“Como fuente de contaminación, un litro de aceite usado contiene aproximadamente 5000 veces más carga contaminante que el agua residual que circula por las alcantarillas y redes de saneamiento y puede llegar a contaminar 40.000 litros de agua, que es equivalente al consumo de agua anual de una persona en su domicilio”³²

Esto quiere decir que con muy poca cantidad de AVU, se contaminan grandes cantidades de agua, una de las principales causas de contaminación proviene de los hogares, ya que en estos lugares diariamente se genera este residuo y al ser una cantidad poco considerable, resulta fácil para las personas arrojarlo a las cañerías o directamente al medio ambiente, sin pensar en el gran impacto que esto puede ocasionar.

Este modelo funcional se basa en la obtención de energía térmica a partir del aceite vegetal usado, lo cual es una muy buena alternativa ya que reutilizar este desecho ayuda en gran medida a reducir la contaminación. Al finalizar este proceso queda cierta cantidad de **AVU**, que pierde sus principales características para ser utilizado como combustible, por lo que es recomendable almacenarlo para luego ser entregado en los respectivos puntos ecológicos autorizados.

³² GONZÁLES, Íñigo y GONZÁLES, José A. Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras. [Consultado: 17 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>

7. CONCLUSIONES

El aceite vegetal usado presenta un elevado contenido de peróxidos, esto indica que se ha degradado y por lo tanto no es recomendable para el consumo, pero si para ser utilizado como combustible para el quemador debido a que estas partículas ayudan a que el aceite alcance más rápido su punto de ignición.

Se estableció mediante una parametrización que la configuración de 20 orificios presentó los resultados aproximados al flujo de aire establecido estequiométricamente de $3657,6 \text{ cm}^3/\text{h}$, en donde el combustible (**AVU**) encendió rápidamente y el proceso de combustión se mantuvo constante por más tiempo, para esta configuración la velocidad del aire es aproximadamente de 2 m/s , la cual corresponde a la entregada por un ventilador Techman Model VN-375 DC 5V / 0,14A, a una potencia de $0,350 \text{ W}$.

Al realizar el protocolo **WBT** (Water Boiling Test) en el modelo funcional, se obtuvo una eficiencia térmica del 16%, un poder de llama de 2037 watts y una efectividad del 80,6% medida respecto a una estufa de gas convencional, resultados que indican que este equipo sirve como fuente para la obtención de energía térmica.

El mecanismo de ignición es muy importante para el funcionamiento del quemador, debido a que se necesita de un precalentamiento para producir la mezcla de aire-combustible, se estableció etanol al 96% ya que es altamente inflamable y realiza este proceso mucho más rápido que otros alcoholes.

Utilizar el aceite vegetal usado como combustible para el quemador es una gran alternativa, ya que este respecto a otros tipos de combustibles no genera ningún costo para el funcionamiento del equipo. Por otra parte es considerado como un desperdicio altamente contaminante, por lo tanto al utilizarlo como combustible se reduce la contaminación que se puede presentar si se da un mal uso a este residuo.

8. RECOMENDACIONES

Realizar una optimización de este modelo funcional para implementarlo a tareas específicas, tales como calentar un recinto o utilizarlo dentro de una cocina.

Diseñar un recubrimiento aislante en las superficies de posible contacto para cuando se requiera desmontar el equipo después de apagado, para evitar posibles accidentes.

Se recomienda que para un buen funcionamiento del quemador las tuberías de aceite permanezcan limpias, también que el combustible llegue a la temperatura adecuada y mantener el flujo de aire apropiado para mantener la relación de aire combustible deseada y garantizar una buena llama.

BIBLIOGRAFÍA

BARRERA TRUJILLO, Virginia. Caracterización de residuos industriales (UF0288). Editorial Elearning. Página 145. [Consultado el 24 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3dM7zVE>

CIA. GENERAL DE ACEROS. Lámina A36 [sitio web]. [Consultado: 11 de febrero de 2020]. Disponible en : <https://www.cga.com.co/producto/lamina-a36/?fbclid=IwAR1sDWEf3Yu68ryGdR9mFsreJljj4lumCCXtCu2KUy-9Oh63bKSnBdBcAjo>

CLEAN COOKING ALLIANCE. Protocolos. PROTOCOLO WBT 4.2.3 [en línea]. 19 de marzo de 2014. [Consultado el 2 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3lOuMew>

CONNOR, Nick. Fórmula de eficiencia térmica [en línea]. THERMAL ENGINEERING. (13 de enero de 2020). [Consultado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-formula-de-eficiencia-termica-definicion/>

DINERO. Sube precio promedio de la gasolina en 13 principales ciudades de Colombia [sitio web]. [Consultado: 25 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.dinero.com/actualidad/articulo/precio-de-la-gasolina-en-colombia-en-julio-de-2020/292331>

FERREIRA BELTRÁN, Deyanira. Determinación del efecto de los procesos de cocción de aceites vegetales sobre el rendimiento del biodiesel. Trabajo de investigación para optar al título de Magister en Ingeniería Química. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. 2020.

FRANCO, José. Cómo se clasifican los materiales ante un incendio: reacción y resistencia al fuego [sitio web]. ARCH DAILY. [Consultado: 10 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.archdaily.co/co/915593/reaccion-y-resistencia-al-fuego-como-se-clasifican-los-materiales-ante-un-incendio>

GARCÍA DE LA CRUZ. Puntos de humo de los aceites comestibles. [sitio web]. Toledo. 5 de septiembre de 2017. [Consultado: 19 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.aceitesgarciaidelacruz.com/puntos-de-humo-de-los-aceites-comestibles/>

GONZÁLES, Íñigo y GONZÁLES, José A. Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras. [Consultado: 17 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>

HANNA INSTRUMENTS. Determinación del índice de peróxidos. [sitio web]. [Consultado: 15 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos>

JUÁREZ, María Daniela; SAMMAN, Norma. Aceite de fritura. En: El deterioro de los aceites durante la fritura: Rev Esp Nutr Comunitaria [en línea]. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, 2007. vol.13, nro. 2. p. 82-94. [Consultado: 7 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>

JUÁREZ, María Daniela; SAMMAN, Norma. Reacciones que tienen lugar durante la fritura en profundidad [imagen]. El deterioro de los aceites durante la fritura. Argentina: Rev Esp Nutr Comunitaria. 2007. p. 87. [Consultado: 8 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>

MEDINA ZUÑIGA, Fernando Antonio. La combustión de sustancias peligrosas inflamables y su almacenamiento seguro [en línea]. Prevención integral. Chile. [Consultado: 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2007/combustion-sustancias-peligrosas-inflamables-su-almacenamiento-seguro>

MUÑOZ LLORET, Adrián. Arduino: Control de un motor con velocidad variable [blog]. Aprendiendo a programar entre todos. 9 de julio de 2014. [Consultado: 14 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://resolviendoejerciciosdeprogramacion.blogspot.com/2014/07/arduino-control-de-un-motor-con.html>

PATIÑO, Sandra. ¿Por qué es considerado el aceite usado un residuo peligroso? [blog]. Los residuos peligrosos. Colombia. 4 de noviembre de 2016. [Consultado: 7 de octubre de 2019]. Disponible en: http://residuos peligrosos10d.blogspot.com/2016/11/el-aceite-usado-un-residuo-peligroso_4.html

PATIÑO, Sandra. El aceite usado, un residuo peligroso [blog]. Los residuos peligrosos. Colombia. 4 de noviembre de 2016. [Consultado: 7 de octubre de 2019]. Disponible en: http://residuos peligrosos10d.blogspot.com/2016/11/el-aceite-usado-un-residuo-peligroso_4.html

RIMAC. Fuentes de ignición [sitio web]. Lima. [Consultado: 10 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://prevencionrimac.com/riesgopatrimoniales/Herramientas/Causa-siniestros/Incendios/Fuentes-ignicion>

TORRE, Fabiana. Mantenimiento y ensayos de equipos electromecánicos [blog]. Combustibles-Tipos-Characterísticas. Argentina. 8 de agosto de 2016. [Consultado:

8 de octubre de 2019]. Disponible en:
<https://sites.google.com/site/mantenimientoenseqelectrom/home/mantenimiento-para-usuarios>

TORRE, Fabiana. Suministro de aire en los quemadores [imagen]. Mantenimiento y ensayos de equipos electromecánicos. Argentina: Blog. 8 de agosto de 2016. [Consultado: 10 de octubre de 2019]. Disponible en:
<https://sites.google.com/site/mantenimientoenseqelectrom/home/mantenimiento-para-usuarios>

UNIPALMA S.A. Aceite de palma: Composición típica de los ácidos grasos [sitio web]. [Consultado: 14 de febrero de 2020]. Disponible en:
https://www.unipalma.com/aceite-de-palma?fbclid=IwAR2wF8Waf5ONZpRViB3Hb_WFOGKZ58wyfa0fhB0-m0wXYuiYZ9jx1tQHnLA

ANEXOS

ANEXO 1. CÓDIGO ARDUINO Y CIRCUITO PARA LA VARIACIÓN DE LA POTENCIA EN EL VENTILADOR

```
int motor=3;      //Declara Pin del motor

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Eliga de 0 a 9 la velocidad de giro del motor");
}

void loop() {

  // Si hay algun valor en la Consola Serial
  if (Serial.available()){

    //Variable donde se guarda el caracter enviado desde teclado
    char a = Serial.read();

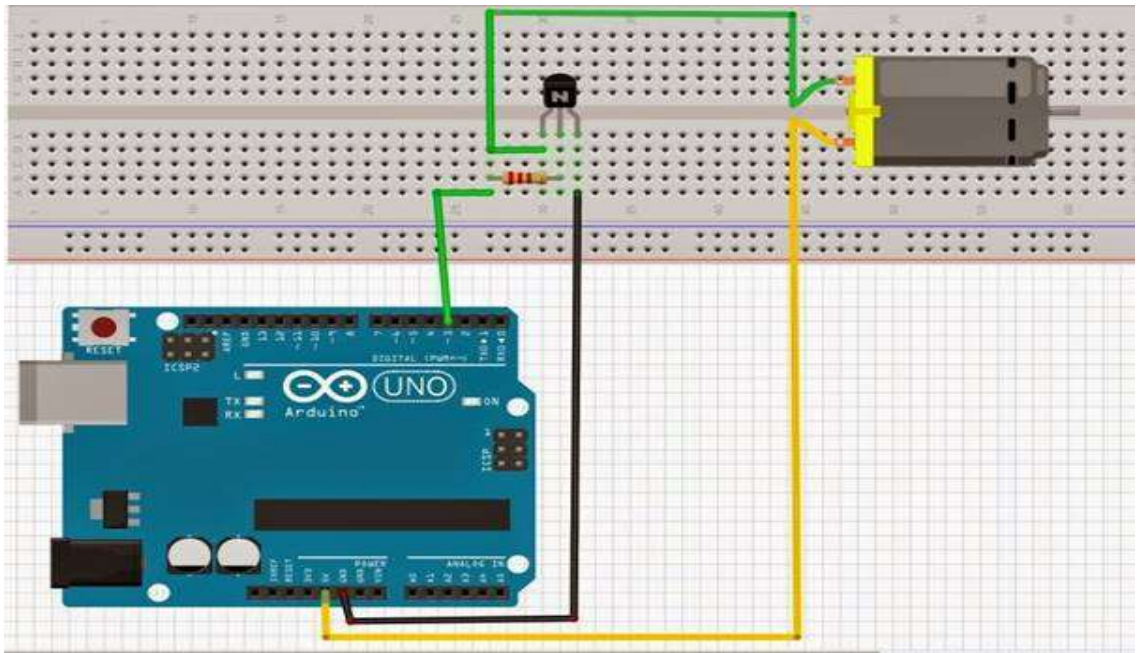
    // Si el caracter ingresado esta entre 0 y 9
    if (a>='0' && a<='9'){

      //Variable para escalar el valor ingresado a rango de PWM
      int velocidad = map(a, '0', '9', 0, 255);
      //Escritura de PWM al motor
      analogWrite(motor, velocidad);
      //Mensaje para el usuario
      Serial.print("El motor esta girando a la velocidad ");
      Serial.println(a);
      Serial.println(velocidad);

    } else {

      Serial.print("Velocidad invalida");
      Serial.println(a);

    }
  }
}
```



ANEXO 2. PLANTILLA PARA DATOS Y RESULTADOS DEL PROTOCOLO WBT

Water Boiling Test - General Information

Test & stove description	
Name of Tester(s)	José Sebastián Domínguez, Juan David Rivera
Test Number or Code	1
Test Dates	2/09/2020
Test Year	2020
Test Location	Bucaramanga Santander
Replicate Test Number	
Altitude/Elevation (m)	959
Stove Type/Model	Atmospheric Stove
Manufactured by	José Sebastián Domínguez, Juan David Rivera
Description and Notes	
Description of Pot(s)	
Ambient conditions	
Air relative humidity (%)	96
Local boiling point (C)	96,8

Version 4.2.4

Fuel description	
Your general description	
Fuel type	Kerosene
Fuel description	Unit
Average length (cm)	
Cross-sectional dimensions (cm x cm)	
<i>Default values (looked up)</i>	
Gross calorific value	43.300 HHV, kJ/kg
Net calorific value	39.700 LHV, kJ/kg
Char calorific value	- LHV, kJ/kg
Char carbon content	95% by mass
<i>if possible, enter a calorific value from measurements of local fuel below.</i>	
<input type="checkbox"/> Check box if you have a measured calorific value	
Measured gross calorific value	HHV measured, kJ/kg
Measured net calorific value	LHV, kJ/kg
Assumed net calorific value	LHV, kJ/kg
Values to be used for tests	
Gross calorific value	43.300 HHV, kJ/kg
Net calorific value	39.700 LHV, kJ/kg
Fuel carbon content	0,849, by mass

Initial Test Conditions

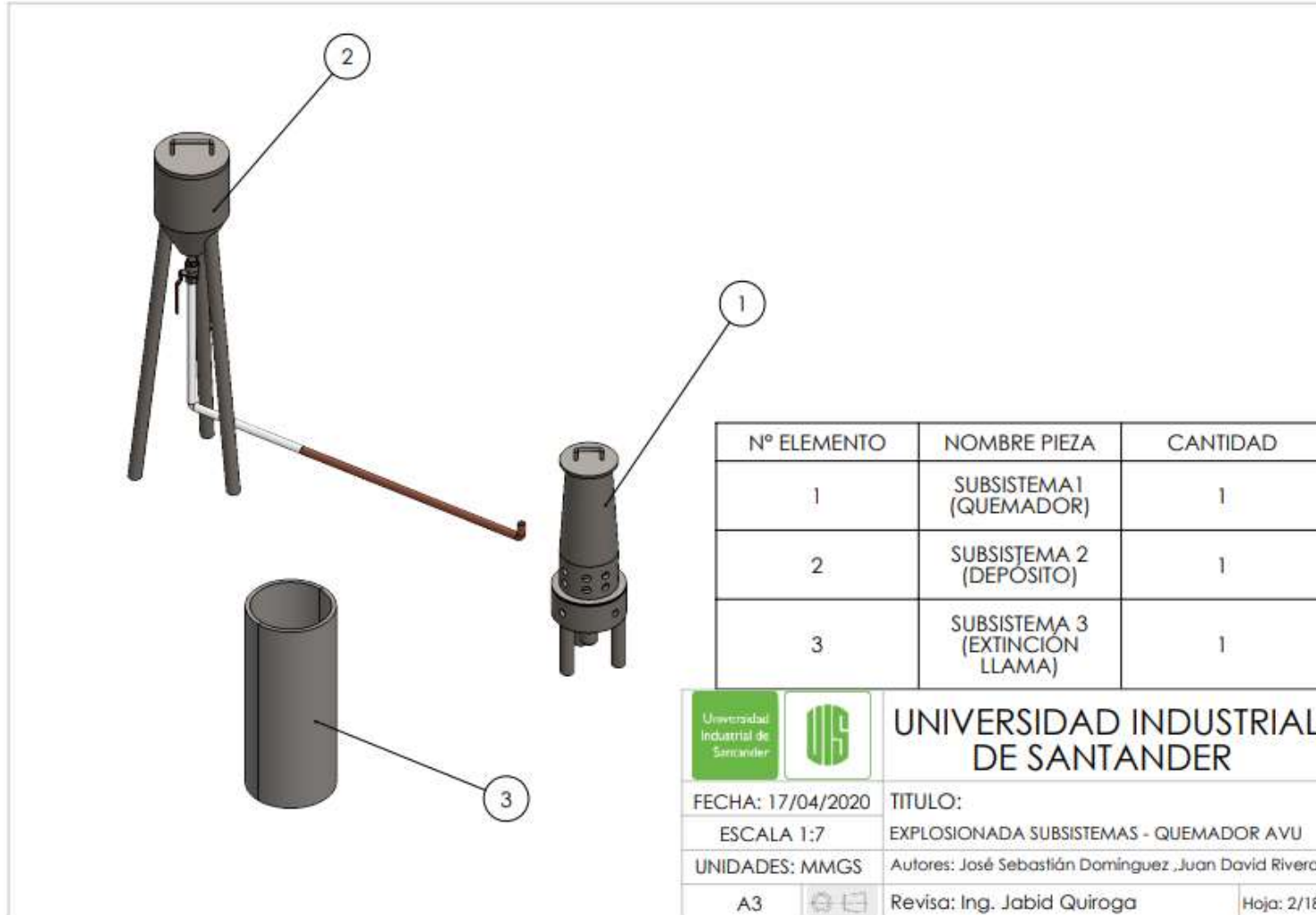
Data	value	units	label	Data	value	units	label
Air temperature	25,0	°C		Dry weight of Pot # 1 (grams)	244	g	P1
Wind conditions	Light breeze			Dry weight of Pot # 2 (grams)		g	P2
Fuel dimensions				Dry weight of Pot # 3 (grams)		g	P3
Fuel moisture content (wet basis)	0%	%	MC	Dry weight of Pot # 4 (grams)		g	P4
Gross calorific value (dry fuel)	43.300	kJ/kg	HHV	Weight of container for char (grams)	18	g	k
Net calorific value (dry fuel)	39.700	kJ/kg	LHV	Local boiling point	96,8	°C	T _b
Effective calorific value (accounting for fuel moisture)	39.607	kJ/kg	EHV	Background concentrations: CO ₂		ppm	CO _{2,b}
Char calorific value	-	kJ/kg		CO		ppm	CO,b
				PM		ug/m3	PM,b

TEST #1 1	Units	COLD START HIGH POWER			
		Start		Finish: when Pot #1 boils	
		data	label	data	label
Measurements					
Time (in 24 hour form)	hr:min	12:30	t _s	12:44	t _e
Weight of fuel	g	55	t _f	10	t _e
Water temperature, Pot # 1	°C	21,0	T1 _s	96,0	T1 _e
Water temperature, Pot # 2	°C		T2 _s		T2 _e
Water temperature, Pot # 3	°C		T3 _s		T3 _e
Water temperature, Pot # 4	°C		T4 _s		T4 _e
Weight of Pot # 1 with water	g	942	P1 _s	912	P1 _e
Weight of Pot # 2 with water	g		P2 _s		P2 _e
Weight of Pot # 3 with water	g		P3 _s		P3 _e
Weight of Pot # 4 with water	g		P4 _s		P4 _e
Fire-starting materials (if any)	-				
Weight of charcoal-container	g			43	c _e
Average CO ₂	ppm				CO _{2,b}
Average CO	ppm				CO _b
Average PM	ug/m3				PM _b
Average Duct Temperature	°C				T _{duct}
Total CO ₂ (if available)	g				m _{CO₂,t}
Total CO (if available)	g				m _{CO,t}
Total PM (if available)	g				m _{PM,t}

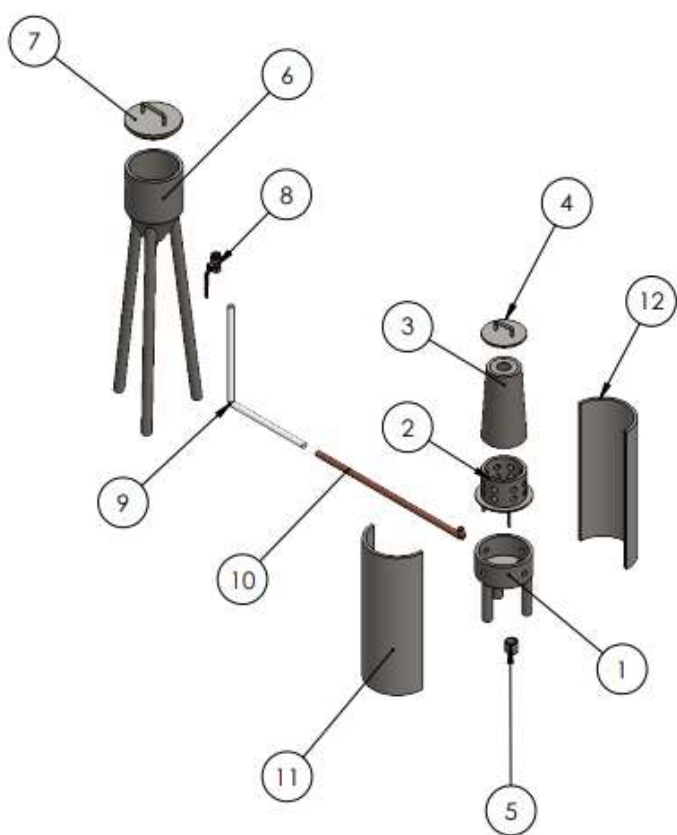
Calculations/Results	Units	COLD START	
		data	label
Fuel consumed (moist)	g	45	f _{cm}
Net change in char during test	g	25	Δc _c
Equivalent dry fuel consumed	g	45	f _{cd}
Water vaporized from all pots	g	30	w _{cv}
Effective mass of water boiled	g	661	w _{ce}
Time to boil Pot # 1	min	15	Δt _c
Temp-corr time to boil Pot # 1	min	14	Δt _c ^T
Thermal efficiency	%	16%	η _c
Burning rate	g/min	3,1	f _{cb}
Specific fuel consumption	g/liter boiled	68	SC _c
Temp-corr sp consumption	g/liter	67,20751829	SC _c ^T
Temp-corr sp energy consumpt	kJ/liter	2.668	SE _c ^T
Firepower	watts	2037	FP _c

ANEXO 3. PLANOS MODELO FUNCIONAL









		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
		FECHA: 17/04/2020	TITULO:
ESCALA 1:7	EXPLOSIONADA SUBSISTEMAS - QUEMADOR AVU		
UNIDADES: MMGS	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera		
A3		Revisa: Ing. Jabid Quiroga	Hoja: 2/18

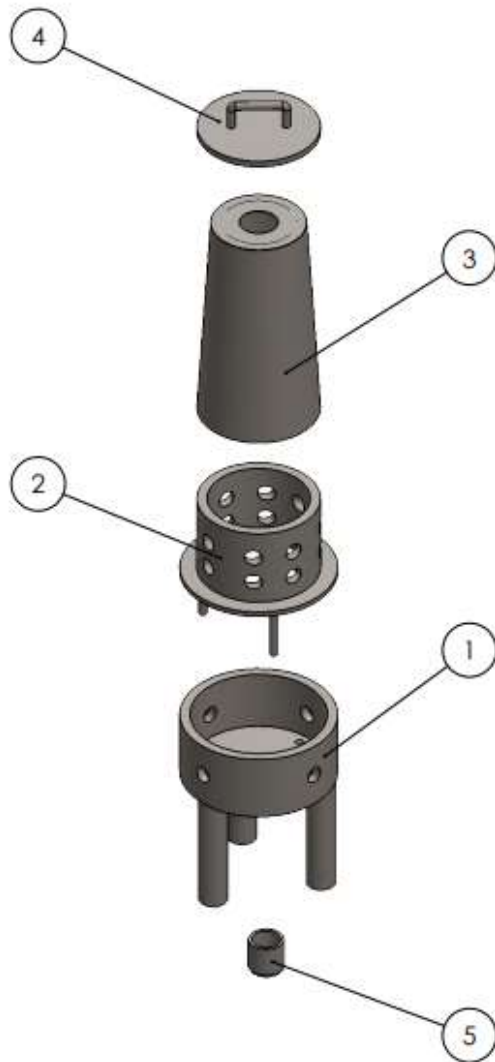


Nº ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE QUEMADOR	1
2	ESTRUCTURA PARTE INFERIOR QUEMADOR	1
3	ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
4	TAPA ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
5	TAPÓN QUEMADOR	1
6	DEPÓSITO ACEITE	1
7	TAPA DEPÓSITO ACEITE	1
8	LLAYE DE PASO DEPÓSITO ACEITE REGISTRO 1/4 MILANO	1
9	MANGUERA DEPÓSITO ACEITE PVC TRANSPARENTE	1
10	TUBO DE COBRE DEPÓSITO ACEITE	1
11	BASE PARTE 1 APAGADO	1
12	BASE PARTE 2 APAGADO	1

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/04/2020	TITULO:	
ESCALA 1:10	EXPLOSIONADA - QUEMADOR AVU	
UNIDADES: MMGS	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera	
A3	 	Revisa: Ing. Javid Quiroga Hoja: 3/18



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/04/2020	ESCALA 1:3	TITULO: ISOMETRICA - SUBSISTEMA 1 (QUEMADOR)	
UNIDADES: MMGS	A3	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera	
		Revisa: Ing. Jabid Quiroga	Hoja: 4/18



Nº ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE QUEMADOR	1
2	ESTRUCTURA PARTE INFERIOR QUEMADOR	1
3	ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
4	TAPA ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	1
5	TAPÓN QUEMADOR	1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/04/2020

TITULO:
EXPLOSIONADA - SUBSISTEMA 1 (QUEMADOR)

UNIDADES: MMGS

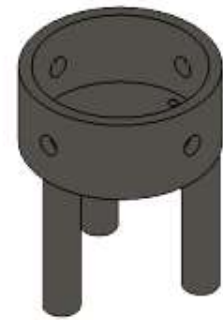
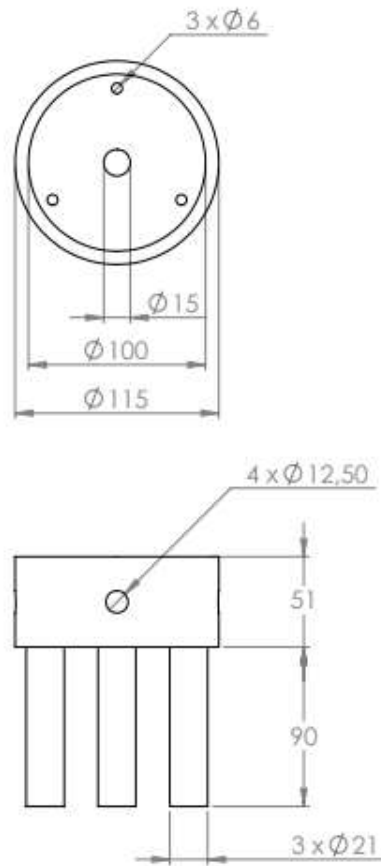
Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera

A3



Revisa: Ing. Jabid Quiroga

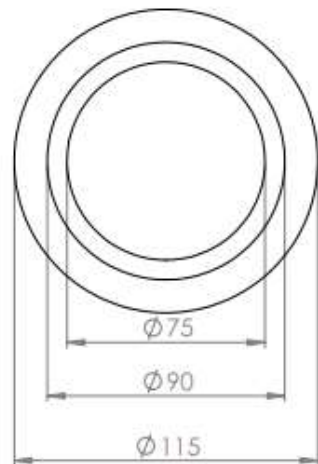
Hoja: 5/18



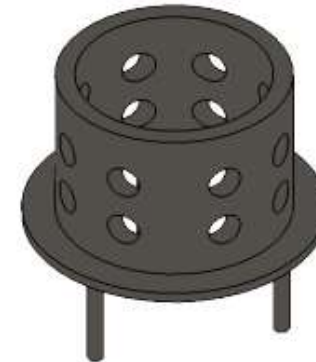
ESCALA 1:3

Nota: La base del quemador tiene un calibre de 5/16 de pulgada. En la parte inferior se apoya sobre 3 tubos circulares de 21 mm de diámetro exterior y 90 mm de alto distribuidos simétricamente, cada uno con un calibre de 1/16 de pulgada.

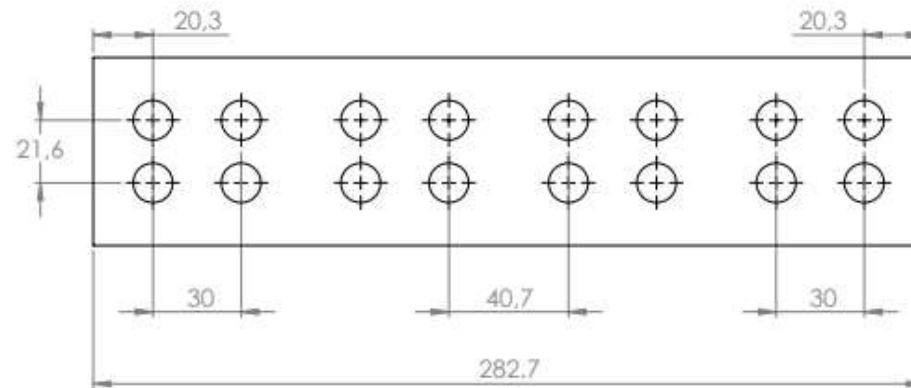
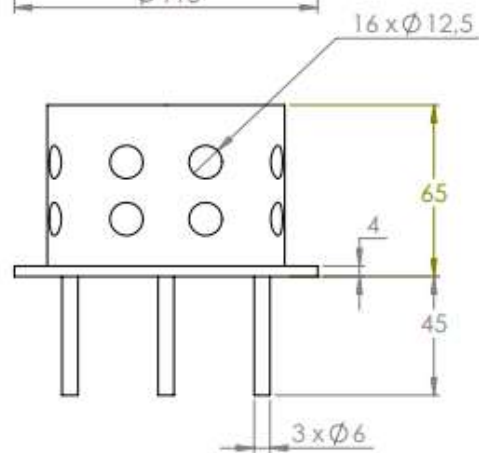
	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			BASE QUEMADOR		PIEZA N° 1-1	MATERIAL: ASTM - A36
	ESCALA 1:3	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 6/18	PL.#



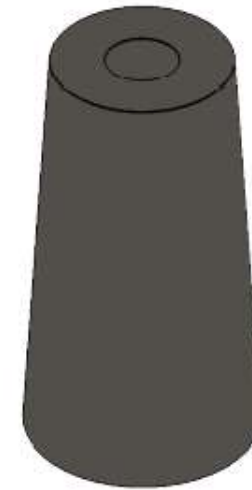
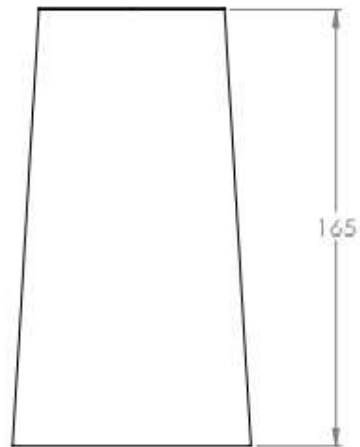
Nota: La estructura parte inferior del quemador tiene un calibre de 5/16 de pulgada. En la parte inferior se apoya sobre 3 barras cilíndricas macizas de 6 mm de diámetro y 45 mm de alto distribuidas simétricamente.



ESCALA 1:2



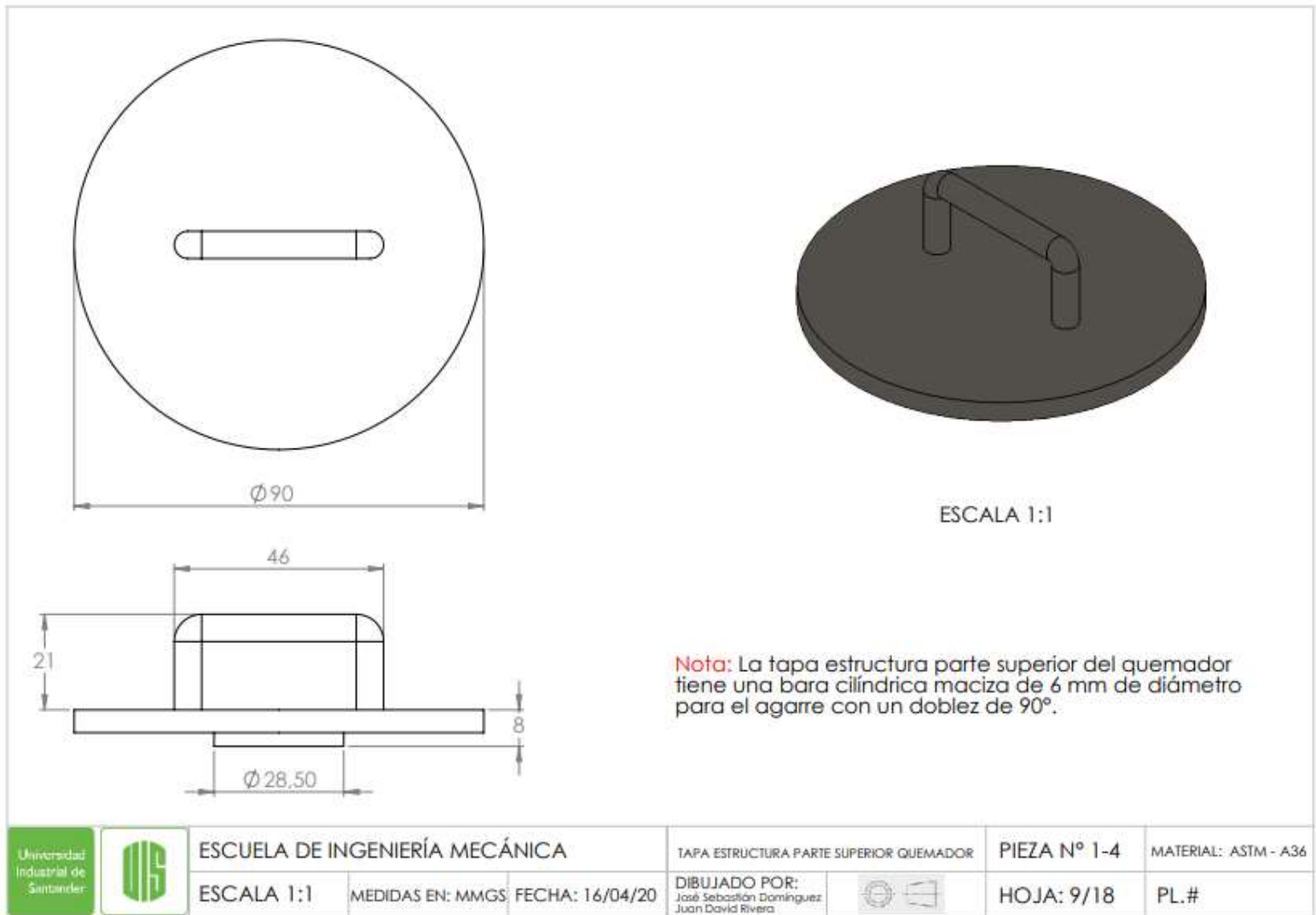
	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			ESTRUCTURA PARTE INFERIOR QUEMADOR	PIEZA N° 1-2	MATERIAL: ASTM - A36
	ESCALA 1:2	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 7/18



ESCALA 1:2

Nota: La estructura parte superior del quemador es de forma cónica, la cual tiene un calibre de 5/16 de pulgada.

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	PIEZA N° 1-3	MATERIAL: ASTM - A36
		ESCALA 1:2	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera	



		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		TAPA ESTRUCTURA PARTE SUPERIOR QUEMADOR	PIEZA N° 1-4	MATERIAL: ASTM - A36
		ESCALA 1:1	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera	



		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/04/2020	TITULO:	ISOMETRICA - SUBSISTEMA 2 (DEPÓSITO)	
ESCALA 1:5	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera		
UNIDADES: MMGS	Revisa: Ing. Jabid Quiroga	Hoja: 10/18	
A3			



Nº ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	DEPÓSITO ACEITE	1
3	TAPA DEPÓSITO ACEITE	1
4	LLAVE DE PASO DEPÓSITO ACEITE REGISTRO 1/4 MILANO	1
5	MANGUERA DEPÓSITO ACEITE PVC TRANSPARENTE	1
6	TUBO DE COBRE DEPÓSITO ACEITE	1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 17/04/2020

ESCALA 1:7

UNIDADES: MMGS

A3

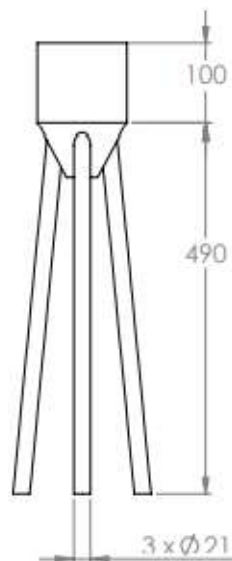
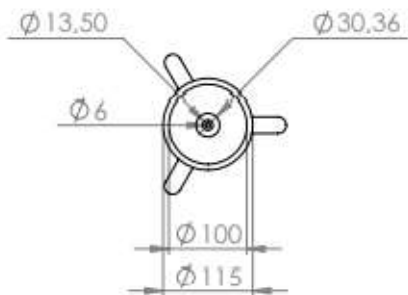


TÍTULO:
EXPLOSIONADA - SUBSISTEMA 2 (DEPÓSITO)

Autores: José Sebastián Domínguez, Juan David Rivera

Revisa: Ing. Jabid Quiroga

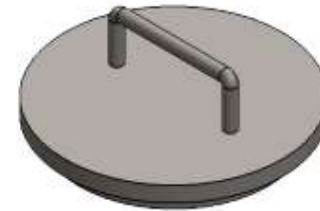
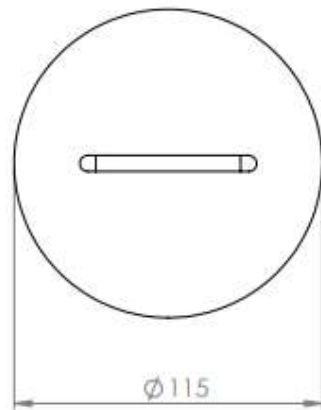
Hoja: 11/18



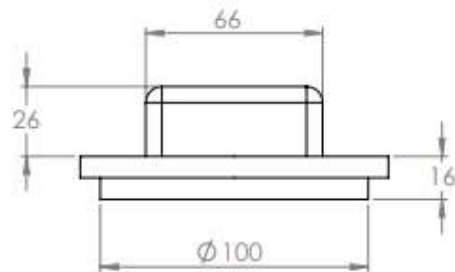
ESCALA 1:7

Nota: El depósito del aceite tiene un calibre de 5/16 de pulgada. En la parte inferior se apoya sobre 3 tubos circulares de 21 mm de diámetro exterior y 490 mm de alto distribuidos simétricamente, cada uno con un calibre de 1/16 de pulgada.

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		DEPÓSITO ACEITE		PIEZA N° 2-1	MATERIAL: ASTM - A36
		ESCALA 1:7	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 12/18



ESCALA 1:2



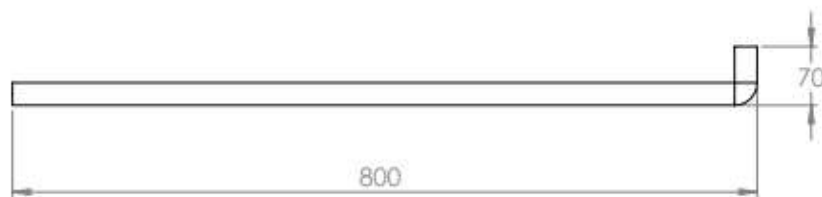
Nota: La tapa estructura parte superior del quemador tiene una barra cilíndrica maciza de 6 mm de diámetro para el agarre con un doblado de 90°.




	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			TAPA DEPÓSITO ACEITE		PIEZA N° 2-2	MATERIAL: ASTM - A36
	ESCALA 1:2	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 13/18	PL.#

Nota: El tubo de cobre es de 5/16 de pulgada por 1 metro, el cual consta de 800 mm rectos y 200 mm en espiral.



ESCALA 1:3



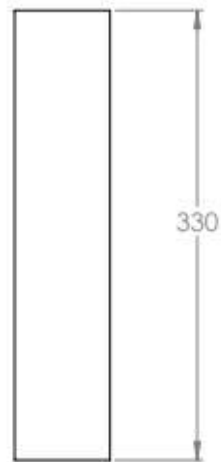
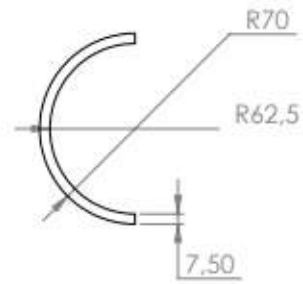
		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			TUBO DE COBRE DEPÓSITO ACEITE	PIEZA N° 2-3	MATERIAL: COBRE
		ESCALA 1:3	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 14/18



 Universidad Industrial de Santander		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/04/2020	TITULO: ISOMETRICA - SUBSISTEMA 3 (EXTINCIÓN LLAMA)		
ESCALA 1:3	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera		
UNIDADES: MMGS	Revisa: Ing. Javid Quiroga		Hoja: 15/18
A3			

Nº ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	BASE PARTE 1 APAGADO	1
2	BASE PARTE 2 APAGADO	1

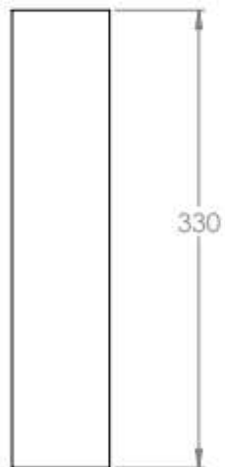
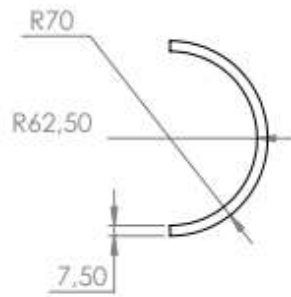
		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 17/04/2020	TITULO:		
ESCALA 1:3	EXPLOSIONADA - SUBSISTEMA 3 (EXTINCIÓN LLAMA)		
UNIDADES: MMGS	Autores: José Sebastián Domínguez ,Juan David Rivera		
A3		Revisa: Ing. Javid Quiroga	Hoja: 16/18



ESCALA 1:4

Nota: La base parte 1 de apagado tiene un radio de 70mm y calibre de 5/16 de pulgada.

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		BASE PARTE 1 EXTINCIÓN LLAMA	PIEZA N° 3-1	MATERIAL: ASTM - A36
		ESCALA 1:4	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera	



ESCALA 1:4

Nota: La base parte 1 de apagado tiene un radio de 70mm y calibre de 5/16 de pulgada.

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			BASE PARTE 2 EXTINCIÓN LLAMA	PIEZA N° 3-2	MATERIAL: ASTM - A36
		ESCALA 1:4	MEDIDAS EN: MMGS	FECHA: 16/04/20	DIBUJADO POR: José Sebastián Domínguez Juan David Rivera		HOJA: 18/18