



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERA MECÁNICA**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEZCLADOR**  
**ATMOSFÉRICO DE AIRE Y GLP PARA LOS LABORATORIOS DE LA**  
**CARRERA DE MECÁNICA DE LA FICM-UTA.”**

---

**AUTORA:** Lourdes Gabriela Supe Infante

**TUTOR:** Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda, Mg.

**AMBATO - ECUADOR**

**Febrero – 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniera Mecánica, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEZCLADOR ATMOSFÉRICO DE AIRE Y GLP PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA DE LA FICM-UTA.”**, elaborado por la Srta. Lourdes Gabriela Supe Infante, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804924494, estudiante de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



.....  
**Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda, Mg**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, **Lourdes Gabriela Supe Infante**, con C.I. 1804924494 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEZCLADOR ATMOSFÉRICO DE AIRE Y GLP PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA DE LA FICM-UTA.”**, así como también las tablas, criterios, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



**Lourdes Gabriela Supe Infante**

**C.I. 1804924494**

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



**Lourdes Gabriela Supe Infante**

**C.I. 1804924494**

**AUTORA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por la estudiante Lourdes Gabriela Supe Infante de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEZCLADOR ATMOSFÉRICO DE AIRE Y GLP PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA DE LA FICM-UTA.”**

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman:



.....  
Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



.....  
Ing. Alex Santiago Mayorga Pardo, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado primeramente a Dios quien ha sido mi motor en luchas y dificultades y por haberme guiado en toda mi formación académica ayudándome a tomar las mejores decisiones y poniendo en mi camino a las personas correctas para lograr mis objetivos

A mi querido padre Justo, que, aunque ya no esté aquí en este mundo fue un ejemplo de respeto, humildad y trabajo y quien me propuso que pase lo que pase tenía que estudiar y ser una mejor persona para poder enfrentar la vida. Esta promesa me permitió superar los obstáculos en mi camino y no darme por vencida sino más bien enfocarme en lo que quería alcanzar.

A mi madre, hermana y cuñado por brindarme su granito de arena que para mí fue mucho, me enseñaron muchas cosas de la vida y sobre todo a ser fuerte.

Y a todas las personas que fueron poquitas realmente, las que me ayudaron en ciertas situaciones que se iban presentando durante el camino.

**Gabriela Supe.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por la vida y por la salud, pese a muchas dificultades él nunca me abandonó, me brindo sabiduría y fortaleza durante toda mi vida.

A Jhon Ricardo que me tuvo paciencia y supo comprender cada sacrificio puesto en marcha y aunque hubo muchas cosas que quise brindarle él se conformó con lo poquito que tenía para dar. Quiero ser un ejemplo para él y brindarle mi apoyo incondicional durante toda su vida.

A Cristobal Fiallos quien me enseñó muchos valores, en particular el trabajo ya que con él comprendí que todos los días debemos trabajar sino es un día perdido, me enseñó también a enfocarme en lo que debía hacer y ser más ágil en todos los ámbitos de mi vida.

A la Universidad Técnica de Ambato y a los docentes de la Carrera de Mecánica por haber compartido sus conocimientos ya que con ello contribuyeron con mi formación profesional. Agradezco también aquellos docentes que fueron amigos, siempre estaban para dar un consejo y me impulsaron a ser una mejor persona con sus lecciones de vida.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.4.1 Termodinámica.....	3
1.4.2 Mezcla de gases .....	3
1.4.3 Combustión .....	4
1.4.3.1 Triángulo de la combustión .....	4
1.4.3.2 Tipos de combustión.....	4
1.4.4 Exceso de aire.....	5
1.4.5 Combustibles .....	5
1.4.5.1 Propiedades generales de los combustibles .....	5
1.4.5.2 Gas licuado de petróleo (GLP) .....	6
1.4.5.3 Características físico-químicas del GLP.....	6



1.4.6 Monóxido de carbono.....	7
1.4.7 La llama.....	8
1.4.8 El Quemador.....	8
1.4.8.1 Quemadores de mezcla previa.....	9
1.4.8.2 Quemadores de mezcla previa por inducción atmosférica.....	9
1.4.9 Sistemas de inducción.....	10
Inyector:.....	10
Mezclador:.....	11
1.4.10 Aplicaciones de diversos dispositivos mezcladores.....	12
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 MATERIALES Y RECURSOS.....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Lista de materiales para el modelo y simulación del prototipo de mezclador atmosférico.....	15
2.1.2 Lista de materiales para la construcción del prototipo de mezclador atmosférico.....	15
<b>2.2 MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Método bibliográfico.....	17
2.2.2 Investigación aplicada.....	17
2.2.3 Método Explicativo.....	18
2.2.4 Método Descriptivo.....	18
2.2.5 Método comparativo.....	18
2.2.6 Método de criterios ponderados.....	18
2.2.7 Método del proceso de fabricación.....	21
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1.1 Cálculo del caudal de combustible.....	22
3.1.2 Cálculos de combustión.....	23
3.1.3 Cálculo de la relación aire combustible.....	23
3.1.4 Calor generado en la mezcla de aire combustible.....	24
3.1.5 Cálculo de flujo másico de acuerdo al calor generado.....	25
3.1.6 Reacción teórica con exceso de 30% de aire.....	26
<b>3.2 MODELADO Y SIMULACIÓN TÉRMICA.....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Procedimiento para la simulación.....	28
3.2.2 Análisis de la simulación de fluidos.....	30

3.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEZCLADOR.....	34
3.3.1 Pruebas de funcionamiento .....	37
3.3.2 Proceso secuencial para el funcionamiento del mezclador .....	40
3.3.3 Precauciones de seguridad.....	40
3.3.4 Recomendaciones generales para el mantenimiento del prototipo .....	40
3.3.5 Presupuesto final del mezclador atmosférico .....	41
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
4.1 CONCLUSIONES .....	44
4.2 RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
ANEXOS .....	48
PLANOS .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características físico-químicas del GLP [7] .	7
Tabla 2: Componentes para la construcción del prototipo de mezclador atmosférico.	16
Tabla 3: Criterios de selección para el mezclador.	20
Tabla 4: Resultados de la ponderación.	20
Tabla 5: Entalpías de formación.	25
Tabla 6: Entalpías de formación con exceso de aire.	27
Tabla 7: Simulación de la temperatura al interior del mezclador.	31
Tabla 8: Simulación de la densidad de los fluidos al interior del mezclador.	32
Tabla 9: Simulación de velocidad de fluidos al interior del mezclador.	33
Tabla 10: Costos fijos para la construcción del mezclador.	42
Tabla 11: Costo de la mano de obra.	42
Tabla 12: Costo total para la construcción del mezclador de aire-GLP.	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Triángulo de combustión [1].	4
Figura 2: Llama resultante de una combustión correcta vs llama de una combustión incorrecta [6].	8
Figura 3: Esquema de un quemador de premezcla [6].	10
Figura 4: Vena contracta [6].	10
Figura 5: Tipos de inyectores [8].	11
Figura 6: Sistema de inyección (a) Mezclador cilíndrico, (b) Mezclador tipo Venturi [6].	12
Figura 7: Mascarilla tipo Venturi para oxigenoterapia [8].	13
Figura 8: Catéter con mezclado de efecto Venturi [8].	13
Figura 9: Aplicación del catéter para ultrasonografía [8].	13
Figura 10: Mezclador de gases regulable [8].	14
Figura 11: Válvula de mezclado [8].	14
Figura 12: Mezclador 1 [11].	19
Figura 13: Mezclador 2.	19
Figura 14: Flujograma del proceso de fabricación del mezclador atmosférico de aire-GLP.	21
Figura 15: Modelo del mezclador de aire-GLP.	28
Figura 16: Extracción del volumen.	28
Figura 17: Figura para mallar.	29
Figura 18: Mallado del mezclador.	29
Figura 19: Detalles de la malla.	29
Figura 20: Nombramiento de las secciones.	30
Figura 21: Gráfica de escala residual.	30
Figura 22: Componentes del mezclador.	34
Figura 23: Diseño en SolidWorks del mezclador sin cubierta.	34
Figura 24: Diseño en SolidWorks del mezclador con cubierta.	35
Figura 25: Ensamblaje final del mezclador.	35
Figura 26: Marcado de los diámetros a rectificar.	36
Figura 27. Rectificado del reductor excéntrico.	36
Figura 28: Rectificado de la tapa reductora grande.	36
Figura 29: Rectificado de la tapa reductora pequeña.	37
Figura 30: Lijado de piezas rectificadas.	37
Figura 31: Prototipo de funcionamiento preliminar.	38
Figura 32: Llama 1 generada por el prototipo de funcionamiento preliminar.	38
Figura 33: Llama 2 generada por el prototipo de funcionamiento preliminar.	38
Figura 34: Prototipo de funcionamiento definitivo.	39
Figura 35: Llama generada por el prototipo final del mezclador de aire-GLP.	39

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico, se desarrolló debido a la necesidad de contar con un mezclador atmosférico de aire-GLP para realizar pruebas y análisis de funcionamiento en los laboratorios de Mecánica.

Para el diseño del mezclador se identificaron parámetros físicos y mecánicos tales como las dimensiones y la función que se pretende realizar; cabe recalcar que este tipo de mezclador baja las emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente y ofrecen una combustión adecuada al combinar eficientemente el aire con el GLP. Las características del prototipo son: 35 KW de potencia calorífica, diámetro del inyector de gas de 3.17 mm, diámetro de los inyectores de aire de 3 mm cada uno, longitud del prototipo de 0.22 metros; se realizaron cálculos necesarios como: el flujo másico del combustible, cálculos de combustión, relación de aire-combustible, calor generado en la mezcla de aire combustible y el cálculo de flujo másico del combustible al considerar el calor generado. Posteriormente se realizó el diseño del prototipo en 3D en un software especializado. Se incorporó también los planos y presupuesto.

Como resultado se empleó un análisis con un modelo tridimensional para analizar la combustión de fluidos al interior del mezclador y así simular su comportamiento respecto a la temperatura, densidad y velocidad.

**Palabras clave:** Prototipo, Mezclador, Combustión, Inyector, Relación aire-combustible, GLP.

## **ABSTRACT**

This technical project was developed due to the need to have an atmospheric air-LPG mixer to perform tests and analysis of operation in the Mechanical laboratories.

For the design of the mixer, physical and mechanical parameters were identified such as the dimensions and the function to be performed; It should be noted that this type of mixer reduces polluting emissions that affect the environment and offers adequate combustion by efficiently combining air with LPG. The characteristics of the prototype are: 35 KW of heating power, diameter of the gas injector of 3.17 mm, diameter of the air injectors of 3 mm each, length of the prototype of 0.22 meters; necessary calculations were carried out such as: fuel mass flow, combustion calculations, air-fuel ratio, heat generated in the fuel-air mixture and the fuel mass flow calculation when considering the heat generated. Subsequently, the design of the prototype was carried out in 3D in specialized software. The plans and budget were also incorporated.

As a result, an analysis with a three-dimensional model was used to analyze the combustion of fluids inside the mixer and thus simulate their behavior with respect to temperature, density and speed.

**Keywords:** Prototype, Mixer, Combustion, Injector, Air-fuel ratio, LPG.

# CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

## 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En el estudio realizado por Jarrín y Bayas en 2019 [1], se llevó a cabo el diseño y la construcción de un prototipo de un quemador de GLP de baja potencia para el proceso de secado agroindustrial en donde se determinó que la eficiencia del quemador fue de un 70,7 %, lo que significa que se aprovecharon los 7,8 kW de los 10,97 kW que ingresaron al quemador. Se calcularon pérdidas, encontrando que un 11,7% equivalente a 1,29 kW se perdieron como inquemados y se identificaron también pérdidas no cuantificadas del 17,6% lo que equivale a 1,93 kW, debido a la transferencia de calor por la parte posterior del quemador.

Álvarez menciona en su tesis de diseño y evaluación experimental que los once mezcladores de premezcla aire-gas para un quemador fueron sometidos a ensayos siguiendo normas técnicas y variando la distancia entre el mezclador el inyector, así como la distancia entre la hornilla y el recipiente de pruebas. Este trabajo se enfocó principalmente en el rendimiento térmico y las emisiones de monóxido de carbono (CO).[2]

Antes de la construcción del prototipo de mezclador se realiza la comprobación resistiva de los elementos más críticos usando para ello ecuaciones convencionales de diseño de elementos mecánicos, se simula también las deformaciones por medio de un análisis de elementos finitos los elementos que soportan mayores cargas de esfuerzo y deformación debido a su espesor.[3]

Mediante el análisis numérico del flujo en un mezclador de aire combustible para un quemador atmosférico efectuado por Lagarza en 2009 [4], se comprobó que existe un mejor funcionamiento de los mezcladores cónicos que los cilíndricos, esto debido a una mayor abertura del diámetro de entrada en las secciones cónicas, las mismas que permiten la entrada de más aire. Se determinó también que el perfil con un ángulo de 6.9° respecto a la vertical es el que mejor cumple con las características necesarias para formar una mezcla óptima para su oxidación. La fracción volumétrica aumento un 23% respecto al perfil recto.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo es un reflejo de los conocimientos adquiridos durante la carrera como estudiante. Se detallan algunos conceptos y temas esenciales para el desarrollo de este trabajo, como son la termodinámica, mecánica de fluidos, los tipos de mezcladores y características de diseño y operación. Es muy importante el conocimiento del procedimiento para la puesta en marcha de mezclador de aire y GLP, por lo que se regula este proceso que va desde la verificación después de la instalación hasta su operación normal.

Es fundamental reconocer que los tipos de mezcladores existentes han sido creados basándose en la función que se pretende que realicen, sus características de uso y de su ubicación principalmente. El diseño de un mezclador consiste de parámetros y medidas establecidas tanto como por el ambiente y por la funcionabilidad. Los gases de hidrocarburos licuados, que contienen la mezcla de hidrocarburos C3-C4, son una importante fuente de energía en varios países.

La mezcla de gases licuados de hidrocarburos C3-C4 (propano y butano), coloquialmente denominada gas licuado de petróleo o GLP, es un vector energético particular que pertenece al grupo de combustibles alternativos. Se puede destacar que, el GLP tiene más de 1000 usos distintos, incluido las aplicaciones en la industria, la ingeniería civil, la economía comunal, la agricultura, los hogares y el transporte. El GLP exhibe una alta dinámica de producción y consumo, la producción mundial de este combustible llega a los 270 millones de toneladas.

En la actualidad lo que buscan las industrias es aprovechar de manera eficiente la energía, lo que ha llevado a los ingenieros al diseño de máquinas con mayor rendimiento térmico, de esta manera surge la necesidad de crear un mezclador de aire y GLP para generar una mejor combustión entre gases logrando imponer el GLP como combustible alternativo en procesos de industrialización.



### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un prototipo de mezclador atmosférico de aire y GLP para los laboratorios de la Carrera de Mecánica de la FICM-UTA.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer los parámetros de diseño tanto térmicos como mecánicos.
- Seleccionar materiales y accesorios para la construcción del mezclador.
- Diseñar el prototipo acorde a los parámetros establecidos.
- Modelar el prototipo de mezclador en 3D.
- Construir el mezclador considerando el diseño y los planos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.
- Establecer sugerencias de operación y mantenimiento para el buen desempeño del mezclador.

### **1.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **1.4.1 Termodinámica**

Dentro de las disciplinas de la física, la termodinámica se presenta como la ciencia dedicada a investigar la energía, centrándose especialmente en su conversión mediante el calor o el trabajo. Esta conversión puede tener lugar de varias formas, incluyendo la refrigeración, pero se presta especial atención al estudio de la combustión, un fenómeno que forma parte de la amplia gama de intercambios energéticos que esta ciencia examina. [5]

#### **1.4.2 Mezcla de gases**

Para abordar la mezcla de gases, es necesario adquirir conocimiento sobre las propiedades individuales de cada componente. Una vez que se han analizado estas propiedades, se puede determinar la composición de la mezcla. Este análisis puede llevarse a cabo utilizando métodos molares o gravimétricos, y al final se obtiene la masa total de la mezcla. [5]

### 1.4.3 Combustión

La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación que liberan energía en forma de calor. Este proceso ocurre entre dos componentes principales: el combustible, que puede ser sólido (como carbón y madera), líquido (como gasóleo y fuel oil) o gas (como gas natural y propano), y el comburente, que es el oxígeno.[5]

#### 1.4.3.1 Triángulo de la combustión

El principio de ignición implica la presencia tanto del combustible como del comburente para generar combustión, junto con la adición de una fuente de energía necesaria para iniciar dicho proceso. [1]

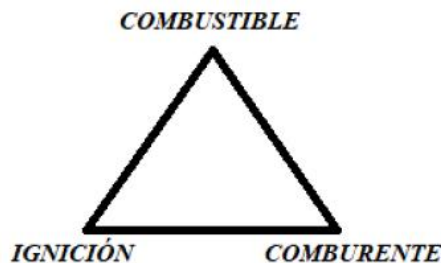


Figura 1: Triángulo de combustión [1].

#### 1.4.3.2 Tipos de combustión

- Combustión completa: La reacción que se genera durante la combustión cuando el combustible arde completamente hasta alcanzar su nivel de oxidación más alto. [1]
- Combustión incompleta: Ocurre cuando no se oxida el combustible completamente y da origen a inquemados.[1]
- Combustión teórica: Cuando se utiliza la cantidad adecuada de oxígeno, no hay residuos sin quemar presentes, lo que resulta en una oxidación completa en su totalidad.[1]
- Combustión con exceso de aire: Es una reacción que se produce con una cantidad de aire superior al mínimo necesario..[1]
- Combustión con defecto de aire: La presencia de residuos sin quemar ocurre porque se utiliza una cantidad insuficiente de aire en comparación con la necesaria.[1]

#### **1.4.4 Exceso de aire**

En la realidad, es extremadamente difícil lograr que todo el oxígeno del aire se combine por completo con el combustible en una combustión estequiométrica. Por lo tanto, se requiere un exceso de aire para garantizar la utilización total del combustible y, al mismo tiempo, reducir la tasa de emisiones contaminantes. La tasa de aireación o índice de exceso de aire ( $\lambda$ ) es la relación entre la cantidad real de aire utilizada en la combustión y la cantidad teórica de aire necesaria para una combustión estequiométrica. Las mezclas se clasifican de la siguiente manera:  $\lambda = 1$  para una combustión estequiométrica,  $\lambda > 1$  para una combustión con exceso de aire (mezcla pobre) y  $\lambda < 1$  para una combustión con deficiencia de aire (mezcla rica).[6]

Se recomienda utilizar un valor de  $\lambda$  de 1.1 a 1.4 (equivalente a un exceso de aire del 10 al 40%) para combustibles gaseosos. Además, el exceso de aire produce una llama tendente a ser corta y luminosa. Por otro lado, en una combustión incompleta, la llama tiende a ser más larga.[6]

#### **1.4.5 Combustibles**

Son materiales que tienen la capacidad de generar y liberar energía en forma de calor cuando reaccionan con el comburente (oxígeno). A continuación, se describen las propiedades de los combustibles.[1]

##### **1.4.5.1 Propiedades generales de los combustibles**

- Poder calorífico: es el calor liberado por el combustible durante el proceso de combustión. [1]
- Poder calorífico superior ( $H_s$ ): Es la cantidad de calor total que se produce durante la combustión de 1 kg de combustible una vez que el vapor del agua se condensa. [1]
- Poder calorífico inferior ( $H_i$ ): La definición es similar a la del poder calorífico superior, pero no tiene en cuenta el calor latente de condensación del vapor. [1]
- Peso específico: Es el peso por unidad de volumen. Es decir, indica cuánto pesa un metro cúbico de una sustancia. [1]
- Densidad de un combustible: Es la cantidad de masa que existe en relación al volumen, también puede determinar qué tan pesado es un material o fluido. [1]

#### **1.4.5.2 Gas licuado de petróleo (GLP)**

Se les conoce como Gases Licuados del Petróleo (GLP) a las mezclas comerciales de hidrocarburos donde el butano o el propano son los componentes dominantes. En su estado natural son gaseosos, pero cuando se almacenan en recipientes cerrados a temperatura ambiente, gran parte de ellos se encuentran en fase líquida, ocupando un volumen aproximadamente 250 veces menor que en estado de vapor.[7]

Los GLP se obtienen como gases a partir de refinerías o instalaciones de gas natural asociadas, y luego se comprimen para convertirlos en estado líquido. Se mantienen en este estado en grandes depósitos, generalmente ubicados cerca de refinerías o en instalaciones portuarias, conocidos como terminales.[7]

#### **1.4.5.3 Características físico-químicas del GLP**

El GLP se comercializa con un aditivo odorizante para que tenga un olor distintivo. Tanto en estado líquido como gaseoso, el GLP es incoloro. Si hay una fuga, se puede detectar visualmente debido a la formación de hielo en el punto de escape, causado por el cambio de estado de líquido a gas.[7]

En estado gaseoso, el GLP es más pesado que el aire, lo que significa que una nube de gas tiende a quedarse cerca del suelo, lo cual representa un peligro inminente, ya que puede encontrar fácilmente una fuente de ignición, como una chispa o una llama, lo que podría provocar una explosión. Además, el GLP puede causar asfixia, ya que desplaza el aire en un ambiente cerrado.[7]

La temperatura de ebullición es la temperatura a la cual un líquido se convierte en gas a una presión determinada. La mayoría de los compuestos cambian de estado a temperaturas superiores a cero grados.[7]

La densidad del GLP se expresa en  $kg/m^3$  y se refiere a la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. La densidad de referencia para los gases es la del aire a 1 atmósfera de presión y 20 °C, que tiene un valor de  $1,20 kg/m^3$ . [7]

La temperatura de ignición es la temperatura a la cual los gases se inflaman en presencia de una chispa o una llama. El GLP es inflamable, y las concentraciones necesarias de gas en el aire, así como la temperatura y el estado, para que una mezcla sea inflamable, varían según los datos indicados en la Tabla 1.[7]

Tabla 1: Características físico-químicas del GLP [7] .

Parámetro	Valor	Unidad
Estado físico	Gas	
Concentración	95 % aprox. Dependiendo del tipo GLP	
Fórmula	$C_3H_8 + C_4H_{10}$ (Propano 60% - Butano 40%)	
Estabilidad	Extremadamente inflamable y combustible.	
Temperatura de auto ignición	480-549	°C
Punto de ebullición	-42	°C
Punto de inflamación	-104	°C
Temperatura de la llama	1980	°C
Velocidad de propagación de la llama	448	m/s
Presión de vapor a 20 °C	126.406	psi
Densidad de vapor	1.55	$G/m^3$
Poder calorífico	27.9	$kWh/m^3$
LEL (Límite inferior explosividad)	1.8	%
UEL (Límite superior explosividad)	9.3	%

#### 1.4.6 Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas altamente tóxico que no puede ser detectado ni por la vista ni por el olfato. Su inhalación puede provocar síntomas como dolores de cabeza, fatiga, debilidad, náuseas, y en concentraciones elevadas puede causar dificultad respiratoria, colapso e incluso la muerte. Este desenlace ocurre generalmente cuando alrededor del 70% de la hemoglobina se convierte en carboxihemoglobina. Además de ser un problema de salud grave, la presencia de monóxido de carbono (CO) reduce la eficiencia de los equipos y aumenta el consumo de combustible, lo que se traduce en mayores gastos.[6]

Aunque el límite máximo permitido de monóxido de carbono es de 45 partes por millón (ppm), incluso cantidades mínimas de CO pueden tener efectos perjudiciales en las personas no fumadoras, con una tolerancia de hasta el 2 por ciento. En el caso de los fumadores, esta tolerancia puede llegar hasta el 4 por ciento.[6]

#### 1.4.7 La llama

Es la región donde ocurre la reacción entre el gas combustible y el comburente, acompañada de la descomposición y recombinación de moléculas, y se manifiesta visualmente y térmicamente como la reacción de combustión. La forma y el color de la llama permiten identificar la proporción de combustible. En el caso de mezclas pobres de hidrocarburos, la llama tiende a tener un color azulado debido a la radiación de excitación de los radicales CH. Por otro lado, cuando la cantidad de aire primario en la mezcla no es suficiente o si la llama se ve interrumpida por una superficie fría, la reacción de combustión se detiene prematuramente, lo que resulta en la formación de "puntas amarillas" en la llama. Estas puntas amarillas son pequeñas áreas amarillas que se forman en la parte superior de la llama y son causadas por la presencia de partículas de carbono, las cuales se forman debido a una combustión incompleta de los hidrocarburos presentes en el gas combustible. Como consecuencia, se puede generar hollín que no se quema por completo, lo que puede ocasionar depósitos que afectan tanto el rendimiento como la vida útil de los equipos. Además, se produce una mayor cantidad de monóxido de carbono, ya que no todo se oxida completamente a  $CO_2$ . [6]



Figura 2: Llama resultante de una combustión correcta vs llama de una combustión incorrecta [6].

#### 1.4.8 El Quemador

Se puede describir un quemador como un dispositivo que facilita la combustión de manera controlada y ajustable, asegurando una mezcla adecuada de aire y gas en proporciones óptimas. Su objetivo es generar la potencia calorífica deseada y transferir el calor producido a la carga específica requerida.[2]

#### **1.4.8.1 Quemadores de mezcla previa**

Para desarrollar el proceso de combustión completa, el aire necesario se mezcla con el gas a la entrada del quemador o tiempo antes de iniciarse la combustión. La mezcla previa efectuada entre el gas combustible y el aire puede ser parcial debido a que se utilizaría solo una parte del aire requerido denominado como aire primario. En este tipo de quemadores, el mezclador suministra al quemador una mezcla de aire y gas combustible para lo que es efectivo determinar la proporción aire/gas, el caudal y la presión del gas.[6]

Los sistemas de mezcla previa son:

- Máquina de mezcla o grupo de mezcla: Posee un recipiente que tiene una presión inferior a la atmosférica, el cual es alimentado a través de dos agujeros calibrados, por el uno ingresa aire atmosférico mientras que por el otro gas regulado a presión atmosférica. Se usa en quemadores que requieren una mezcla total a una presión determinada.[6]
- Cámara de mezcla: Cuenta con canales provistos de válvulas de regulación progresivas y de mando simultáneo mediante los cuales se alimenta de aire y gas a presión.[6]
- Mezclador de inducción: Se caracteriza porque el gas inductor es desembocado al ambiente mediante un inyector, de este modo se arrastra al gas inducido hacia el mezclador. De este tipo de mezclador sobresalen los siguientes:
  - Mezcladores de inducción atmosférica.[6]
  - Mezcladores de aire inductor y gas despresurizado: el aire comprimido aspira al gas que es parcialmente reducido a presión atmosférica.[6]
  - Mezcladores donde el aire y el gas están a presión.[6]

Se recalca que los quemadores de mezcla previa por inducción atmosférica son los más usados.[6]

#### **1.4.8.2 Quemadores de mezcla previa por inducción atmosférica**

El fluido inductor es el gas combustible, mientras que el aire se induce de ambiente. Su funcionamiento radica en la inducción y el efecto Venturi.[6]

En la Figura 3, se muestra un esquema del diseño de un quemador de premezcla, donde el gas emerge del inyector hacia la cámara de mezcla y se combina con el aire primario. La cámara suele ser una figura en forma de un Venturi o un tubo con lados paralelos y debe garantizar la mezcla de aire y gas permitiendo que esta se dirija al puerto del quemador.[6]

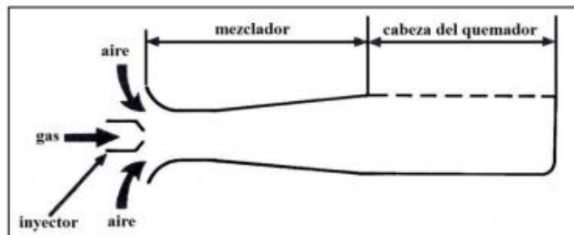


Figura 3: Esquema de un quemador de premezcla [6]

Las ventajas de este tipo de mezclador son su simplicidad y bajo costo, se emplean cuando se posee presiones de mezcla cercanas a la presión atmosférica. Cabe destacar que existe un inconveniente y este es la sensibilidad en el arrastre de aire que ocurren por las variaciones de presión en la cámara o el lugar donde se coloca el quemador.[6]

#### 1.4.9 Sistemas de inducción

Este sistema cuenta con dos elementos principales:

##### **Inyector:**

Es la pieza que permite transformar la energía potencial asociada a la alta presión del suministro de gas en energía cinética del gas liberado. El tamaño y la forma del orificio de salida pueden variar el caudal del gas y por tanto también la energía. El área del agujero no es necesariamente la misma que el del flujo de gas a través del orificio, este cambio en el área del flujo es producido por la “vena contracta”, la cual se manifiesta como un estrechamiento del flujo a un área más pequeña que la del mismo agujero.[6]

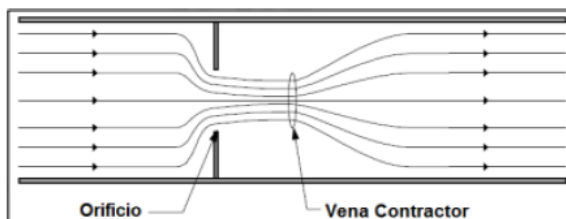


Figura 4: Vena contracta [6].



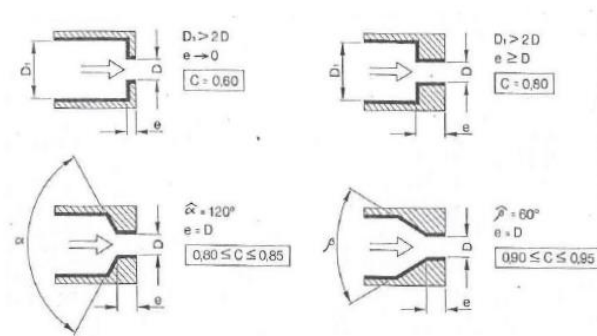


Figura 5: Tipos de inyectores [8].

Para calcular la velocidad con la que el gas atraviesa por el inyector se usa la siguiente formula según [8]:

$$V = C_1 \sqrt{\frac{2 * g * h}{p}} \quad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

$V$ : Velocidad del gas [ $m/s$ ]

$C_1$ : Coeficiente de frotamiento, con valores de 0.7 a 0.9

$g$ : Valor de la aceleración debida a la gravedad [ $m/s^2$ ]

$h$ : Presión efectiva del gas a la entrada del inyector [ $mm \text{ c. a.}$ ], [ $kg/m^2$ ]

$$1 \text{ mm c.a.} = 1 \text{ kg}/m^2$$

$p$ : Peso específico del combustible:  $525 \text{ kg}/m^3$

### Mezclador:

La función de esta pieza es propiciar una correcta combustión del aire con el gas combustible, por lo que es de suma importancia determinar los aspectos que influyen para su diseño correcto.[6]

Se divide en tres partes:

- Entrada: Presenta una forma cónica convergente que permite reducir las pérdidas de presión del aire inducido al entrar al sistema inductor, facilitando así un mejor proceso de inducción.[6]

- Garganta: El diseño que se proporcione al diámetro de esta sección influirá en el rendimiento del arrastre al sistema inductor, dependiendo del impulso que se le dé al gas inductor.[6]
- Difusor: Suele ser cónico, generalmente con un rango de entre 5° y 10°, este valor le permite reducir las pérdidas y mejorar el proceso de mezclado.[6]

En la Figura 6, se observa al gas inductor expulsado a dos modelos diferentes de mezcladores, en los cuales se genera una zona de baja presión, empujando al aire circundante hacia el mismo camino.[6]

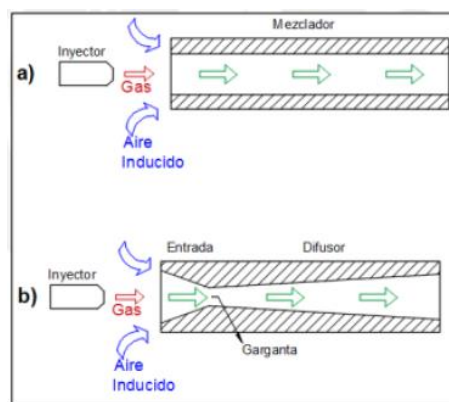


Figura 6: Sistema de inyección (a) Mezclador cilíndrico, (b) Mezclador tipo Venturi [6].

#### 1.4.10 Aplicaciones de diversos dispositivos mezcladores

- **Mascarilla tipo Venturi para oxigenoterapia**

Es un dispositivo regulable que prepara la mezcla adecuada entre dos gases, funciona por el efecto Venturi. El funcionamiento de esta mascarilla empieza cuando se envía oxígeno desde el contenedor presurizado, el cual va por la conexión que une a la fuente con la mascarilla. El oxígeno llega a la mascarilla por un estrecho orificio lo que provoca una presión de vacío por el ingreso de aire del ambiente, de esta manera se origina la mezcla de estos dos fluidos.

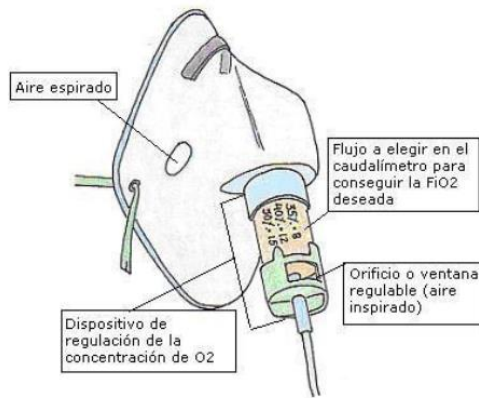


Figura 7: Mascarilla tipo Venturi para oxigenoterapia [8].

- **Catéter con mezclado de efecto Venturi**

Se usa en el campo de la medicina, realiza una mezcla de burbujas de aire a una solución salina, esta mezcla sirve para hacer un contraste y de esa manera llevar a cabo una ultrasonografía. Cabe mencionar que con este tipo de proceso se puede visualizar las trompas de Falopio en el útero de la mujer.[9]

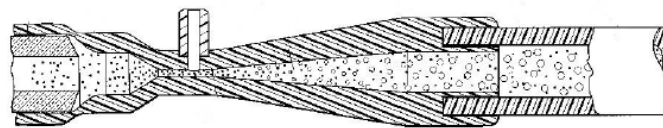


Figura 8: Catéter con mezclado de efecto Venturi [8].

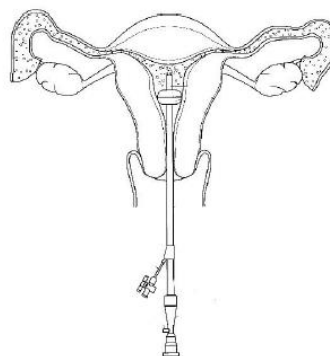


Figura 9: Aplicación del catéter para ultrasonografía [8].

- **Mezclador de gases regulable y automático para motores pequeños a gas**  
Este dispositivo se usa para motores de pequeña capacidad, tales como los generadores de electricidad, bombas de agua, maquinas agroindustriales, etc. Consta de un inyector, un conducto principal y un segundo conducto que actúa como auxiliar de combustible.

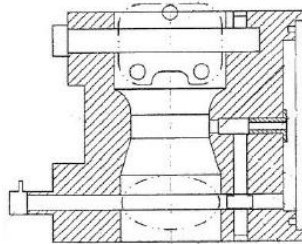


Figura 10: Mezclador de gases regulable [8].

- **Válvula de mezclado**

Se trata de un mezclador que no usa un tubo Venturi para realizar la mezcla de aire con combustible. Generalmente, se usa en vehículos que funciona con GLP, son de diferentes dimensiones dependiendo del tamaño del motor, en el cual se desea adaptar. Cuenta con un diafragma y un resorte que controlan el flujo de combustible en un motor de combustión interna.[9]

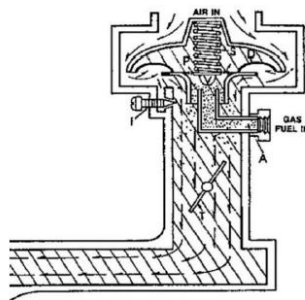


Figura 11: Válvula de mezclado [8].

## **CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA**

Este capítulo consideró aspectos importantes para el diseño y fabricación del mezclador de aire y GLP, por lo que es necesario realizar la construcción de un prototipo del mezclador seleccionando materiales óptimos para su creación, por otra parte, también se describen los métodos investigativos empleados para el presente proyecto técnico.

### **2.1 MATERIALES Y RECURSOS**

El GLP es un combustible usado en varias aplicaciones debido a sus características de alto poder calorífico, al realizar la combustión no producen agentes contaminantes para el medio ambiente.

El riesgo de manipular GLP es muy alto y se lo debe hacer con mucho cuidado debido a que es un hidrocarburo muy inflamable y explosivo, por la misma razón se debe seleccionar materiales afines para transportar o almacenar este tipo de combustible.[8]

#### **2.1.1 Lista de materiales para el modelo y simulación del prototipo de mezclador atmosférico**

A continuación, se mencionan los materiales que se utilizó para realizar el diseño y la simulación del prototipo.

Para el diseño se usó un Software que permite crear cada una de las partes que conforman el prototipo de mezclador atmosférico. Mientras que para simular la mezcla se usó un Software especializado para predecir el flujo de fluidos.

#### **2.1.2 Lista de materiales para la construcción del prototipo de mezclador atmosférico**

En la Tabla 2, se describen cada uno de los componentes que se usaron en la construcción del prototipo de mezclador atmosférico.

Tabla 2: Componentes para la construcción del prototipo de mezclador atmosférico.

Nombre	Descripción	Representación gráfica
Válvula mezcladora de aire y GLP	Es un componente mecánico que agrega aire al gas propano justo antes de producirse la combustión.	
Yee Sencilla H.G. ½ FOSET	Yee roscable de ½ pulgada de hierro galvanizado, permite unir tres tubos para sistemas de distribución de agua o gas.	
Bushing de ½ a ¼	Es un elemento que se usa en instalaciones de gas para coordinar y facilitar el movimiento de dos o más ejes, tiene alta resistencia a temperaturas extremas.	
Válvula de bola de ¼	Este accesorio tiene la capacidad de controlar el flujo de un líquido o gas.	
Codo acople para aire	Es un componente diseñado para proporcionar un sellado hermético cuando están conectados.	
	Accesorio de PVC, resistente a la corrosión, en este caso servirá como	

<p>Reductor excéntrico de desagüe plastigama</p>	<p>cubierta del sistema de mezclado.</p>	
<p>Tapones macho de desagüe plastigama</p>	<p>Elementos que sirven para sellar tuberías de forma temporal o definitiva, resistente a la corrosión.</p>	
<p>Teflón</p>	<p>Es un material que se usa para unir tuberías, cañerías o juntas en llaves de paso con la finalidad de evitar fugas.</p>	
<p>Lija de agua</p>	<p>Es un material que sirve para extraer excesos de material particularmente para trabajos de desbaste y acabado.</p>	

## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 Método bibliográfico

Para obtener información verificada y actualizada se debió recurrir a fuentes que brinden información fidedigna tales como repositorios digitales, bases de datos científicas y bases de datos referenciales que permitan encontrar información relevante acerca de los mezcladores atmosféricos.

### 2.2.2 Investigación aplicada

Se aplicó toda la información y conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria, con la finalidad de poner en práctica herramientas de diseño y análisis

estructural que permitan crear un mezclador atmosférico de aire-GLP eficaz para uso académico de los estudiantes de la Carrera.

### **2.2.3 Método Explicativo**

Se empleó este tipo de investigación ya que se pretende explicar cada uno de los cálculos y parámetros que se van a usar para diseñar y posteriormente construir el prototipo.

### **2.2.4 Método Descriptivo**

En este tipo de investigación se establecieron cada una de las fases del ensamble y construcción del mezclador atmosférico, así como las actividades que se desarrollan en torno al proceso de experimentación y simulación computacional.

### **2.2.5 Método comparativo**

Este tipo de método se empleó al comparar diferentes modelos de mezcladores, con la finalidad de encontrar uno que nos permita desarrollar un diseño óptimo y adecuado para construir el prototipo de mezclador deseado.

### **2.2.6 Método de criterios ponderados**

El objetivo de este método fue encontrar alternativas más eficientes, mediante la aplicación de criterios de ponderación.

### **Criterios de selección del mezclador atmosférico**

- Propiedades del accesorio: seleccionar el mezclador que presente mayor dureza, resistencia al calor, alta resistencia a la oxidación y corrosión.
- Disponibilidad en el mercado: optar por el mezclador que facilite su adquisición.
- Costo: Rentabilidad en función del uso.



## Alternativa I

### Prototipo de mezclador 1



Figura 12: Mezclador 1 [10].

El modelo de Mezclador 1, presenta accesorios de rosca externa de  $\frac{1}{2}$  pulgada NTP, esta estructura es duradera lo que le proporciona larga vida útil, genera una llama alta que reduce el hollín. El orificio es de latón y el acoplador con la boquilla son de acero inoxidable. Tiene un costo aproximado de US\$ 38.00.

## Alternativa II

### Prototipo de mezclador 2

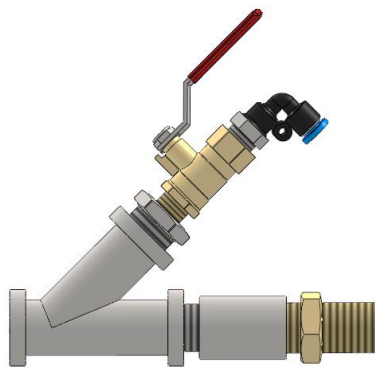


Figura 13: Mezclador 2.

El modelo de Mezclador 2, presenta los siguientes accesorios: modelo de mezclador 1, ye roscable, bushing de  $\frac{1}{2}$  pulgada a  $\frac{1}{4}$ , válvula de bola y un codo acople para aire. Este modelo produce la combustión correcta de aire con gas debido a la entrada de aire

primario y secundario, provocando una llama de excelente calidad. Tiene un costo aproximado de US\$ 55.00.

Para elegir la mejor alternativa se elige el método de factores ponderados.

En la Tabla 3, se presenta la selección del diseño del mezclador atmosférico con una valoración de 1-10 puntos para las alternativas, siendo 10 el más factible y 1 el menos factible.

Tabla 3: Criterios de selección para el mezclador.

<b>Factores</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Alter. I</b>		<b>Alter. II</b>	
Propiedades del accesorio	50	8	4	9	4,5
Disponibilidad en el mercado	30	7	2,1	8	2,4
Costo total	20	7	1,4	6	1,2
	100		7,5		8,1

Tabla 4: Resultados de la ponderación.

<b>Alternativas</b>	<b>Valor</b>
Prototipo de mezclador 1	7,5
Prototipo de mezclador 2	8,1

De acuerdo a la Tabla 4 se optó por el Modelo de mezclador 2 con un valor ponderado de 8,1 por ende es el modelo que se utilizó para el desarrollo del prototipo.

### 2.2.7 Método del proceso de fabricación

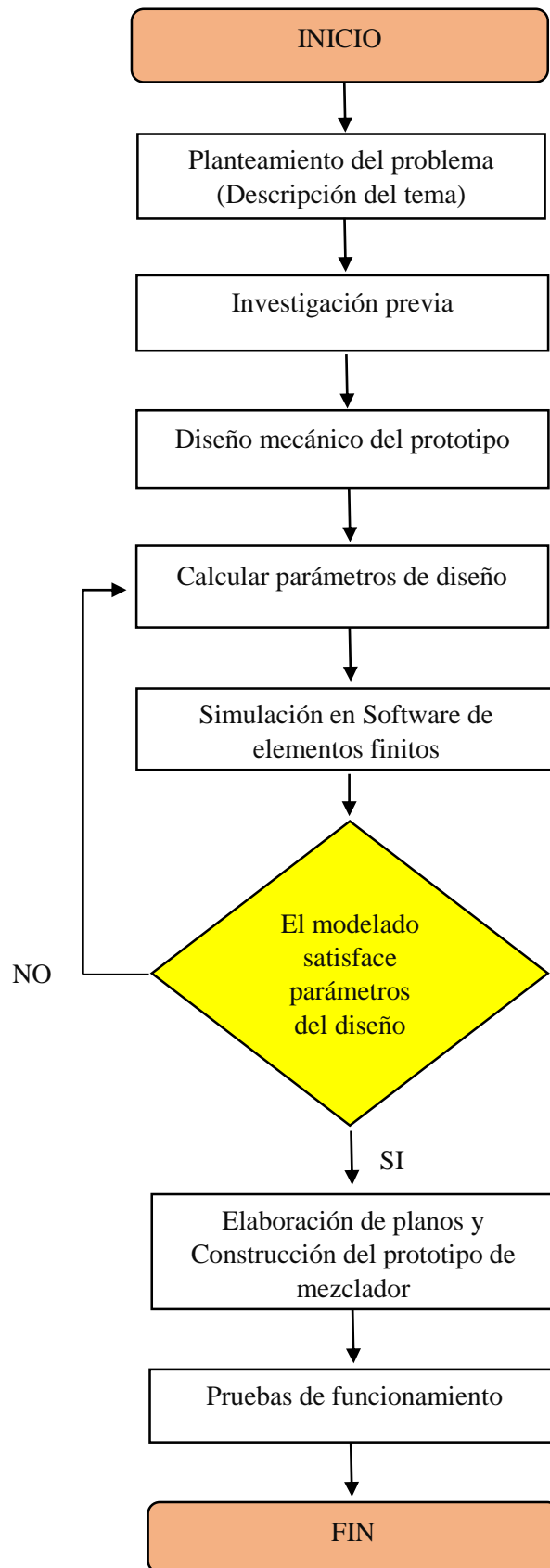


Figura 14: Flujograma del proceso de fabricación del mezclador atmosférico de aire-GLP.

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para establecer los resultados obtenidos en el diseño y construcción del mezclador atmosférico se determinó parámetros fundamentales como son: la selección de la alternativa más adecuada de diseño del mezclador 2, cálculo del flujo másico de combustible, relación aire-combustible, flujo másico mínimo de aire para la combustión, calor generado de la mezcla de aire combustible, cálculo de flujo másico conforme al calor generado, modelado y simulación de la mezcla de fluidos al interior del mezclador, además se realizó la construcción del mezclador de GLP sometiéndolo a pruebas de funcionamiento, obteniendo resultados satisfactorios en el correcto funcionamiento de este prototipo.

#### 3.1.1 Cálculo del caudal de combustible

$\emptyset$  inyector gas: 3.17 mm

Según el Manual del Gasista de Lorenzo Becco, para un diámetro de inyector de gas licuado de petróleo de 3.17 mm se obtiene una potencia calorífica de:

Potencia calorífica: 30000 *kcal/h* =35KW

Poder calorífico del GLP: 11900 *kcal/kg*

$$Q = m_{combustible} \cdot Pc \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

$Q$ : Potencia calorífica [*kcal/h*]

$m_{combustible}$ : Flujo másico del combustible [*kg/s*]

$Pc$  : Poder calorífico del combustible [*kcal/kg*]

$$m_{combustible} = \frac{Q}{Pc} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$m_{combustible} = \frac{30000 \text{ kcal/h}}{11900 \text{ kcal/kg}}$$

$$m_{combustible} = 2.52 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

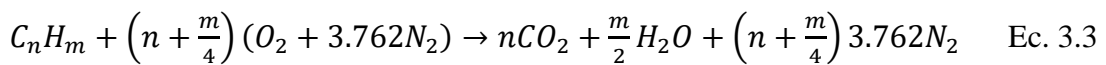
$$m_{combustible} = 2.52 \frac{kg}{h} * 0.000277778 \frac{kg}{s}$$

$$m_{combustible} = 7 \times 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

### 3.1.2 Cálculos de combustión

Se realizan balances estequiométricos con exceso de aire, utilizando el propano  $[C_3H_8]$ , el cual se encuentra en mayor proporción en el GLP.[8]

Ecuación estequiométrica completa



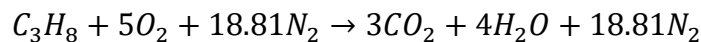
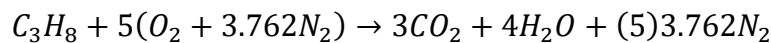
Donde:

$C_nH_m$ : Hidrocarburos de composición general “[ $C_3H_8$ ] combustible GLP”

$n$ : Número de átomos de carbono

$m$ : Número de átomos de hidrógeno

- Ecuación balanceada



Después de que se ha balanceado la ecuación, se calcula la relación aire combustible, para lo que se necesita las masas atómicas de los elementos, las mismas que se muestran a continuación:

$$C \rightarrow 12 \frac{kg}{kg \text{ mol}}$$

$$H \rightarrow 1.007 \frac{kg}{kg \text{ mol}}$$

$$O \rightarrow 16 \frac{kg}{kg \text{ mol}}$$

$$N \rightarrow 14.0067 \frac{kg}{kg \text{ mol}}$$

### 3.1.3 Cálculo de la relación aire combustible

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$m_{aire} = 18.81 * 2 * (14.0067) + 5 * 2 * (16) = 686.932$$

$$m_{combustible} = 3 * (12) + 8 * (1.007) = 44.056$$

$$AC = \frac{686.932}{44.056}$$

Donde:

$m_{aire}$ : masa de aire

$m_{combustible}$ : masa de combustible

$$AC = 15.6 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb}}$$

Se usan 15.6 kg de aire por cada kg de combustible, considerando un porcentaje de aire de 100%.

### Flujo másico mínimo de aire para la combustión

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}}$$

$$m_{aire} = 15.6 * 7x10^{-4}$$

$$m_{aire} = 1.092x10^{-2} \frac{kg}{s}$$

### 3.1.4 Calor generado en la mezcla de aire combustible

El calor generado se obtiene a través del balance entre las entalpías de los productos y de reactivos (**Anexos A-1 al A-5**).

$$Q_{sal} = \Sigma N_r(\bar{h}_f + \bar{h} - h^o)_r - \Sigma N_p(\bar{h}_f + \bar{h} - h^o)_p \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

$Q_{sal}$ : Flujo de calor teórico generado  $\left[ \frac{KJ}{Kmol} C_3H_8 \right]$

$N_r$ : Número de moles de los reactivos  $[kmol]$

$N_p$ : Número de moles de los productos  $[kmol]$

$\bar{h}_f$ : Entalpía de formación a 25°C y 1 atm  $\left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$  (Anexo A-2)

$\bar{h}$ : Entalpía de formación a T de reacción a producto  $\left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$

$h^o$ : Entalpía de corrección  $\left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$

Tabla 5: Entalpías de formación.

Sustancia	$\bar{h}_f \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (298.15K)	$\bar{h} \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (288.15K)	$h^o \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (298.15K)	$\bar{h} \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (773.15K)	$N [kmol]$
$C_3H_8$	-103850	-	-	-	1
$O_2$	0	8388.795	8686.05	-	5
$N_2$	0	8378.165	8673.05	-	18.81
$CO_2$	-393520	-	9369.025	30804.65	3
$H_2O$	-285830	-	9908.65	26861.96	4
$N_2$	0	-	8673.05	22870.595	18.81
$O_2$	0	-	8686.05	23619.155	0

$$Q_{sal} = -110883.0619 - (-1924704.064)$$

$$Q_{sal} = 1813821 \frac{KJ}{Kmol} C_3H_8$$

### 3.1.5 Cálculo de flujo másico de acuerdo al calor generado

$$Q_{sal} = \frac{1813821 \frac{KJ}{Kmol} C_3H_8}{44.097 \frac{kg}{Kmol} C_3H_8 \text{ (Peso molecular propano)}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$Q_{sal} = 41132,526 \frac{KJ}{kg}$$

$$Q = m_{combustible} * Q_{sal} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

$Q$ : Potencia calorífica  $\left[ \frac{KJ}{s} \right]$

$m_{combustible}$ : Flujo másico del combustible  $\left[ \frac{kg}{s} \right]$

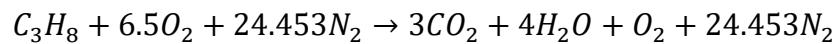
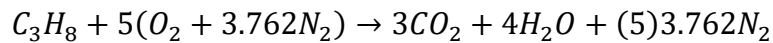
$Q_{sal}$ : Flujo de calor teórico generado  $\left[ \frac{KJ}{kg} \right]$

$$m_{combustible} = \frac{Q}{Q_{sal}}$$

$$m_{combustible} = \frac{35 \frac{KJ}{s}}{41132,526 \frac{KJ}{kg}}$$

$$m_{combustible} = 8.509 \times 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

### 3.1.6 Reacción teórica con exceso de 30% de aire



Cálculo de la relación aire combustible

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}}$$

$$m_{aire} = 24.453 * 2 * (14.0067) + 6.5 * 2 * (16) = 893.012$$

$$m_{combustible} = 3 * (12) + 8 * (1.007) = 44.056$$

$$AC = \frac{893.012}{44.056}$$

$$AC = 20.27 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb}}$$

Se usan 20.27 kg de aire por cada kg de combustible, considerando un porcentaje de aire de 130%, de esta manera se puede aprovechar de manera eficiente el combustible.

Flujo másico mínimo de aire para la combustión

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}}$$

$$m_{aire} = 20.27 * 7 \times 10^{-4}$$

$$m_{aire} = 1.418 \times 10^{-2} \frac{kg}{s}$$



Calor generado en la mezcla de aire combustible

Tabla 6: Entalpias de formación con exceso de aire.

Sustancia	$\bar{h}_f \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (298.15K)	$\bar{h} \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (288.15K)	$h^o \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (298.15K)	$\bar{h} \left[ \frac{KJ}{Kmol} \right]$ (773.15K)	$N[kmol]$
$C_3H_8$	-103850	-	-	-	1
$O_2$	0	8388.795	8686.05	-	6.5
$N_2$	0	8378.165	8673.05	-	24.453
$CO_2$	-393520	-	9369.025	30804.65	3
$H_2O$	-285830	-	9908.65	26861.96	4
$N_2$	0	-	8673.05	22870.595	24.453
$O_2$	0	-	8686.05	23619.155	1

$$Q_{sal} = -112992.9804 - (-1829654.212)$$

$$Q_{sal} = 1716661 \frac{KJ}{Kmol} C_3H_8$$

Cálculo de flujo másico de acuerdo al calor generado

$$Q_{sal} = \frac{1716661 \frac{KJ}{Kmol} C_3H_8}{44.097 \frac{kg}{Kmol} C_3H_8 \text{ (Peso molecular propano)}}$$

$$Q_{sal} = 38929.201 \frac{KJ}{kg}$$

$$Q = m_{combustible} * Q_{sal}$$

Donde:

$Q$ : Potencia calorífica  $\left[ \frac{KJ}{s} \right]$

$m_{combustible}$ : Flujo másico del combustible  $\left[ \frac{kg}{s} \right]$

$Q_{sal}$ : Flujo de calor teórico generado  $\left[ \frac{KJ}{kg} \right]$

$$m_{combustible} = \frac{Q}{Q_{sal}}$$

$$m_{combustible} = \frac{35 \frac{KJ}{s}}{38929.201 \frac{KJ}{kg}}$$

$$m_{combustible} = 8.990 \times 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

## 3.2 MODELADO Y SIMULACIÓN TÉRMICA

### 3.2.1 Procedimiento para la simulación

El modelo del mezclador se hizo de la manera más simple posible, puesto que se debe ahorrar recursos computacionales para realizar la simulación.

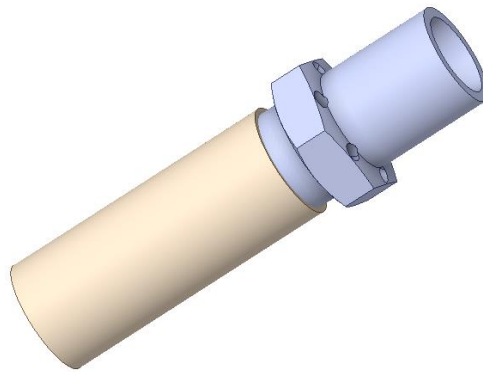


Figura 15: Modelo del mezclador de aire-GLP.

Se extrae el volumen de la figura principal, considerando por donde va a circular la mezcla de fluidos.

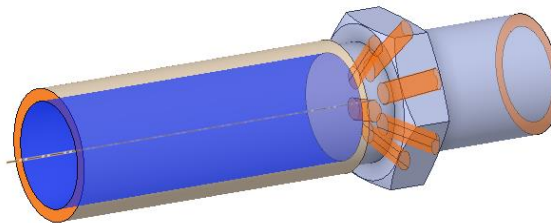


Figura 16: Extracción del volumen.

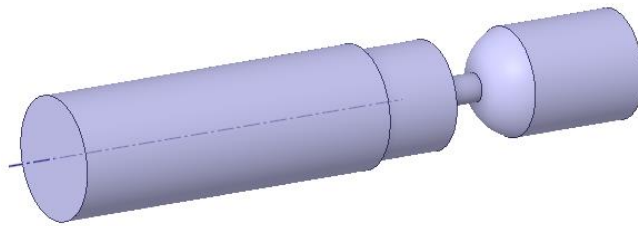


Figura 17: Figura para mallar.

Se procede a realizar el mallado del modelo considerando un análisis CFD ya que la geometría es compleja, como resultado se obtiene una malla muy estructurada y fina, también se puede evidenciar que el modelo consta de 14710 nodos y 75612 elementos.

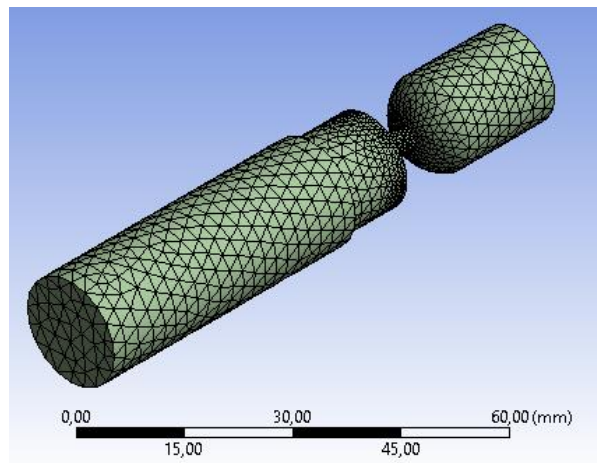


Figura 18: Mallado del mezclador.

Details of "Mesh"	
<b>Advanced</b>	
Number of CPUs for Parallel...	Program Con...
Straight Sided Elements	
Rigid Body Behavior	Dimensionall...
Triangle Surface Mesher	Program Con...
Topology Checking	Yes
Pinch Tolerance	Default (4,07...
Generate Pinch on Refresh	No
<b>Statistics</b>	
<input type="checkbox"/> Nodes	14710
<input type="checkbox"/> Elements	75612

Figura 19: Detalles de la malla.

Se establecen las secciones (Name Selections) para identificar las entradas y salidas de los fluidos.

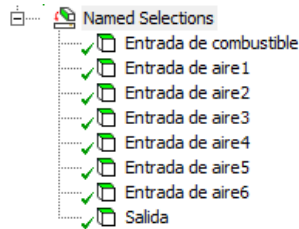


Figura 20: Nombramiento de las secciones.

Ahora se define la configuración del proceso ingresando las condiciones de borde que permitan obtener resultados de la combustión propano-aire. Como condiciones iniciales se define una presión de entrada de 88484 Pascales para ambos fluidos y una temperatura inicial de aire de 288°K mientras que para el combustible una temperatura inicial de 278°K. Al finalizar la simulación se tiene como resultado una gráfica de escala residual que contiene las curvas de los componentes analizados lo que significa que están siendo resueltos por algún método numérico, en un momento dado se halla la solución y la curva se estabiliza en la gráfica.

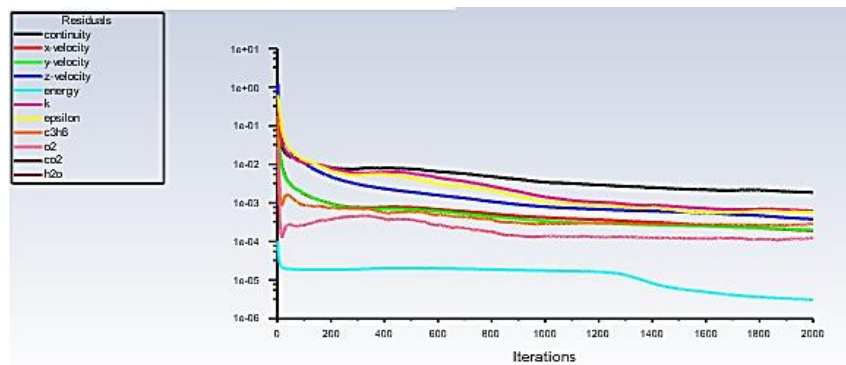


Figura 21: Gráfica de escala residual.

### 3.2.2 Análisis de la simulación de fluidos

En este apartado se presenta el análisis del comportamiento del mezclador en base a las condiciones de trabajo que permiten su funcionamiento.

Tabla 7: Simulación de la temperatura al interior del mezclador.



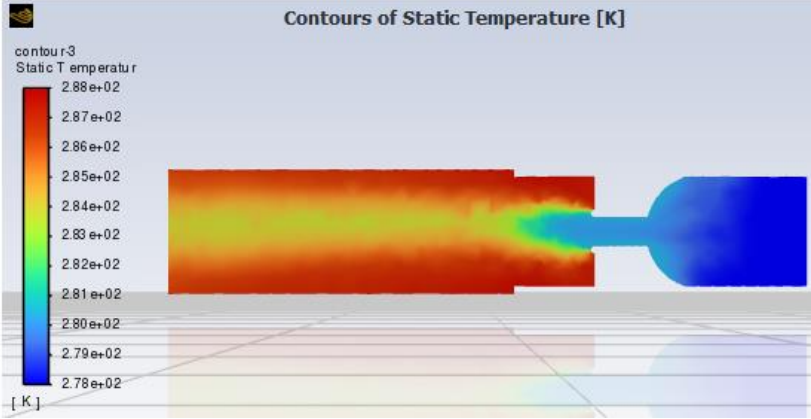
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
<b>Criterio:</b>	Temperatura al interior del mezclador		
<b>Características de la simulación:</b>	<b>Carga:</b>	<b>Geometría:</b>	<b>Tiempo de procesamiento:</b>
	Reacción de combustión	Tetraedros	90 minutos
<b>N° de nodos:</b>	14710	<b>Tipo de análisis:</b>	CFD
<b>N° de elementos:</b>	75612	<b>Tipo de elemento:</b>	Solid185
<b>Realizado por:</b>	Lourdes Supe	<b>Revisado por:</b>	Ing. Santiago Cabrera
<b>Resultados de simulación:</b>			
			
<p><b>Análisis:</b> El valor máximo de la temperatura al interior del mezclador cuando se produce la combustión es de 288°K y la temperatura mínima bajo las mismas condiciones es de 278°K.</p>			

Tabla 8: Simulación de la densidad de los fluidos al interior del mezclador.



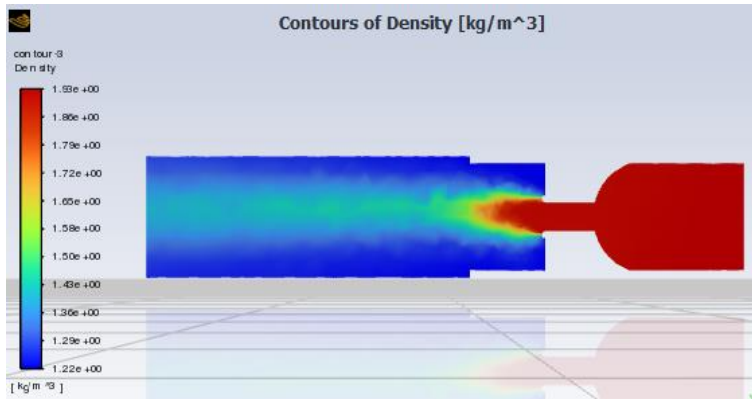


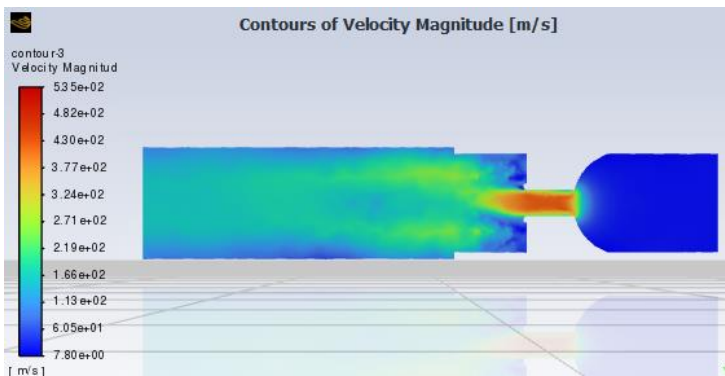
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
<b>Criterio:</b>	Densidad al interior del mezclador		
<b>Características de la simulación:</b>	<b>Carga:</b>	<b>Geometría:</b>	<b>Tiempo de procesamiento:</b>
	Reacción de combustión	Tetraedros	90 minutos
<b>N° de nodos:</b>	14710	<b>Tipo de análisis:</b>	CFD
<b>N° de elementos:</b>	75612	<b>Tipo de elemento:</b>	Solid185
<b>Realizado por:</b>	Lourdes Supe	<b>Revisado por:</b>	Ing. Santiago Cabrera
<b>Resultados de simulación:</b>			
			
<p><b>Análisis:</b> El valor máximo de la densidad al interior del mezclador cuando se produce la combustión es de <math>1.93 \text{ kg/m}^3</math> y la densidad mínima bajo las mismas condiciones es de <math>1.22 \text{ kg/m}^3</math>.</p>			

Tabla 9: Simulación de velocidad de fluidos al interior del mezclador.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
	<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
<b>Criterio:</b>	Velocidad al interior del mezclador		
<b>Características de la simulación:</b>	<b>Carga:</b>	<b>Geometría:</b>	<b>Tiempo de procesamiento:</b>
	Reacción de combustión	Tetraedros	90 minutos
<b>N° de nodos:</b>	14710	<b>Tipo de análisis:</b>	CFD
<b>N° de elementos:</b>	75612	<b>Tipo de elemento:</b>	Solid185
<b>Realizado por:</b>	Lourdes Supe	<b>Revisado por:</b>	Ing. Santiago Cabrera
<b>Resultados de simulación:</b>			
			
<p><b>Análisis:</b> El valor máximo de la velocidad al interior del mezclador cuando se produce la combustión es de 535 m/s y la velocidad mínima bajo las mismas condiciones es de 7.80 m/s .</p>			

### 3.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MEZCLADOR

Para la construcción del prototipo de mezclador se requiere obtener primeramente todos los accesorios que conforman este dispositivo, luego se debe agregar teflón a las roscas de los componentes con el fin de evitar fugas.



Figura 22: Componentes del mezclador.

Después se unen todos los accesorios conforme al diseño establecido.

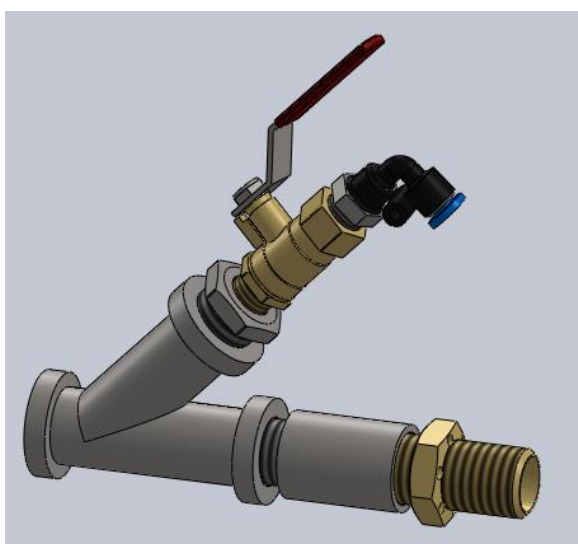


Figura 23: Diseño del mezclador sin cubierta.



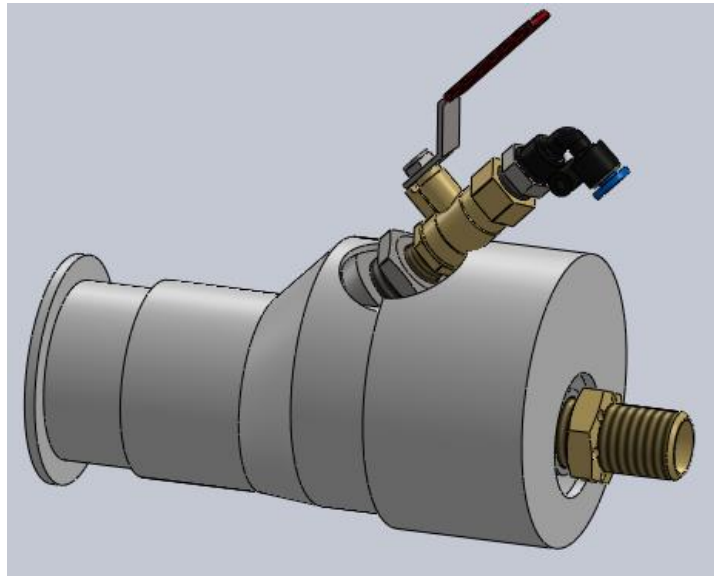


Figura 24: Diseño del mezclador con cubierta.



Figura 25: Ensamblaje final del mezclador.

Para la cubierta del prototipo primeramente se señala con un marcador el diámetro de 35mm en la reducción excéntrica y las tapas respectivamente para que los componentes queden bien posicionados. Luego se realizan los agujeros con el rectificador manual.



Figura 26: Marcado de los diámetros a rectificar.



Figura 27. Rectificado del reductor excéntrico.



Figura 28: Rectificado de la tapa reductora grande.



Figura 29: Rectificado de la tapa reductora pequeña.

Luego de realizar los agujeros se procede a lijar los alrededores de los mismos para eliminar las irregularidades y poder dejar lisas las superficies.



Figura 30: Lijado de piezas rectificadas.

### **3.3.1 Pruebas de funcionamiento**

#### *Pruebas de funcionamiento preliminar*

Para obtener el correcto funcionamiento del mezclador de aire-GLP se realizaron varias pruebas y cambios en su estructura hasta lograr un diseño que permita obtener la combustión deseada.

En la Figura 32 y 33, se observa que la llama generada por el quemador que actúa conjuntamente con el mezclador es demasiado amarilla, esto ocurre debido a que no

entra aire suficiente al mezclador y la combustión es incompleta lo cual genera emisiones de monóxido de carbono.



Figura 31: Prototipo de funcionamiento preliminar.



Figura 32: Llama 1 generada por el prototipo de funcionamiento preliminar.

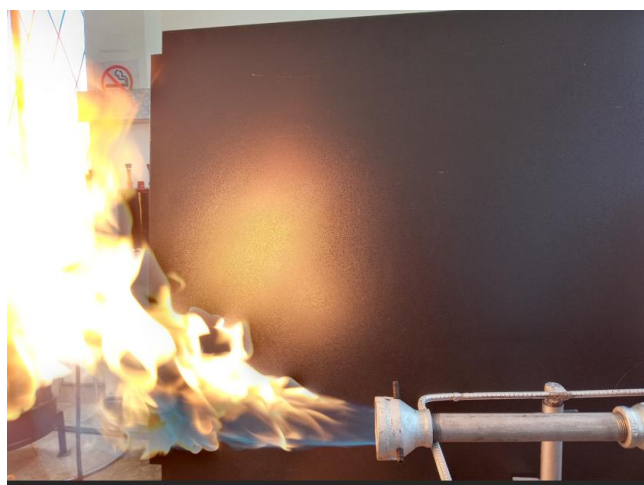


Figura 33: Llama 2 generada por el prototipo de funcionamiento preliminar.

### *Pruebas de funcionamiento definitivo*

Después de realizar las pruebas necesarias para obtener el prototipo deseado, cabe recalcar que el aire que se encuentra en el ambiente y entra a través de los 6 orificios de 3mm ubicados en el mezclador no es suficiente y se decide añadir a la estructura una Yee roscable de ½ pulgada con la finalidad de añadir más aire que es suministrado por el compresor que se encuentra en los laboratorios de Mecánica, este método surge efecto y mejora la combustión, y por ende la longitud, color y forma de la llama y con eso disminuye la presencia de emisiones contaminantes. En la figura 34, se puede observar el prototipo final del mezclador de aire - GLP.

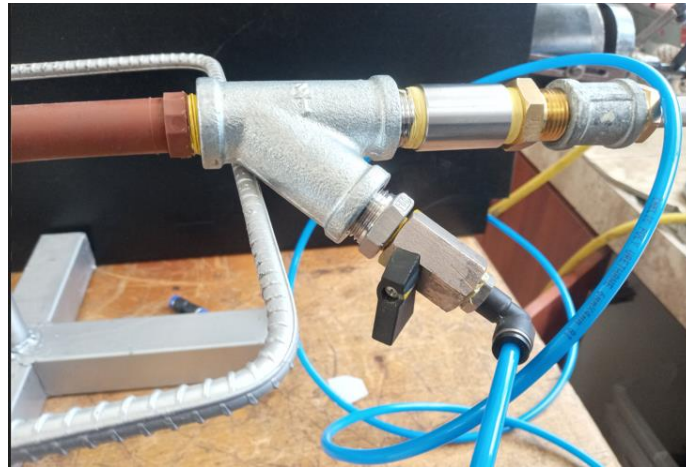


Figura 34: Prototipo de funcionamiento definitivo.



Figura 35: Llama generada por el prototipo final del mezclador de aire-GLP.

### **3.3.2 Proceso secuencial para el funcionamiento del mezclador**

- Conectar la alimentación de combustible al regulador ubicado en los laboratorios, este regulador permite graduar la presión de salida del GLP.
- Acoplar el quemador al mezclador y conectarlo al medidor de consumo de GLP para controlar la presión de salida.
- Conectar la alimentación del aire al codo acople para aire del mezclador a fin de obtener la mezcla apropiada de los dos fluidos.
- Para encender el quemador y observar el funcionamiento del mezclador primeramente se debe abrir la llave del GLP a 1/8 de su capacidad, seguidamente se usa un mechero a la salida del quemador. Después se incrementa la apertura de la llave de GLP a 1/4 de su capacidad observando la premezcla de aire- combustible. Por último, se aumenta la apertura de la llave de GLP a 1/2 de su capacidad total, luego se regula la válvula de entrada de aire a 1/2 de su capacidad, con lo cual se obtiene la mezcla deseada, evidenciando la forma, color y longitud requerida de la llama. Estos pasos que se citaron son de gran importancia ya que con eso se puede evitar contratiempos en el operario.

### **3.3.3 Precauciones de seguridad**

- Verificar que la mesa de trabajo se encuentre despejada, solo deben estar los componentes que se han de usar para no entorpecer la actividad.
- Antes de encender el equipo se debe constatar que no haya materiales inflamables cerca.
- Para realizar la práctica en el laboratorio, es conveniente que el operario cuente con equipos de seguridad como guantes y gafas antes de encender el prototipo.
- Es aconsejable que la operación del prototipo se la realice con un ayudante para que facilite la ejecución del proceso.
- Al estar el equipo en funcionamiento se debe evitar tocar con las manos los componentes ya que puede ocasionar quemaduras en la piel.

### **3.3.4 Recomendaciones generales para el mantenimiento del prototipo**

- Colocar tapones a los inyectores tanto de aire como de GLP para evitar que la suciedad del ambiente y agentes extraños ingresen al mezclador.

- Conectar las entradas de los fluidos a una fuente de aire comprimido para limpiar impurezas presentes en las paredes del prototipo.
- Para una limpieza profunda es necesario desmontar todos los elementos que componen el mezclador para verificar su desgaste, si fuera necesario cambiar los accesorios. Volver a montar cada uno de los accesorios colocando teflón y procurando no dañar la rosca de los mismos.
- En caso de presenciar oxidación en las partes que componen el prototipo, colocar WD-40 Multi-Usos y dejarlo actuar sobre la superficie, después de unos minutos con la ayuda de un poco de lana de acero, frotar el área con cuidado de manera que no se dañen los componentes ni las roscas.

### **3.3.5 Presupuesto final del mezclador atmosférico**

Para la realización de este proyecto técnico, a continuación, se detalla el presupuesto generado para construir el prototipo de mezclador atmosférico de aire-GLP.

Tabla 10: Costos fijos para la construcción del mezclador.

COSTOS DIRECTOS			
Accesorios y materia prima para la instalación			
Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total (USD)
Válvula mezcladora de aire y GLP	1	38.00	38.00
Yee Sencilla H.G. ½ FOSET	1	3.50	3.50
Bushing de ½ a ¼	1	1.85	1.85
Válvula de bola de ¼	1	7.00	7.00
Codo acople para aire	1	1.80	1.80
Reductor excéntrico de desagüe plastigama	1	3.00	3.00
Tapones macho de desagüe plastigama	2	2.00	4.00
Teflón	1	2.00	2.00
Lija de agua	1	1.00	1.00
Diseño, internet, hojas	1	300.00	300.00
COSTOS INDIRECTOS			
Transporte	20 veces	3.00	60.00
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 422.15</b>

Tabla 11: Costo de la mano de obra.

COSTOS MANO DE OBRA			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total (USD)
Taller mecánico	1 hora	20.00	20.00
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10.00</b>



Tabla 12: Costo total para la construcción del mezclador de aire-GLP.

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	
Costos directos	\$ 362.15
Costos indirectos	\$ 60.00
Costos de la mano de obra	\$ 20.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 432.15</b>
IMPREVISTOS 3.5%	\$ 15.13
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 457.28</b>

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Para seleccionar la mejor alternativa de mezclador, se tomaron en cuenta parámetros como: propiedades del material, disponibilidad en el mercado y costo, siendo la mejor opción el prototipo de mezclador 2 para realizar la mezcla de aire combustible, utilizando aire primario del ambiente que ingresa a través de los orificios del mezclador y el aire secundario suministrado por el compresor. Al usar una fuente extra de ingreso de aire, se disminuye notablemente la presencia de gases contaminantes y hollín, mejorando así las características de la llama.
- Se realizó la selección de componentes apropiados para transportar GLP considerando que la mayoría de los elementos son construidos de materiales anticorrosivos y soportan altas temperaturas, lo cual facilita la combustión adecuada de los dos fluidos.
- Para el diseño geométrico del prototipo se empleó un software CAD/CAE que facilita el modelado fácil y rápido de los elementos que conforman el mezclador, generando así un modelo muy aproximado a la realidad y de fácil exportación a otros programas complementarios.
- Para la simulación se desarrolla el mallado considerando una preferencia de física en CFD para optimizar recursos computacionales, cabe mencionar que con este tipo de configuración se obtuvo una malla muy estructurada y fina dando como resultado 14710 nodos y 75612 elementos. Las condiciones de borde utilizadas en el modelo fueron una presión inicial con un valor de 88484 Pascales y una temperatura de 288°K para el aire mientras que para el combustible se consideró una temperatura de 278°K, las cuales son consideraciones iniciales para evaluar la combustión de los fluidos.
- Al analizar la reacción de combustible teórico se determinó que se utilizan 15.6 kg de aire por cada kilogramo de combustible considerando un porcentaje de 100% de aire, por lo que se genera un calor de combustión completa de  $1813821 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}} \text{ C}_3\text{H}_8$ . Considerando un porcentaje de 130% de aire se obtuvo

una relación de aire combustible de 20.27, generando un calor de combustión de  $1716661 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}} \text{C}_3\text{H}_8$ .

- Es fundamental realizar una inspección general del equipo antes de someterlo a las pruebas de funcionamientos con el fin de evitar imprevistos a la hora de manipularlo.

#### 4.2 RECOMENDACIONES

- Para el diseño del mezclador y sus accesorios es conveniente que los materiales seleccionados cuenten con alta resistencia a la corrosión, debido a las elevadas temperaturas a las que está expuesto el prototipo.
- Tanto el modelado como las simulaciones se deben desarrollar en una computadora con altas propiedades de Hardware.
- El número de iteraciones de cálculo en la computadora debe ser adecuado para llegar a la convergencia de manera rápida, es fundamental establecer iteraciones de valores altos como de 2000 para obtener resultados cercanos a la realidad.
- Se puede realizar la simulación en 2D ya que se generará un menor gasto computacional y se podrán obtener resultados válidos y rápidos en un menor tiempo.
- La instalación del prototipo se debe realizar en un espacio adecuado y con ventilación, que cuente con las conexiones de alimentación y permitan desfogar gases producidos al exterior durante el funcionamiento, cabe destacar que también debe ser ubicado en una superficie uniforme.
- Realizar una purga general del mezclador y quemador oportunamente, ya que al interior de estos suelen existir aire y residuos de gas que podrían ocasionar una llama contundente.
- Para evitar accidentes al momento de encender el equipo, se debe verificar que a los alrededores del laboratorio no existan materiales inflamables que puedan ocasionar incendios o explosiones. Es necesario que el operario use protección de seguridad como guantes, gafas y mandil para evitar quemaduras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. G. Jarrín López y J. L. Bayas Pasto, «Diseño y construcción de un prototipo de quemador de GLP de Baja potencia para secado agroindustrial para uso en los Laboratorios de la FICM», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2020. Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30651>
- [2] «ÁLVAREZ\_OLIVARES JOSÉ\_DISEÑO\_EVALUACIÓN\_EXPERIMENTAL.pdf». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14008/%c3%81LVAREZ\\_OLIVARES\\_JOS%c3%89\\_DISE%c3%91O\\_EVALUACI%c3%93N\\_EXPERIMENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14008/%c3%81LVAREZ_OLIVARES_JOS%c3%89_DISE%c3%91O_EVALUACI%c3%93N_EXPERIMENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [3] R. G. Quiroga, L. C. F. Garcia, y O. F. H. Cobos, «Diseño Y Construcción De Un Mezclador De Tornillo Sinfín Para Mortero Seco», *Sci. Tech.*, vol. XVI, n.º 45, pp. 37-42, 2010.
- [4] «0650721\_A1.pdf». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [http://132.248.9.195/ptd2009/octubre/0650721/0650721\\_A1.pdf](http://132.248.9.195/ptd2009/octubre/0650721/0650721_A1.pdf)
- [5] C. I. Loo Mosquera, «Diseño de un quemador de gas tipo venturi con una potencia de 20 KW para los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2021. Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32709>
- [6] «BetancurLady\_2022\_EstudioEmisionesMonoxido.pdf». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/28731/1/BetancurLady\\_2022\\_EstudioEmisionesMonoxido.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/28731/1/BetancurLady_2022_EstudioEmisionesMonoxido.pdf)
- [7] R. P. G. Andrés, «TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO EN REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS».
- [8] «Tesis I. M. 572 - Jarrín López Alex Gabriel.pdf». Accedido: 23 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30651/1/Tesis%20I.%20M.%20572%20-%20Jarr%c3%adn%20L%c3%b3pez%20Alex%20Gabriel.pdf>
- [9] J. D. Arellano Bustamante, «Diseño y Construcción de un Mezclador para Gases en un Motor de Combustión Interna». Accedido: 24 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7660>
- [10] «Amazon.com: Stanbroil Pozos de fuego de propano líquido 1/2" válvula mezcladora de aire, alta capacidad 90K BTU de latón sólido : Patio, Césped y Jardín». Accedido: 22 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.amazon.com/dp/B08QYMXM28/ref=sspa\\_dk\\_detail\\_0?pd\\_rd\\_i=B08QYMXM28&pd\\_rd\\_w=p9eNh&content-id=amzn1.sym.386c274b-4bfe-4421-9052-a1a56db557ab&pf\\_rd\\_p=386c274b-4bfe-4421-9052-a1a56db557ab&pf\\_rd\\_r=05X0GAYGEP7ZQPGRKC2Q&pd\\_rd\\_wg=46yHg&pd\\_rd\\_r=e28f9caf-1b16-436d-8421-8a413bb79095&s=lawn-](https://www.amazon.com/dp/B08QYMXM28/ref=sspa_dk_detail_0?pd_rd_i=B08QYMXM28&pd_rd_w=p9eNh&content-id=amzn1.sym.386c274b-4bfe-4421-9052-a1a56db557ab&pf_rd_p=386c274b-4bfe-4421-9052-a1a56db557ab&pf_rd_r=05X0GAYGEP7ZQPGRKC2Q&pd_rd_wg=46yHg&pd_rd_r=e28f9caf-1b16-436d-8421-8a413bb79095&s=lawn-)

garden&sp\_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhaWxhdGhlfWF0aWM&th=1#customerReviews

- [11] «Apendice\_Termodinamica.pdf». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://cdn.website-editor.net/375db4c25a0b4cf4a711e5ee4b2a3367/files/uploaded/Apendice\\_Termodinamica.pdf](https://cdn.website-editor.net/375db4c25a0b4cf4a711e5ee4b2a3367/files/uploaded/Apendice_Termodinamica.pdf)
- [12] «válvula de bola en latón con presión nominal de 20/25 bar | GESA». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.termometros.com/v%C3%A1lvula-de-bola-en-lat%C3%B3n-con-presi%C3%B3n-nominal-de-20-25-bar>
- [13] «91001396.pdf». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://disensa.com.ec/wp-content/uploads/recursos/ficha\\_tecnica/91001396.pdf](https://disensa.com.ec/wp-content/uploads/recursos/ficha_tecnica/91001396.pdf)
- [14] «Tubería de Hierro Galvanizado ISO II – Grupo Los Hidros CD». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://grupoloshidroscd.ec/tuberia-de-hierro-galvanizado-iso-ii/>

## **ANEXOS**

Anexo A-1: Entalpías de formación.

**TABLA A-26**

Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 25°C, 1 atm

Sustancia	Fórmula	$\bar{h}_f^\circ$ kJ/kmol	$\bar{g}_f^\circ$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K
Acetileno	$C_2H_2(g)$	+226,730	+209,170	200.85
Agua	$H_2O(l)$	-285,830	-237,180	69.92
Alcohol etílico	$C_2H_5OH(g)$	-235,310	-168,570	282.59
Alcohol etílico	$C_2H_5OH(l)$	-277,690	-174,890	160.70
Alcohol metílico	$CH_3OH(g)$	-200,670	-162,000	239.70
Alcohol metílico	$CH_3OH(l)$	-238,660	-166,360	126.80
Amoniaco	$NH_3(g)$	-46,190	-16,590	192.33
Benceno	$C_6H_6(g)$	+82,930	+129,660	269.20
n-butano	$C_4H_{10}(g)$	-126,150	-15,710	310.12
Carbón	$C(s)$	0	0	5.74
Dióxido de carbono	$CO_2(g)$	-393,520	-394,360	213.80
n-dodecano	$C_{12}H_{26}(g)$	-291,010	+50,150	622.83
Etano	$C_2H_6(g)$	-84,680	-32,890	229.49
Etileno	$C_2H_4(g)$	+52,280	+68,120	219.83
Hidrógeno	$H_2(g)$	0	0	130.68
Hidrógeno	$H(g)$	+218,000	+203,290	114.72
Hidroxilo	$OH(g)$	+39,460	+34,280	183.70
Metano	$CH_4(g)$	-74,850	-50,790	186.16
Monóxido de carbono	$CO(g)$	-110,530	-137,150	197.65
Nitrógeno	$N_2(g)$	0	0	191.61
Nitrógeno	$N(g)$	+472,650	+455,510	153.30
n-octano	$C_8H_{18}(g)$	-208,450	+16,530	466.73
n-octano	$C_8H_{18}(l)$	-249,950	+6,610	360.79
Oxígeno	$O_2(g)$	0	0	205.04
Oxígeno	$O(g)$	+249,190	+231,770	161.06
Peróxido de hidrógeno	$H_2O_2(g)$	-136,310	-105,600	232.63
Propano	$C_3H_8(g)$	-103,850	-23,490	269.91
Propileno	$C_3H_6(g)$	+20,410	+62,720	266.94
Vapor de agua	$H_2O(g)$	-241,820	-228,590	188.83

Fuente: De JANAF, *Thermochemical Tables*, Midland, MI, Dow Chemical Co., 1971, *Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties*, NBS Technical Note 270-3, 1968; y *API Research Project 44*, Carnegie Press, 1953.

Anexo A-2: Propiedades del oxígeno.

TABLA A-19

Propiedades de gas ideal del oxígeno, O<sub>2</sub>

T	$\bar{h}$	$\bar{u}$	$\bar{s}^\circ$	T	$\bar{h}$	$\bar{u}$	$\bar{s}^\circ$
K	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol · K	K	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol · K
0	0	0	0	600	17,929	12,940	226.346
220	6,404	4,575	196.171	610	18,250	13,178	226.877
230	6,694	4,782	197.461	620	18,572	13,417	227.400
240	6,984	4,989	198.696	630	18,895	13,657	227.918
250	7,275	5,197	199.885	640	19,219	13,898	228.429
260	7,566	5,405	201.027	650	19,544	14,140	228.932
270	7,858	5,613	202.128	660	19,870	14,383	229.430
280	8,150	5,822	203.191	670	20,197	14,626	229.920
290	8,443	6,032	204.218	680	20,524	14,871	230.405
298	8,682	6,203	205.033	690	20,854	15,116	230.885
300	8,736	6,242	205.213	700	21,184	15,364	231.358
310	9,030	6,453	206.177	710	21,514	15,611	231.827
320	9,325	6,664	207.112	720	21,845	15,859	232.291
330	9,620	6,877	208.020	730	22,177	16,107	232.748
340	9,916	7,090	208.904	740	22,510	16,357	233.201
350	10,213	7,303	209.765	750	22,844	16,607	233.649
360	10,511	7,518	210.604	760	23,178	16,859	234.091
370	10,809	7,733	211.423	770	23,513	17,111	234.528
380	11,109	7,949	212.222	780	23,850	17,364	234.960
390	11,409	8,166	213.002	790	24,186	17,618	235.387
400	11,711	8,384	213.765	800	24,523	17,872	235.810
410	12,012	8,603	214.510	810	24,861	18,126	236.230
420	12,314	8,822	215.241	820	25,199	18,382	236.644
430	12,618	9,043	215.955	830	25,537	18,637	237.055
440	12,923	9,264	216.656	840	25,877	18,893	237.462
450	13,228	9,487	217.342	850	26,218	19,150	237.864
460	13,525	9,710	218.016	860	26,559	19,408	238.264
470	13,842	9,935	218.676	870	26,899	19,666	238.660
480	14,151	10,160	219.326	880	27,242	19,925	239.051
490	14,460	10,386	219.963	890	27,584	20,185	239.439
500	14,770	10,614	220.589	900	27,928	20,445	239.823
510	15,082	10,842	221.206	910	28,272	20,706	240.203
520	15,395	11,071	221.812	920	28,616	20,967	240.580
530	15,708	11,301	222.409	930	28,960	21,228	240.953
540	16,022	11,533	222.997	940	29,306	21,491	241.323
550	16,338	11,765	223.576	950	29,652	21,754	241.689
560	16,654	11,998	224.146	960	29,999	22,017	242.052
570	16,971	12,232	224.708	970	30,345	22,280	242.411
580	17,290	12,467	225.262	980	30,692	22,544	242.768
590	17,609	12,703	225.808	990	31,041	22,809	242.120



Anexo A-3: Propiedades del nitrógeno.

TABLA A-18

Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N<sub>2</sub>

<i>T</i> K	$\bar{h}$ kJ/kmol	$\bar{u}$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K	<i>T</i> K	$\bar{h}$ kJ/kmol	$\bar{u}$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K
0	0	0	0	600	17,563	12,574	212.066
220	6,391	4,562	182.639	610	17,864	12,792	212.564
230	6,683	4,770	183.938	620	18,166	13,011	213.055
240	6,975	4,979	185.180	630	18,468	13,230	213.541
250	7,266	5,188	186.370	640	18,772	13,450	214.018
260	7,558	5,396	187.514	650	19,075	13,671	214.489
270	7,849	5,604	188.614	660	19,380	13,892	214.954
280	8,141	5,813	189.673	670	19,685	14,114	215.413
290	8,432	6,021	190.695	680	19,991	14,337	215.866
298	8,669	6,190	191.502	690	20,297	14,560	216.314
300	8,723	6,229	191.682	700	20,604	14,784	216.756
310	9,014	6,437	192.638	710	20,912	15,008	217.192
320	9,306	6,645	193.562	720	21,220	15,234	217.624
330	9,597	6,853	194.459	730	21,529	15,460	218.059
340	9,888	7,061	195.328	740	21,839	15,686	218.472
350	10,180	7,270	196.173	750	22,149	15,913	218.889
360	10,471	7,478	196.995	760	22,460	16,141	219.301
370	10,763	7,687	197.794	770	22,772	16,370	219.709
380	11,055	7,895	198.572	780	23,085	16,599	220.113
390	11,347	8,104	199.331	790	23,398	16,830	220.512
400	11,640	8,314	200.071	800	23,714	17,061	220.907
410	11,932	8,523	200.794	810	24,027	17,292	221.298
420	12,225	8,733	201.499	820	24,342	17,524	221.684
430	12,518	8,943	202.189	830	24,658	17,757	222.067
440	12,811	9,153	202.863	840	24,974	17,990	222.447
450	13,105	9,363	203.523	850	25,292	18,224	222.822
460	13,399	9,574	204.170	860	25,610	18,459	223.194
470	13,693	9,786	204.803	870	25,928	18,695	223.562
480	13,988	9,997	205.424	880	26,248	18,931	223.927
490	14,285	10,210	206.033	890	26,568	19,168	224.288
500	14,581	10,423	206.630	900	26,890	19,407	224.647
510	14,876	10,635	207.216	910	27,210	19,644	225.002
520	15,172	10,848	207.792	920	27,532	19,883	225.353
530	15,469	11,062	208.358	930	27,854	20,122	225.701
540	15,766	11,277	208.914	940	28,178	20,362	226.047
550	16,064	11,492	209.461	950	28,501	20,603	226.389
560	16,363	11,707	209.999	960	28,826	20,844	226.728
570	16,662	11,923	210.528	970	29,151	21,086	227.064
580	16,962	12,139	211.049	980	29,476	21,328	227.398
590	17,262	12,356	211.562	990	29,803	21,571	227.728

Anexo A-4: Propiedades del dióxido de carbono.

TABLA A-20							
Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>							
T	$\bar{h}$	$\bar{u}$	$\bar{s}^\circ$	T	$\bar{h}$	$\bar{u}$	$\bar{s}^\circ$
K	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol · K	K	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol · K
0	0	0	0	600	22,280	17,291	243.199
220	6,601	4,772	202.966	610	22,754	17,683	243.983
230	6,938	5,026	204.464	620	23,231	18,076	244.758
240	7,280	5,285	205.920	630	23,709	18,471	245.524
250	7,627	5,548	207.337	640	24,190	18,869	246.282
260	7,979	5,817	208.717	650	24,674	19,270	247.032
270	8,335	6,091	210.062	660	25,160	19,672	247.773
280	8,697	6,369	211.376	670	25,648	20,078	248.507
290	9,063	6,651	212.660	680	26,138	20,484	249.233
298	9,364	6,885	213.685	690	26,631	20,894	249.952
300	9,431	6,939	213.915	700	27,125	21,305	250.663
310	9,807	7,230	215.146	710	27,622	21,719	251.368
320	10,186	7,526	216.351	720	28,121	22,134	252.065
330	10,570	7,826	217.534	730	28,622	22,522	252.755
340	10,959	8,131	218.694	740	29,124	22,972	253.439
350	11,351	8,439	219.831	750	29,629	23,393	254.117
360	11,748	8,752	220.948	760	30,135	23,817	254.787
370	12,148	9,068	222.044	770	30,644	24,242	255.452
380	12,552	9,392	223.122	780	31,154	24,669	256.110
390	12,960	9,718	224.182	790	31,665	25,097	256.762
400	13,372	10,046	225.225	800	32,179	25,527	257.408
410	13,787	10,378	226.250	810	32,694	25,959	258.048
420	14,206	10,714	227.258	820	33,212	26,394	258.682
430	14,628	11,053	228.252	830	33,730	26,829	259.311
440	15,054	11,393	229.230	840	34,251	27,267	259.934
450	15,483	11,742	230.194	850	34,773	27,706	260.551
460	15,916	12,091	231.144	860	35,296	28,125	261.164
470	16,351	12,444	232.080	870	35,821	28,588	261.770
480	16,791	12,800	233.004	880	36,347	29,031	262.371
490	17,232	13,158	233.916	890	36,876	29,476	262.968
500	17,678	13,521	234.814	900	37,405	29,922	263.559
510	18,126	13,885	235.700	910	37,935	30,369	264.146
520	18,576	14,253	236.575	920	38,467	30,818	264.728
530	19,029	14,622	237.439	930	39,000	31,268	265.304
540	19,485	14,996	238.292	940	39,535	31,719	265.877
550	19,945	15,372	239.135	950	40,070	32,171	266.444
560	20,407	15,751	239.962	960	40,607	32,625	267.007
570	20,870	16,131	240.789	970	41,145	33,081	267.566
580	21,337	16,515	241.602	980	41,685	33,537	268.119
590	21,807	16,902	242.405	990	42,226	33,995	268.670

Anexo A-5: Propiedades del vapor de agua.

TABLA A-23

Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H<sub>2</sub>O

$T$ K	$\bar{h}$ kJ/kmol	$\bar{u}$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K	$T$ K	$\bar{h}$ kJ/kmol	$\bar{u}$ kJ/kmol	$\bar{s}^\circ$ kJ/kmol · K
0	0	0	0	600	20,402	15,413	212.920
220	7,295	5,466	178.576	610	20,765	15,693	213.529
230	7,628	5,715	180.054	620	21,130	15,975	214.122
240	7,961	5,965	181.471	630	21,495	16,257	214.707
250	8,294	6,215	182.831	640	21,862	16,541	215.285
260	8,627	6,466	184.139	650	22,230	16,826	215.856
270	8,961	6,716	185.399	660	22,600	17,112	216.419
280	9,296	6,968	186.616	670	22,970	17,399	216.976
290	9,631	7,219	187.791	680	23,342	17,688	217.527
298	9,904	7,425	188.720	690	23,714	17,978	218.071
300	9,966	7,472	188.928	700	24,088	18,268	218.610
310	10,302	7,725	190.030	710	24,464	18,561	219.142
320	10,639	7,978	191.098	720	24,840	18,854	219.668
330	10,976	8,232	192.136	730	25,218	19,148	220.189
340	11,314	8,487	193.144	740	25,597	19,444	220.707
350	11,652	8,742	194.125	750	25,977	19,741	221.215
360	11,992	8,998	195.081	760	26,358	20,039	221.720
370	12,331	9,255	196.012	770	26,741	20,339	222.221
380	12,672	9,513	196.920	780	27,125	20,639	222.717
390	13,014	9,771	197.807	790	27,510	20,941	223.207
400	13,356	10,030	198.673	800	27,896	21,245	223.693
410	13,699	10,290	199.521	810	28,284	21,549	224.174
420	14,043	10,551	200.350	820	28,672	21,855	224.651
430	14,388	10,813	201.160	830	29,062	22,162	225.123
440	14,734	11,075	201.955	840	29,454	22,470	225.592
450	15,080	11,339	202.734	850	29,846	22,779	226.057
460	15,428	11,603	203.497	860	30,240	23,090	226.517
470	15,777	11,869	204.247	870	30,635	23,402	226.973
480	16,126	12,135	204.982	880	31,032	23,715	227.426
490	16,477	12,403	205.705	890	31,429	24,029	227.875
500	16,828	12,671	206.413	900	31,828	24,345	228.321
510	17,181	12,940	207.112	910	32,228	24,662	228.763
520	17,534	13,211	207.799	920	32,629	24,980	229.202
530	17,889	13,482	208.475	930	33,032	25,300	229.637
540	18,245	13,755	209.139	940	33,436	25,621	230.070
550	18,601	14,028	209.795	950	33,841	25,943	230.499
560	18,959	14,303	210.440	960	34,247	26,265	230.924
570	19,318	14,579	211.075	970	34,653	26,588	231.347
580	19,678	14,856	211.702	980	35,061	26,913	231.767
590	20,039	15,134	212.320	990	35,472	27,240	232.184

## Anexo A-6: Ficha técnica de la válvula de bola de latón.

### válvula de bola en latón con presión nominal de 20/25 bar

Las Válvulas de esfera PN 20/25 han sido construidas de acuerdo con las siguientes Normas Europeas:

- UNE EN ISO 228
- UNE EN 22768

**Sistema de apertura/cierre:** La aplicación más frecuente de estas válvulas es en instalaciones donde el flujo se interrumpe regularmente.

No es recomendable usarlas en servicios parcialmente abiertos por un largo tiempo bajo condiciones de alta caída de presión a través de la válvula, ya que los asientos blandos pueden tener tendencia a salir de su sitio y obstruir el movimiento de la bola.

**Presión nominal:** 20/25 bar

**Temperatura de trabajo:** -20+150°C en ausencia de vapor

**Índice de protección:** IP56

**Maneta:** Durabilidad y ergonomía. La maneta es de Acero y plástico inyectado de textura rugosa.

**Eje:** Sistema antifuga.

Aplicaciones: Válvulas para múltiples aplicaciones



Su selección	
Máxima presión nominal	PN 20
Material de construcción	Latón niquelado
Maneta	Palanca
Material de la maneta	Acero niquelado
Color de la maneta	Azul
Conexión a la instalación	1/4"BSP
Conexiones de la válvula	Macho-Hembra

## Anexo A-7: Catálogo de accesorios PVC plastigama.

<h1>SANITARIA PREMIUM</h1> <p>Plastigama</p>			
<p><b>TUBERÍA SANITARIA INEN 1374</b>            DIÁMETRO            50mm x 3m            75mm x 3m            110mm x 3m            160mm x 3m            200mm x 6m</p> <p><small>Longitud de fabricación 600 y 900 más la conexión.</small></p>		<p><b>TUBERÍA VENTILACIÓN INEN 2474</b>            DIÁMETRO            50mm x 3m            75mm x 3m            110mm x 3m</p> <p><small>NO PARA USO SANITARIO.</small></p>	
<p><b>KIT REJILLA PARA PISO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rejilla de acero inoxidable ó rejilla en polipropileno</li> <li>• Canaletas de PVC para conexión salida vertical soldable Ø 50 y 75mm (6 canaletas x 0,5m)</li> <li>• Tapas de extremo de PVC (2 unids.) para conexión salida horizontal soldable (Ø 50mm)</li> <li>• Tornillos de sujeción.</li> </ul>		<p><b>Codo 45°</b>            DIÁMETRO E/C            50mm, 75mm            110mm, 160mm            200mm</p> <p>DIÁMETRO C/C            50mm, 160mm</p>	<p><b>Codo 90°</b>            DIÁMETRO E/C            50mm, 75mm            110mm, 160mm,            200mm</p> <p>DIÁMETRO C/C            50mm, 110mm,            160mm, 200mm</p>
<p><b>Codo 90° con ramal de ventilación</b>            DIÁMETRO E/C            110mm x 50mm            x 90°</p>	<p><b>Tee</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm            200mm</p>	<p><b>Tee reductora</b>            DIÁMETRO            75mm x 50mm            110mm x 50mm            110mm x 75mm            160mm x 110mm</p>	<p><b>Yee</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm</p>
<p><b>Yee reductora</b>            DIÁMETRO            75mm x 50mm            110mm x 50mm            110mm x 75mm            160mm x 110mm E/C            160mm x 110mm C/C</p>	<p><b>Sifón</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm</p>	<p><b>Reductor Exentrico</b>            DIÁMETRO            75mm a 50mm            110mm a 50mm            110mm a 75mm            200mm a 160mm</p>	<p><b>U con registro</b>            DIÁMETRO            50mm</p>
<p><b>U sin registro</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm</p>	<p><b>Unión</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm            200mm</p>	<p><b>Buje reductor</b>            DIÁMETRO            75mm a 50mm            110mm a 50mm            110mm a 75mm            160mm a 110mm</p>	<p><b>Tapón Hembra</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm            200mm</p>
<p><b>Tapón macho</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm            200mm</p>	<p><b>Adaptador De limpieza</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm            160mm</p>	<p><b>Rejilla Sifonada</b>            DIÁMETRO            50mm</p>	<p><b>Rejilla</b>            DIÁMETRO            50mm            75mm            110mm</p>

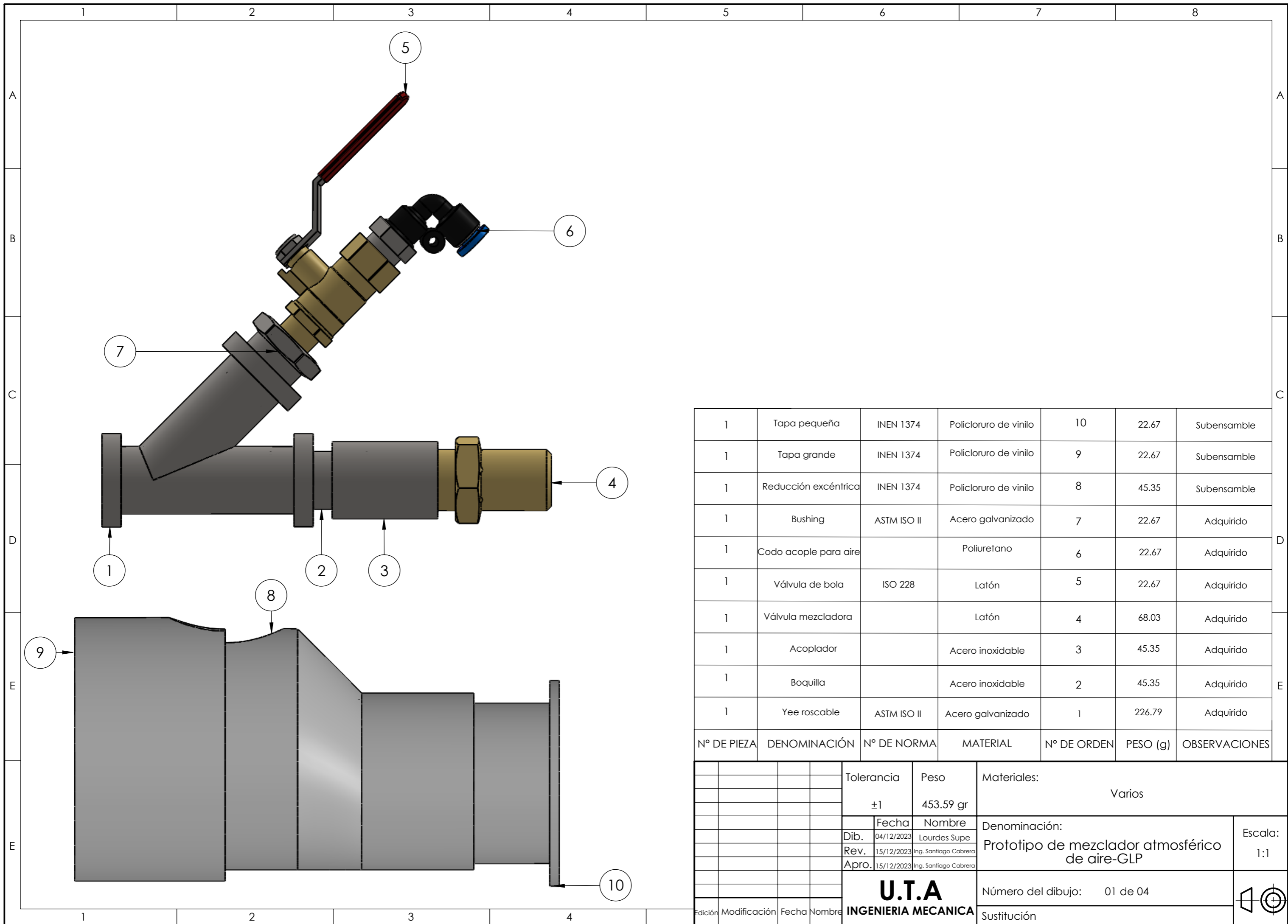
## Anexo A-8: Catálogo de accesorios de hierro galvanizado.

### Tubería de Hierro Galvanizado ISO II

#### Accesorios en Hierro Galvanizado

<p><b>CODO 90°</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>CODO 45°</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>CODO CACHIMBA</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> </ul>																																												
<p><b>TEE</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>UNIÓN</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>UNIVERSAL</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>																																												
<p><b>TAPÓN HEMBRA</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>TAPÓN MACHO</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>TAPÓN MACHO</b> BRONCE</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> </ul>																																												
<p><b>REDUCTOR</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <table border="0"> <tr> <td>3/4" x 1/2"</td> <td>3" x 1"</td> </tr> <tr> <td>1" x 1/2"</td> <td>3" x 1.1/4"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 3/4"</td> <td>3" x 1.1/2"</td> </tr> <tr> <td>2" x 3/4"</td> <td>3" x 2"</td> </tr> <tr> <td>2.1/4" x 1"</td> <td>3" x 2.1/2"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 3/4"</td> <td>4" x 2"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 1"</td> <td>4" x 3"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 1.1/4"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2" x 1"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2" x 1.1/4"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2" x 1.1/2"</td> <td></td> </tr> </table>	3/4" x 1/2"	3" x 1"	1" x 1/2"	3" x 1.1/4"	1.1/2" x 3/4"	3" x 1.1/2"	2" x 3/4"	3" x 2"	2.1/4" x 1"	3" x 2.1/2"	1.1/2" x 3/4"	4" x 2"	1.1/2" x 1"	4" x 3"	1.1/2" x 1.1/4"		2" x 1"		2" x 1.1/4"		2" x 1.1/2"		<p><b>BUSHING</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <table border="0"> <tr> <td>3/4" x 1/2"</td> <td>3" x 1"</td> </tr> <tr> <td>1" x 1/2"</td> <td>3" x 1.1/4"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 3/4"</td> <td>3" x 1.1/2"</td> </tr> <tr> <td>2" x 3/4"</td> <td>3" x 2"</td> </tr> <tr> <td>2.1/4" x 1"</td> <td>3" x 2.1/2"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 3/4"</td> <td>4" x 2"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 1"</td> <td>4" x 2.1/2"</td> </tr> <tr> <td>1.1/2" x 1.1/4"</td> <td>4" x 3"</td> </tr> <tr> <td>2" x 1"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2" x 1.1/4"</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2" x 1.1/2"</td> <td></td> </tr> </table>	3/4" x 1/2"	3" x 1"	1" x 1/2"	3" x 1.1/4"	1.1/2" x 3/4"	3" x 1.1/2"	2" x 3/4"	3" x 2"	2.1/4" x 1"	3" x 2.1/2"	1.1/2" x 3/4"	4" x 2"	1.1/2" x 1"	4" x 2.1/2"	1.1/2" x 1.1/4"	4" x 3"	2" x 1"		2" x 1.1/4"		2" x 1.1/2"		<p><b>BUSHING</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3/8" x 1/4"</li> <li>1/2" x 1/4"</li> <li>1/2" x 3/8"</li> </ul>
3/4" x 1/2"	3" x 1"																																													
1" x 1/2"	3" x 1.1/4"																																													
1.1/2" x 3/4"	3" x 1.1/2"																																													
2" x 3/4"	3" x 2"																																													
2.1/4" x 1"	3" x 2.1/2"																																													
1.1/2" x 3/4"	4" x 2"																																													
1.1/2" x 1"	4" x 3"																																													
1.1/2" x 1.1/4"																																														
2" x 1"																																														
2" x 1.1/4"																																														
2" x 1.1/2"																																														
3/4" x 1/2"	3" x 1"																																													
1" x 1/2"	3" x 1.1/4"																																													
1.1/2" x 3/4"	3" x 1.1/2"																																													
2" x 3/4"	3" x 2"																																													
2.1/4" x 1"	3" x 2.1/2"																																													
1.1/2" x 3/4"	4" x 2"																																													
1.1/2" x 1"	4" x 2.1/2"																																													
1.1/2" x 1.1/4"	4" x 3"																																													
2" x 1"																																														
2" x 1.1/4"																																														
2" x 1.1/2"																																														
<p><b>CRUZ</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>	<p><b>TRICODO (3 VÍAS)</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> </ul>	<p><b>PUENTE</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> </ul>																																												
<p><b>YEE</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/2"</li> </ul>	<p><b>NEPLO</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul> <p><small>* A la medida que indique el cliente a partir de 5cm.</small></p>	<p><b>NEPLO CORRIDO</b> HIERRO GALVANIZADO</p>  <p><b>DIÁMETRO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1/4"</li> <li>3/8"</li> <li>1/2"</li> <li>3/4"</li> <li>1"</li> <li>1.1/4"</li> <li>1.1/2"</li> <li>2"</li> <li>3"</li> <li>4"</li> </ul>																																												

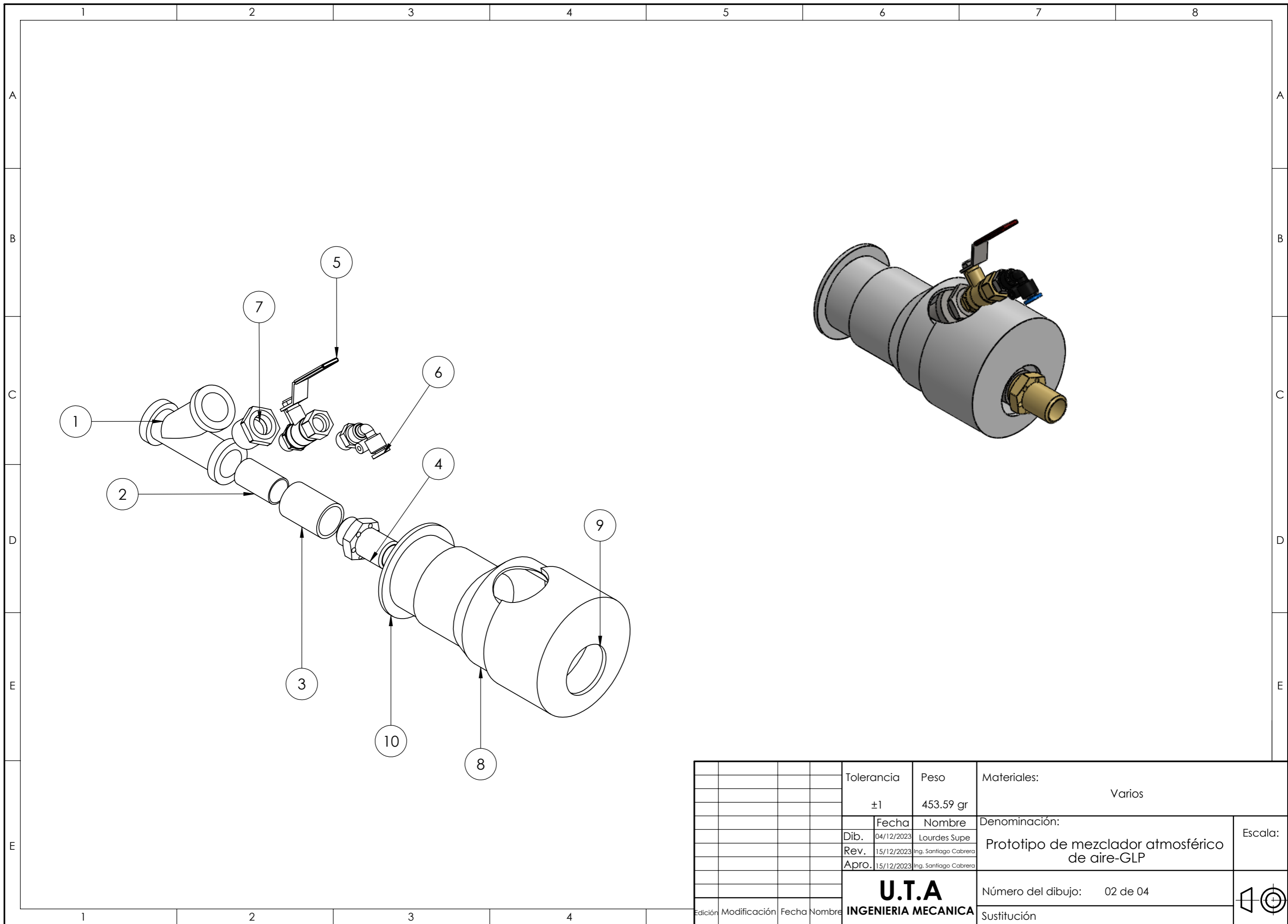
# **PLANOS**



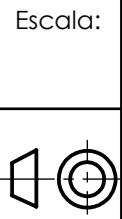
Nº DE PIEZA	DENOMINACIÓN	Nº DE NORMA	MATERIAL	Nº DE ORDEN	PESO (g)	OBSERVACIONES
1	Tapa pequeña	INEN 1374	Policloruro de vinilo	10	22.67	Subensamble
1	Tapa grande	INEN 1374	Policloruro de vinilo	9	22.67	Subensamble
1	Reducción excéntrica	INEN 1374	Policloruro de vinilo	8	45.35	Subensamble
1	Bushing	ASTM ISO II	Acero galvanizado	7	22.67	Adquirido
1	Codo acople para aire		Poliuretano	6	22.67	Adquirido
1	Válvula de bola	ISO 228	Latón	5	22.67	Adquirido
1	Válvula mezcladora		Latón	4	68.03	Adquirido
1	Acoplador		Acero inoxidable	3	45.35	Adquirido
1	Boquilla		Acero inoxidable	2	45.35	Adquirido
1	Yee roscable	ASTM ISO II	Acero galvanizado	1	226.79	Adquirido

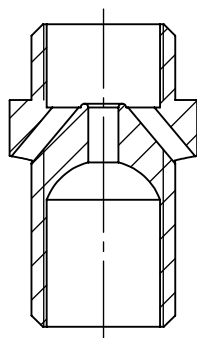
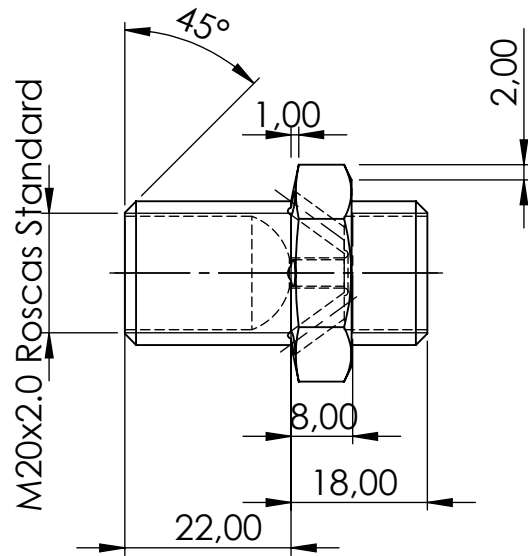
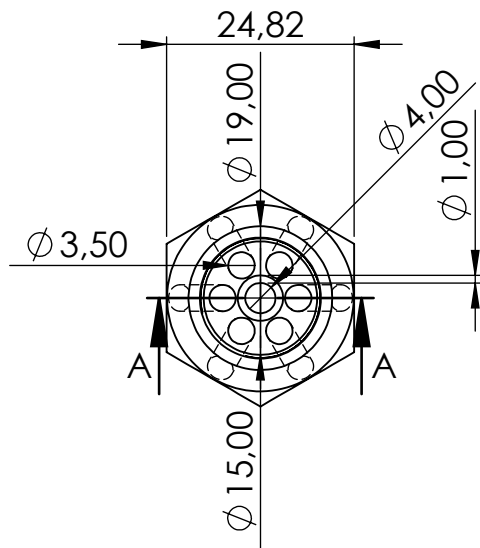
Tolerancia		Peso		Materiales:	
±1		453.59 gr		Varios	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	04/12/2023	Lourdes Supe		Prototipo de mezclador atmosférico de aire-GLP	
Rev.	15/12/2023	Ing. Santiago Cabrera		Escala: 1:1	
Apro.	15/12/2023	Ing. Santiago Cabrera		Número del dibujo: 01 de 04	
<b>U.T.A</b> <b>INGENIERIA MECANICA</b>				Sustitución	



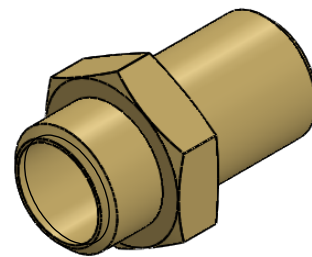


				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	453.59 gr	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	04/12/2023	Lourdes Supe	Prototipo de mezclador atmosférico de aire-GLP
				Rev.	15/12/2023	Ing. Santiago Cabrera	
				Apro.	15/12/2023	Ing. Santiago Cabrera	
				<b>U.T.A</b> INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	02 de 04
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	





SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1



				Tolerancia ±1	Peso 68.03 g	Material: Latón	
				Dibujó: 27/11/2023	Nombre Lourdes Supe	Titulo: Válvula mezcladora	Escala: 1:1
				Revisó: 27/11/2023	Ing. Santiago Cabrera		
				Aprobó: 5/12/2023	Ing. Santiago Cabrera		
				<b>U.T.A</b> INGENIERIA MECANICA		Número de lámina: 03 de 04	Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución	

1

2

3

4

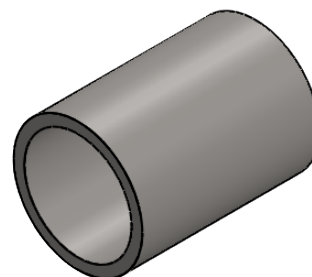
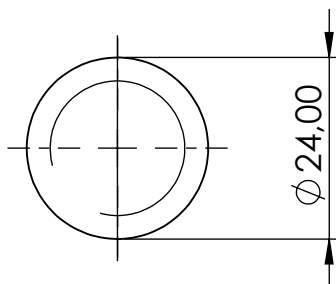
A

B

C

D

E



				Tolerancia $\pm 1$	Peso 45.35 g	Material: Acero inoxidable	
						Titulo: Acoplador	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 27/11/2023	Lourdes Supe		
				Revisó: 27/11/2023	Ing. Santiago Cabrera	Número de lámina: 04 de 04	Registro: 
				Aprobó: 5/12/2023	Ing. Santiago Cabrera		
				<b>U.T.A</b> INGENIERIA MECANICA		Sustitución	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				