



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

**PROYECTO TÉCNICO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INTERIORES DE CARROCERÍAS”

---

**AUTOR:** Ángel Oswaldo Chango Guananga

**TUTOR:** Ing. Mg. Christian Castro

**AMBATO – ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INTERIORES DE CARROCERÍAS”** elaborado por el señor **Angel Oswaldo Chango Guananga**, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, **CERTIFICO** que el presente proyecto técnico es original de su autor, ha sido revisado cada uno de sus capítulos y está concluido en su totalidad.

Ambato, Diciembre del 2018

.....

Ing. Mg. Christian Castro

**DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Declaro que los criterios expresados en el proyecto técnico denominado: **“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INTERIORES DE CARROCERÍAS”** así como también las ideas, análisis, conclusiones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto.

Ambato, Diciembre del 2018

**EL AUTOR**

.....  
Angel Oswaldo Chango Guananga

C.I. 18519696-9

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

Sedo los derechos en línea patrimoniales de este Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto Técnico 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, Diciembre del 2018

**EL AUTOR**

.....

Angel Oswaldo Chango Guananga

C.I. 18519696-9

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto Técnico realizado por el egresado Angel Oswaldo Chango Guananga de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INTERIORES DE CARROCERÍAS”**.

Ambato, Diciembre 2018

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Susana Valencia

.....

Ing. Mg. Mauricio Carrillo

## **DEDICATORIA**

*Ante éste trabajo de titulación quiero brindar un agradecimiento especial a mis padres Ernesto Chango y Rosa Guananga, quienes con su perseverancia y dedicación ayudaron a que culmine mi carrera profesional.*

*De igual manera a mis hermanos y amigos que estuvieron presentes en aquellos momentos importantes, a los diferentes profesores que mediante su conocimiento y enseñanzas hicieron posible terminar mi proyecto de titulación y culminar esta gran etapa de mi vida.*

*De todo corazón agradezco especialmente a la persona que estuvo a mi lado todo este tiempo, en las buenas y malas, para bien y mal, mil gracias Ing. Erika Freire, tú fuiste ese pilar esencial que ayudo a que cada día de lo mejor de mí.*

*Vamos por más...*

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar agradecer a Dios, por la salud, vida y fuerzas para poder alcanzar mis objetivos, a mis padres Ernesto Chango y Rosa Guananga por apoyarme a cada momento, a mis hermanos Enrique, Luis, Martha, Enma, Roberto por ayudarme y aconsejarme en mí día a día.*

*A mis mejores amigos Rosario Estefanía Reinoso y Jefferson García, gracias por los bellos momentos, alegrías, por brindarme su apoyo incondicional, a pesar de no ser de la misma facultad me enseñaron a que se puede ser una mejor persona cada día, son los mejores.*

*A mis grandes amigos Gonzalo Z., Víctor E., Oscar F., Pablo M., David P., Jesús R., Oscar G., Juan R., gracias por apoyarme, aconsejarme a cada instante y compartir todo este tiempo cerca de ustedes en mi segundo hogar como lo es mi querida universidad, son un gran equipo de trabajo.*

*Un gran aporte lo recibí por parte de mis queridos profesores y amigos Ing. Luis Escobar, por ayudarme en todo momento, más que conocimientos con sus enseñanzas de vida que las he puesto en práctica a cada instante, a mi tutor Ing. Christian Castro por brindarme y ayudarme a culminar mi proyecto de titulación, gracias a todas esas enseñanzas y tiempo dedicado en este trabajo y meta.*

*De igual manera, agradecer a mi querida Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica que fue más que una institución un segundo hogar, que en sus instalaciones aprendí todo lo necesario para convertirme en un gran profesional.*

## Contenido

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	I
AUTORÍA DEL TRABAJO .....	II
DERECHOS DE AUTOR .....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
RESUMEN EJECUTIVO .....	XI
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
CAPÍTULO II .....	4
2.1 Investigaciones previas.....	4
2.2 Fundamentación teórica .....	5
2.2.1 Índice de Inflamabilidad .....	5
2.2.2 Automatización .....	6
2.2.3 Tipos de señales de comunicación .....	7
2.2.4 Controladores Programables .....	8
2.2.5 Movimiento .....	12
2.2.6 Redes de conexión.....	13
2.2.7 Componentes y accesorios .....	15
2.2.8 Electroválvulas .....	16
2.2.9 Sistema de encendido y medidores de temperatura .....	17
2.2.10 Control y distribución de temperatura de combustión .....	21
CAPÍTULO III.....	22
3.1 Selección de alternativas .....	22
3.2 Cálculos o modelos operativos.....	26
3.2.1 Cálculo de volumen de apertura de aire.....	26
3.2.2 Cálculo de volumen de apertura de gas.....	27
3.3 Presupuesto.....	28



Para el cálculo del presupuesto se consideraron ciertos aspectos los cuales se detallan en las tablas 9 y 10.....	28
3.4 Especificaciones técnicas .....	30
3.4.1 Fichas de componentes de máquina de inflamabilidad.....	30
3.4.2 Diagrama de flujoç.....	35
3.5 Elaboración de instructivo.....	36
3.5.1 Manual de operación para máquina de inflamabilidad Laboratorios UTA-FICM. ....	36
3.5.2 Manual de mantenimiento.....	46
3.6 Tablas de comparación y variación térmica entre ensayos de cada probeta	49
3.6.1 Comparación térmica de los materiales ensayados.....	49
3.6.2 Variación térmica entre promedios de temperaturas de ensayos .....	58
3.6.3 Comparación térmica empleando correlación entre banco de pruebas UTA y ESPOL. ....	60
3.7 Análisis e interpretación de resultados del índice de inflamabilidad .....	61
3.7.1 Pruebas de inflamabilidad en material: Pranna Poliéster Flexible.....	61
3.7.2 Pruebas de inflamabilidad en material: Textil a base de vinil para asientos	63
3.7.3 Pruebas de inflamabilidad en material: textil a base de vinil para forro de pisos.	65
3.7.4 Pruebas de inflamabilidad en material: Material Compuesto (forro lateral en el buses, color gris) .....	67
CAPÍTULO IV.....	70
4.1 Conclusiones .....	70
4.2 Recomendaciones.....	72
Bibliografía .....	73
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de PLC's .....	9
<b>Tabla 2:</b> Tipos de conexiones.....	14
<b>Tabla 3.</b> Tabla de matriz ponderada, sistema de control.....	22
<b>Tabla 4.</b> Tabla de matriz de criterio ponderado, selección del sistema de ignición..	23
<b>Tabla 5.</b> Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de sensor térmico .....	24
<b>Tabla 6.</b> Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de sistema de movimiento .....	25
<b>Tabla 7.</b> Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de válvula de GLP.....	25
<b>Tabla 8.</b> Requerimientos térmicos y de GLP para ciertos aparatos .....	27
<b>Tabla 9.</b> Tabla de presupuesto, control de costos directos (sistema de control) .....	28
<b>Tabla 10.</b> Costo total de proyecto técnico .....	29
<b>Tabla 11.</b> Manual de operación de máquina de inflamabilidad .....	36
<b>Tabla 12.</b> Actividades de mantenimiento preventivo en máquina de inflamabilidad. ....	46
<b>Tabla 13.</b> Actividades de limpieza de componentes de máquina de inflamabilidad. ....	48
<b>Tabla 14.</b> Tabla de temperaturas a diferentes tiempos de probetas ensayadas, sensor 1 .....	50
<b>Tabla 15.</b> Tabla de temperaturas a diferentes tiempos de probetas ensayadas, sensor 2.....	52
<b>Tabla 16.</b> Tabla de variación térmica entre ensayos .....	59
<b>Tabla 17.</b> Datos de temperatura en función del tiempo ESPOL-UTA.....	60
<b>Tabla 18.</b> Tabla comparativa del porcentaje de error en índice de inflamabilidad ...	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de señal analógica .....	7
<b>Figura 2.</b> Esquema de señal digital .....	8
<b>Figura 3.</b> Control PLC's.....	9
<b>Figura 4.</b> Plataforma de programación LabVIEW .....	11
<b>Figura 5.</b> Tarjeta Arduino Mega DUE2560 .....	11
<b>Figura 6 .</b> Motor de alta frecuencia .....	12
<b>Figura 7.</b> Servomotor .....	13
<b>Figura 8.</b> Red de conexión .....	14
<b>Figura 9.</b> Micro controlador .....	15
<b>Figura 10.</b> Teclado de control .....	15
<b>Figura 11.</b> Condensadores eléctrico.....	16
<b>Figura 12.</b> Código de Colores .....	17
<b>Figura 13.</b> Electroválvula ON/OFF.....	17
<b>Figura 14.</b> Válvulas reguladoras de volumen.....	18
<b>Figura 15.</b> Chispero industrial.....	18
<b>Figura 16.</b> Termómetro infrarrojo a distancia MLX90614 .....	19
<b>Figura 17.</b> Regulador de voltaje 7824.....	19
<b>Figura 18.</b> Sensor de llama ky-026 .....	20
<b>Figura 19.</b> Módulo l298 .....	20
<b>Figura 20.</b> Esquema de válvula de apertura de aire en el mechero.....	26
<b>Figura 21.</b> Esquema de grados de rotación .....	27
<b>Figura 22.</b> Diagrama de relación tiempo-temperatura de los ensayos realizados en el sensor 1 .....	55
<b>Figura 23.</b> Diagrama de comparación tiempo-temperatura de todos los ensayos en el sensor 1. ....	56
<b>Figura 24.</b> Diagrama de relación tiempo-temperatura de todos los ensayos en el sensor 2.....	57
<b>Figura 25.</b> Gráfico de barras de comparaciones y variantes térmicas de los ensayos .....	59
<b>Figura 26.</b> Diagrama de relación ESPOL-UTA con promedios térmicos .....	61

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

“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE  
INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE  
INTERIORES DE CARROCERÍAS”

**Autor:** Angel Oswaldo Chango Guananga

**Tutor:** Ing. Mg. Christian Castro

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo se encargó de automatizar la máquina de inflamabilidad horizontal de los laboratorios de la Facultad, para lo cual se seleccionó componentes que permitieron controlar las distintas variables tales como tiempos de dosificación, temperaturas, flujo de aire y gas (GLP), esenciales para la generación de una altura de llama de 38 mm y tiempo de exposición de 15 segundos, especificada en la Norma ISO 3795. Se implementó un sistema de control con Arduino, el mismo que controla componentes como servomotores, electroválvulas, termosensores, sistemas de encendido entre otros, manteniendo las variables establecidas anteriormente.

Al haber realizado las pruebas se constató el funcionamiento adecuado de los distintos componentes de la máquina repotenciada, logrando ensayos óptimos y determinando temperaturas e índices de inflamabilidad en los materiales para la elaboración de elementos internos de automotores, los cuales no podrán ser empleados de no cumplir un índice de combustión específico, establecido en las Normas ISO 3795, NTE INEN 1323 y 1668.

## **EXECUTIVE SUMMARY**

The present work was in charge of automating the horizontal flammability machine of the laboratories of the Faculty, for which components were selected that allowed to control the different variables such as dosing times, temperatures, air and gas flow (LPG), essential for the generation of a flame height of 38 mm and exposure time of 15 seconds, specified in ISO Standard 3795. A control system was implemented with Arduino, which controls components such as servomotors, electrovalves, thermosensors, ignition systems between others, keeping the variables established above.

After carrying out the tests, the proper functioning of the different components of the re-powered machine was verified, achieving optimum tests and determining temperatures and flammability indexes in the materials for the elaboration of internal automotive elements, which cannot be used for non-compliance a specific combustion index, established in Standards ISO 3795, NTE INEN 1323 and 1668.

## CAPÍTULO I

### 1.1 Tema

“AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE INTERIORES DE CARROCERÍAS”

### 1.2 Antecedentes

Dado las condiciones en las que la industria automotriz y la necesidad de implementar materiales con un nivel de inflamabilidad bajo permitirá asegurar el resguardo de las personas, para ello se implementan métodos de verificación en materiales que conforman las partes internas de un automotor. La industria carrocera está en constante cambio debido a que cada vez es necesario componentes que permitan al usuario brindar una ergonomía y confort adecuado, en este aspecto los implementos que permitan calificar dichos parámetros de inflamabilidad en componentes internos es la NORMA ISO 3795, la misma que se emplea en automotores, sean estos de carretera y en la agricultura. [1]

La implementación de procedimientos que permitan el control de ensayos de inflamabilidad en las diferentes probetas con distintos materiales ésta dado en el *Reglamento Técnico Ecuatoriano* INEN 041-2010, y los elementos de control-literal y seguridad dados por INEN 2205, que permitan verificar sus parámetros establecidos en los distintos materiales que se emplean para “fornado” de los componentes interiores de un automotor. [2]

En necesario manifestar que para establecer parámetros de inflamabilidad se debe contar con un banco de pruebas específico para dichos ensayos, el mismo que deberá emplearse de una manera adecuada y eficiente. Cabe recalcar que este banco de pruebas está directamente relacionado con la NORMA ISO 3795, las consideraciones a tener se deben al sistema de control que permita una operación de fácil uso en el cual las probetas a combustionar sean controladas con tiempos y control de temperaturas, todo esto se verificará por la norma antes mencionada evitando así inconvenientes al momento de la toma de información. [3]

Para dicha ejecución se implementará un sistema de control automático con “Arduino”, el mismo que al ser un dispositivo versátil y de bajo costo, permite el control de ciertos parámetros necesarios para este proyecto.

### **1.3 Justificación**

Ante la implementación de un banco de pruebas para el ensayo de inflamabilidad de materiales usados en la construcción de interiores de carrocerías es necesario un sistema automatizado que permita controlar y variar los parámetros de combustión, entre ellos el tipo de flujo (volumen de combustible, GLP) y tiempo de exposición (tiempo de combustión) de las distintas probetas, las que se rige por la NORMA ISO 3795 en su construcción, adicionalmente implementar sensores que permitan registrar la variación de temperatura en el interior de la cámara durante el tiempo de combustión. [2] Dado que las probetas empleadas para dichos ensayos están regidos a parámetros establecidos, es importante el tiempo de combustión y el tipo de flama generada (flama azul, amarilla), permitiendo así obtener resultados como combustión parcial o total de dichas probetas, al implementar un control del flujo de combustible por una válvula solenoide y accionando su detonación, permitirá establecer si dichos materiales son aptos para el uso de componentes interiores de carrocerías. [3]

La implementación de un sistema de control en el banco de pruebas requerirá la adquisición de distintos implementos necesarios para una automatización óptima, con la finalidad de mejorar los controles de las variables antes mencionadas evitando inconvenientes en su ejecución.

#### **Objetivo del banco de pruebas de inflamabilidad.**

El banco de pruebas para ensayo de inflamabilidad de materiales usando en la construcción de interiores de carrocerías, permite validar o rechazar el análisis de las probetas en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica, referente al ámbito carrocerero de la provincia de Tungurahua, mediante el análisis comparativo de resultados.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Automatizar el banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad de materiales usado en la construcción de interiores de carrocerías, perteneciente a los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar las condiciones del equipo implementado para el ensayo de probetas de inflamabilidad en el banco de pruebas que se encuentra en las instalaciones de la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Establecer los parámetros y selección de los equipos de control para el banco de pruebas empleado en ensayos de inflamabilidad.
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento de la máquina empleada para el ensayo de inflamabilidad que se encuentra en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica.



## CAPÍTULO II

### 2.1 Investigaciones previas

En la industria automotriz se presenta una serie de parámetros a seguir, los cuales garantizan la seguridad de los usuarios al momento de diseñar y construir partes y accesorios interiores en un automotor con punto de inflamabilidad considerablemente bajo, posteriormente aumentar el índice de seguridad ante el fuego.

Ante la necesidad de establecer parámetros y pruebas en diferentes tipos de materiales empleados en revestimiento y forraje de módulos interiores de los vehículos, se establece el banco de pruebas de inflamabilidad el mismo que se deberá repotenciar mediante la implementación de un sistema que permita establecer y medir tiempos de ejecución de ensayos dependiendo de los distintos materiales a combustionar, hay que considerar que se controlarán variables tales como la temperatura, flujo de combustible y tiempos de exposición ante las llamas, permitiendo así establecer parámetros que garanticen un índice de inflamabilidad bajo en los materiales empleados para forraje de interiores en automotores.

Ya que las industrias carroceras presentan un gran asentamiento alrededor del 67% en la provincia de Tungurahua más que en otras partes del Ecuador, dichas pruebas permitirán controlar y proponer materiales aptos y seguros. Es evidente mencionar que la combustión de dichos materiales tomará referencias ante datos ya controlados, permitiendo también validar normativas de seguridad para la construcción de interiores para componentes de un automotor. [3]

De la normativa NTE INEN 2205-2:2010 (Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos), establece las condiciones de inflamabilidad de los materiales para recubrimientos internos tales como; asientos, paredes, el piso y techo los mismos que deben poseer una retardada capacidad de propagación del fuego o baja combustibilidad con un índice de llama de 250 mm/min con relación a la norma ISO 3795. [4]

De igual manera, la normativa NTE INEN 1668-1 (vehículos de transporte público de pasajeros intrarregionales, interprovincial e intraprovincial. Requisitos), establece que para materiales y componentes internos sean estos; asientos, tapicería, forros, soportes plásticos, protecciones plásticas laterales y posteriores, materiales empleados en apoya pies y apoya brazos, cinturones de seguridad (en caso de aplicar) y materiales

que conformen pisos, paredes, techos y cortinas de baja combustibilidad y poseer una propagación del fuego retardada con un índice de llama de un máximo de 100 mm/min, de acuerdo a ensayos establecidos por la normativa ISO 3795. [5]

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Índice de Inflamabilidad**

El índice de inflamabilidad es la resistencia al fuego de una material, en un determinado tiempo, para determinar dichos valores las pruebas de índice de inflamabilidad están establecidas en la norma ISO 3795.

#### **2.2.1.1 Tipos de ensayos para determinar el índice de combustión de los materiales**

Existen dos tipos de ensayos para determinar el índice de inflamabilidad de los materiales el banco de pruebas horizontal y el banco de pruebas vertical. Se determinara para un estudio más a fondo el banco de pruebas horizontal.

- **Banco horizontal para determinar el índice de combustión de los materiales**

En el ensayo podemos determinar si la flama se extingue y el momento en que suceder dicho evento, o bien el tiempo que esta tarda en recorrer una distancia dada.

En material isotrópico la cantidad mínima de probetas son 5 y si el material no es isotrópico la cantidad mínima de réplicas es de 10 (5 en cada dirección). El material isotrópico es aquel tiene las mismas propiedades físicas en todas las direcciones. Las muestras o réplicas de deben colocar en el porta muestras que tienen forma de U en posición horizontal, esta ubicara en la base apoyo del porta muestras para realizar el ensayo y determinar el índice de inflamabilidad o índice de combustión.

En el ensayo se expone a la muestra a la flama o llama durante 15 segundos, para las réplicas se debe garantizar que la cámara de combustión y el porta muestras tengan una temperatura inferior a treinta grados centígrado antes continuar con el próximo ensayo.

### **Cálculo:**

La sigla “B” representa la velocidad de combustión, la misma que se la calcula en milímetro por minuto y está establecida por la siguiente formula:

$$B = 60 \left( \frac{s}{t} \right) \text{ Ecuación (2.1)}$$

Dónde:

s = es la longitud, en milímetros, de la distancia quemada;

t = es el tiempo, en segundos, que tarda en arder la distancia quemada.

La cámara de combustión está elaborada en acero inoxidable y en su parte delantera existe una ventanilla panorámica que puede cubrir todo el frente, cubierto con vidrio resistente al fuego.

## **2.2.2 Automatización**

Sistema en el cual mediante uso de implementos electrónicos permite manipular dispositivos de una manera más eficaz y concreta, evitando en lo mínimo el contacto hombre-máquina obteniendo así un trabajo mejor al original.

### **2.2.2.1 Sistema de lazo abierto**

Es aquel sistema en el que un proceso (salida) independiente es accionado bajo una señal inicial (entrada). Su acción de control con relación a la señal de entrada no es igual o no se convierte en la señal de salida para el controlador ya que no existe una retroalimentación. [6]

Características del sistema de lazo abierto:

- La precisión de la salida depende de la calibración del controlador.
- Cada variable de entrada le corresponde una condición de operación fija.
- La variable de entrada es diferente a la de salida.
- La estabilidad del sistema puede ser afectada debido a perturbaciones externas.

### **Inconvenientes del lazo abierto**

- El controlador no compensa los errores de la señal de salida.
- En necesario la utilización de componentes precisos.

### 2.2.2.2 Sistema de lazo cerrado

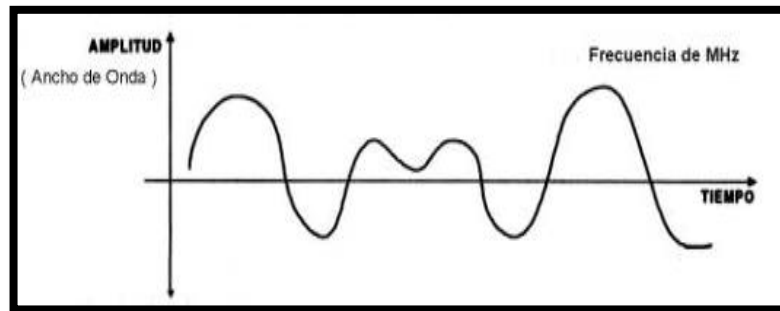
Este tipo de sistema se basa principalmente en la acción de control ya que está en función de la señal de salida, la misma que es usada en retroalimentación para ajustar dicho control. Este sistema es ideal para trabajos o procesos en el cual el operador no puede acceder o controlar fácilmente. [6]

#### Características del sistema de lazo cerrado:

- Amplios en cantidad de parámetros (complejos).
- Retroalimentación.
- Estables ante variaciones y perturbaciones externas.

### 2.2.3 Tipos de señales de comunicación

#### 2.2.3.1 Analógica



**Figura 1.** Esquema de señal analógica

**Fuente:** [7]

Es un tipo de señal a lo largo de un tiempo que puede variar de forma, este tipo de señales pueden tomar todos los valores posibles de un intervalo y pueden ser representadas por una magnitud física (velocidad, temperatura, etc.) este tipo de señal puede ser representada entre la amplitud en función del tiempo como se muestra en la figura 1. [8]

#### 2.2.3.2 Digitales

Este tipo de señal puede tomar ciertos valores discretos ya que presenta una variación discontinua en un periodo de tiempo, presenta los siguientes parámetros: [8]

- Frecuencia** (velocidad de pulsaciones en un segundo)

- b. **Altura de pulso** (nivel o límite eléctrico)
- c. **Duración** (ancho de pulso)

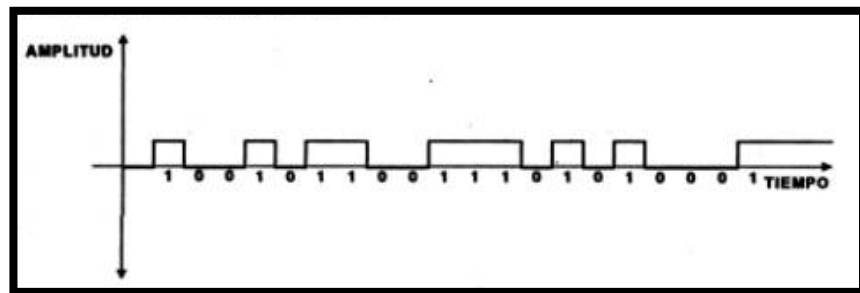
Este tipo de señales son generadas por un programador ya que se rigen necesariamente en el dominio del tiempo, dependiendo de la señal digital esta se puede manipular de varios modos.

**1. En función del número de estados distintos que puede tener.**

Estos pueden ser binarios (2 estados posibles), ternario (tres), cuaternario (cuatro), etc., estos modos se representa por grupos de unos y ceros.

**2. Debido a su naturaleza eléctrica (bipolar y unipolar).**

Se representa una señal binaria como la variación de la amplitud en un periodo de tiempo. Este tipo de señal se puede representar tomando la amplitud en función del tiempo, como se puede observar en la figura 2.



**Figura 2.** Esquema de señal digital  
**Fuente:** [8]

## 2.2.4 Controladores Programables

### 2.2.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC's)

Es un dispositivo electrónico muy empleado para controlar el funcionamiento automático industrial de distintas máquinas como lo muestra la figura 3. Facilitando así el proceso industrial. El Controlador Lógico Programable PLC's (Programmable Logic Controller), manipula y procesa las distintas señales analógicas y digitales permitiendo así un control adecuado, exacto y secuencial, entre las principales características de los PLC's se tiene las siguientes: [9]

- Potentes funciones de control y comunicación
- Comunicación abierta por medio de driver abiertos

- Fácil uso de entorno operativo
- Conjunto de operaciones potentes y fácil uso

### Tipos de PLC's

En la tabla 1, se presenta los diferentes tipos de PLC's que se encuentran en el mercado, con sus respectivas características técnicas.



**Figura 3.** Control PLC's

**Fuente:** [9]

**Tabla 1.** Características de PLC's

Tipo de PLC's	Modelo	Característica
Industriales según la cantidad de entradas y salidas	Micro PLC	Comprende desde 1 hasta 64 salidas y entradas.
	PLC pequeño	Comprende desde 65 hasta 255 entradas.
	PLC mediano	Comprende desde 256 hasta 1023 entradas y salidas.
	PLC grande	Comprende más de 1024 entradas y salidas.
Industriales según su arquitectura	PLC nano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sencillo, económico, incorpora fuente de alimentación, el cerebro</li> <li>- Soporta salidas y entradas de manera reducida normalmente de 100 o menos.</li> </ul>
	PLC compacto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuente de alimentación, PCU, módulos de entrada y salidas acoplados al módulo principal.</li> <li>- Soporta entradas y salidas aproximada de 500.</li> <li>- Soporta módulos especiales, interfaz de operación, expansiones, entradas y salidas analógicas. Contadores de comunicación.</li> </ul>
	PLC modular	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acoplamientos integrados iguales al anterior.</li> <li>- RACK incorporado.</li> <li>- Soporta miles de entradas y salidas.</li> </ul>

<b>Tipo de PLC's</b>	<b>Modelo</b>	<b>Característica</b>
Industriales según su capacidad	PLC de nivel 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controla variables discretas y algunas analógicas</li> <li>- Comprende operaciones aritméticas y de comunicación elemental.</li> </ul>
	PLC de nivel 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controla cualquier tipo de variable (discreta o analógica).</li> <li>- Entradas y salidas integrales. Permite establecer conexiones entre PLC's o computadores.</li> </ul>
De redes según arquitectura	PLC de banda estrecha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabaja en baja frecuencia.</li> <li>- El más usado en empresas.</li> <li>- Amplio rango de alcance.</li> </ul>
	PLC de banda baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajan con alta frecuencia y mayor velocidad</li> <li>- Rango de alcance más cerrado que el de banda estrecha.</li> <li>- Utilizado en hogares.</li> </ul>
De redes según el tipo de corriente	PLC sobre corriente alterna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocidos como PLC sobre AC (Alternating Current).</li> </ul>
	PLC sobre corriente continua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocidos como PLC sobre DC (Direct Current).</li> </ul>
De redes según su voltaje	PLC de alto voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Van de 110 a 380 kV</li> <li>- Abarcan grandes distancias</li> <li>- Comprende demasiados suplementos de cables.</li> </ul>
	PLC de voltaje medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Van de 10 a 30kV.</li> <li>- Abarcan áreas extensas menor a la de alto voltaje.</li> </ul>
	PLC de bajo voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprenden voltaje de 230V.</li> </ul>

**Fuente:** [9]

#### **2.2.4.2 LabVIEW**

Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico pensado para sistemas hardware y software de pruebas de control de diseño, simulado o real. Como se puede observar en la figura 4, la plataforma LabVIEW, es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de estar una gran cantidad de tiempo en programar un

dispositivo (bloque), se le permite invertir mucho menos tiempo y dedicarse un poco más en la interfaz gráfica y la interacción con el usuario final. [10]



**Figura 4.** Plataforma de programación LabVIEW  
**Fuente:** [10]

### 2.2.4.3 Control Arduino

Entre los lenguajes de programación más empleados tenemos el arduino, que por su fácil entendimiento permite controlar dispositivos versátiles, el cual se podemos observar en la figura 5.

Este dispositivo que permite la interacción electrónica con un entorno desarrollado, el cual utiliza una plataforma gratuita permitiendo realizar tareas multidisciplinarias en las que emplean microprocesadores facilitando el uso de la electrónica.

Siendo este un sistema de micro controladores OPEN SOURCE (fuente abierta), posee diversos dominios en el espacio de programación en las cuales se puede establecer los diferentes tipos de tarjetas Arduino presentes en el mercado, las cuales son, entre los más empleados: [11]

- Arduino UNO
- Arduino Robot
- Arduino Mega ADK
- Arduino Mega 2560



**Figura 5.** Tarjeta Arduino Mega DUE2560  
**Fuente:** [11]



## 2.2.5 Movimiento

El sistema de movimiento para ciertos procesos es posible gracias a ciertos componentes que permiten el movimiento sea este libre o controlado, optando por una serie de motor servomotores con características diferentes que se acoplan al trabajo o trabajos determinados que se desea realizar. [12]

### 2.2.5.1 Motores eléctricos

Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en mecánica, lo cual es posible gracias a interacciones electromagnéticas, estos a su vez pueden ser de corriente alterna (CA) o corriente continua (CC), y ambos se basan en el mismo principio de funcionamiento *“si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético”*. [12]

### 2.2.5.2 Motores de alta frecuencia

Estos dispositivos se caracterizan por generar elevadas velocidades con un dimensionamiento limitado. [12]

Características Técnicas:

- a. Libres de mantenimiento.
- b. Ideales para máquinas herramientas.
- c. Fuente de alimentación: 200V y 400V.
- d. Frecuencia: 200Hz y 300Hz.
- e. Potencia: 750 W.
- f. Velocidades: hasta 1800 rpm.

Los motores de alta frecuencia, se presentan en la figura 6.



**Figura 6 .** Motor de alta frecuencia  
**Fuente:** [12]

## 2.2. Servomotores

Es un tipo de motor de corriente continua (C.C.) que trabaja en un intervalo de operación permitiendo así posicionarse de manera inmediata en cualquier posición. Este tipo de dispositivos tienen un resultado de operación o margen de operación de aproximadamente  $180^\circ$ , debido a que en su configuración está formado por un motor, sistema reductor acoplado por ruedas dentadas, circuito de realimentación y un amplificador todo esto acoplado en un espacio reducido facilitando su montaje en cualquier máquina o dispositivo que necesite ser accionado o dar movimiento.

El eje de rendimiento es controlado mediante señales codificadas, llevándolo a posiciones angulares específicas siempre y cuando esta señal esté en la línea de entrada en la que el servomotor mantendrá la posición angular deseada, si es que esta varía o cambia, dará una señal para que la posición angular de los piñones cambie. [12]. En la figura 7 se presenta un servomotor de los más comunes en el mercado electrónico.

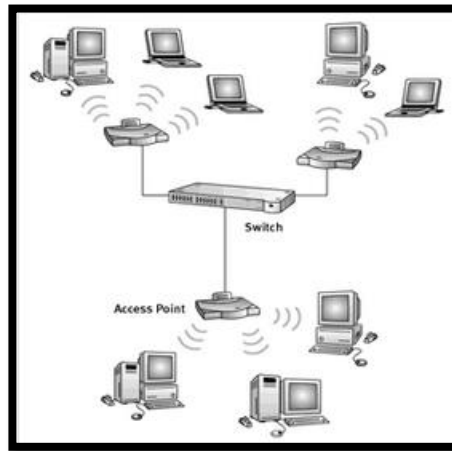


**Figura 7.** Servomotor  
**Fuente:** [12]

### 2.2.6 Redes de conexión

Es un sistema de comunicación que permite la interacción entre uno o varios dispositivos autónomos, permitiendo el intercambio de información. Para este tipo de conexión no es necesario dispositivos de conexión alámbricos ya que también se puede controlar por medio de microondas o sistemas de bluetooth evitando

inconvenientes al momento de conexiones innecesarias. [13] En la figura 8 se representa el tipo de conexión en diferentes componentes.



**Figura 8.** Red de conexión  
Fuente: [13]

En la tabla 2 se establece las diferencias entre los tipos de conexión.

**Tabla 2:** Tipos de conexiones

Tipo de conexión	Característica	Ventajas	Desventajas
ALÁMBRICA	Se considera un dispositivo alámbrico compuesto por un conjunto de hilos de cobre que permite la interacción entre dispositivos a controlar, es el más habitual.	-Calidad de servicio (100 Mbps)	-Instalación -Coste
INALÁMBRICA	Este sistema no requiere cables de interconexión, entre los más usados tenemos WI-FI (Wireless Fidelity), Bluetooth, Mircoondas, Infrarrojo.	-Flexibilidad -Poca planificación -Diseño -Coste	-Interferencia -Baja calidad de servicio (10 Mbps) -Menor ancho de banda -Mayor inversión inicial -Seguridad

Fuente: Autor [13]

## 2.2.7 Componentes y accesorios

### 2.2.7.1 Micro controladores

Este dispositivo o circuito integrado se caracteriza por ser de escala alta, permitiendo controlar los dispositivos de entrada y salida, también se caracteriza por poder almacenar variables o programas (RAM y flash), tiene el mismo funcionamiento que un mini PC y sus elementos son: [14]

- Memoria
- Periféricos (salidas/entradas)
- Microprocesador

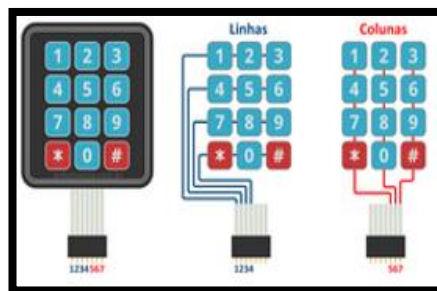
El esquema de un micro controlador se puede observar a continuación en la figura 9.



**Figura 9.** Micro controlador  
**Fuente:** [14]

### 2.2.7.2 Teclado principal o matricial

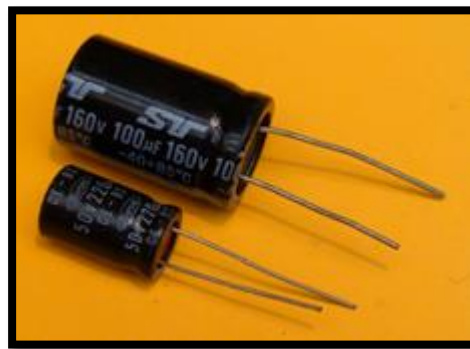
Entre los distintos periféricos de entrada que permitan controlar las variables al sistema se pueden ver en la figura 10, al igual que estos existen varios con el mismo funcionamiento. Principalmente es una serie de botones ordenados que permite la introducción de las variables (datos de entrada), que permitirán el funcionamiento de los ensayos de inflamabilidad, el número variará de acuerdo al número de variables a manejar. [14]



**Figura 10.** Teclado de control  
**Fuente:** [14]

### 2.2.7.3 Capacitor o condensador

Al ser un dispositivo electrónico pasivo que tiene la propiedad de almacenar energía eléctrica, está conformado por dos partes una un material aislante (material dieléctrico) y la otra por un metal (material conductor), es el más empleado en circuitos eléctricos. En un condensador simple, cualquiera sea su aspecto exterior, dispondrá de dos terminales, los cuales a su vez están conectados a las dos laminas conductoras [14]. Para mayor comprensión se puede visualizar un condensador eléctrico en la figura 11.



**Figura 11.** Condensadores eléctrico  
**Fuente:** [14]


### 2.2.7.4 Resistencias

Son implementos eléctricos que permiten controlar (resistir) el paso de corriente eléctrica, como lo muestra en la figura 12, existe un código de colores, el mismo que se rige ante la ley de Ohm al cual se le aplica un voltaje determinado cuando en el circuito fluye una cantidad de corriente. [14]

## 2.2.8 Electroválvulas

### 2.2.8.1 Electroválvula ON/OFF

Electroválvula o válvula solenoide como se observa en la figura 13, es un dispositivo que permite regular el paso del flujo (fluido o gas), el cual se cierra y se abre al momento que una diferencia de potencial genera un campo magnético (110v). [15]



Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Café	1	1	x10	
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Blanco	9	9	x1000000000	
				Dorado 5%
				Plata 10%

carrod  
electronica

**Figura 12.** Código de Colores  
Fuente: [14]



**Figura 13.** Electroválvula ON/OFF  
Fuente: [15]

### 2.2.8.2 Válvula proporcional

Entre los distintos modelos de electroválvulas, la válvula proporcional de la figura 14 presenta una composición, la cual operada mediante una señal proporcional la cual mueve una corredera proporcionalmente a dicha señal eléctrica. En donde el caudal de entrada es proporcional al caudal de salida. [15]

### 2.2.9 Sistema de encendido y medidores de temperatura

#### 2.2.9.1 Chispero industrial

El chispero es un componente esencial en ésta máquina, empleado para generar un chispa mediante una señal, permitiendo realizar un contacto e iniciar el proceso de

inflamabilidad de ser necesario [16], el mismo que se puede observar en la figura 15, es empleado a nivel industrial.



**Figura 14.** Válvulas reguladoras de volumen  
**Fuente:** [15]



**Figura 15.** Chispero industrial  
**Fuente:** [16]

#### 2.2.9.2 Medidores de temperatura

- **Termómetro infrarrojo a distancia**

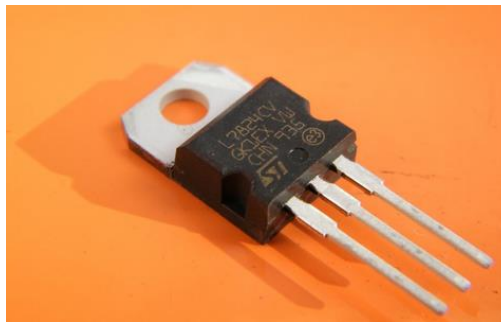
El mismo que se presenta en la figura 16, es un dispositivo empleado para medir la variación de temperatura, comúnmente utilizado en el campo industrial, los cuales están formados por láser que permite determinar la temperatura de un material, los mismos que al estar en contacto con una fuente de calor, censa la temperatura generada, esto genera una señal la cual permite identificar de señal análoga en un tipo de señal digital para una mejor comprensión. [17]



**Figura 16.** Termómetro infrarrojo a distancia MLX90614  
**Fuente:** [17]

- **Reguladores de voltaje**

Es un implemento electrónico que permite controlar la tensión de voltaje manteniendo un control en la entrada y salida a una tensión constante. Como el transformador de 120v (CA) a 24v (CD) mencionado no da un voltaje exacto de 24 voltios se ha incorporado un regulador de voltaje LM 7824 para obtener una tensión precisa y no averiar la válvula solenoide, el mismo se lo puede observar en la figura 17. [17]



**Figura 17.** Regulador de voltaje 7824  
**Fuente:** [17]

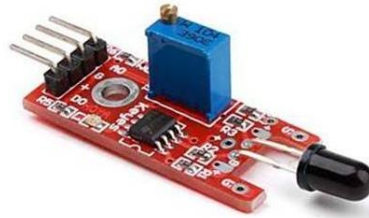
- **Sensor de llama ky-026**

El Sensor KY-026 que se muestra en la figura 18, es un sensor que tiene la capacidad de detectar llamas o directamente fuego, posee un ángulo de detección de 60° y es compatible con arduino o cualquier micro controlador que posea una alimentación de 5 volts, posee una estructura led detectora de fuego, cuando el circuito capta las ondas emitidas por la llama este enciende una advertencia de tal modo que enciende un red. Este singular sensor está conectado a 3 interfaces digitales de led.

Las longitudes de ondas de llama pueden ser detectadas entre 760 nm y los 1100nm, este sensor posee salida AO: salida en tiempo real, la cual está estructurada para enviar señales de voltaje análogas, generalmente es utilizado en circuitos y su función



consiste en enviar señales de advertencia mediante un led indicador, si el sensor no detecta ningún tipo de señal sencillamente el led no encenderá. [18]



**Figura 18.** Sensor de llama ky-026  
**Fuente:** [18]

- **Módulo l298n arduino**

Este módulo de la figura 19, posee dos puentes H que permiten controlar 2 motores DC o un motor paso a paso bipolar/unipolar. El módulo permite controlar el sentido de giro y velocidad mediante señales TTL (Transistor-Transistor Logic) que se pueden obtener de micro controladores y tarjetas de desarrollo como arduino, tiene integrado un regulador de voltaje de 5V encargado de alimentar la parte lógica del L298N, el uso de este regulador se hace a través de un Jumper y se puede usar para alimentar la etapa de control. [19]



**Figura 19.** Módulo l298  
**Fuente:** [19]

- **Fuente de poder**

Principal alimentación de energía que permita el funcionamiento de los componentes de control, para lo cual se debe emplear otros dispositivos que permitan varios voltajes sin causar daños a los circuitos. Para abastecer 5V que necesitan los micro controladores y los 12 voltios de los relés se ha incorporado una fuente de poder que transforma la tensión alterna de la red a una tensión baja y de corriente continua,

- **Rectificador de corriente**

Es un dispositivo cuya función es convertir la señal de entrada (corriente alterna) en una onda o pulso continuo (corriente continua), interiormente está formado por diodos.

## **2.2.10 Control y distribución de temperatura de combustión**

En esencia es el control de las temperaturas producidas en los ensayos de inflamabilidad ya que permitirá establecer cuál de estos tiene mayor poder calorífico entra cada material compuesto a ensayar. En el presente proyecto se pretende medir dichos calores empleando dos termosensores, ubicados estratégicamente en lugares que permitan medir con mayor precisión la irradiación desprendida por las distintas probetas (polímeros, textiles, maderas, materiales compuesto con resinas).

### **2.2.10.1 Combustión**

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego, en donde intervienen un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente). El combustible que nos sugiere la norma ISO 3795, como adecuado para la realización de estos ensayos es el gas natural el cual posee un poder calorífico de:

- Poder calorífico superior (PCS) de 13477 Kcal/kg = 15.67 KWh/kg.

Sin embargo, los ensayos se implementan GLP ya que es de más fácil acceso y considerando también que al igual que el gas natural posee un poder calorífico cercano,

- poder calorífico superior de 12037 kcal/kg = 14 kWh/kg.
  - a. **Con exceso de aire:** Combustión con una cantidad de aire que es superior a la estequiométrica, en este tipo de combustión es típica la presencia de oxígeno en los gases de combustión.
  - b. **Con defecto de aire:** Combustión con una cantidad de aire que es inferior a la estequiométrica, en este tipo de reacción es característica la presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de reacción.

## CAPÍTULO III

### 3.1 Selección de alternativas

Dado que la normativa empleada para el diseño y construcción del banco de pruebas horizontales se empleó la Norma ISO 3795, la misma que cumple variables y parámetros permitiendo así obtener un modelo óptimo para el ensayo de pruebas de inflamabilidad.

Con respecto a la parte de automatización se implementa un software libre que permita realizar dichos procesos en la máquina de ensayos de inflamabilidad, adicional a este se implementó ARDUINO, el mismo que controla los componentes tales como válvulas, servomotores entre otros.

#### Selección del proyecto

En Sistema de control y automatización del banco de inflamabilidad se considera diferentes componentes y características, para lo cual se detalla a continuación una matriz de criterios ponderados validando la selección de los componentes esenciales que ayudarán al acoplamiento de las distintas partes que conforman el banco de pruebas facilitando así dicho proceso.

#### 1. Matriz ponderada (AUTOMATIZACIÓN)

Para dicha ponderación se escogerán los valores de menor porcentaje, debido a que a mayor ponderación representará un costo más elevado y en consideración se pretende garantizar una automatización con materiales de fácil acceso, facilitando de otra manera el mantenimiento de la misma.

**Tabla 3.** Tabla de matriz ponderada, sistema de control

CRITERIO	PONDERACION	PROYECTO A		PROYECTO B	
		CLAIFICACIÓN	PUNTAJE	CLAIFICACIÓN	PUNTAJE
Conocimiento	<b>40</b>	4	160	4	160
Participación	<b>30</b>	3	90	3	120
Rentabilidad (costo)	<b>20</b>	5	100	3	60

Disponibilidad	<b>10</b>	3	30	5	50
			370		390

<b>Indicador:</b>	<b>Descripción de proyectos</b>
5= alto 4= medio 3= bajo	PROYECTO A = Automatización empleando PLC's PROYECTO B = Automatización empleando un dispositivo Arduino

**Fuente: Autor**

**PROYECTO B:** Al considerar las ventajas y desventajas del sistema de control, es más favorable el PROYECTO B debido al factor económico y de obtención de componentes, ya que el dispositivo Arduino es una plataforma libre, éste permite una mejor versatilidad al momento de entrelazar los componentes de control del banco de pruebas.

## 2. Matriz ponderada (SISTEMA DE ENCENDIDO)

**Tabla 4.** Tabla de matriz de criterio ponderado, selección del sistema de ignición

<b>CRITERIO</b>	<b>PESO</b>	<b>PROYECTO A</b>		<b>PROYECTO B</b>	
		<b>CLAIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>	<b>CLAIFICACIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
Instalación	<b>40</b>	3	120	3	120
Mantenimiento	<b>30</b>	4	120	3	90
Rentabilidad (costo)	<b>20</b>	4	80	4	80
Disponibilidad	<b>10</b>	3	30	3	30
			350		320

<b>Indicador:</b>	<b>Descripción de proyectos</b>
5= alto 4= medio 3= bajo	PROYECTO A = Chispero 2 salidas PROYECTO B = Chispero Industrial eléctrico

**Fuente: Autor**

**PROYECTO A:** Al considerar las características principales para la generación de un arco eléctrico que permita el encendido automático del gas de combustión se encontró ciertos inconvenientes como el sobre voltaje provocando que la máquina deje de

funcionar, no obstante el sistema que brinda el chispero de dos salidas con una fuente externa que brinda un encendido preciso el cual funciona por baterías removibles permite generar un arco eléctrico el mismo que no se descarga por las paredes de la máquina afectando así el proceso de encendido, ayudando a que el proceso se desarrolle de una manera adecuada.

### 3. Matriz ponderada (SENSORES TÉRMICOS)

**Tabla 5.** Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de sensor térmico

CRITERIO	PESO	PROYECTO A		PROYECTO B		PROYECTO C	
		CLAIFICACIÓN	PUNTAJE	CLAIFICACIÓN	PUNTAJE	CLAIFICACIÓN	PUNTAJE
Instalación	<b>50</b>	4	200	5	250	4	200
Resistencia a elevadas temperaturas	<b>40</b>	3	120	3	120	3	120
Rentabilidad (costo)	<b>30</b>	3	90	5	150	3	90
Disponibilidad	<b>20</b>	4	80	5	100	3	60
Dimensiones	<b>10</b>	4	40	4	40	3	30
			530		590		500

Indicador:	Descripción de proyectos
5= alto 4= medio 3= bajo	PROYECTO A = Termocupla PROYECTO B = Termómetro infrarrojo a distancia (Modulo MLX90614) PROYECTO C= Termómetro laser infrarrojo a distancia (PIRÓMETRO)

**Fuente:** Autor

**PROYECTO B:** con relación a las necesidades y dimensionamiento, se determinó los módulos MLX90614, considerando su resistencia a temperaturas elevadas y debido a que la toma de datos es puntual e ideal para dicho proceso de toma de datos puntuales.

#### 4. Matriz ponderada (SISTEMA DE MOVIMIENTO)

**Tabla 6.** Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de sistema de movimiento

CRITERIO	PESO	PROYECTO A		PROYECTO B	
		CLAIFICACIÓN	PUNTAJE	CLAIFICACIÓN	PUNTAJE
Instalación	<b>50</b>	4	200	5	250
Resistencia a elevadas temperaturas	<b>40</b>	3	120	3	120
Rentabilidad (costo)	<b>30</b>	3	90	5	150
Disponibilidad	<b>20</b>	4	80	5	100
Dimensiones	<b>10</b>	4	40	4	40
			530		590

Indicador:	Descripción de proyectos
5= alto 4= medio 3= bajo	PROYECTO A = Motores a paso PROYECTO B = Servomotores

**Fuente:** Autor

**PROYECTO B:** por condiciones de espacio, las dimensiones de dichos componentes ayudan a una fácil colocación y modificación de los mismos al interior de la máquina además brinda una manipulación de acuerdo al usuario y su programación en Arduino.

#### 5. Matriz ponderada (VÁLVULAS DE GAS)

**Tabla 7.** Tabla de matriz de criterio ponderado, selección de válvula de GLP

CRITERIO	PESO	PROYECTO A		PROYECTO B	
		CLAIFICACIÓN	PUNTAJE	CLAIFICACIÓN	PUNTAJE
Instalación	<b>50</b>	4	200	4	200
Resistencia a elevadas temperaturas	<b>40</b>	5	200	5	200
Rentabilidad (costo)	<b>30</b>	4	120	3	90

Accesibilidad a materiales	<b>20</b>	4	80	4	80
Dimensiones	<b>10</b>	3	30	3	30
			630		600

<b>Indicador:</b>	<b>Descripción de proyectos</b>
5= alto 4= medio 3= bajo	PROYECTO A = Electroválvula ON/OFF PROYECTO B = Válvula proporcional

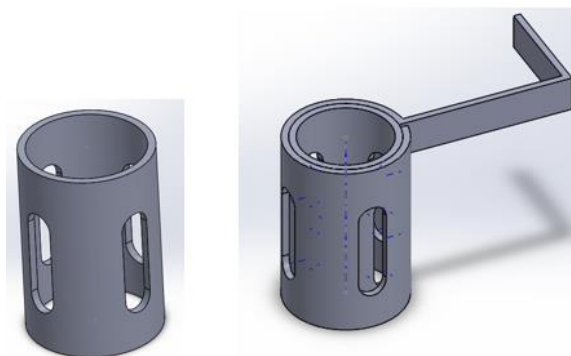
**Fuente:** Autor

**PROYECTO B:** se implementó la opción A debido a que permite regular el flujo de gas al sistema, también debido a que utiliza servomotores que controlan el flujo de aire y gas no es necesario una válvula proporcional.

### 3.2 Cálculos o modelos operativos

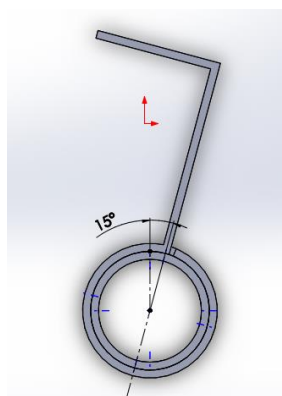
#### 3.2.1 Cálculo de volumen de apertura de aire

Considerando las pequeñas dimensiones del mechero y mediante la ayuda de un programa gráfico se obtuvo una área transversal de aire estimado, considerando que el aire en un ambiente cerrado no es abundante y cumpliendo las características del ensayo para obtener una altura de llama de 38 mm, se estableció un área de apertura de aire de  $0,04976 \text{ cm}^2$  de aire a un ángulo de apertura de  $20^\circ$  (40% aire). Tomando en cuenta que el ángulo total de apertura total es de  $30^\circ$  y un cierre total a un ángulo de  $0^\circ$ , como se muestra en la figura 18 y 19.



**Figura 20.** Esquema de válvula de apertura de aire en el mechero

**Fuente:** Autor



**Figura 21.** Esquema de grados de rotación  
**Fuente:** Autor

### 3.2.2 Cálculo de volumen de apertura de gas

En el proyecto técnico de Ortiz Caaspa Cristhian Jose [20] para estimar el consumo del sistema de combustión, se observa en cuanto tiempo se consume cierta cantidad de GLP en un tiempo específico para aparatos que no poseen placa de información técnica.

Se realizó la medición del peso del cilindro de GLP de 29,1 Kg, se puso el sistema en marcha en un periodo de 30 minutos y luego se realizó otra medición y se obtuvo 29,0 Kg teniendo un consumo de 0,1 Kg. Teniendo la razón de consumo de 0,2 Kg/h, con las especificaciones de ensayo con una abertura de 40% aire y 15% gas, especificaciones que aseguran una altura de llama de 38 mm óptimas para el ensayo de inflamabilidad.

Con la Tabla 8, se obtiene las siguientes transformaciones del mechero en estudio y de un horno industrial:

**Tabla 8.** Requerimientos térmicos y de GLP para ciertos aparatos

Aparato de consumo	Requerimiento				
	(KW)	(BTU/h)	(m <sup>3</sup> /h)	(Kg/h)	(Kg/s)
Mechero	2,785	9502,668	0,108	0,2	0,000056
Horno	8,267	28208,291	0,32	0,594	0,000165

Fuente: [20]



El consumo obtenido de un mechero fue de 0,000056Kg/s, para el consumo en un tiempo determinado de 15 segundos establecidos para el ensayo de inflamabilidad se obtuvo un consumo de 0,000833 Kg/s para cada ensayo.

### 3.3 Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto se consideraron ciertos aspectos los cuales se detallan en las tablas 9 y 10.

**Tabla 9.** Tabla de presupuesto, control de costos directos (sistema de control)

<b>COSTOS DIRECTOS (implementos de control)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>c/u</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Arduino Mega	3	18,99	56,97
Baquelita perforada	1	2,47	2,47
Borneras dobles	9	0,24	2,16
Borneras triples	3	0,28	0,84
Conector sil 20 pines	2	0,39	0,78
Relay 12v CD TELEMECANIC	1	1,05	1,05
Condensadores electrolíticos XUF	7	0,77	5,39
Condensadores Cerámicos XF	3	0,11	0,33
Regulador LM7805	1	1,65	1,65
Zócalo de 8 pines	1	0,11	0,11
Zócalo de 16 pines	1	0,66	0,66
Amplificador operacional dual LM358	1	0,49	0,49
Transistores TIP122	2	0,37	0,74
Led varios colores	7	0,11	0,77
Diodos 1N4007	2	0,11	0,22
Resistencias XΩ	13	0,05	0,65
Timer 5K	2	1,38	2,76
Servomotor 3KGF	2	8,25	16,5
Módulo Ignición de gas	1	12,1	12,1
Pasta epóxica alta temperatura	1	7,35	7,35
Juego de tornillos varias medidas	1	2,45	2,45
Caja PVC 200x300	1	9,09	9,09
Caja PVC 100x100	1	3,85	3,85
Baterías (pilas) 1.5V	2	1,87	3,74
Camisa antillana	2	1,47	2,94
Conector en U	4	0,04	0,16
Prensas STOPA	4	0,83	3,32

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	c/u	VALOR (\$)
Cable UTP K6E (1m)	2	0,44	0,88
Replay estado sólido monofásico	1	22,59	22,59
Toma de corriente sobrepuesta	1	1,21	1,21
Adaptador de corriente 12VCD	1	10,45	10,45
Final de carrera	1	0,94	0,94
Sensor de flama XY-026	1	3,44	3,44
Base EXPLORER XBEE	2	11,78	23,56
Módulo XBEE 1 KM S2	2	47,15	94,3
Fototransistor	1	0,55	0,55
Caja porta pilas	2	1,18	2,36
Enchufe polarizado	1	2,55	2,55
Selector dos posiciones	1	1,98	1,98
Cable concéntrico 3X16	3	1,38	4,14
Jack USB placa	1	0,98	0,98
Chispero dos salidas	1	3,98	3,98
Terminal hembra	6	0,05	0,3
Cable bujía	1	1,96	1,96
Terminal aislado hembra	6	0,07	0,42
Módulo MLX90614	2	35,71	71,42
Módulo L298	1	6,05	6,05
Electroválvula 110v ON/OFF	1	48,45	48,45
<b>SUBTOTAL (\$)</b>			<b>442,05</b>
<b>IVA 12%</b>			<b>53,05</b>
<b>TOTAL (\$)</b>			<b>\$ 495,10</b>

Fuente: Autor

**Tabla 10.** Costo total de proyecto técnico

COSTO TOTAL	
TIPO DE COSTO	VALOR (\$)
Costo directo (implementos de control)	495,10
Costos indirectos	518,73
<b>TOTAL</b>	<b>1054,61</b>

Fuente: Autor

### 3.4 Especificaciones técnicas

#### 3.4.1 Fichas de componentes de máquina de inflamabilidad



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>	Arduino MEGA		
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-01	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>		<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
AT MEGA 2560			
<b>TESISTA</b>			
Ángel Chango			
<b>VOLTAJE</b>			
5V			
<b>Nº</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>		
1	Micro controlador: ATmega2560		
2	Pines I/O digitales: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)		
3	Pines de entradas análogas: 16		
4	Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA		
5	Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 Ma		
6	Memoria Flash: 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader		
7	SRAM: 8 KB (ATmega328)		
8	EEPROM: 4 KB (ATmega328)		
9	Velocidad del reloj: 16 MHz		


 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>	Servomotor 3 kgf		
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-02	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>		<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
Micro Servo Tower-pro			
<b>TESISTA</b>			
Ángel Chango			
<b>VOLTAJE</b>			
5 V			
<b>VELOCIDAD</b>			
4.8 V (~6V)			
<b>Nº</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>		
1	Torque: 1,8 kgf/cm a 5 V		
2	Ángulo de rotación: 180°		
3	Tipo de conector: S, compatible con receptores JR y Futaba		
4	Corriente CC: 20 mA		
5	Tipo de engranaje: plástico		
6	Ancho de pulso: 500-2400 µs		
7	Longitud de de cable conector: 24.5 cm		

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>	Módulo de ignición de gas		
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-03	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>		<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
Mastermaid			
<b>TESISTA</b>			
Ángel Chango			
<b>VOLTAJE</b>			
12kV			
<b>Nº</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>		
1	Señal de ignición: Doble		

2	Número de líneas: 3 líneas
3	Tipo de conector: HVI, HVII, S
4	Fuente de poder: 2 pilas (3Vdc)

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>		Relay de estado sólido monofásico	
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-04	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>		<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
Solido 60V DC/35A SSR			
<b>TESISTA</b>			
Ángel Chango			
<b>VOLTAJE</b>			
5-32 VCC			
<b>POTENCIA</b>			
60, 120, 240, 480 VCC			
<b>Nº</b>	<b>CARACTERISTICAS PRINCIPALES</b>		
1	Consumo: 3-25 mA		
2	Dimensiones: 62mmX45mmX23.5mm		
3	Temperatura de operación: -20°C a 80°C		
4	Tipo de señal: libre de ruido		
5	Tipo de instalación: Pernos fijos		

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica 			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>		Módulo detector de llama y fuego, Arduino KY-026	
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-05	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>		<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>	
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
0007-MSA-026			
<b>TESISTA</b>			

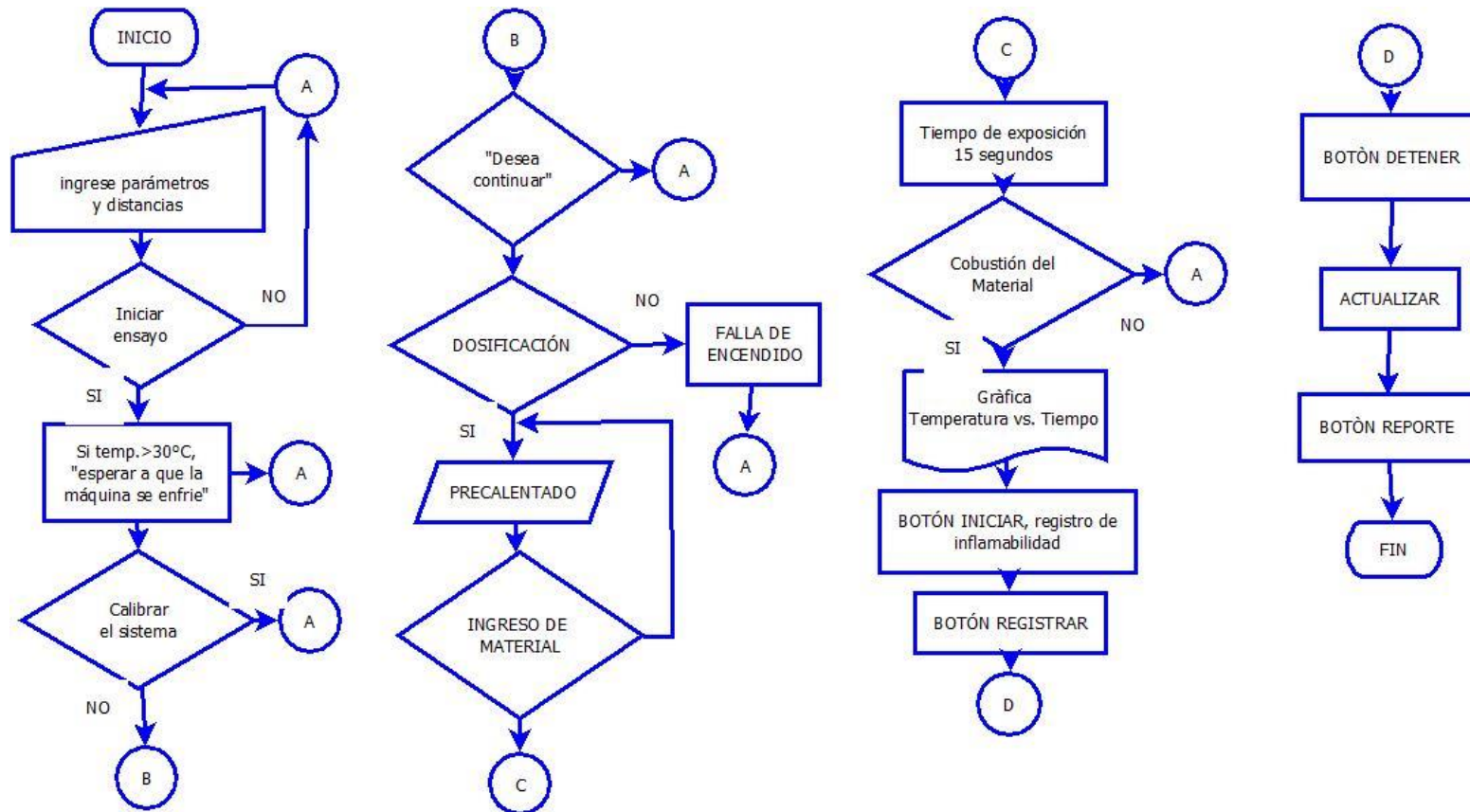
Ángel Chango	
<b>VOLTAJE</b>	
5 V	
<b>POTENCIA</b>	
-	
Nº	<b>CARACTERISTICAS PRINCIPALES</b>
1	Ángulo de apertura de detección: 60°
2	Longitud de onda infrarroja: 760 nm a 1100 nm
3	Tipo de modulo compatible: Microcontrolador con pin de 5 Volts.
4	Tipo de salida: AO (salida análoga en tiempo real) y DO (salida digital (0/1) de alarma)
5	Dimensiones: (3,5X1,5X1,4) cm.
6	Peso: 3,3 g.
7	Material: PCB (policlorobifenilos o bifenilos policlorados)

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> Laboratorios de Ingeniería Mecánica			
<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>		Modulo térmico infrarrojo MLX90614			
<b>CÓDIGO</b>		EPFQ-06	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>		16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>			<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>		
Laboratorios FICM					
<b>MODELO</b>					
MLX90614					
<b>TESISTA</b>					
Ángel Chango					
<b>VOLTAJE</b>					
5 V					
Nº	<b>CARACTERISTICAS PRINCIPALES</b>				
1	Ángulo de detección: 80°C				
2	Componentes: filtro interno y sensor infrarrojo				
3	Precisión: ±0.5°C				
4	Protocolo de comunicación (salida): SMBUS (I2C)				
5	Rango de temperatura a objeto: -70°C hasta 380°C				
6	Rango de temperatura de trabajo: -40°C hasta 170°C				
7	Tipo de conversor: A/D de 17 bits				



<b>NOMBRE DEL COMPONENTE</b>	Módulo puente H L298		
<b>CÓDIGO</b>	EPFQ-07	<b>FECHA DE EJECUCIÓN</b>	16/10/18
<b>UBICACIÓN</b>	<b>ARCHIVO FOTOGRÁFICO</b>		
Laboratorios FICM			
<b>MODELO</b>			
L298			
<b>TESISTA</b>			
Ángel Chango			
<b>VOLTAJE</b>			
-			
<b>POTENCIA</b>			
-			
<b>Nº</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b>		
1	Corriente constante de operación: 2 A.		
2	Corriente pico de operación: 4 A.		
3	Voltaje de alimentación: 46 volts.		
4	Inmunidad: ruido		
5	Protección de operación: corte de operación por sobrecalentamiento		

### 3.4.2 Diagrama de flujo

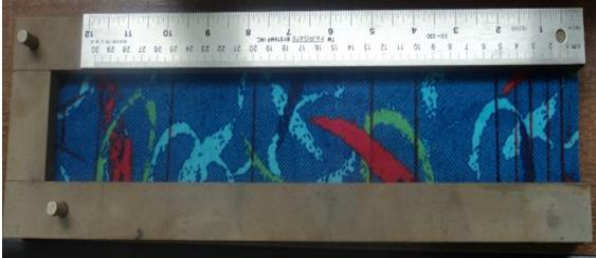








### 3.5 Elaboración de instructivo

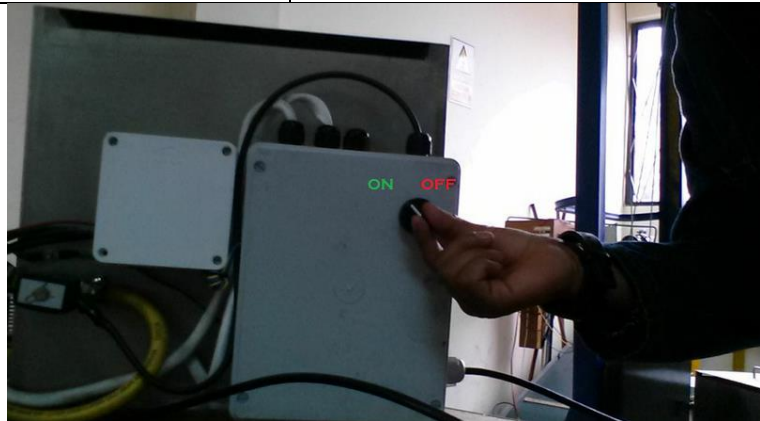
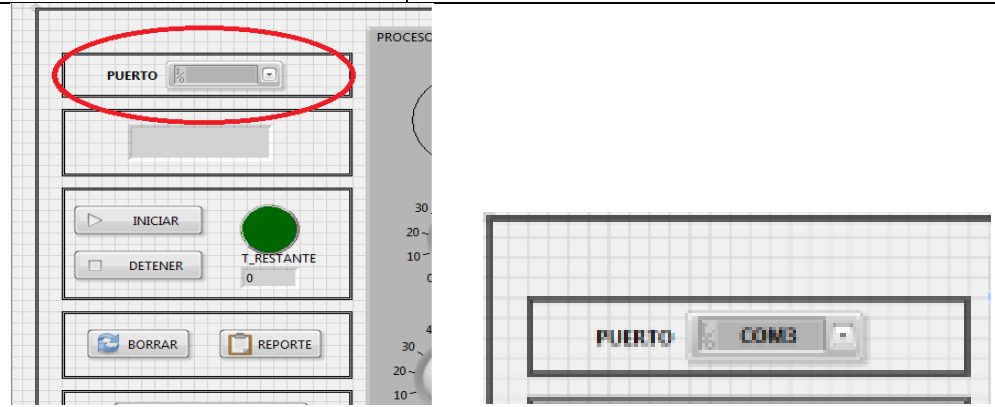
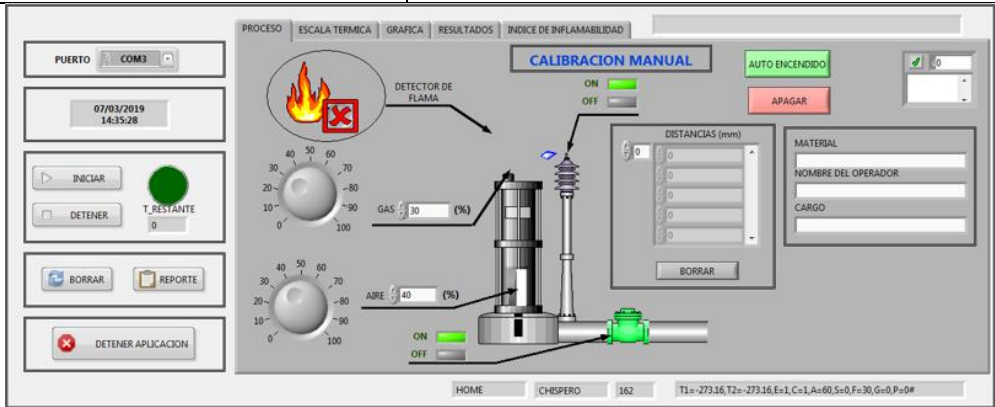
#### 3.5.1 Manual de operación para máquina de inflamabilidad Laboratorios UTA-FICM.

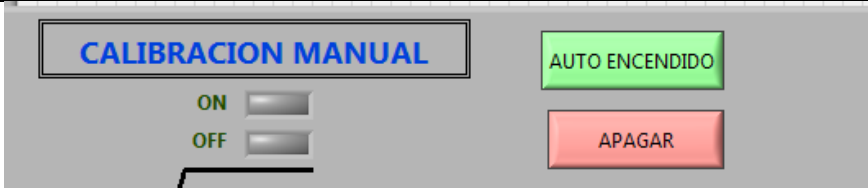
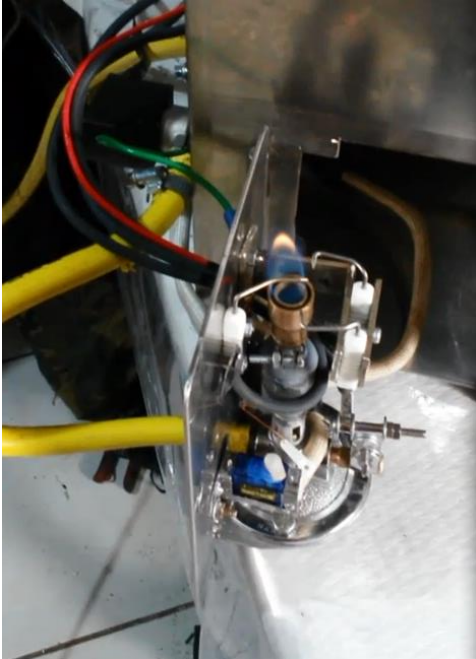
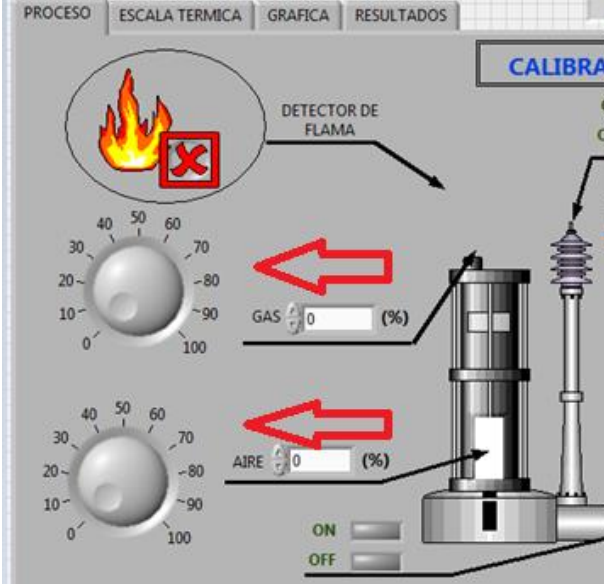
**Tabla 11.** Manual de operación de máquina de inflamabilidad

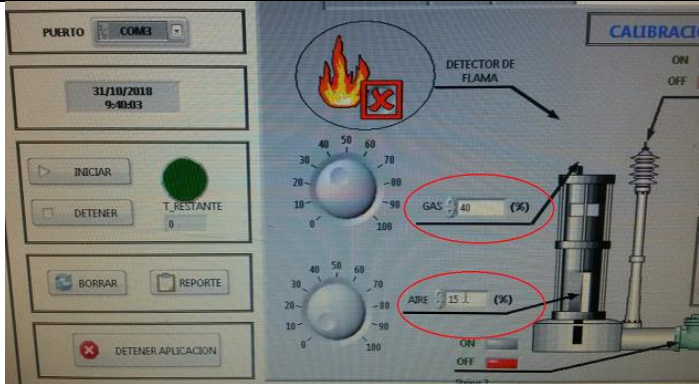

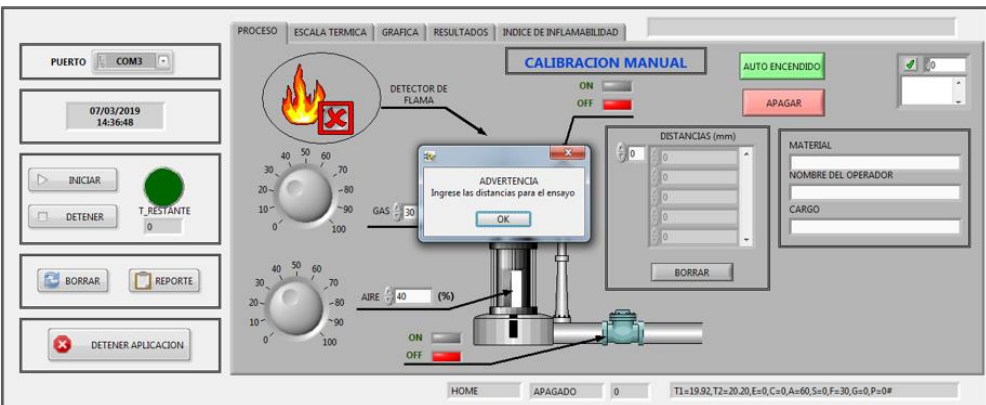
Nº	PROCESO	CONDICIÓN DE PROCESO
1	Establecer parámetros de probetas.	Controlar parámetros del Anexo A.
	Revisar ANEXO A	
2	Registrar datos de probetas.	Dimensiones y peso.
		
3	Controlar estado del equipo.	Conexiones eléctricas y alimentación de gas.
		
4	Verificar posicionamiento adecuado de sensor de flama.	Sensar en dirección a flama.



		
5	Encender máquina.	Controlado por pulsador.
		
6	Realizar conexión inalámbrica	Módulo bluetooth el mismo que habilitará el puerto COM.
		

7	Abrir programa ejecutable.	Verificar ejecutable que se encuentre en el escritorio.
8	Seleccionar el puerto COM.	Verificar el paso 6.
9	Verificar encendido de equipo de inflamabilidad.	Verificar el proceso 3.
10	Dar click en RUNNING, del programa ejecutable.	Verificar que no se haya introducido el porta muestras.






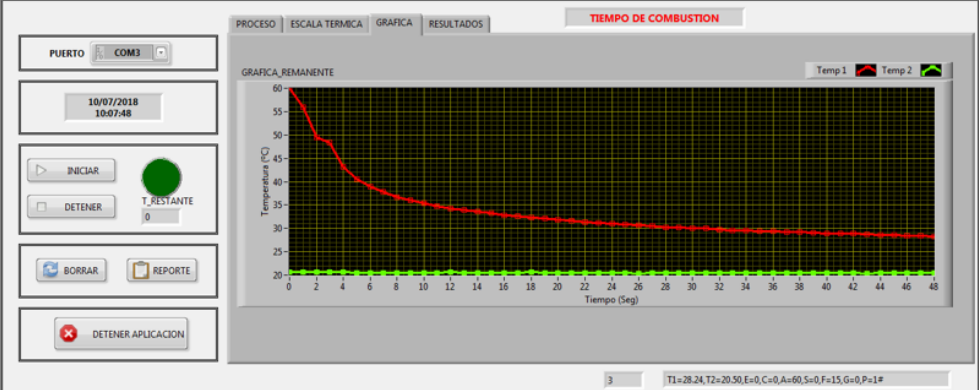
11	Realizar prueba de autoencendido.	En caso de no encender verifique el paso 3 y 4.
	 	
12	Verificar controladores de dosificación (servomotores).	Controlar flujo de aire y gas por medio de los controles cuando se ejecute el paso 10.
		

13	Establecer condiciones de ensayo.	Proporciones:	Aire: 40%	Aire: 0,04976 cm <sup>2</sup>
		Gas: 15%	Gas: 0,000833 Kg/s	
				
14	Realizar ensayo de inflamabilidad. <b>INICIO</b>	Verificar que se haya cumplido el paso 2, 10 y 11, caso contrario se presentara un aviso para ingreso de distancias.		
				
15	Preparar probeta a ensayar.	Anotar información del paso 2 luego colocar la probeta en el porta muestras para su respectivo ensayo.		

			
16	<b>AUTOENCENDIDO</b>	<p>Verificar el encendido correcto de los chispos momentos antes de ingresar la probeta y su respectiva autorregulación de la llama, procedente al paso 13.</p>	
			
17	Introducir de porta muestras.		<p>El final de carrera presente permitirá dar inicio al ensayo se inflamabilidad por lo que</p>



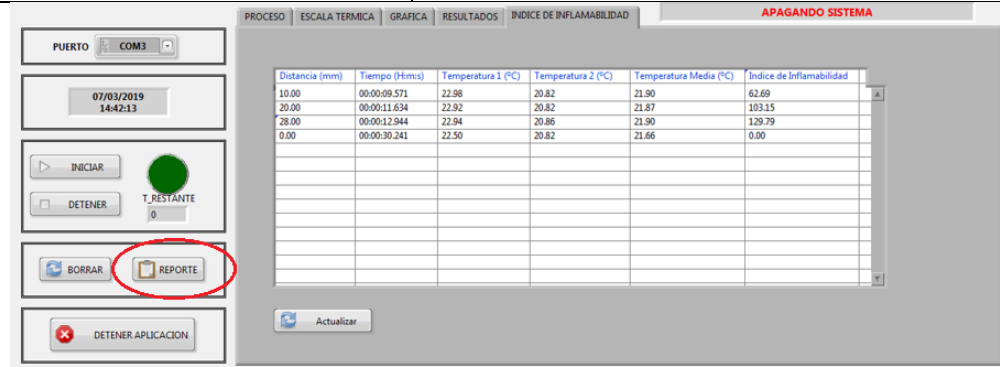
		<p>se debe introducir el porta muestras con mucho cuidado hasta la posición final o tope.</p>
		
18	<p>Introducir de porta muestras.</p>	<p>Una vez realizado la calibración del sistema, se debe esperar el aviso para introducir la probeta. Este también se activa al momento de topar los finales de carrera, automáticamente se iniciara el ensayo.</p>
		
19	<p>Toma de datos.</p>	<p>Una vez introducida se debe esperar el tiempo de combustión de 15 segundos, después comenzará a tomar datos térmicos durante cierto tiempo en los puntos críticos mediante el termo-sensor.</p>

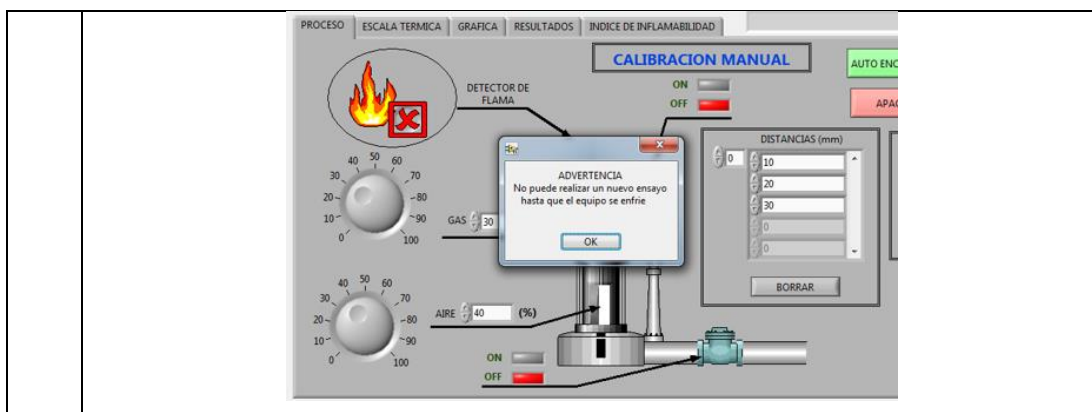
		
20	Toma de datos	<p>A lo largo del tiempo en que demore el ensayo se registrará datos los cuales se puede observar en las gráficas presentes, así también datos adicionales que pueden ayudar en futuros procesos al evaluador; tales como medianas, promedios de las temperaturas generadas en la misma.</p>
		
21	Registro de Indice de inflamabilidad	<p>Se procedera al llegar al inicio de laprimera marca asignada por el otos INICIAR (PLAY)</p>





24	<p>Modificar último valor BOTÓN ACTUALIZAR</p>	<p>En caso de no llegar a la marca asignada es posible modificar la medición y obtener mediciones reales al momento de precionar ACTUALIZAR.</p>
25	<p>Generar tabla. BOTÓN REPORTE</p>	<p>Una vez alcanzado el final del ensayo el botón REPORTE permitirá generar los datos obtenidos en todo el tiempo de ensayo en un documento de EXCEL, el mismo que puede o no ser generado dependiendo de las consideraciones del operario.</p>
26	<p>NUEVO ENSAYO</p>	<p>La máquina debe permanecer inactiva hasta enfriarse, caso contrario se desplegará un aviso y no permitirá su funcionamiento hasta que tenga una temperatura menor a 30°C.</p>





Fuente: Autor

### 3.5.2 Manual de mantenimiento

#### Tipo de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo

#### Objetivo:

Determinar los accesorios críticos que pueden presentar daños en sus componentes internos, afectando su funcionamiento y el ensayo erróneo de las probetas, garantizando su correcta reparación y así alargar la vida útil de los componentes.

#### Actividades de mantenimiento

- Inspección de la máquina de ensayos de inflamabilidad.
- Limpieza adecuada de los componentes de la máquina de inflamabilidad.

#### 3.5.2.1 Descripción de las actividades de mantenimiento

##### - Inspección de la máquina de ensayos de inflamabilidad:

Empleando la visión se puede identificar de mejor manera los componentes que pueden presentar desperfectos que afecten a la correcta ejecución entre cada sistema entre ellos el sistema eléctrico, siendo el mismo el más importante en dicha máquina a continuación se detalla los componentes en la tabla 12.

**Tabla 12.** Actividades de mantenimiento preventivo en máquina de inflamabilidad.

ELEMENTO	FUNCIÓN	MÉTODO DE INSPECCIÓN	ESTADO		POSIBLES DAÑOS
			ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	

Arduino MEGA	Tarjeta principal de programación.	Visual	X		Corrosión y deterioro por agentes externos.
Servomotor	Control y apertura de flujo de gas y aire.	Visual	X		Corrosión y deterioro por corrientes parásitas y temperaturas internas extremas.
Módulo de ignición	Generación de chispa de encendido.	Visual y auditivo	X		Corrosión y deterioro por elevadas temperaturas generadas en el interior de cámara.
Módulo detector de llama y fuego, Arduino KY-026	Verifica el encendido de llama.	Visual	X		Corrosión y deterioro por elevadas temperaturas generadas en el interior de la cámara.
Módulo inalámbrico XBee 1Km S2	Conexión entre máquina y controlador a distancia.	Visual	X		Corrosión y deterioro por golpes.
Modulo térmico infrarrojo MLX90614	Medición de temperaturas.	Visual	X		Corrosión y deterioro por elevadas temperaturas generadas en el interior de cámara.

Electro válvula ON/OFF	Control del flujo de gas.	Visual y auditivo	X		Corrosión y deterioro por agentes externos o incorrectas conexiones.
------------------------	---------------------------	-------------------	---	--	--

**Fuente:** Autor

- **Limpieza adecuada de los componentes de la máquina de inflamabilidad:**

La adecuada limpieza de los componentes después de cada ensayo es esencial, ya que al generarse una película de impurezas (hollín) evita que el calor generado no se disipe con rapidez, afectando directamente a ciertos componentes y por consecuencia generando retrasos entre cada ensayo, estos elementos se detallan en la tabla 13.

**Tabla 13.** Actividades de limpieza de componentes de máquina de inflamabilidad

ELEMENTO	FUNCIÓN	MÉTODO DE LIMPIEZA
Arduino MEGA	Tarjeta principal de programación.	Asegurarse de que la caja en la cual se encuentra no esté con impureza, de ser así limpiar con un paño seco.
Servomotor	Control y apertura de flujo de gas y aire.	Retirar sus respectivas protecciones y limpiar con desengrasante.
Módulo de ignición	Generación de chispa de encendido.	Retirar el hollín impregnado de las probetas ensayadas con un desengrasante o tiñen.
Módulo detector de llama y fuego, Arduino KY-026	Verifica el encendido de llama.	Retirar el hollín impregnado, verificar posicionamiento y limpiarlo con un paño seco.
Módulo inalámbrico XBee 1Km S2	Conexión entre máquina y controlador a distancia.	Asegurarse que no presente hollín en los puertos de conexión, de ser así limpiarlos con un paño seco.

Modulo térmico infrarrojo MLX90614	Medición de temperaturas.	Retirar el hollín impregnado de las probetas ensayadas con un desengrasante o tiñer y guaípe.
Electro válvula ON/OFF	Control del flujo de gas.	Retirar impurezas con un guaípe.

**Fuente:** Autor

### **3.6 Tablas de comparación y variación térmica entre ensayos de cada probeta**

#### **3.6.1 Comparación térmica de los materiales ensayados**

Para el estudio en dicho proceso se consideró las temperaturas generadas en el SENSOR TÉRMICO 1 y SENSOR TÉRMICO 2, los mismos que permiten la toma de los respectivos datos y realizar una comparación térmica entre cada ensayo. Una vez generado dichos datos se estableció relaciones de inflamabilidad los mismos que se verán más adelante, estos datos permite ver el comportamiento de los distintos materiales en función del tiempo de combustión e identificar las temperaturas máximas generadas.

En las siguientes graficas se presentan el comportamiento de las diferentes temperaturas en un intervalo de tiempo que se realizó los ensayos de inflamabilidad, por lo cual estará centrada en el SENSOR 1 ya que por cuestiones de estudio presenta una temperatura máxima de combustión la misma que es similar en el sensor dos llegando a un punto equivalente al SENSOR 2. Este tipo de estudio permite la comparación térmica de las pruebas iniciales y las réplicas empleando los materiales a ensayar los cuales son: madera marino, pranna poliéster, vinyl asiento, vinyl piso, material compuesto gris y material compuesto blanco, todas estas pruebas iniciales se encuentran en la tabla 14 y sus respectivas replicas en la tabla 15.



DATOS (segundos)	PROMEDIO FIBRA BLANCA S1	PROMEDIO FIBRA BLANCA S2	PROMEDIO FIBRA GRIS S1	PROMEDIO FIBRA GRIS S2	PROMEDIO MADERA MARINO S1	PROMEDIO MADERA MARINO S2	PROMEDIO PRANNA POLIESTE R S1	PROMEDIO PRANNA POLIESTE R S2	PROMEDIO VINIL ASIENTO S1	PROMEDIO VINIL ASIENTO S2	PROMEDIO VINIL PISO S1	PROMEDIO VINIL PISO S2
300	205,88	32,97	191,75	30,58								
330	219,32	34,35	208,66	31,37								
360	224,17	34,91	224,13	32,33								
390	226,66	35,91	234,96	33,1								
420	223,18	36,91	240,25	34,2								
450	219,02	37,87	238,62	35,25								
480	208,09	38,74	235,54	36,57								
510	196,28	39,75	224,9	37,92								
540	186,79	40,74	210,99	39,08								
570	177,96	41,82	192,11	40,52								
600	170,73	43,49	179,73	41,69								
660	152,84	45,96	150,84	44,38								
720	128,71	50,54	125,56	47,24								
780	113,81	54,76	105,72	52,81								
840	100,53	61,02	91,05	58,47								
900	88,12	68,66	82,33	67,36								
960	82,43	79,45	77,06	83,44								
1020	77,91	93,95	73,83	100,93								
1080	74,94	106,46	70,47	121								
1230	67,96	110,91	66,85	171,56								
1380	63,46	113,89	62,37	179,4								
1530	61,15	155,87	59,1	159,96								
1680	64,00	238,95	56,5	110,2								
1830	59,88	204,74	53,17	93,58								



DATOS (segundos)	PROMEDIO FIBRA BLANCA S1	PROMEDIO FIBRA BLANCA S2	PROMEDIO FIBRA GRIS S1	PROMEDIO FIBRA GRIS S2	PROMEDIO MADERA MARINO S1	PROMEDIO MADERA MARINO S2	PROMEDIO PRANNA POLIESTER S1	PROMEDIO PRANNA POLIESTER S2	PROMEDIO VINIL ASIENTO S1	PROMEDIO VINIL ASIENTO S2	PROMEDIO VINIL PISO S1	PROMEDIO VINIL PISO S2
1980	56,27	89,12	50,83	61,37								
2100	45,38	55,86										

Fuente: Autor

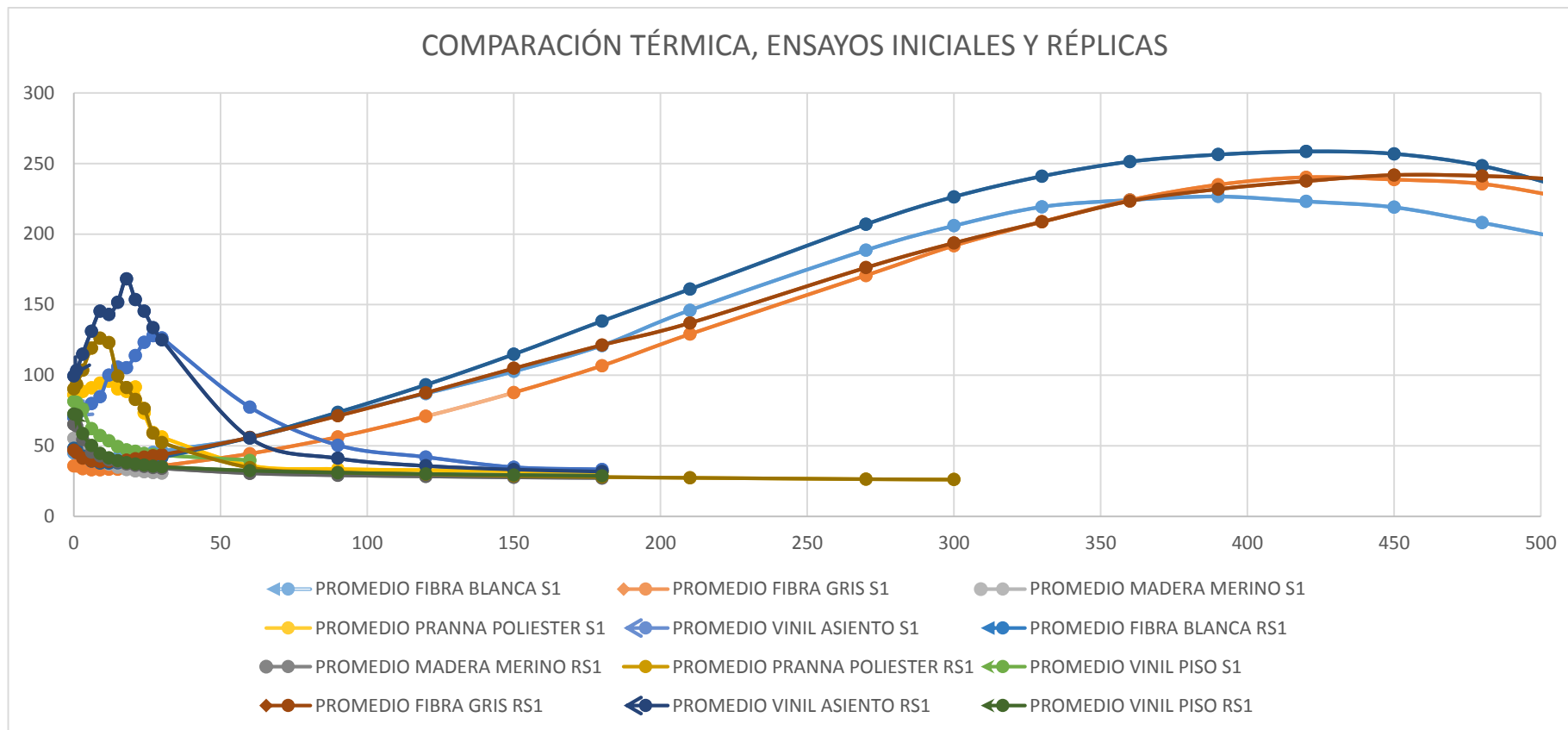
Tabla 15. Tabla de temperaturas a diferentes tiempos de probetas ensayadas, sensor 2.

COMPARACIÓN TÉRMICA DE LOS PROMEDIOS DE LAS 6 RÉPLICAS ENSAYADAS												
CONSIDERANDO LOS SENSORES EN EL PUNTO INICIAL (SENSOR 1) Y PUNTO FINAL (SENSOR 2)												
DATOS (en segundos)	PROMEDIO FIBRA BLANCA RS1	PROMEDIO FIBRA BLANCA RS2	PROMEDIO FIBRA GRIS RS1	PROMEDIO FIBRA GRIS RS2	PROMEDIO MADERA MARINO RS1	PROMEDIO MADERA MARINO RS2	PROMEDIO PRANNA POLIESTER RS1	PROMEDIO PRANNA POLIESTER RS2	PROMEDIO VINIL ASIENTO RS1	PROMEDIO VINIL ASIENTO RS2	PROMEDIO VINIL PISO RS1	PROMEDIO VINIL PISO RS2
0	48,24	23,872	46,92	25,664	65,28	21,982	90,248	23,204	99,37	25,98	72,58	25,1
1	47,672	23,864	45,04	25,656	63,996	22,006	93,652	23,236	103,34	26,16	71,98	25,06
3	42,688	23,868	41,296	25,584	54,408	21,952	103,644	23,344	114,87	26,8	58,55	24,95
6	39,008	23,852	39,276	25,64	45,496	21,854	119,136	23,488	131,21	27,92	50,28	24,77
9	37,792	23,964	38,74	25,712	42,712	21,816	126,22	23,82	145,38	28,5	44,63	24,72
12	37,708	24,012	38,836	25,696	40,088	21,884	123,048	24,1	142,96	28,86	41,5	24,72
15	37,964	24,084	39,236	25,704	38,44	21,776	99,436	23,804	151,66	29,54	39,54	24,75
18	38,564	23,996	39,808	25,744	37,096	21,852	91,324	24,176	168,31	30,32	38,11	24,68
21	39,14	24,092	40,88	25,768	36,1	21,78	82,88	24,208	153,68	30,46	37,05	24,68
24	39,94	24,156	41,932	25,816	35,268	21,792	76,348	24,04	145,41	30,03	36,24	24,66
27	40,816	24,152	42,972	25,816	34,64	21,792	59,064	23,98	133,65	29,94	35,63	24,66

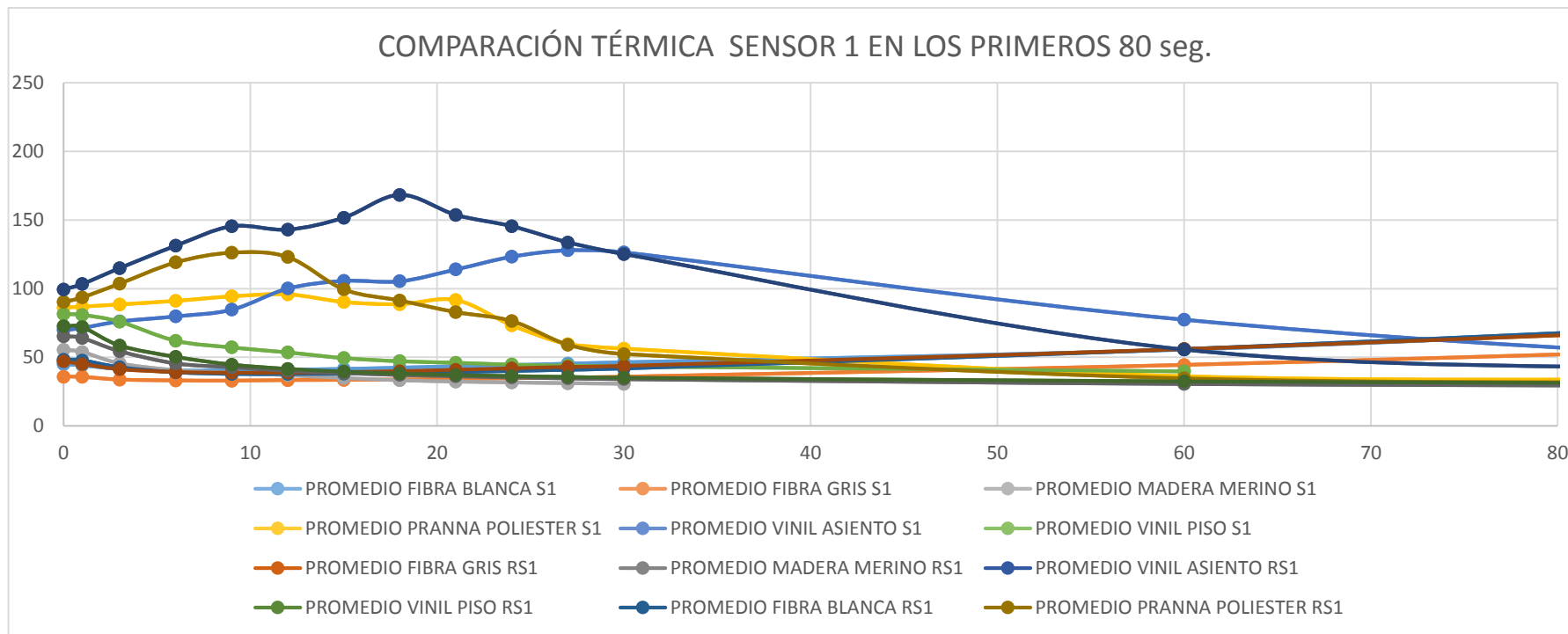
DATOS (en segund os)	PROMED IO FIBRA BLANCA RS1	PROMED IO FIBRA BLANCA RS2	PROMED IO FIBRA GRIS RS1	PROMED IO FIFRA GRIS RS2	PROMED IO MADERA MARINO RS1	PROMED IO MADERA MARINO RS2	PROMED IO PRANNA POLIEST ER RS1	PROMED IO PRANNA POLIEST ER RS2	PROMED IO VINIL ASIENTO RS1	PROMED IO VINIL ASIENTO RS2	PROMED IO VINIL PISO RS1	PROMED IO VINIL PISO RS2
30	41,764	24,216	43,7	25,84	34,016	21,84	52,356	23,956	125,12	30,28	35,11	24,69
60	55,896	24,432	55,94	26,148	30,536	21,732	34,6	24,116	55,52	27,8	32,37	24,75
90	73,648	24,56	71,256	26,588	29,12	21,816	31,236	23,18	41,18	26,83	30,95	24,75
120	93,168	25,248	87,592	26,956	28,328	21,796	29,892	22,824	35,87	26,26	30	24,81
150	114,824	25,848	104,872	27,324	27,656	21,776	28,684	23,024	33,3	25,91	29,34	24,78
180	138,304	26,16	121,424	27,844	27,22	21,864	27,896	23,012	31,83	25,83	28,8	24,79
210	160,948	26,524	137,04	28,068			27,368	22,992				
270	206,908	27,46	176,236	28,828			26,416	22,888				
300	226,388	27,848	193,692	29,304			26,108	22,896				
330	240,964	28,432	208,676	29,744								
360	251,32	29,012	223,404	30,252								
390	256,292	29,8	231,848	30,692								
420	258,548	30,348	237,54	31,388								
450	256,868	31,228	241,82	31,892								
480	248,304	32,296	241,196	32,572								
510	231,716	32,72	238,012	33,492								
540	212,616	33,368	230,736	34,288								
570	198,176	34,448	222,372	34,876								
600	186,368	35,672	210,756	36,256								
660	147,484	36,652	180,112	38,024								
720	122,772	38,848	149,752	40,356								
780	107,596	40,988	123,856	42,94								
840	95,384	43,284	106,872	45,996								
900	88,184	46,052	95,292	49,144								
960	83,316	50,356	86,98	52,768								
1020	77,924	53,536	80,08	58,128								

DATOS (en segund os)	PROMED IO FIBRA BLANCA RS1	PROMED IO FIBRA BLANCA RS2	PROMED IO FIBRA GRIS RS1	PROMED IO FIFRA GRIS RS2	PROMED IO MADERA MARINO RS1	PROMED IO MADERA MARINO RS2	PROMED IO PRANNA POLIEST ER RS1	PROMED IO PRANNA POLIEST ER RS2	PROMED IO VINIL ASIENTO RS1	PROMED IO VINIL ASIENTO RS2	PROMED IO VINIL PISO RS1	PROMED IO VINIL PISO RS2
1080	75,576	59,988	75,956	63,928								
1230	69,044	82,94	70,056	93,496								
1380	65,256	127,26	65,924	148,5								
1530	62,936	170,94	63,548	202,644								
1680	61,04	188,328	61,42	227,04								
1830	58,896	182,556	59,064	170,796								
1980	56,952	168,748	55,555	100,6								
2100	55,785	132,005	53,42	75,705								

Fuente: Autor

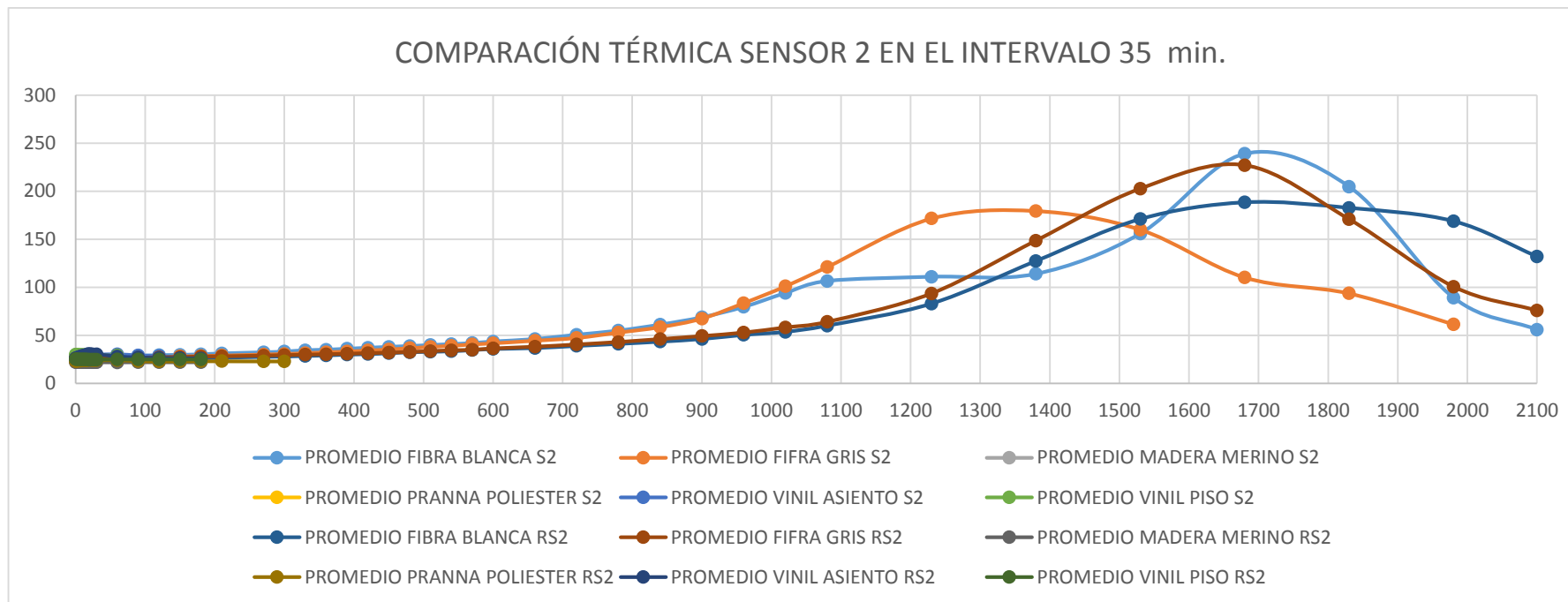


**Figura 22.** Diagrama de relación tiempo-temperatura de los ensayos realizados en el sensor 1  
**Fuente:** Autor



**Figura 23.** Diagrama de comparación tiempo-temperatura de todos los ensayos en el sensor 1.

**Fuente:** Autor



**Figura 24.** Diagrama de relación tiempo-temperatura de todos los ensayos en el sensor 2.

**Fuente:** Autor

- La variación térmica en cada probeta en la figura 22 genera temperaturas de combustión distintas, la misma que variará dependiendo del tipo y características sean estas; espesor, conformado o tiempo de exposición ante un agente calorífico (mechero), sin embargo se visualiza que la variación térmica es relativamente baja, ya que existe un rango de temperatura que no excede los 15°C, manteniendo una temperatura casi constante en la mayoría de las probetas con sus respectivas réplicas.
- En la figura 23, se considera el tiempo de exposición de los 15 segundos de la probeta con la fuente calorífica (mechero), se presenta una temperatura oscilante de encendido que va entre 45°C hasta menos de 200°C, a medida que el tiempo avanza, éstas aumentarán llegando a un punto máximo hasta terminar el límite de combustión, para después descender y encontrar un equilibrio térmico de entre 30-40°C, esto se puede observar aún más en las réplicas ya que para dichos ensayos se estimó un tiempo de 35 minutos, tiempo en el cual la probeta terminaba su combustión total y la temperatura descendía considerablemente para su respectiva extracción y toma de evidencia.
- De igual manera en la figura 24 se considera las temperaturas generadas por el SENSOR 2, se observa que el incremento de las temperaturas alcanza un nivel semejante al SENSOR 1 con respecto a su temperatura máxima, para finalmente extinguir la llama de combustión y retomando el equilibrio térmico a temperaturas de entre 30-40°C. Se consideró solo los datos del sensor 1 ya que al promedio térmico final entre temperaturas de los dos sensores son similares, no obstante para el desarrollo de las variaciones térmicas se consideró los datos obtenidos en ambos sensores.

### **3.6.2 Variación térmica entre promedios de temperaturas de ensayos**

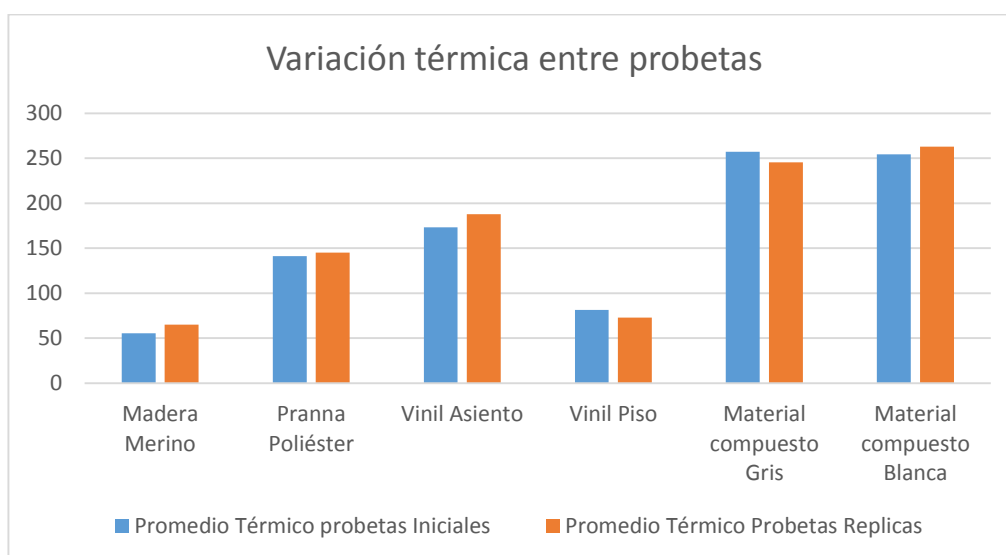
Considerando los procesos empleados para cada ensayo de inflamabilidad, las temperaturas varían en rangos pequeños, esto se debe a los distintos espesores, conformación del tipo de fibra y sus estructuras internas, los mismos influyen directamente en las temperaturas generadas en los ensayos de inflamabilidad.

A continuación se presentan el promedio térmico entre las temperaturas de las probetas ensayadas en la tabla 16 y su respectiva interpretación en la figura 23.

**Tabla 16.** Tabla de variación térmica entre ensayos

<b>Variación térmica de temperaturas</b>			
<b>Material</b>	<b>Promedio Térmico probetas Iniciales °C</b>	<b>Promedio Térmico Probetas Réplicas °C</b>	<b>Variación térmica entre materiales °C</b>
Madera Marino	55,4	65,0	9,6
Pranna Poliéster	141,1	145,1	3,9
Vinil Asiento	173,4	187,9	14,5
Vinil Piso	81,5	72,7	8,8
Material compuesto Gris	257,3	245,5	11,8
Material compuesto Blanca	254,3	263,0	8,7

**Fuente:** Autor



**Figura 25.** Gráfico de barras de comparaciones y variantes térmicas de los ensayos

**Fuente:** Autor

En la columna de variación térmica se identifica el rango de temperatura de las probetas ensayadas en las cuales la temperatura con mayor rango es de 14,5 °C por parte del material Vinil empleada en los asientos (173,4°C y 187,9°C), esto se debe a las condiciones de ensayo los mismos que pueden verse afectados por factores externos no obstante la variación de temperatura es menor a los 15°C esto permite verificar cuan semejantes son las probetas al momento de realizar los ensayos, al considerar elevadas temperaturas como la del material compuesto blanca (254,3°C y 263°C) con una rango



de temperatura de 8.7°C es igual de pequeño por lo que el ensayo se encuentra en condiciones casi iguales, estos factores pueden ser regulados para que las condiciones de ensayo sean de igual manera eficientes obteniendo un promedio térmico semejante en cada material.

### 3.6.3 Comparación térmica empleando correlación entre banco de pruebas UTA y ESPOL.

Empleado el método de correlación de Pearson se determinó la comparación entre temperaturas de los ensayos en las probetas de material compuesto (FIBRA GRIS), el mismo que al momento de aplicar dicha fórmula se presentaron los siguientes resultados, siendo este un aproximado, los parámetros que especifican dicho método verificando así los ensayos empleados para la cámara de inflamabilidad.

#### 3.6.3.1 Comparación térmica ESPOL-UTA

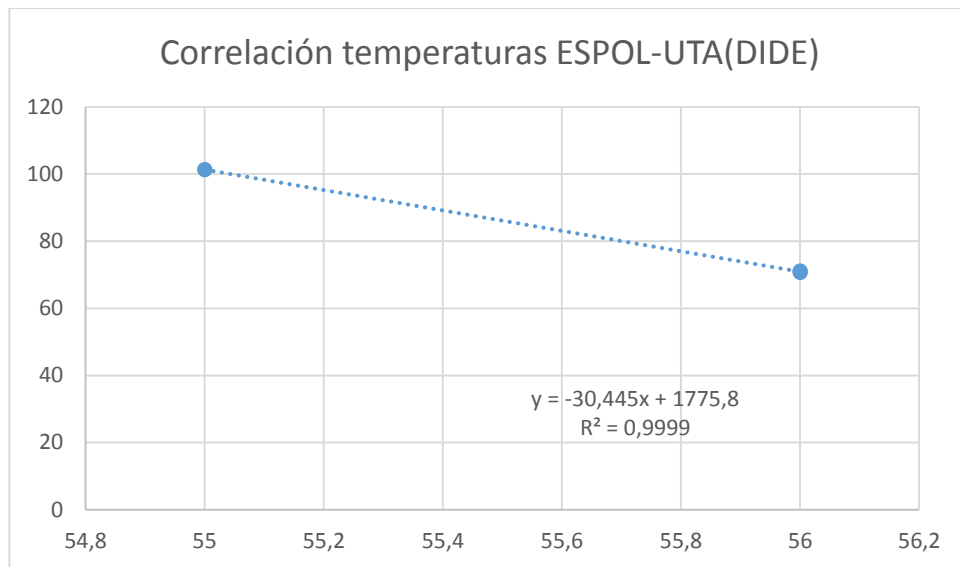
##### a. Empleando en las temperaturas generadas

Debido a que las temperaturas empleadas en el banco de pruebas de ESPOL proporcionan ciertas temperaturas a diferentes tiempos se estableció un promedio térmico de los sensores 1 y 2 del material compuesto denominado FIBRA GRIS para correlacionar los valores dando como resultado en una correlación de 0.9998 el cual nos muestra una CORRELACION POSITIVA, ya que se acerca al valor establecido de  $0 < r < 1$ , como demuestra en la figura 24.

**Tabla 17.** Datos de temperatura en función del tiempo ESPOL-UTA

<b>TIEMPOS (seg.)</b>	<b>Banco ESPOL</b>	<b>Banco UTA- DIDE</b>
1351	56	101,3
978	59	70,65
929	59	71,06
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>243,01</b>
n	3	
r	-0,9999	0,9998

**Fuente:** Autor



**Figura 26.** Diagrama de relación ESPOL-UTA con promedios térmicos

**Fuente:** Autor

### 3.7 Análisis e interpretación de resultados del índice de inflamabilidad



#### 3.7.1 Pruebas de inflamabilidad en material: Pranna Poliéster Flexible

##### 3.7.1.1 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Pranna Poliéster Flexible (forro de asientos)


	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	<b>Campus:</b>	<b>Campus Huachi</b>
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas UTA		
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			

<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	PRANNA POLIÉSTER FLEXIBLE ( FORRO DE ASIENTOS)		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 0,5	<b>Nº de probetas:</b>	5
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	7	10	42,00
B	40	27	88,89
C	135	80,4	100,75
D	25	27	55,56
E	95	63,6	89,62
Total			376,82
Promedio			75,36

**3.7.1.2 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas ESPOL; Pranna Poliéster Flexible (forro de asientos)**

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	21/05/2018	<b>Ciudad:</b> Guayaquil	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Espectrometría	<b>Campus ESPOL</b>	
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas ESPOL		
<b>Realizado por:</b>	Personal del laboratorio	<b>Revisado por:</b> Personal del laboratorio	
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b> Norma ISO 3795	
<b>Tipo de material:</b>	PRANNA POLIÉSTER FLEXIBLE ( FORRO DE ASIENTOS)		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 0,5	<b>Nº de probetas:</b> 5	
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>N- De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	82	80	61,50
B	154	107	86,36
C	82	101	48,71
D	28	20	84,00
E	19	43	26,51
Total			307,08
Promedio			61,42

**3.7.1.3 Resumen de los resultados de las pruebas de inflamabilidad en los tres bancos.**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Realizado por:</b>	Ángel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	PRANNA POLIÉSTER FLEXIBLE ( FORRO DE ASIENTOS)		
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>N- De Probetas</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>		
	<b>Banco de pruebas UTA</b>	<b>Banco de pruebas ESPOL</b>	<b>Conclusión</b>
A	42,00	61,50	Se genera un error de 22,69% el mismo que puede ser reducido ante condiciones adecuadas de ensayo.
B	88,89	86,36	
C	100,75	48,71	
D	55,56	84,00	
E	89,62	26,51	
Total	376,82	307,08	
Promedio	75,36	61,42	


**3.7.2 Pruebas de inflamabilidad en material: Textil a base de vinil para asientos**

**3.7.2.1 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Textil a base vinil para asiento**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus Huachi

<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas UTA		
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	Textil a base vinil para asiento		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 1	<b>Nº de probetas:</b>	5
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	72	48	90,00
B	23	15	92,00
C	18	17	63,53
D	20	20	60,00
E	20	19	63,16
Total			368,69
Promedio			73,74

### 3.7.2.2 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas ESPOL; Textil a base vinil para asiento

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	21/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Guayaquil
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Espectrometría	<b>Campus ESPOL</b>	
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas ESPOL		
<b>Realizado por:</b>	Personal del laboratorio	<b>Revisado por:</b>	Personal del laboratorio
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	Textil a base vinil para asiento		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 0,5	<b>Nº de probetas:</b>	5
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	254	247	61,70
B	254	258	59,07
C	82	41	120,00
D	254	197	77,36
E	254	183	83,28



Total	401,41
Promedio	80,28

### 3.7.2.3 Resumen de los resultados de las pruebas de inflamabilidad en los tres bancos.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	Textil a base vinil para asiento		
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Banco de pruebas UTA</b>	<b>Banco de pruebas ESPOL</b>	<b>Conclusión</b>
A	90,00	61,70	Se genera un error de 8,14% el mismo que puede ser reducido ante condiciones adecuadas de ensayo.
B	92,00	59,07	
C	63,53	120,00	
D	60,00	77,36	
E	63,16	83,28	
Total	368,69	401,41	
Promedio	73,74	80,28	

### 3.7.3 Pruebas de inflamabilidad en material: textil a base de vinil para forro de pisos.

#### 3.7.3.1 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Textil a base vinil para forro de pisos.



 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato

<b>Lugar:</b>	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		<b>Campus Huachi</b>
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas UTA		
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	TEXTIL A BASE VINIL PARA FORRO DEL PISO		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 3	<b>Nº de probetas:</b>	10
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A; B; C; D; E	0	0	0,00

**3.7.3.2 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas ESPOL; Textil a base vinil para forro de pisos.**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>					
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Fecha:</b>	21/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Guayaquil		
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Espectrometría		<b>Campus ESPOL</b>		
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas ESPOL				
<b>Realizado por:</b>	Personal del laboratorio	<b>Revisado por:</b>	Personal del laboratorio		
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>					
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795		
<b>Tipo de material:</b>	TEXTIL A BASE VINIL PARA FORRO DEL PISO				
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 3	<b>Nº de probetas:</b>	5		
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>					
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>		
A; B; C; D; E	0	0	0,00		

**3.7.3.3 Resumen de los resultados de las pruebas de inflamabilidad en los tres bancos.**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>					

<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Realizado por:</b>	J Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	TEXTIL A BASE VINIL PARA FORRO DEL PISO		
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº DE PROBETAS</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>		
	<b>Banco de pruebas UTA</b>	<b>Banco de pruebas ESPOL</b>	<b>Conclusión</b>
A; B; C; D; E	0,00	0,00	Debido a que las probetas no de inflaman el porcentaje de error es del 0%.

### 3.7.4 Pruebas de inflamabilidad en material: Material Compuesto (forro lateral en el buses, color gris)



#### 3.7.4.1 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (forro lateral en el buses, color gris)

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	<b>Campus Huachi</b>	
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas UTA		
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	MATERIAL COMPUESTO ( FORRO LATERAL EN EL BUSES, COLOR GRIS)		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 3	<b>Nº de probetas:</b>	10
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	254	1093,1	13,94
B	254	1129,60	13,49
C	254	830,30	18,35
D	254	938,10	16,25





E	254	1170,6	13,02
Total			75,05
Promedio			15,01

**3.7.4.2 Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas ESPOL; Material Compuesto (forro lateral en el buses, color gris)**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	21/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Guayaquil
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Espectrometría	<b>Campus ESPOL</b>	
<b>Máquina:</b>	Banco de pruebas ESPOL		
<b>Realizado por:</b>	Personal del laboratorio	<b>Revisado por:</b>	Personal del laboratorio
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	MATERIAL COMPUESTO ( FORRO LATERAL EN EL BUSES, COLOR GRIS)		
<b>Dimensiones (mm):</b>	356 x 70 x 0,5	<b>Nº de probetas:</b>	5
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Distancia (mm)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>
A	254	830	18,36
B	254	782	19,49
C	254	837,00	18,21
D	254	924,00	16,49
E	254	866,00	17,60
Total			90,15
Promedio			18,03

**3.7.4.3 Resumen de los resultados de las pruebas de inflamabilidad en los tres bancos.**

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			

<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Fecha:</b>	29/05/2018	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Realizado por:</b>	Angel Chango	<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Prueba de inflamabilidad	<b>Norma:</b>	Norma ISO 3795
<b>Tipo de material:</b>	MATERIAL COMPUESTO (FORRO LATERAL EN EL BUSES, COLOR GRIS)		
<b>Resultados Según La Norma 3795</b>			
<b>Nº De Probetas</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>		
	<b>Banco de pruebas UTA</b>	<b>Banco de pruebas ESPOL</b>	<b>Conclusión</b>
A	13,94	18,36	Se genera un error de 16,74% el mismo que puede ser reducido ante condiciones adecuadas de ensayo.
B	13,49	19,49	
C	18,35	18,21	
D	16,25	16,49	
E	13,02	17,60	
Total	75,05	90,15	
Promedio	15,01	18,03	

En las distintas probetas (Pranna poliéster, textil a base de vinil para asientos y pisos, materiales compuestos gris), lo ensayos generan índices de inflamabilidad variados considerando un porcentaje de error el mismo que puede ser reducido al mantenerse un ambiente más controlado, dichos valores se pueden observar en la tabla 18.

**Tabla 18.** Tabla comparativa del porcentaje de error en índice de inflamabilidad

<b>Comparación del porcentaje de error</b>			
<b>Material</b>	<b>Tasa de combustión B(mm/min)</b>		
	<b>Banco de pruebas UTA</b>	<b>Banco de pruebas ESPOL</b>	<b>% de error en ensayo</b>
Pranna poliéster flexible	75,36	61,42	22,69%
Textil a base de vinil para asientos	73,74	80,28	8,14%
Textil a base de vinil para pisos	0,00	0,00	0%.
material compuesto (forro lateral en el buses, color gris)	13,94	18,36	16,74%

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- El estado del equipo empleado para ensayos de inflamabilidad se encuentra en un estado básico en cuanto a que no presenta complementos que permitan verificar las condiciones durante el ensayo sean estos, control de dosificación o variación térmica dentro de la cámara de combustión. Tales parámetros son controlados mediante dispositivos que garantizan tiempos de ensayo (15 seg.), control de temperaturas (sensores de temperatura), dosificación de aire (40% apertura) y gas (15% apertura) y registro de índices de inflamabilidad, dichos parámetros permiten obtener medidas confiables según la normativa ISO 3795 por la cual se rige. Las condiciones de ensayos iniciales sin control presentan variaciones en los tiempos de combustión ya que no existe un dispositivo que permite cerrar el flujo de gas lo que presenta una combustión excesiva de no tener un sistema automatizado que garantice una dosificación controlada en todo el sistema.
- De acuerdo con las condiciones de cada sistema se estableció matrices de criterios ponderados entre componentes que permitan un control de flama (aire, gas), tiempos de combustión (15 segundos), permitiendo controlar altura de llama (38mm) y generando datos térmicos en el interior de la máquina de inflamabilidad de acuerdo al tiempo en que dure tales ensayos, las condiciones establecidas se centraron principalmente en su funcionalidad y operación.
- Las condiciones requeridas para ensayos empleando las normativa ISO 3795 establecen un tiempo de combustión de 15 segundos de exposición, en donde mediante los parámetros de control se registran tiempos exactos de operación, control de gas (15% de apertura de válvula) y aire a proporciones (40% de apertura de válvula) logrando una llama de color amarilla con altura de flama ( $\pm 40$  mm)de como indica la normativa ISO 3795. Los tiempos de registro de las diferentes probetas dependen del tipo de material a ensayar en donde se generan temperaturas mayores cercanas a los 250°C (materiales compuestos) y menores de 54°C (madera) gracias a los termo sensores infrarrojos ubicados a una distancia de 20 milímetros de la probeta al punto focal inicial (sensor 1) y final (sensor 2), en donde el comportamiento térmico son similares, el sensor 2 muestra que existe al final del ensayo cierta uniformidad al sensor 1, no obstante ciertos materiales no

alcanzan su longitud total de combustión por lo que se valió de sensor 1 para identificar el valor máximo de temperatura en el ensayo, solo aquellas que se componen de materiales compuestos cumplen esta disposición en un tiempo aproximado de 35 minutos.

- Mediante la verificación con los datos obtenidos de la máquina automatizada en los laboratorios de la facultad y pruebas realizadas en materiales por ESPOL, generando temperaturas para posteriormente realizar análisis de correlación en el material compuesto “fibra gris” con resultados de 0,999 superando el rango del factor de 0,5 verificando la compatibilidad entre las máquinas ESPOL y UTA. Para la comparación de inflamabilidad entre las máquina de ensayos UTA vs. ESPOL, se generaron valores muy similares, esto se debe a que las condiciones de operación de la máquina no presentan un adecuado lugar de ensayos, permitiendo así mitigar el porcentaje de error al momento de realizar dichos ensayos, los cuales pueden ser sujetos a estudio en futuras investigaciones.
- Se generó pruebas de funcionamiento y toma de datos de inflamabilidad empleando distintos materiales los cuales no presentaron inconformidades. Al momento de comparación de datos generados por el programa se verifico que los índices de inflamabilidad sean los mismos, es posible obtener un margen de error aún menor si se establecen condiciones adecuadas para realizar los ensayos. Para una mejor comprensión se presenta un manual de procedimiento que permite realizar ensayos de manera adecuada, con especificaciones ordenadas y descripción gráfica facilitando la comprensión para el operario.

## 4.2 Recomendaciones

- La implementación de un sistema de extracción de humos permitirán mejorar los ensayos de inflamabilidad ya que afecta indirectamente a la máquina dificultando la disipación del calor y humos rápidamente.
- Es considerable realizar los ensayos antes de las 12:00 del día ya que el aumento de temperatura dificulta el enfriamiento del equipo, también debe mantenerse un tiempo de espera entre ensayos de 30 minutos como mínimo, suficiente para que el calor acumulado se disipe, además de ellos no se podrá realizar un nuevo ensayo si este no presenta una temperatura interna mayor a 30 °C.
- Mantener en reserva probetas extras para realizar los ensayos de inflamabilidad ya que diversos factores externos pueden presentarse interrumpiendo así el ensayo.
- Se considera implementar un sistema de protección para ciertos componentes que permitan resguardar los componentes de medición ante las altas temperaturas generadas dentro de la cámara de inflamabilidad.

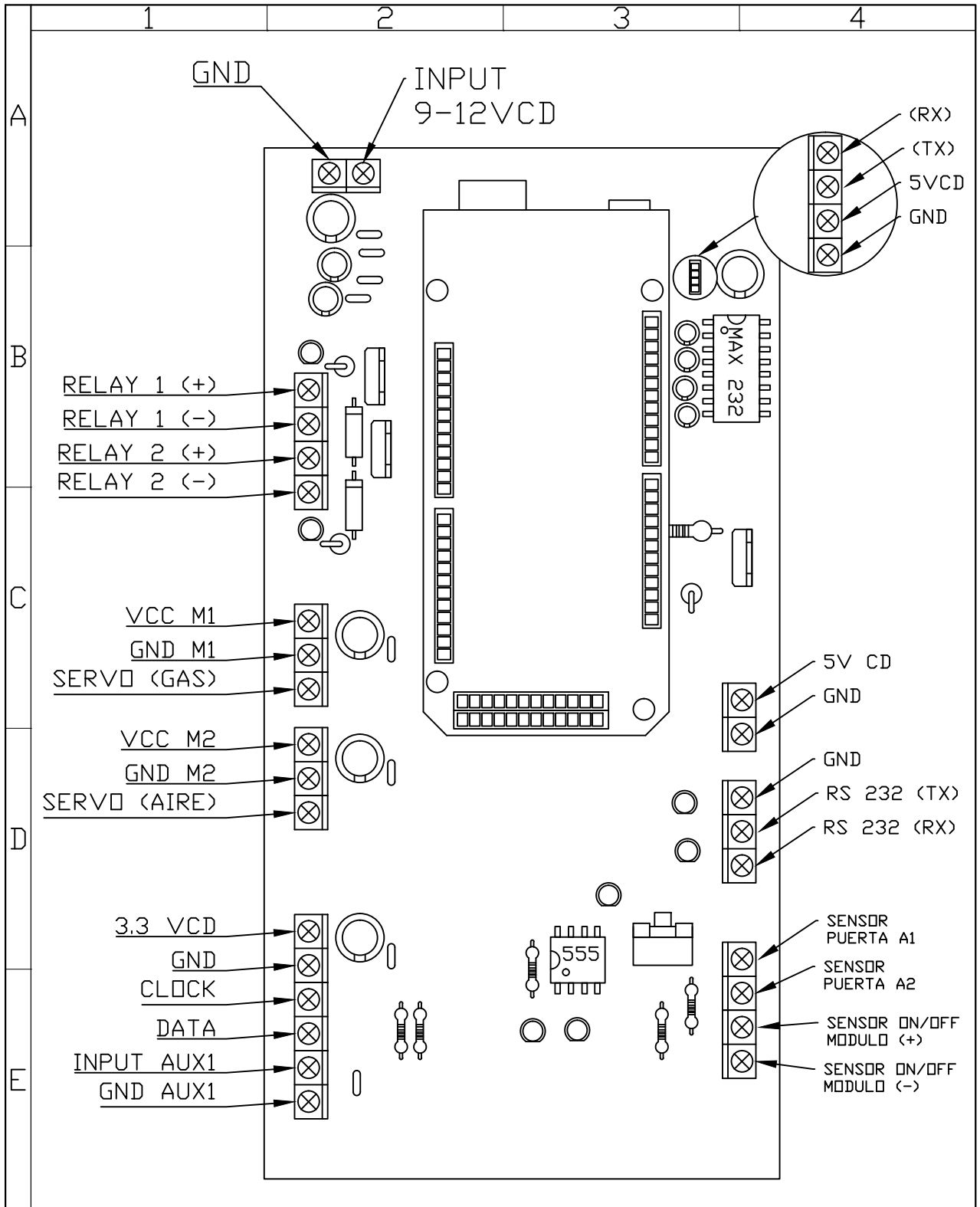
## Bibliografía

- [1] N. ISO-3795, Artist, *Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry-Determination of burning behaviour of interior materials, Segunda ed.* [Art]. International Organization for Standardization, 1989.
- [2] L. Chasi, Artist, *Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad de materiales usados en la construcción de interiores de carrocerías.* [Art]. Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [3] D. M. Padilla Porras y C. O. Serrano Aguiar , Artists, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD APLICADO A MATERIALES DE AUTOPARTES SEGÚN LA NORMA ISO 3795.* [Art]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013.
- [4] I. NORMA TÉCNICA ECUATORIANAN, «VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL. REQUISITOS,» SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, QUITO, 2015.
- [5] N. T. E. INEN, «VEHÍCULOS, BUS URBANO. REQUISITOS,» INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, QUITO, 2010.
- [6] F. Reyes Cortés, J. Cid Monjaraz y S. Vargas, *Mecatrónica: Control y automatización*, México: Alfaomega, 2013.
- [7] Aldakin, «Aldakin,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>. [Último acceso: 16 Julio 2018].
- [8] A. Rentería y M. Rivas, *Robótica industrial: Fundamentos y aplicaciones*, Madrid: McGraw Hill, 2000.
- [9] P. Mengual, *STEP 7 Una manera fácil de programar PLC de Siemens*, México: Alfaomega, 2010.
- [10] LabVIEW, «<http://www.ni.com>,» [En línea]. Available: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>. [Último acceso: 17 Diciembre 2018].
- [11] ARDUINO, «<https://store.arduino.cc>,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>. [Último acceso: 28 Julio 2018].
- [12] G. Enríquez Harper, *Motores Eléctricos; Motores de Corriente Alterna*, México: Limusa, 2002.

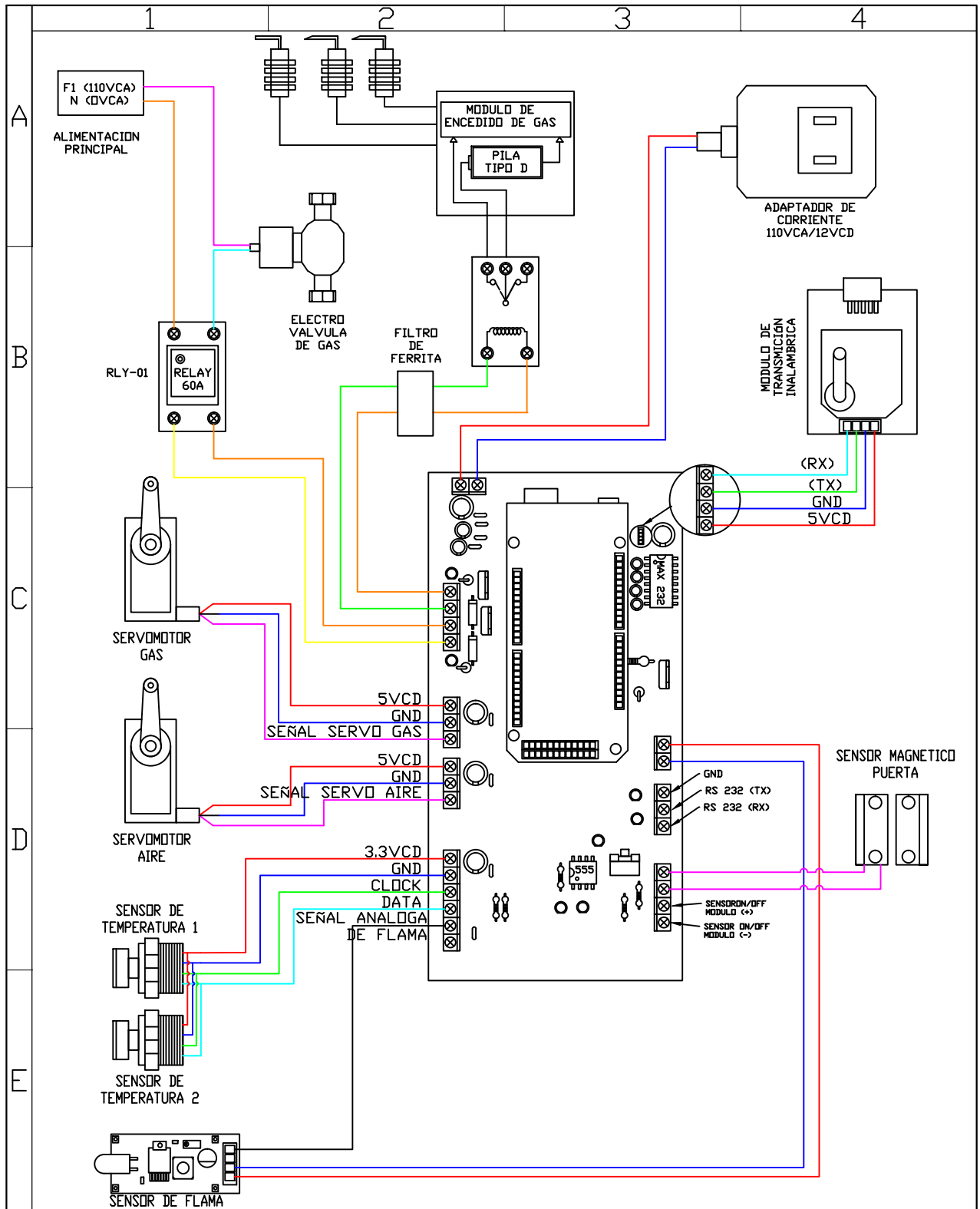
- [13] W. Lewis, LAN inalámbrica y conmutada : Guía de estudio de CCNA Exploration, Madrid: CISCO, 2009.
- [14] P. Alcalde San Miguel, Electrónica aplicada, Madrid: Paraninfo, 2016.
- [15] ECURED.CU, «[www.ecured.cu](http://www.ecured.cu).2013, Válvula selenoide,» 2013, [En línea]. Available: [http://www.ecured.cu/index.php/V%C3%A1lvula\\_solenoide..](http://www.ecured.cu/index.php/V%C3%A1lvula_solenoide..) [Último acceso: 24 Julio 2018].
- [16] ELTEC.MX, «[eltec.mx](http://eltec.mx). modulo-encendido-por-chispa,» 2013. [En línea]. Available: <http://eltec.mx/es/productos/modulo-electronico-de-encendido-por-chispa.html..> [Último acceso: 24 Julio 2018].
- [17] ELICROM, «<http://www.elicrom.com>,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.elicrom.com/infrarrojos-ir/>. [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [18] ElectronicaStore, «<https://electronicastore.net>,» 2018. [En línea]. Available: <https://electronicastore.net/producto/sensor-ky-026-detector-de-fuego-compatible-con-arduino/>. [Último acceso: 13 Diciembre 2018].
- [19] NAYLAMPMECHATRONICS, «<https://naylampmechatronics.com>,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-1298n.html>. [Último acceso: 14 Diciembre 2018].
- [20] C. J. Ortiz Caaspa, Artist, *DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN CENTRALIZADA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA ABASTECIMIENTO DE LA HOSTERIA-SPA MIRAMELINDO EN LA CIUDAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA*. [Art]. Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [21] INTRAVE, «[Intrave.com](http://intrave.com),» wordpress, 20 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://intrave.wordpress.com/2015/02/20/para-que-sirve-un-plc/>. [Último acceso: 23 Julio 2018].
- [22] F. J. Ceballos Sierra, Enciclopedia de Microsoft Visual Basic, México: Alfaomega, 2006.
- [23] «[hacedores.com](http://hacedores.com),» DISQUS, 14 Febrero 2014. [En línea]. Available: <https://hacedores.com/cuantos-tipos-diferentes-de-arduino-hay/>. [Último acceso: 23 Julio 2018].
- [24] P. Alcalde San Miguel, Curso de electricidad general, Madrid: Paraninfo, 2004.
- [25] SHERLIN.XBO, «<http://sherlin.xbot.es>,» Copyright, 2018. [En línea]. Available: <http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>. [Último acceso: 24 Julio 2018].

- [26] J. Garza, B. Morales y B. González, Análisis estadístico multivalente: Anova de un factor, México: Alfaomega, 2013.
- [27] J. L. Villena Portero, Artist, “*ANÁLISIS DE LA VELOCIDAD DE COMBUSTIÓN Y SU INCIDENCIA EN LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL INTERIOR DE CARROCERÍAS PARA VEHÍCULOS*”. [Art]. Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [28] C. d. l. a. inoxidable, «BONNET.com,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.bonnet.es/Inoxidable.aspx>. [Último acceso: 13 Agosto 2018].





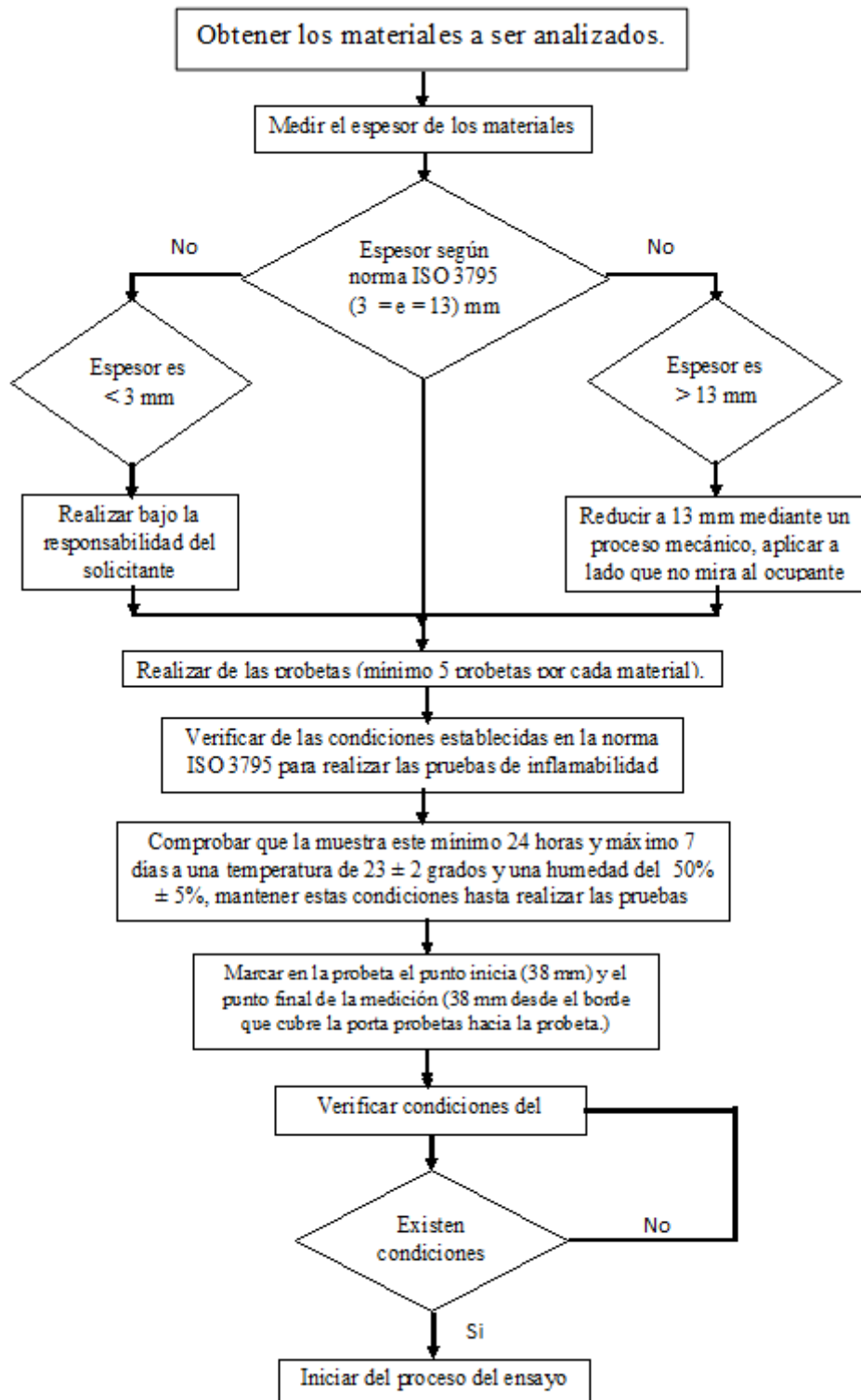
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	Kg	VARIOS	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujo: 16/10/2018	Angel Chango	TARJETA DE CONTROL	1 : 1
				Reviso: 16/10/2018	Ing. Castro Christian		
				Aproba: 16/10/2018	Ing. Castro Christian		
				U. T. A.		N. Lámina:	Registro:
				INGENIERIA MECANICA		01 de 02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	Kg	VARIOS	
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujo: 16/10/2018	Angel Chango	ESQUEMA DE CONEXIÓN	1 : 1
				Reviso: 16/10/2018	Ing. Castro Christian		
				Aprobo: 16/10/2018	Ing. Castro Christian		
				U. T. A.		N. Lámina:	Registro:
				INGENIERIA MECANICA		02 de 02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

## ANEXOS

### Anexo A (Especificaciones de probetas)



## Anexo B (Código Arduino de programación)

```
//LIBRERIAS
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <i2cmaster.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <EEPROM.h>

//CONFIGURACIONES
Servo servoMotor_A;
Servo servoMotor_F;
int direccionSensor1 = 0x50<<1; // Dirección del sensor 1
int direccionSensor2 = 0x55<<1; // Dirección del sensor 2
//VARIABLES
float temperatura_1=0, temperatura_2=0;
char dato=' ', dato1=' ', dato2=' ', dato3=' ';
int aire=90, electrovalvula=0, chispero=0, flama=90;
String inputString = ""; // a string to hold incoming data
boolean stringComplete = false; // whether the string is complete
int sensor_probeta=0;
int led_probeta=0;
int led_gas=0;
int contador=0;
int cantidad_flama=0;
int flama_run_stop=0;
int pot=0;

//DEFINICION DE PINES
int pin_electrovalvula=2;
int pin_chispero=3;
int sensor_flama=6;
int pin_sensor_probeta=62;
int pin_salida_digital_probeta=63;
int pin_sensor_gas=64;
```

```

void setup()
{
  //electrovalvula = EEPROM.read(0); //electrovalvula
  //chispero = EEPROM.read(1); //chispero
  //aire = EEPROM.read(2); //aire
  //flama = EEPROM.read(0); //flama

  i2c_init(); // Inicializar i2c bus.
  PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5); // Pullups.
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  servoMotor_A.attach(4);
  servoMotor_F.attach(5);

  pinMode(pin_electrovalvula, OUTPUT);
  pinMode(pin_chispero, OUTPUT);
  pinMode(sensor_flama, INPUT);
  pinMode(pin_sensor_probeta, INPUT);
  pinMode(pin_salida_digital_proveta, OUTPUT);
  pinMode(pin_sensor_gas, INPUT);
  digitalWrite(pin_electrovalvula, false);
  digitalWrite(pin_chispero, false);
  wdt_disable();
  wdt_enable(WDTO_500MS);
  inputString.reserve(200);
}

```

```

void loop()
{
  //RECEPCION DE DATOS SERIALES
  //Si se recibió un dato entra
  wdt_reset();
  //_____
  serialEvent();
  if (stringComplete)
  {
    Serial.println(inputString);
    // clear the string:
    procesar_trama();
    inputString = "";
    stringComplete = false;
    contador=0;
  }
  if(contador>100)
  {
    electrovalvula=0;
    EEPROM.write(0, 0);
    digitalWrite(pin_electrovalvula, false);
    chispero=0;
    EEPROM.write(1, 0);
    digitalWrite(pin_chispero, false);
    contador=0;
  }
  contador++;
  //Serial.print("contador= ");
  //Serial.println(contador);

  //_____
  //CONTROL DE ACTUADORES
  if(electrovalvula==1)
  {digitalWrite(pin_electrovalvula, true);
  }
  else
  {digitalWrite(pin_electrovalvula, false);
  }

  wdt_reset();
  if(chispero==1)
  {digitalWrite(pin_chispero, true);
  }
  else
  {digitalWrite(pin_chispero, false);
  }

  if(aire>=0 && aire<=180)
  {
    servoMotor_A.write(aire);
    //EEPROM.write(2, aire);
  }
}

```

```

wdt_reset();
  if(flama>=0 && flama<=180)
  {
    servoMotor_F.write(flama);
    //EEPROM.write(3, flama);
  }

wdt_reset();
//LECTURA DE SENSORES
temperatura_1=temperaturaCelcius(direccionSensor1);
temperatura_2=temperaturaCelcius(direccionSensor2);
wdt_reset();
if(digitalRead(pin_sensor_probeta)==0)
{ sensor_probeta=1;
  digitalWrite(pin_salida_digital_proveta,true);}
else
{ sensor_probeta=0;
  digitalWrite(pin_salida_digital_proveta,false);}
wdt_reset();
  if(digitalRead(pin_sensor_gas)==1)
  { led_gas=1;
    }
  else
  { led_gas=0;
    }

cantidad_flama=analogRead(A15);
pot=analogRead(A14);
if(cantidad_flama<pot)
{flama_run_stop=1;}
else{flama_run_stop=0;}
Serial.print("cant_flam=");
Serial.print(cantidad_flama);
Serial.print("      POT=");
Serial.println(pot);

wdt_reset();

```

```

//FUNCIONES DE LLAMADA
void enviar_rs232()
{
  Serial1.print("*");
  Serial1.print("T1="); Serial1.print(temperatura_1);Serial1.print(",");
  Serial1.print("T2="); Serial1.print(temperatura_2);Serial1.print(",") ;
  Serial1.print("E=");Serial1.print(electrovalvula);Serial1.print(",");
  Serial1.print("C=");Serial1.print(chispero);Serial1.print(",") ;
  Serial1.print("A=");Serial1.print(aire);Serial1.print(",") ;
  //Serial1.print("S=");Serial1.print(digitalRead(sensor_flama));Serial1.print(",");
  Serial1.print("S=");Serial1.print(flama_run_stop);Serial1.print(",");
  //Serial.print("AA=");Serial.print(analogRead(A0));Serial.print(",");
  Serial1.print("F=");Serial1.print(flama);Serial1.print(",");
  Serial1.print("G=");Serial1.print(led_gas);Serial1.print(",");
  Serial1.print("P=");Serial1.print(sensor_probeta);Serial1.print("#");
  Serial1.println();
  Serial1.flush();
}

//Función con comentarios originales de http://wiki.wiring.co
float temperaturaCelcius(int address)
{
  int dev = address;
  int data_low = 0;
  int data_high = 0;
  int pec = 0;

  // Write
  i2c_start_wait(dev+I2C_WRITE);
  i2c_write(0x07);

  // Read
  i2c_rep_start(dev+I2C_READ);
  data_low = i2c_readAck(); // Read 1 byte and then send ack.
  data_high = i2c_readAck(); // Read 1 byte and then send ack.
  pec = i2c_readNak();
  i2c_stop();
  wdt_reset();
  // This converts high and low bytes together and processes temperature,
  // MSB is a error bit and is ignored for temps.
  double tempFactor = 0.02; // 0.02 degrees per LSB (measurement
  // resolution of the MLX90614).

  double tempData = 0x0000; // Zero out the data
  int frac; // Data past the decimal point

  // This masks off the error bit of the high byte, then moves it left
  // 8 bits and adds the low byte.
  tempData = (double)(((data_high & 0x007F) << 8) + data_low);
  tempData = (tempData * tempFactor)-0.01;
  wdt_reset();
  float celcius = tempData - 273.15;

  // Returns temperature un Celcius.
  return celcius;
}

```



```

void serialEvent()
{
  while (Serial1.available())
  {
    wdt_reset();
    char inChar = (char)Serial1.read();
    inputString +=inChar;
    if (inChar == '\n')
    {
      stringComplete = true;
      wdt_reset();
    }
    wdt_reset();
  }
}

void procesar_trama()
{
  int a=0;
  a=inputString.length();
  if(a==17)
  {
    //electrovalvula
    if(inputString[1]=='E')
    {
      dato1=inputString[2];
      if(dato1=='1')
      {electrovalvula=1;
        EEPROM.write(0, 1);}
      else
      {electrovalvula=0;
        EEPROM.write(0, 0);}
    }

    //chispero
    if(inputString[3]=='C')
    {
      dato1=inputString[4];
      if(dato1=='1')
      {chispero=1;
        EEPROM.write(1, 1);}
      else
      {chispero=0;
        EEPROM.write(1, 0);}
    }

    //AIRE
    if(inputString[5]=='A')
    {
      dato1=inputString[6];
      dato2=inputString[7];
      dato3=inputString[8];
    }
  }
}

```

```

    aire=0;
    aire=((dato1-48)*100)+aire;
    aire=((dato2-48)*10)+aire;
    aire=((dato3-48)*1)+aire;
    EEPROM.write(2, aire);
}

    //FLAMA
    if(inputString[9]=='F')
    {
        dato1=inputString[10];
        dato2=inputString[11];
        dato3=inputString[12];
        flama=0;
        flama=((dato1-48)*100)+flama;
        flama=((dato2-48)*10)+flama;
        flama=((dato3-48)*1)+flama;
        EEPROM.write(3, flama);
    }

//dato1=inputString[0];
    Serial.print(aire);
    Serial.print("-");
    Serial.println(flama);

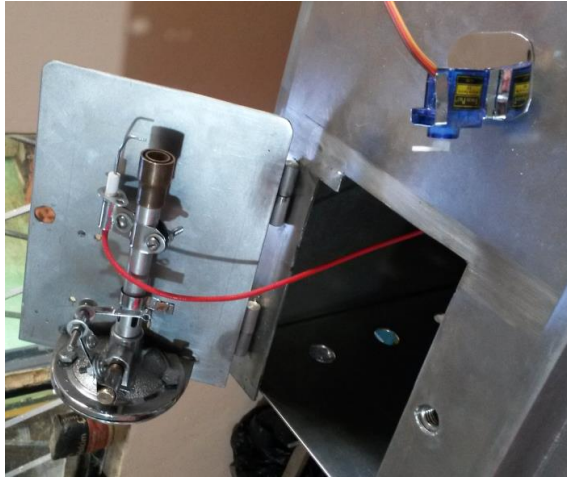
}
}

```

### Anexo C (validación de equipo de inflamabilidad)



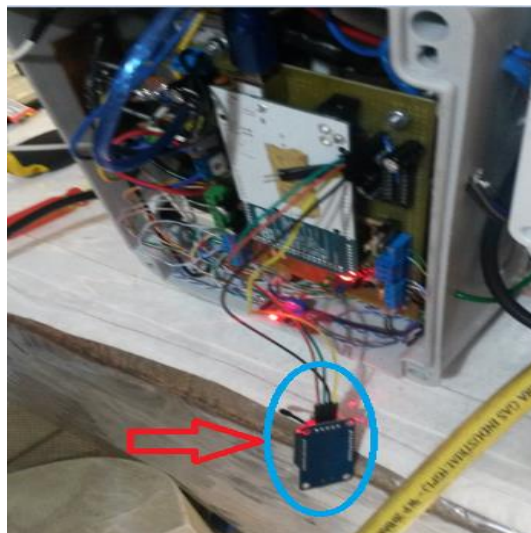
**Anexo D** (acoplamiento de servomotores y chispero)



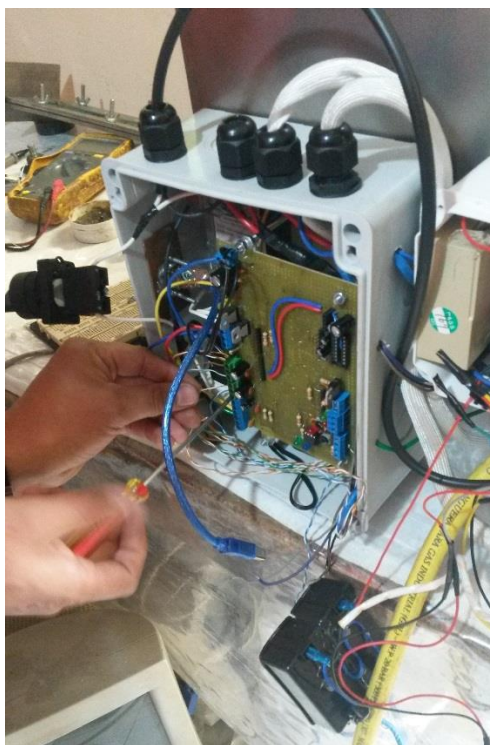
**Anexo E** (acoplamiento tarjeta Arduino y baquelita)



**Anexo E** (conexión de modulo inalámbrico XBee 1Km S2)



**Anexo F** (verificación de conexiones inalámbricas y chisperas)



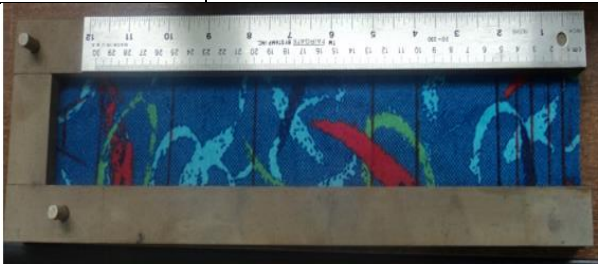


**Anexo G** (verificación de conexiones del chispero)



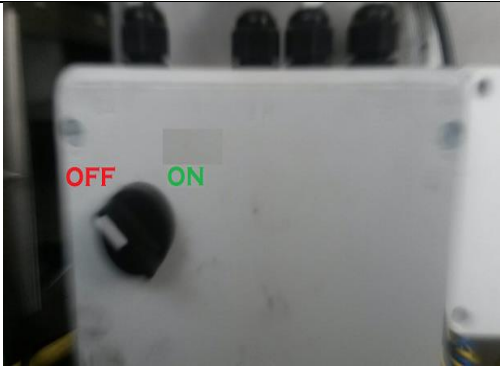
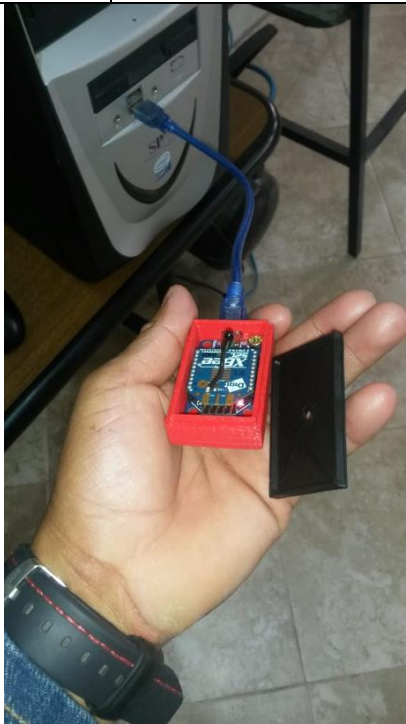
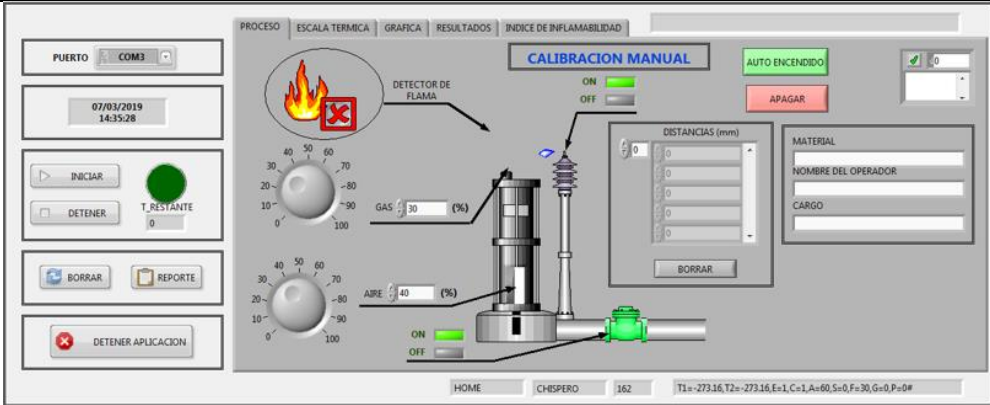
## Anexo H (conexión sistema de ignición de gas)

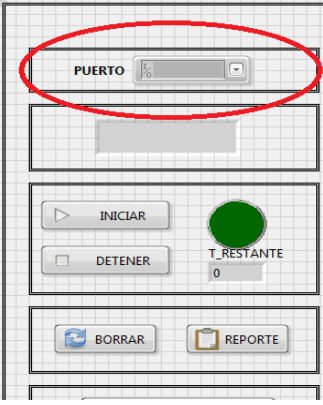
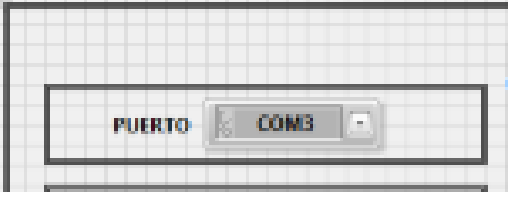


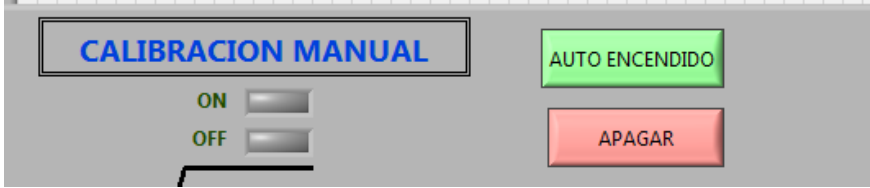


## Anexo I Proceso de ejecución

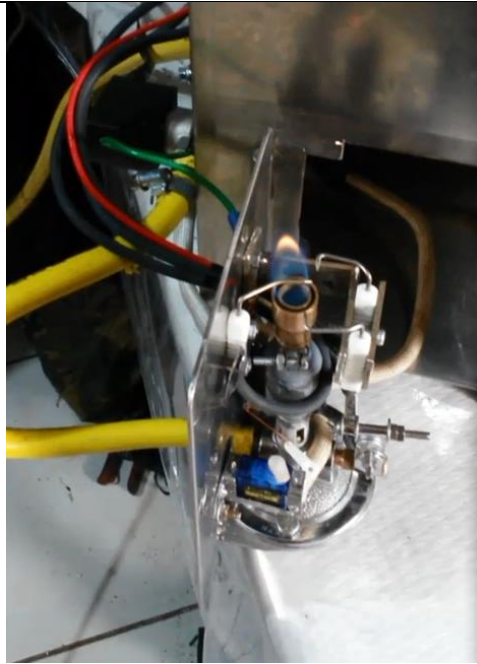
N°	PROCESO	CONDICIÓN DE PROCESO
1	Establecer parámetros de probetas.	Controlar parámetros del Anexo A.
	Revisar ANEXO A	
2	Registrar datos de probetas.	Dimensiones y peso.
		
3	Controlar estado del equipo.	Conexiones eléctricas y alimentación de gas.
		
4	Verificar posicionamiento adecuado de sensor de flama.	Sensor en dirección a flama.
		
5	Encender máquina.	Controlado por pulsador.



		
6	Realizar conexión inalámbrica	Módulo bluetooth el mismo que habilitará el puerto COM.
7	Abrir programa ejecutable.	
8	Seleccionar el puerto COM.	Verificar el paso 6.
		

		
9	<p>Verificar encendido de equipo de inflamabilidad.</p>	<p>Verificar el proceso 3.</p>
		
10	<p>Dar click en RUNNING, del programa ejecutable.</p>	<p>Verificar que no se haya introducido el porta muestras.</p>
		
11	<p>Realizar prueba de autoencendido.</p>	<p>En caso de no encender verifique el paso 3 y 4.</p>
		

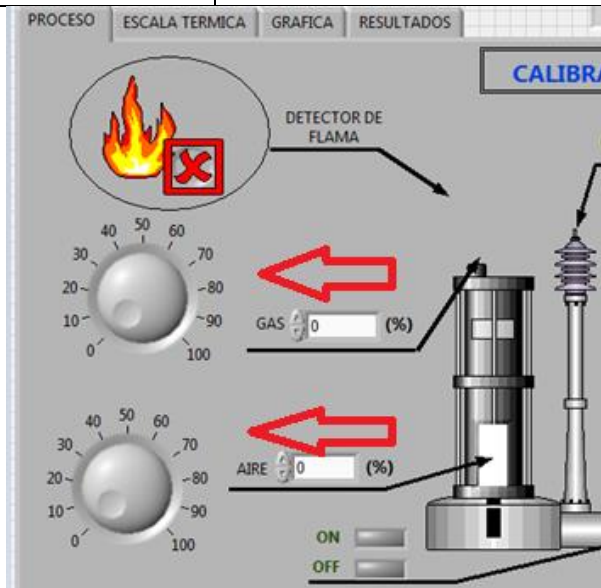




Verificar controladores de dosificación (servomotores).

Controlar flujo de aire y gas por medio de los controles cuando se ejecute el paso 10.

12



13

Establecer condiciones de ensayo.

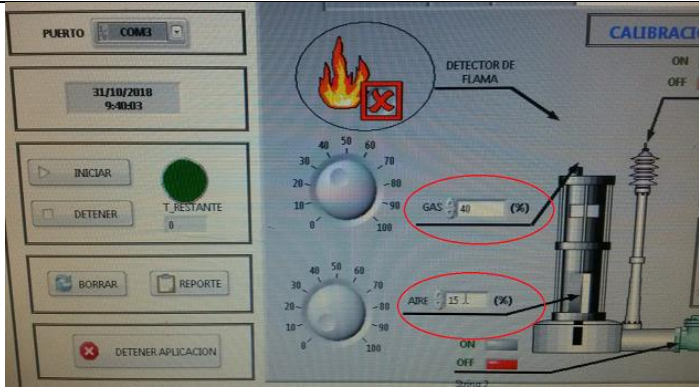
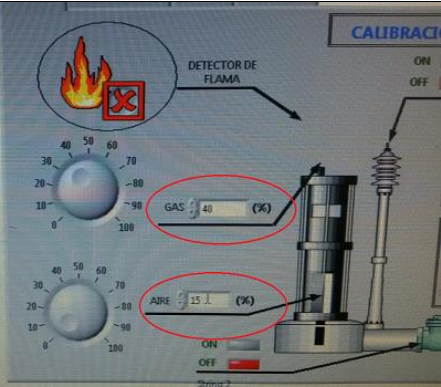

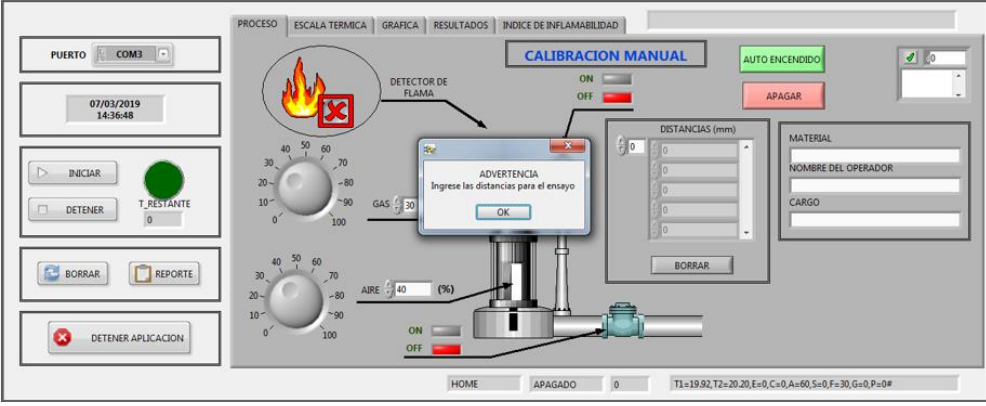
Proporciones:



Aire: 40%



Aire: 0,04976  $cm^2$

Gas: 15%

Gas: 0,000833 Kg/s

		
14	<p>Realizar ensayo de inflamabilidad.</p> <p style="text-align: center;"><b>INICIO</b></p>	<p>Verificar que se haya cumplido el paso 2, 10 y 11, caso contrario se presentara un aviso para ingreso de distancias.</p>
		
15	<p>Preparar probeta a ensayar.</p>	<p>Anotar información del paso 2 luego colocar la probeta en el porta muestras para su respectivo ensayo.</p>

			
16	<b>AUTOENCENDIDO</b>	<p>Verificar el encendido correcto de los chiseros momentos antes de ingresar la probeta y su respectiva autorregulación de la llama, procedente al paso 13.</p>	
			
17	Introducir de porta muestras.		<p>El final de carrera presente permitirá dar inicio al ensayo se inflamabilidad por lo que</p>

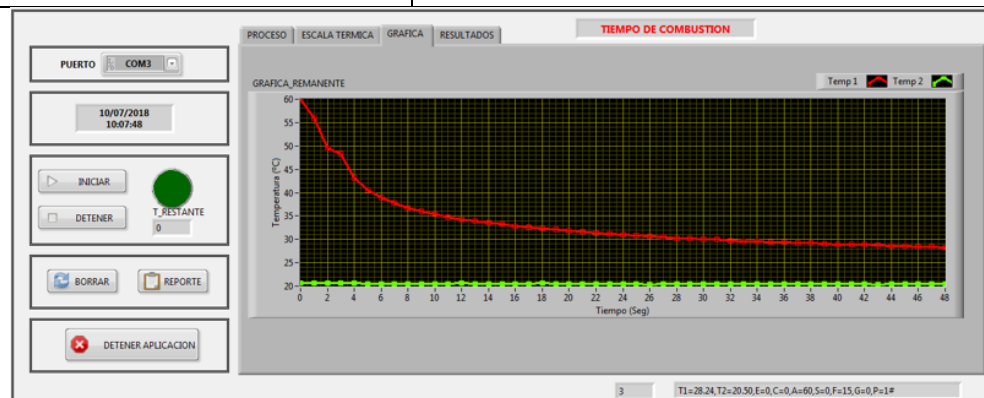
		<p>se debe introducir el porta muestras con mucho cuidado hasta la posición final o tope.</p>
		
18	<p>Introducir de porta muestras.</p>	<p>Una vez realizado la calibración del sistema, se debe esperar el aviso para introducir la probeta. Este también se activa al momento de topar los finales de carrera, automáticamente se iniciara el ensayo.</p>
		
19	<p>Toma de datos.</p>	<p>Una vez introducida se debe esperar el tiempo de combustión de 15 segundos, después comenzará a tomar datos térmicos durante cierto tiempo en los puntos críticos mediante el termo-sensor.</p>



20

Toma de datos

A lo largo del tiempo en que demore el ensayo se registrará datos los cuales se puede observar en las gráficas presentes, así también datos adicionales que pueden ayudar en futuros procesos al evaluador; tales como medianas, promedios de las temperaturas generadas en la misma.



21

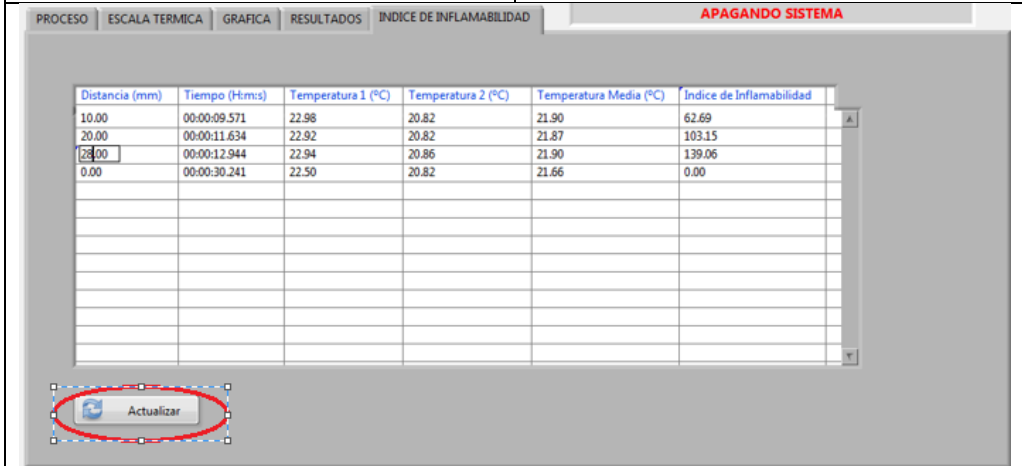
Registro de Indice de inflamabilidad

Se procedera al llegar al inicio de la primera marca asignada por el otos INICIAR (PLAY)



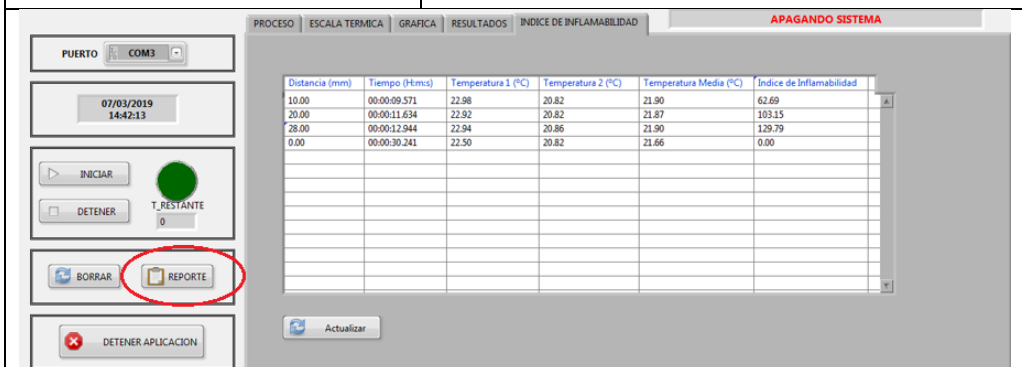
24 Modificar último valor  
BOTÓN ACTUALIZAR

En caso de no llegar a la marca asignada es posible modificar la medición y obtener mediciones reales al momento de precionar ACTUALIZAR.



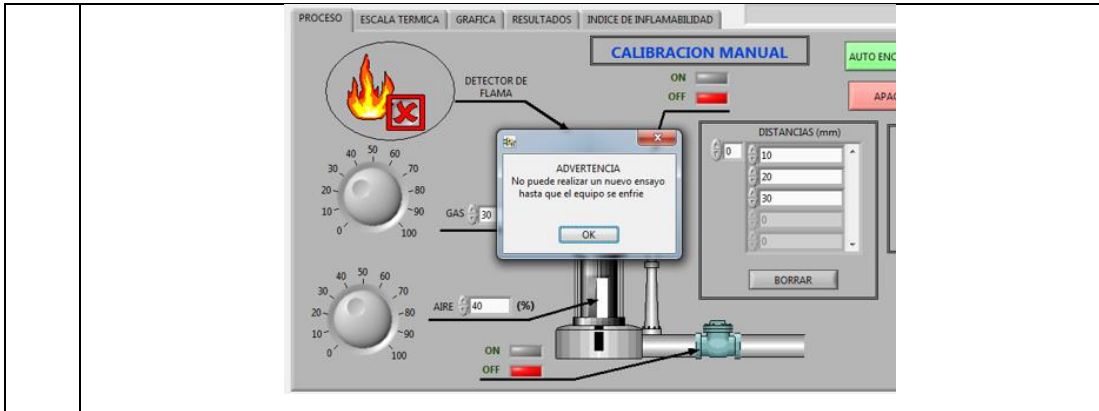
25 Generar tabla.  
BOTÓN REPORTE

Una vez alcanzado el final del ensayo el botón REPORTE permitirá generar los datos obtenidos en todo el tiempo de ensayo en un documento de EXCEL, el mismo que puede o no ser generado dependiendo de las consideraciones del operario.



26 NUEVO ENSAYO

La máquina debe permanecer inactiva hasta enfriarse, caso contrario se desplegará un aviso y no permitirá su funcionamiento hasta que tenga una temperatura menor a 30°C.





## Anexo J (Norma ISO 3795)

Estándar internacional

ISO 3795 segunda edición 1989-10-15

Vehículos de carretera y tractores y maquinaria para agricultura y silvicultura - Determinación del comportamiento de combustión de los materiales interiores.

Vehículos de carretera y tractores y equipos agrícolas y forestales. – Determinación de características de combustión de materiales internos.

### **Prologo.**

**ISO** (La organización internacional para la estandarización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (Cuerpo - Los miembros de ISO). El trabajo de preparación de estándares internacionales normalmente se lleva a cabo a través de comités técnicos de ISO. Cada miembro interesado en un tema para el cual se ha establecido un comité técnico tiene el derecho de estar representado en ese comité, organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en coordinación con ISO, también toman parte en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) sobre todos los asuntos de estandarización electrotécnica.

Los proyectos de normas internacionales aprobados por los comités técnicos se distribuyen a los organismos miembros para su aprobación antes de ser aceptados como Normas Internacionales por el Consejo ISO.

Se aprueban de acuerdo con los procedimientos ISO que requieren menos del 75% de aprobación por parte de los organismos miembros que votan.

La Norma Internacional ISO 3795 fue preparada conjuntamente por Comités Técnicos ISO / TC 22, Vehículos de carretera e ISO / TC 23, Tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

Esta segunda edición cancela y reemplaza la primera edición (ISO 3795: 1976), el alcance de los cuales se ha ampliado para incluir tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

© ISO 1989

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse de ninguna forma ni por ningún medio, ya sea electrónico o mecánico, incluidas fotocopias y microfilmes, sin permiso por escrito del editor.

Organización internacional para la estandarización  
Case postale 56 CH-1211 geneva 20 Suiza  
Impreso en Suiza

Anexo K (Norma NTE 1323:2009)



## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1323:2009**  
**Primera revisión**

---

### **VEHICULOS AUTOMOTORES. CARROCERIAS DE BUSES. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

ROAD VEHICLES. BUS BODIES. REQUIREMENTS

First Edition

---

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, carrocerías y componentes, buses, requisitos  
MC 01.01-401  
CDU: 629.11.011.6  
CIIU: 3543  
ICS: 43.020.60

Anexo L (Norma NTE 1668)



NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 1668**  
Primera revisión

**VEHICULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS  
INTRAREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL**

INTRAREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL PUBLIC TRANSPORT VEHICLES

---

Correspondencia: