



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTO Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



Eficacia de ignífugos inorgánicos (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en la velocidad de combustión de *calamagrostis intermedia* de páramos de Ecuador.

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Diana Stefania Pozo Álvarez

Tutor: Mcs. Manolo Alexander Córdova Suarez

Ambato-Ecuador

Agosto 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Msc. Manolo Alexander Córdova Suarez

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad

Ambato, 23 de abril de 2020



.....
Mcs. Manolo Alexander Córdova Suarez

C.I. 180284250-8

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diana Stefania Pozo Álvarez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



.....
Srta. Diana Stefania Pozo Álvarez

C.I. 180456327-6

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:



.....

Presidente del Tribunal



.....

Mg. José Geovanny Vega Pérez

C.I. 050262280-6



.....

Mg. Julio César Sosa Cárdenas

C.I. 1716650849

Ambato 6 de agosto del 2020

DERECHOS DE AUTOR

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

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



.....
Srta. Diana Stefania Pozo Álvarez

C.I. 180456327-6

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios, por cada bendición recibida, por la familia que tengo y por los logros alcanzados.

A mis padres Verónica y Mario quienes han sido mi mayor motivación y por quien luché día a día por salir adelante, me han inculcado todos los valores y me han formado como persona.

Hoy todo lo que soy se lo debo a ustedes, este logro es suyo por brindarme todo su apoyo incondicional, su esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanas Nicole y Sofía, por su comprensión, por ser la fuerza y motivación para culminar con este trabajo.

A mi abuelito Felipe por siempre darme fuerzas para seguir adelante y conseguir mis metas propuestas.

A mi ángel en el cielo, Hermiña, quien fue mi ejemplo e inspiración, cada día me brindó su amor incondicional, apoyo y paciencia, quien me inspira a realizar mis sueños y a ser mejor día a día.

A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron y fueron parte de este logro personal y profesional. Es este el fruto de su apoyo y amor incondicional.

Con amor

Diana

AGRADECIMIENTOS

A a Dios y a mi familia por ser el pilar fundamental que me sostuvo durante mi trayectoria universitaria, por ser mi motivación y mi soporte.

A mi tutor Ingeniero Manolo Córdova por su tiempo, paciencia y por todos los conocimientos compartidos los que permitieron la culminación de este trabajo. Gracias por su honestidad y sus enseñanzas en este proceso, fue un honor trabajar con usted.

A la empresa Master Fibra por su colaboración al momento de desarrollar el material de ensayo, en especial al Sr. Víctor Vásquez, gracias por compartir su conocimiento.

Al Ingeniero Cristian Pérez por su apoyo y ayuda en la realización de la presente investigación gracias por los conocimientos impartidos.

A mis amigos, por brindarme su amistad sincera, por el apoyo, las alegrías y aventuras durante el tiempo compartido, en especial Darwin, Andrés, Lilibeth, Lizbeth, Estefy, Eri, Dany, Isa, Daya, Grace y Mare los recuerdos dentro y fuera de clases quedarán grabados en un lugar especial de mi corazón.

A Diego por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera siendo un pilar fundamental en el desarrollo tanto personal como profesional.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, carrera de Ingeniería Bioquímica, por abrir sus puertas y brindarme los conocimientos y las herramientas necesarias para forjarme como una profesional.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
1. CAPÍTULO I	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Calamagrostis intermedia	1
1.1.1.1. La morfología de la planta	2
1.1.1.2. Distribución.....	2
1.1.2. Incendios Forestales	2
1.1.2.1. Partes de un incendio forestal.....	3
1.1.2.2. Causas de incendios forestales	3
1.1.2.3. Propagación de los incendios	4
1.1.2.3.1. La convección.....	4
1.1.2.3.2. La conducción.....	4
1.1.2.3.3. La radiación	4
1.1.2.4. Incendios en Ecuador	5

1.1.2.5.	Impactos de los incendios forestales sobre el medio ambiente	6
1.1.3.	Ignífugos	6
1.1.3.1.	Tipos de ignífugos	7
1.1.3.1.1.	Halogenados	7
1.1.3.1.2.	El Trióxido de Antimonio (Sb ₂ O ₃).....	8
1.1.3.1.3.	Inorgánicos (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio)	8
1.1.3.1.4.	Base de Fósforo	9
1.1.3.1.5.	Los Recubrimientos Intumescentes	9
1.1.3.2.	Métodos de aplicación.....	10
1.1.3.2.1.	Cambio químico o transformación molecular del material.	10
1.1.3.2.2.	Impregnación	10
1.1.3.2.3.	Impregnación bajo presión	10
1.1.3.2.4.	Recubrimientos.....	10
1.1.4.	Resinas	11
1.1.4.1.	Los termoplásticos.....	11
1.1.4.2.	Los elastómeros.....	11
1.1.4.3.	Termoestables o Termoendurecibles.....	12
1.1.5.	Procesos de combustión.....	13
1.1.5.1.	Procesos de combustión de materiales sólidos.....	14
1.2.	Hipótesis	15
1.2.1.	Hipótesis nula	15
1.2.2.	Hipótesis alternativa.....	15
1.3.	Señalización de las variables de la hipótesis	15
1.3.1.	Variables dependientes.....	15
1.3.2.	Variables independientes	15
1.4.	OBJETIVOS	16
1.4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2.	CAPÍTULO II.....	17

2.1.	Población y Muestra.....	18
2.1.1.	Población	18
2.1.2.	Muestra.....	18
2.2.	Probetas.....	19
2.2.1.	Plan de recolección de información.....	19
2.2.2.	Recolección de materia prima	20
2.2.3.	Limpieza de materia prima.	20
2.2.4.	Elaboración del molde para probetas.....	20
2.2.5.	Limpieza del molde para probetas.....	20
2.2.6.	Elaboración de las probetas.....	21
2.2.7.	Dimensionamiento de las probetas.....	23
2.3.	Ensayo para determinar el Índice de inflamabilidad	24
2.4.	Ensayo para determinar la presencia de monóxido de carbono (CO) ..	25
3.	CAPITULO III	26
3.1.	Análisis y discusión de resultados	26
3.2.	Ensayo de inflamabilidad	26
3.2.1.	Probetas sin ignífugos.....	26
3.2.2.	Probetas Hidróxido de Aluminio al 3%	28
3.2.3.	Probetas Hidróxido de Aluminio al 6%	30
3.2.4.	Probetas Hidróxido de Aluminio al 9%	32
3.2.5.	Probetas Hidróxido de Magnesio al 3%	33
3.2.6.	Probetas Hidróxido de Magnesio al 6%	35
3.2.7.	Probetas Hidróxido de Magnesio al 9%	37
3.2.8.	Resumen de resultados del índice de inflamabilidad de las 7 combinaciones, Banco de Pruebas UTA.....	39
3.2.9.	Análisis estadístico.....	40
3.2.10.	Comparaciones múltiples de Dunnet con un control	42
3.3.	Ensayo para determinar la presencia de monóxido de carbono (CO) ..	44
4.	CAPÍTULO IV	47
5.	Bibliografía	49
6.	ANEXOS	53

Anexo 1 Fichas de reporte de pruebas de inflamabilidad.....	53
Anexo 2 Fichas de reporte de ensayo de presencia de CO.....	81
Anexo 3 Cálculos demostrativos.....	86
Anexo 4 Fotos de la parte experimental	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de incendios forestales y afectación	5
Tabla 2 Características de polímeros termoestables	12
Tabla 3 Población de estudio.....	18
Tabla 4 Muestra de las combinaciones a analizar.	19
Tabla 5 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de aluminio	22
Tabla 6 Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas con resina poliéster e hidróxido de Magnesio.....	22
Tabla 7 Promedios de los espesores de cada combinación	23
Tabla 8 Ficha de resultados para probetas sin ignífugos	26
Tabla 9 Probetas Hidróxido de Aluminio al 3%.....	28
Tabla 10 Resumen de resultados del índice de inflamabilidad.....	39
Tabla 11 ANOVA: Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones	41
Tabla 12 Medias de Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones	41
Tabla 13 Comparaciones múltiples de Dunnet con un control	42
Tabla 14 Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel – Media de control	43
Tabla 15 Análisis de CO en combustión.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Procesos implicados en ignífugos inorgánicos.....	8
Figura 2	Procesos implicados en ignífugos de Base de Fósforo	9
Figura 3	Principio del ciclo de combustión	13
Figura 4	Tiempo vs Tasa de Combustión	27
Figura 5	Tiempo vs Distancia	27
Figura 6	Tiempo vs Tasa de Combustión	29
Figura 7	Tiempo vs Distancia	29
Figura 8	Tiempo vs Tasa de Combustión	31
Figura 9	Tiempo vs Distancia	31
Figura 10	Tiempo vs Tasa de Combustión	32
Figura 11 a	Tiempo vs Distancia	33
Figura 12	Tiempo vs Tasa de Combustión	34
Figura 13	Tiempo vs Distancia	35
Figura 14	Tiempo vs Tasa de Combustión	36
Figura 15	Tiempo vs Distancia	37
Figura 16	Tiempo vs Tasa de Combustión	38
Figura 17	Tiempo vs Distancia	38
Figura 18	Histograma de resultados del índice de inflamabilidad	40
Figura 19	Intervalos de Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones	41
Figura 20	Intervalos de control simultáneos de 95% de Dunnett.....	43
Figura 21	Análisis de CO en combustión	45

RESUMEN EJECUTIVO

En la investigación, se realizó probetas combinadas de fibra vegetal (*calamagrostis intermedia*) más ignífugos inorgánicos (Hidróxido de Aluminio e Hidróxido de Magnesio) con el propósito de determinar su eficacia mediante la velocidad de combustión de *calamagrostis intermedia* de páramos de Ecuador, a partir de la norma ISO 3795, se obtuvo el índice de inflamabilidad; además que se determinó el grado de contaminación en partes por millón para lo cual se generó un ensayo que permitió obtener datos que demostraban la presencia de monóxido de carbono en el momento de la combustión.

Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de La Facultad De Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se realizó siete ensayos, un control y dos tipos de ignífugos (Hidróxido de Aluminio e Hidróxido de Magnesio), cada uno con tres diferentes concentraciones al tres, seis y nueve por ciento.

Se calculó una correlación de distancia vs tiempo, donde se determinó el índice de inflamabilidad, y mediante un análisis estadístico, se comprobó que, la adición de ignífugos influye en la velocidad de combustión de *calamagrostis intermedia* de páramos de Ecuador

La efectividad de estos ignífugos fue mayor para Hidróxidos de Aluminio a todas las concentraciones propuestas, mientras que para Hidróxido de Magnesio la eficacia de este fue positiva solo para una concentración del nueve por ciento.

Finalmente, de los resultados obtenidos se verificó la conformidad de la tasa de combustión (milímetros por minuto) cumpliendo con los indicadores, de acuerdo con las normas medio ambientales del Ecuador.

Palabras claves sugeridas: Contaminación ambiental, Ignífugos inorgánicos, Fibra vegetal, inflamabilidad, páramos del Ecuador

ABSTRACT

In the investigation, combined test pieces of vegetable fiber (*calamagrostis intermedia*) plus inorganic flame retardants (Aluminum Hydroxide and Magnesium Hydroxide) were carried out with the purpose of determining its effectiveness by means of the combustion rate of *calamagrostis intermedia* of paramos of Ecuador, from the ISO 3795 standard, the flammability index was obtained; In addition, the degree of contamination in parts per million was determined, for which a test was generated that allowed obtaining data that demonstrated the presence of carbon monoxide at the time of combustion.

The material was evaluated in the horizontal flammability chamber of the Faculty of Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato, then seven tests were carried out, one control and two types of fire retardants (Aluminum Hydroxide and Magnesium Hydroxide), each with 3 different concentrations at three, six and nine percent.

A distance vs. time correlation was calculated, where the flammability index was determined, and by means of a statistical analysis, it was verified that the addition of fire retardants influences the combustion rate of *Calamagrostis intermedia* from paramos of Ecuador.

The effectiveness of these fire retardants was greater for Aluminum Hydroxides at all the proposed concentrations, while for Magnesium Hydroxide the effectiveness of this was positive only for a concentration of nine percent.

Finally, from the results obtained, the compliance of the combustion rate (millimeter per minute) was verified, complying with the indicators, in accordance with Ecuador's environmental standards.

Suggested keywords: Environmental pollution, Inorganic flame retardants, Vegetable fiber, flammability, páramos del Ecuador

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. *Calamagrostis intermedia*

La importancia de los páramos radica, en su gran valor científico y ecológico. Su flora, en un alto porcentaje endémico. (Luteyn & Balslev, 1992), sus paisajes tropicales montañosos únicos desempeñan funciones importantes en la producción de alimentos, son fundamentales para la regulación de la hidrológica regional y constituyen la fuente de agua para consumo humano, riego y generación de energía hidroeléctrica (Buytaert et al., 2006)

Sin embargo, el páramo actualmente es uno de los ecosistemas más amenazados debido principalmente a la expansión de las zonas de cultivo, las prácticas pecuarias entre ellas las quemadas y el sobrepastoreo, la introducción de especies exóticas, la minería y la cacería, que han transformado este frágil pero rico paisaje continuo de turberas, arbustos, pastos y rosetas gigantes en un paisaje de pastizales pobres y fragmentados. Incluso fenómenos globales como el calentamiento global (Cuesta-Camacho, Peralvo, & Ganzenmüller, 2008)

El superpáramo se encuentra en las faldas de las montañas y cumbres más altas entre los 4.100 y 4.800 m de elevación y puede ser dividido en dos cinturones altitudinales: superpáramo inferior y superpáramo superior.

El superpáramo inferior, se caracteriza por una vegetación cerrada de arbustos prostrados (*Loricaria*, *Pentacalia*), cojines o almohadillas (*Plantago rigida*, *Xenophyllum*, *Azorella*), rosetas acaulescentes (*Hypochaeris*, *Oritrophium*) y hierbas amacolladas o en penacho (*Calamagrostis*, *Festuca*) (Sklenář, 2000)

El páramo en Ecuador, conocido como pradera, tiene una diversidad especial debido a tres principales factores:

- ✓ Situación ecuatorial,
- ✓ Presencia de los Andes
- ✓ Presencia de otros pequeños sierras

(Mena et al., 2006)

Calamagrostis intermedia es una especie común en los páramos del Ecuador. En estos bosques crece rodeando los parches y en zonas dentro de ellos donde ha habido un disturbio formando un claro de bosque.

1.1.1.1. La morfología de la planta

Es una planta monocotiledónea caracterizada por su población densa.

Muestra que las hojas tienen una forma cilíndrica debido a los bordes que se pliegan y la inflorescencia está compuesta. **(Luteyn, 2006)**

1.1.1.2. Distribución

Azuay, Bolívar, Cañar, Pastaza, Pichincha, Sucumbíos, Tungurahua, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Napo, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi

1.1.2. Incendios Forestales

De acuerdo al estudio de la FAO sobre los incendios forestales se llegó a determinar que cada año una superficie calculada en 300 millones de hectáreas sufre daños por incendios de áreas silvestres a través de un reporte de alrededor de 100000 incendios.

En los últimos 10 años en nuestro país se han generado una serie de incendios que han afectado en casi toda las provincias y cada año va en aumento. Produciendo pérdidas de varios miles de hectáreas de flora, debido a estos fenómenos que han afectado gravemente a varios ecosistemas protegidos a pesar de los esfuerzos realizados han causado daños a la fauna, aumentando el riesgo de extinción de varias especies de anfibios; además degradan recursos como el agua, suelo y aire problema que afecta directamente a las poblaciones que dependen de estos recursos en donde suceden estos eventos anualmente.

Durante el año 2012 fueron flageladas 2064.04 hectáreas a causa e incendios forestales, en el 2013 la cantidad de 1170.25, de las cuales, 181.65 se flagelaron dentro de las áreas protegidas de la provincia de Chimborazo **(Pesantez, 2015)**

Según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador, durante el año 2018 hasta la fecha, los incendios forestales mayores o iguales a 2 hectáreas; han ocasionado la pérdida de 13452,6 hectáreas de bosques, páramos y cultivos, afectando significativamente al Estado, a la población, los ecosistemas y dentro de éstos la flora y la fauna. Las provincias que reportan un mayor número de incendios son: Loja, Pichincha, Chimborazo y Azuay.

Las causas de los incendios forestales en nuestro país son en tan solo un 5% provocado por factores ambientales apropiados para desatar un incendio, mientras que en un 95 %

son de origen antrópico; debido a negligencias y desconocimiento del ser humano **(Pesantez, 2015)**

Los efectos de un incendio forestal se dan a grandes proporciones debido a que no existe un componente preventivo para atender este tipo de desastres, tan solo existen mecanismos que tratan estos problemas, cuando un incendio forestal ya ha causado un impacto ambiental significativo **(Erazo & Hervás, 2014)**

1.1.2.1. Partes de un incendio forestal

- Flancos: Son los lados (derecho e izquierdo) del incendio.
- Cola: Es la parte posterior del incendio
- Cabeza: Es la parte delantera del incendio, es donde se marca el avance, el cual está afectado por el viento.
- Dedos: Están ubicados en la cabeza o frente y marcados por la clase de combustible, la topografía, calidad y cantidad del combustible, así como el contacto entre los mismos.
- Borde: Es el perímetro del incendio.
- Bolsas: Son aquellas partes del incendio donde el fuego camina con mayor lentitud.

(Columba Tallana, 2013)

1.1.2.2. Causas de incendios forestales

Factores ambientales representado por el 5% los cuales son:

- Caída de rayos o erupciones volcánicas.
- Hace más calor de lo habitual.
- La falta de lluvias, la vegetación se seca y el fuego se propaga fácilmente.
- La presencia de vientos fuertes que hacen el fuego se extienda rápidamente.
- Concurren tres elementos químicos: oxígeno, calor y combustible.

Origen antrópico que se da por descuido del hombre, representado por el 95%, los cuales son:

- Lanzar una colilla de cigarrillo encendida sobre la vegetación.

- No se apaga completamente una fogata.
- Se dejan en el bosque objetos de vidrio, que es un elemento refractario, es decir, con el calor y en contacto con la vegetación seca produce fuego.
- Se escapa el fuego de las quemas agrícolas que realizan los campesinos para preparar el suelo para los cultivos. **(Porrero Rodríguez & EIMFOR, 2001)**

1.1.2.3. Propagación de los incendios

1.1.2.3.1. La convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida sólo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo, el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se producen líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio. **(Conesa, 2013)**

Si en un lugar determinado la masa de aire se calienta, alcanzando mayores temperaturas que las masas que la rodean, tiene tendencia a elevarse debido a su menor densidad, siendo sustituida por otras masas frías que al calentarse, también se elevarán, originándose una corriente ascendente de aire caliente, que transportará el calor, el calentamiento del suelo por las altas temperaturas o por el calor desprendido por un incendio y las corrientes de aire formadas, desecarán los combustibles que encuentren a su paso favoreciendo la propagación del suelo. **(Erazo & Hervas, 2014)**

1.1.2.3.2. La conducción

Es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas produciendo un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. **(Conesa, 2013)**

El calor se transmite en el interior de un cuerpo sin que haya desplazamiento de las moléculas que lo componen. Esta forma de transmisión tendrá lugar cuando exista contacto entre las plantas y hace también que se quemen los materiales leñosos (raíces, troncos, ramas) que componen la vegetación **(Ferri, 2003)**

1.1.2.3.3. La radiación

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. A diferencia de la conducción y la convección, que necesitan un medio material para propagarse la radiación es independiente de la materia para su propagación, de hecho, la transferencia de energía por radiación es más efectiva en el vacío. **(Conesa, 2013)**

Es el calor que pasa a través del aire sin que exista movimiento del mismo y sólo tiene lugar a cortas distancias. En los incendios forestales la propagación por radiación afecta únicamente a los combustibles que están próximos a los que están ardiendo **(Cerinza Parra, 2017)**

1.1.2.4. Incendios en Ecuador

Según Unidades de Monitoreo, GAD, Cuerpo de Bomberos, MAE y el SNGRE, se registran datos del 3 trimestre del año (Julio, agosto y septiembre) donde se especifica el número de incendios dados según la provincia donde ocurrió el siniestro, además de las hectáreas de cobertura.

*Tabla 1
Número de incendios forestales y afectación*

Mes	Provincia	No. Incendios Forestales	Ha de cobertura vegetal quemada
Julio/ Agosto/ Septiembre.	Azuay	117	389.66
	Bolívar	25	149.39
	Cañar	57	174.23
	Carchi	45	1313.14
	Chimborazo	153	505.46
	Cotopaxi	72	258.55
	El Oro	90	634.96
	Esmeraldas	23	62.65
	Guayas	147	1238.00
	Imbabura	320	3286.77
	Loja	91	6339.00
	Los Ríos	12	55.50
	Manabí	61	205.16
	Morona Santiago	1	6.00
Napo	1	1.50	

Orellana	1	1.50
Pichincha	353	2523.09
Santa Elena	11	68.00
Santo Domingo de los Tsáchilas	4	5.00
Tungurahua	59	80.22
Zamora Chinchipe	3	10.00
Suma Total	1646	17307.78

Nota: HA= Hectáreas

Fuente Adaptado de: Informe de Incendios Nacional Secretaria de Gestión de Riesgos Ecuador 2019

Según Secretaria de Gestión de Riesgos, el 3 trimestre (julio, agosto, septiembre) del año 2019 los incendios forestales; han ocasionado la pérdida de 17307,78 hectáreas de cobertura vegetal, en 1646 eventos registrados. Las provincias que reportan la mayor afectación por incendios forestales son: Loja, Imbabura, Pichincha, Carchi, Guayas, Chimborazo y El Oro.

1.1.2.5. Impactos de los incendios forestales sobre el medio ambiente

El impacto que tienen las quemadas sobre el medio ambiente, en cuanto al aporte de material articulado a la atmósfera, este varía dependiendo del tipo de residuos a quemar entre 0.0025 y 0.0135 toneladas por tonelada quemada, donde, para nuestro caso el impacto más optimista asciende a 11.308 toneladas y el más pesimista a 61.062 toneladas de material articulado que se aporta a la atmósfera. **(Castillo, Julio, & Pedernera, 2002)**

Estos antecedentes dejan de manifiesto la imperiosa necesidad de introducir substanciales cambios; actualmente las creaciones de nuevos estándares hacen que problemas ambientales, como un incendio forestal tengan nuevas y mejores alternativas de solución.

1.1.3. Ignífugos

Cuando se produce un incendio cada segundo cuenta y para prevenirlos, o al menos para retardar su propagación, muchas maderas, plásticos, tejidos y dispositivos electrónicos son protegidos con ignífugos que reducen la inflamabilidad del producto ya que elimina la reacción en cadena de un incendio.

El concepto de ignífugo alude a químicos, empleados para reducir la combustibilidad de diferentes materiales tales como materia vegetativa. **(Pearce & Liepins, 1975)**

Son compuestos de diversa naturaleza química que se incorporan a los polímeros con el fin de reducir, inhibir o incluso suprimir el proceso de combustión que se da en la masa incandescente de gases conocida como llama. **(Tovar, 2012)**

Un adecuado tratamiento de ignífugo, debe ser capaz de disminuir la propagación de la llama, disminuyendo así los riesgos de incendios, pérdidas de vida y destrucción de propiedad **(Pearce & Liepins, 1975)**

Dependiendo de su naturaleza, estos compuestos pueden actuar físicamente (por enfriamiento, formación de una capa protectora o dilución del material combustible) o químicamente (reacción en fase condensada o gaseosa). De ahí que puedan interferir con varios de los fenómenos involucrados en la combustión de un polímero (calentamiento, ignición, pirólisis, degradación térmica, propagación de la llama).**(Laoutid, Bonnaud, Alexandre, Lopez-Cuesta, & Dubois, 2009)**

Varios tratamientos proporcionan mejoras en resistencia al fuego, otros son sólo efectivos en el retardo del encendido, disminuyendo así la velocidad de quemado y la tasa de liberación de material combustible desde los elementos tratados. **(Castro Miniguano, 2014)** Esta acción, sujeta la intensidad del fuego de algunos materiales que de otra manera tendrían una entrada de encendido con una velocidad sumamente alta. La tasa de quemado es medida y denominada como Tasa de Liberación de Calor **(Astorga, 2009)**

1.1.3.1. Tipos de ignífugos

Existen diversos ignífugos, los inorgánicos en base a compuestos halogenados, fósforo, trióxido de antimonio, y nitrógeno; e intumescentes, entre otros que actúan de distintas formas **(Castro Miniguano, 2014)**.

1.1.3.1.1. Halogenados

El ignífugo más utilizado son los basados en halógenos, sin embargo, su aplicación se ha restringido debido a los problemas ambientales que producen **(Torra, 2018)**

Los halógenos, principalmente cloro y bromo, se encuentran en la estructura química de gran parte de los aditivos ignífugos más efectivos y ampliamente utilizados, tal es el caso de los compuestos bromados **(Castro Miniguano, 2014)**.

Estos se desarrollan removiendo los radicales H^+ y OH^- en la fase gaseosa de la llama. Disminuyendo así la velocidad además que advierte el proceso de quemado. Reduciendo así la producción de calor y la generación de gases inflamables. **(González, 2009)**

Por otro lado, la producción de humo y gases tóxicos nocivos y corrosivos durante la combustión, así como regulaciones y consideraciones ambientales, han promovido el uso y desarrollo de ignífugos libres de halógeno. **(Lu & Hamerton, 2002)**

1.1.3.1.2. El Trióxido de Antimonio (Sb_2O_3)

Escasea de propiedades ignífugas adecuadas, pero es un seguro catalizador para ignífugos halogenados proporcionando su descomposición química a moléculas activas. **(González, 2009)**

1.1.3.1.3. Inorgánicos (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio)

Obstruyen la flama a través de procesos físicos como liberación de agua o gases no inflamables que diluyen a los que avivan el fuego, enfriando y produciendo una capa no inflamable y resistente en la superficie del material. **(González, 2009)**

Se descomponen a través de una reacción endotérmica, liberando vapor de agua que remueve el calor y reduce la formación de gases combustibles, conjuntamente forman una capa protectora sobre la superficie del material que interviene frenando la propagación de la degradación térmica. **(Tovar, 2012)**

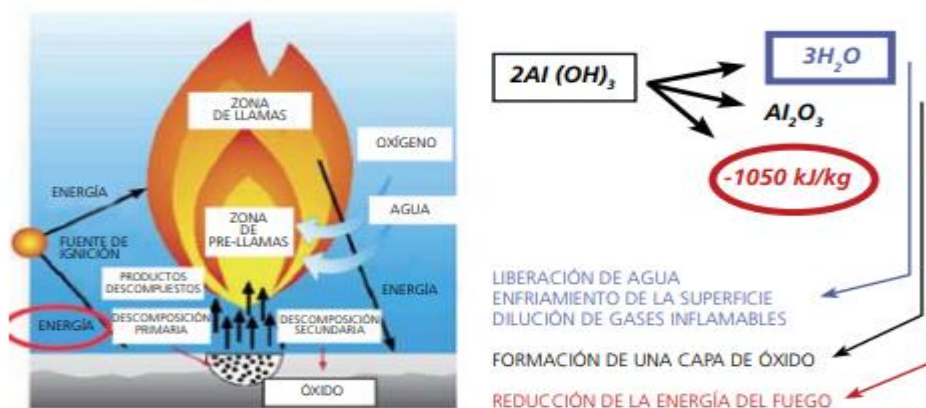


Figura 1 Procesos implicados en ignífugos inorgánicos

(Castro Miniguano, 2014)

Los ignífugos hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio, son considerados compuestos no tóxicos y, por lo tanto, amigables con el medio ambiente; además de la producción de bajas emisiones de humo. **(Ramírez, 2012)**

Los hidróxidos de aluminio y magnesio (M(OH)_x) se descomponen endotérmicamente y esto empieza a temperaturas cercanas a los 200 °C y 300 °C respectivamente, liberando agua en forma de vapor y gracias a este fenómeno este forma óxido metálico (M₂O_x) (Lu & Hamerton, 2002)

1.1.3.1.4. Base de Fósforo

Se desempeña de una forma eficiente en la fase sólida de los materiales que se queman. Cuando se calienta, el fósforo reacciona dando lugar a una forma polimérica al ácido fosfórico, plasmando una capa cristalina que inhibe el proceso de pirólisis y liberación de gases inflamables, los cuales se necesita para mantener la flama. Por este mecanismo se comprime significativamente la cantidad de combustible porque se forma más zona carbonizada que gas combustible. (González, 2009)

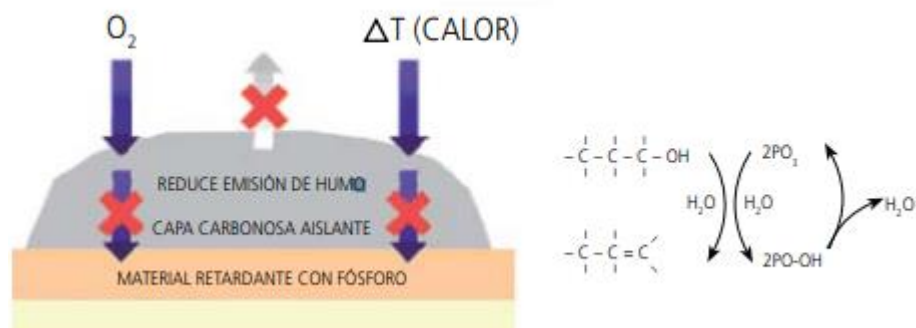


Figura 2
Procesos implicados en ignífugos de Base de Fósforo

(Castro Miniguano, 2014)

1.1.3.1.5. Los Recubrimientos Intumescentes

Se utilizan para resguardar de la flama los materiales como madera y plásticos previniendo el incinerado. Asimismo, se utilizan para salvaguardar el acero y otros materiales, retardando la llama y el daño estructural durante el incendio.

Se producen de una mezcla de productos que se emplean en la superficie como una pintura. Se plantean para dispersarse hasta formar una capa aislante y resistente al fuego que cubre el material expuesto al calor. (González, 2009)

Estos productos contienen algunos componentes esenciales:

- ✓ Espumantes: Ante altas temperaturas liberan grandes cantidades de gases no inflamables (como Nitrógeno, Amoníaco, CO₂).

- ✓ Adhesivo: Se funde con el calor, resultando un líquido espeso que atrapa el gas liberado en burbujas y produce una capa gruesa de espuma.
- ✓ Fuente de ácido o compuestos de carbono: Durante el calentamiento, libera ácido fosfórico, bórico o sulfúrico, que queman los compuestos de carbono, causando que la capa de burbujas se endurezca produciendo una barrera resistente al fuego.

(Castro Miniguano, 2014)

1.1.3.2. Métodos de aplicación

Existen cuatro métodos básicos de tratamientos ignífugos.

1.1.3.2.1. Cambio químico o transformación molecular del material.

Restringido a la fabricación; se la utiliza en plásticos y otras fibras sintéticas (espumas PIR/PUR y poliestirenos) cuya estructura se modifica en los procesos de fabricación para obtener beneficios en sus características de quemado. **(Lotor, 2016)**

1.1.3.2.2. Impregnación

La técnica de procedimiento para materiales absorbentes. Los ignífugos se disuelven, habitualmente en agua, el material a tratar es inmerso en esta solución, generalmente son materiales absorbentes. El uso de materiales naturales menos inflamables es el adecuado, como la celulosa. En su mayoría se usan soluciones ignífugas de ácido bórico y bórax también se sumergen en parafina clorada, resinas sintéticas clorados, o caucho clorado. **(LeVan & Winandy, 2007)**

1.1.3.2.3. Impregnación bajo presión

Utilizado para el tratamiento de materiales densos y no absorbentes, como la madera. Este proceso es realizado en cámaras de vacío, reemplazando el aire al interior de las células de madera por la solución ignífuga. Al ser comparado con impregnación estándar, bajo presión concede una penetración más profunda y una retención mucho más alta de los químicos. **(Garay & Henríquez, 2010)**

La acción de los productos ignífugos puede realizarse de diferente forma:

- ✓ Aislando mecánicamente la madera del oxígeno.
- ✓ Asfixiando las llamas químicamente.
- ✓ Refrigerando la zona de combustión a temperaturas inferiores al punto de inflamación.
- ✓ Formando barreras aisladoras que suprime la conducción de calor a zonas internas intactas. **(Castro Miniguano, 2014)**

1.1.3.2.4. Recubrimientos

Impiden la propagación de la flama, creando una superficie “no combustible”. Son usadas en materiales de construcción no absorbentes, que de ninguna manera pueden ser tratados por otros tipos de ignífugos, tomándose al aislamiento por la aplicación de pinturas o spray de material ignífugo, donde una solución química solamente se rocía o se pinta sobre el material a ser aislado y se seca de una manera casi inmediatamente. **(Lotor, 2016)**

1.1.4. Resinas

Los polímeros en general se originan a través del entrecruzamiento o encadenamiento de cadenas muy largas llamadas macromoléculas. Éstas a su vez están constituidas por moléculas de menor tamaño denominadas monómeros, que representan las unidades básicas que se unen entre sí por enlaces covalentes. **(Askeland & Wright, 1998)**

El polímero usado como base en compuestos es conocido como resina que pueden ser termoplásticos o elastómeros también llamados termoendurecibles, como poliéster, epoxi y fenólico **(Lascano Moreta, 2011)**.

1.1.4.1. Los termoplásticos

Muestran una estructura lineal, se funden y se solidifican aplicando calor de manera reversible y mantienen su forma al enfriarse. Son solubles. Figuran la mayor parte de los plásticos de uso común.

Es un maleable que, a temperatura caliente, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. Los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular.

Tienen forma de red ya que se componen de largas cadenas poliméricas enredadas como resultado de la unión de las unidades monoméricas.

La fabricación y su utilización es fácil, por ejemplo, en moldeo por inyección. **(Varón, Bou, Gimeno, & Sanoguera, 2012)**

1.1.4.2. Los elastómeros

Los polímeros que manifiestan una conducta elástica. El término polímero elástico, muchas de las veces es intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Se identifican por rescatar su forma original una vez ha terminado la fuerza a la que han sido sujetos. No pueden fundirse una vez fabricados y son insolubles.

Están compuestos por largas cadenas de moléculas que están fuertemente entrecruzadas a otras largas cadenas de moléculas. Como resultado de la reticulación, se obtienen estructuras de red 3D **(Freire Bonilla, 2019)**

Además presentan características de líquidos o sólidos a temperatura ambiente y se suavizan cuando se calientan inicialmente y luego se curan o fragmentan. **(Varón et al., 2012)**

1.1.4.3. Termostables o Termoendurecibles

Son polímeros infusibles e insolubles. Se los conoce así debido a que su comportamiento gravita en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes.

Por su estructura entrecruzada, no funden y son insolubles, debido a que las uniones entre cadenas se crean por reacciones químicas de reticulación, también denominado curado **(Lascano Moreta, 2011)**.

Cuando las fuerzas de unión de estos filamentos entre sí son tan intensas que llegan a igualar a las de construcción de ellos mismos, se romperán antes de separarse, lo que implica que al incrementar la temperatura no podrán cambiar de estado sólido a líquido. **(Callister Jr & Rethwisch, 2012)**

Las resinas termoestables son con frecuencia isotrópicas, que delimita un límite superior efectivo para su uso en componentes estructurales, pero pierden sus propiedades de rigidez a la temperatura de distorsión térmica, estas son:

- ✓ Poliéster
- ✓ Epoxi
- ✓ Fenólica
- ✓ Viniléster
- ✓ Poliimida

Tabla 2
Características de polímeros termoestables

Propiedades	Matriz				
	Poliéster	Epoxi	Fenólica	Viniléster	Poliimida
Resiste a	Agua, soluciones	Alcohol,	Alcohol, gasolina,	37% HCl, ClO ₂ ,	-

	acuosas, fuel, gasolina	gasolina, benzol, aceites y grasas	benzol, aceites y grasas	agua salina, alquitranes	
No resiste a	Agua hirviendo, ácidos y lejías, benzol y alcohol	Agua Hirviendo ésteres, ácidos y bases, cetonas.	Ácidos y bases concentra das	H2SO4 al 75%, NaCl al 6%, NaOH al 15%, agua hirviendo	-
Inflamabilidad	No auto extinguible	Difícilmente inflamable	Difícilmente inflamable	No auto extinguible	-

Fuente adaptado de: Procesado y Caracterización de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica Reforzados con Nanofibras de Carbono para Aplicaciones Tecnológicas. (Morales Antigüedad, 2009) y (Paredes Villacis, 2019)

1.1.5. Procesos de combustión

Gracias a su estructura molecular, los polímeros son altamente combustibles ya que están formados principalmente por carbono e hidrógeno.

Todos los hidrocarburos, son compuesto altamente inflamable como el polietileno (agente reductor), que en presencia de oxígeno (agente oxidante) y una fuente de ignición (llama o chispa) se oxida, sobrellevando el conocido proceso de combustión, una reacción de descomposición en la que se libera calor (reacción exotérmica), cuyo ciclo se halla representado en la figura 3. (Laoutid et al., 2009)

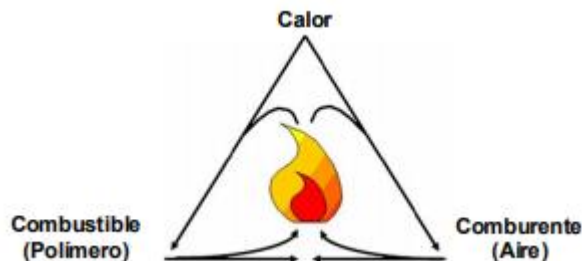


Figura 3 Principio del ciclo de combustión

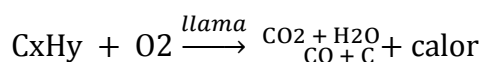
(Laoutid et al., 2009)

El calor de combustión es el calor que liberan los hidrocarburos en su degradación

Toda reacción de combustión se define por la presencia de un reactivo que inflama, denominado combustible, y otro que produce la combustión, denominado comburente, que es el oxígeno del aire.

Se denomina como combustión completa, cuyos productos son dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), si la reacción se da en presencia de oxígeno en exceso, mientras que, en deficiencia de oxígeno, que es lo que ocurre generalmente en condiciones normales, la combustión es incompleta, generando además de los productos de reacción anteriores, monóxido de carbono (CO) y carbono (C), como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1
Combustión incompleta de hidrocarburos



(Tovar, 2012)

1.1.5.1. Procesos de combustión de materiales sólidos.

Se puede incinerar fuertemente si una parte importante del calor generado retorna al material y lo piroliza, generando gases, en algunos casos como la madera y material compuesto en su mayoría por celulosa. Las flamas se conservan en forma autónoma por la acción de radicales de alta energía (H⁺ y OH⁻ en fase gaseosa), que descomponen el material y oxidan el carbono, formando Dióxido de Carbono (CO₂), con la correspondiente generación de calor. En base a estos antecedentes (Shaw, 2002).

Estos ignífugos tienen cuatro comportamientos:

- **Efecto Térmico:**

Los ignífugos comprimen la acumulación de calor por:

1. Aumento de la conductividad térmica para disipar el calor de combustión
2. Aumento de la absorción térmica o bien reducción de la cantidad de calor disponible
3. Provisión de aislamiento térmico para disminuir el flujo de calor hacia el sustrato.

- **Efecto de recubrimiento:**

Agrupación de una capa aislante sobre las fibras del material protegido, la que actúa excluyendo oxígeno e inhibiendo el escape de gases combustibles.

- **Efecto de dilución de gases**

Liberación de gases no inflamables, como vapor de agua, amoniaco y CO₂, que diluyen a los gases combustibles.

- **Efecto químico:**

Se utilizan con los productos celulósicos, como la madera y material vegetal. Al inicio en la etapa de ignición, la combustión de las mezclas gaseosas inflamables formadas durante el proceso de pirólisis se hace visible a través de las flamas.

Los químicos ignífugos actúan en las reacciones de pirólisis, disminuyendo la temperatura de descomposición térmica, inmediatamente es seguida por la formación de una capa carbonizada y de agua, en vez de la formación de gases inflamables (**Horrocks, Price, & Price, 2001**) y (**Castro Miniguano, 2014**)

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis nula

Los ignífugos inorgánicos hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio no son eficaces en la velocidad de combustión de *Calamagrostis Intermedia* de páramos de Ecuador.

1.2.2. Hipótesis alternativa

Los ignífugos inorgánicos hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio son eficaces en la velocidad de combustión de *Calamagrostis Intermedia* de páramos de Ecuador.

1.3. Señalización de las variables de la hipótesis

1.3.1. Variables dependientes

Eficacia de ignífugos inorgánicos hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio.

1.3.2. Variables independientes

Velocidad de combustión de probetas (material de ensayo)

Producción de CO en combustión.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la eficacia de ignífugos inorgánicos (Hidróxido de Aluminio e Hidróxido de Magnesio) la velocidad de combustión de *calamagrostis intermedia* de páramos de Ecuador

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar materiales para ensayos de análisis de inflamabilidad bajo las normas ISO 3795.
- Establecer la presencia de Monóxido de Carbono en la combustión.
- Evaluar los resultados de inflamabilidad de las muestras preparadas del páramo del cantón Chimborazo - Ecuador.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Descriptivo

Se empleó un tipo de investigación descriptiva ya que se conoció la eficacia de los ignífugos, al agregar fibra que en este caso fue *Calamagrostis intermedia* y al someterlo ante el fuego para determinar su incidencia en el índice de inflamabilidad y su índice de contaminación mediante la determinación de CO producido en la combustión

2.1.2. Campo

Se desarrolló una investigación de campo, pero solo para la recolección de la materia prima que fue *calamagrostis intermedia*, debido a que se obtuvo mediante estudio las zonas con mayor afectación de incendios en pajonales, los cuales permitieron obtener una localización para recolección de muestra, que fue en la provincia de Chimborazo; mas no se aplicó una investigación de campo al resultado final.

2.1.3. Experimental

Se procedió a realizar una investigación experimental, debido a que los resultados de los ensayos realizados en la cámara de combustión, permitieron generar datos estadísticos, de ahí se pasará a realizar analíticamente correlaciones y cálculos para probar la eficacia de los ignífugos.

2.1.4. Correlacional

Se aplicó esta investigación para poder relacionar las variables de tal forma que se obtengan valores óptimos y seguros de los índices de inflamabilidad y determinación de contaminantes ambientales que en este estudio se lo realizo mediante la obtención de valores de CO.

2.1.5. Bibliográfica

Se obtuvo datos bibliográficos para el estudio de localización para la toma de muestras, así como para el desarrollo de la metodología; además para la discusión de resultados basados en estudios anteriores, de ahí la razón para utilizar fuentes como normas técnicas vigentes, libros, tesis, ensayos técnicos, artículos técnicos.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población empleada para el estudio fue en base a la fibra de origen vegetal (*calamagrostis intermedia*), recolectada del páramo de la provincia de Chimborazo; estas se combinaron con resina poliéster y los 2 tipos de ignífugos las combinaciones descritas en la tabla 3

Tabla 3
Población de estudio

Población	
Material compuesto	(Fibra de <i>calamagrostis intermedia</i> + resina poliéster + hidróxido de aluminio)
	(Fibra de <i>calamagrostis intermedia</i> + resina poliéster + hidróxido de magnesio)

Nota: El material a ensayar fue formado por 3 componentes, de forma que las propiedades del material final para la combustión fue superior que las de los componentes por separado

2.2.2. Muestra

Ya establecida la población en la tabla 3, se considera la muestra el número de probetas (material de ensayo) que se ensayó por cada combinación, lo que está en función de la normativa a aplicarse ISO 3795, esta exige que se realice como mínimo 5 réplicas por cada combinación y el tipo de ensayo como se presenta en la tabla 4.

La fracción volumétrica del ignífugo se lo tomo de acuerdo a (**Paredes Villacis, 2019**) tomando tres concentraciones diferentes para poder realizar el diseño experimental correspondiente.

Tabla 4
Muestra de las combinaciones a analizar.

N°	Material	Fracción Volumétrica (%)			N° de Probetas	Ensayo	Norma
		FCI	RP	HA			
1	(Fibra de <i>calamagrostis intermedia</i> + resina poliéster + hidróxido de aluminio)	A	70	27	3	5	Inflamabilidad ISO 3795
		B	70	24	6	5	
		C	70	21	9	5	
2	(Fibra de <i>calamagrostis intermedia</i> + resina poliéster + hidróxido de magnesio)	D	70	27	3	5	Inflamabilidad ISO 3795
		E	70	24	6	5	
		F	70	21	9	5	
TOTAL					30		

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio; HM= Hidróxido de Magnesio

Combinación A: Está formada del 70% de Fibra de *calamagrostis intermedia*, 27% Resina Poliéster, 3% Hidróxido de Aluminio, Se realizó 5 réplicas para esta combinación de acuerdo a la normativa ISO 3795, para determinar el índice de inflamabilidad.

La muestra requirió de un total de 30 probetas (material de ensayo).

2.3. Probetas

2.3.1. Plan de recolección de información

1. Para la recolección de información se procedió a la investigación bibliográfica, así se pudo obtener la información necesaria de los materiales a utilizar:

(Fibra de *calamagrostis intermedia* + resina poliéster + hidróxido de aluminio)

(Fibra de *calamagrostis intermedia* + resina poliéster + hidróxido de magnesio)

2.3.2. Recolección de materia prima

1. Para la muestra de *Calamagrostis Intermedia* se identificó el terreno, donde se realizó el muestreo, y este fue recolectado en la provincia de Chimborazo con las coordenadas 1°46'23.3"S 78°44'53.3"W
2. El hidróxido de aluminio y el hidróxido de magnesio se los recolecto de los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.
3. La resina poliéster se la obtuvo de la fábrica Master fibra ubicada en la ciudad de Ambato con las coordenadas 1°12'43.5"S 78°35'42.5"W

2.3.3. Limpieza de materia prima.

1. La muestra recolectada de *calamagrostis intermedia* fue expuesta al sol para un secado completo de la fibra.
2. Se cortó con un dimensionamiento de 400mm de largo sin raíz.
3. Se eliminó cualquier resto de partículas de polvo.

2.3.4. Elaboración del molde para probetas (material de ensayo).

1. Se elaboró el molde para realizar las probetas (material de ensayo) a base de madera.
2. Las dimensiones fueron de 400 mm de largo por 400 mm de ancho, ya que para cada concentración se realizaron 5 réplicas.
3. Para luego desmoldar las probetas (material de ensayo) y realizar el corte con las dimensiones según norma ISO 3795.

2.3.5. Limpieza del molde para probetas (material de ensayo)

1. Se limpió el molde de madera con tiñer la primera vez, de la segunda en adelante, solo se limpió con espátula cualquier residuo de resina.
2. Se aplicó cera desmoldante a todo el molde, con una mayor proporción en las esquinas evitando así que la resina se pegue al molde.

2.3.6. Elaboración de las probetas (material de ensayo).

1. Se sometió la fibra vegetal a una plancha de calor para un secado completo.
2. Para el dimensionamiento de las probetas (material de ensayo), el espesor de una capa de fibra vegetal se representó aproximadamente 3 capas para tener el espesor deseado, ya que el mínimo espesor a tener es de 3 mm a partir de la norma ISO 3795, pero el espesor con el cual se trabajó fue de 10 mm.
3. Se pesó las 3 capas de fibra vegetal, esto representó el 70% de la fracción volumétrica del material compuesto, cabe recalcar que esto se hizo para cada combinación.
4. El 30 % se lo repartió entre la resina y el ignífugo con la siguiente configuración: (27% - 3%), (24% - 6%), (21% - 9%) respectivamente. Y para calcular estos porcentajes se realizó una regla de tres.

Tomando por ejemplo la combinación A del estudio, con una configuración: 27% resina poliéster, 70% refuerzo y 3% ignífugo (Hidróxido de Aluminio), se obtiene lo siguiente.

- ✓ Peso de las 3 capas de fibras vegetal = 0,925 kg
- ✓ Refuerzo = Fibra vegetal = 70% de la fracción volumétrica
- ✓ Matriz = Resina poliéster = 27 % de la fracción volumétrica
- ✓ Peso de la resina poliéster = X
- ✓ Ignífugo = 3% de la fracción volumétrica
- ✓ Peso del ignífugo = Z

$$0,925 \text{ Kg} = 70\%$$

$$X = 27\%$$

$$X = (0,925 \text{ Kg} * 27\%) / 70\%$$

$$\mathbf{X = 0,356 \text{ Kg}}$$

$$0,925 \text{ Kg} = 70\%$$

$$Z = 3\%$$

$$Z = (0,925 \text{ Kg} * 3\%) / 70\%$$

$$\mathbf{Z = 0,039 \text{ Kg}}$$

Con esto se determinó que se necesitó para las 5 réplicas de cada probeta, 0,356 Kg de resina poliéster y 0,039Kg de ignífugo (hidróxido de aluminio), ya que se utilizó el molde de 400 mm de largo por 400 mm de ancho para luego realizar el corte individual de cada probeta con su debido dimensionamiento según la norma ISO 3795, lo que significó que para cada probeta individual la proporción fue dado según la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5

Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas (material de ensayo) con resina poliéster e hidróxido de aluminio

	70% FCI	27 % RP	3 % HA
Combinación A	0,185 kg	0,0713 kg	0,0079 kg
	70% FCI	24 % RP	6 % HA
Combinación B	0,185 kg	0,0634 kg	0,0158 kg
	70% FCI	21 % RP	9 % HA
Combinación C	0,185 kg	0,0555 kg	0,0237 kg

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio

Tabla 6

Cantidad de kilogramos a utilizar para realizar las probetas (material de ensayo) con resina poliéster e hidróxido de Magnesio

	70% FCI	27 % RP	3 % HM
Combinación D	0,185 kg	0,0713 kg	0,0079 kg
	70% FCI	24 % RP	6 % HM
Combinación E	0,185 kg	0,0634 kg	0,0158 kg

	70% FCI	21 % RP	9 % HM
Combinación F	0,185 kg	0,0555 kg	0,0237 kg

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio

5. A estas combinaciones se les añadió un catalizador Peróxido Metil Etil Ceton (PMEC) para acerar el proceso de secado de las muestras para lo cual se calculó, el 20% del peso a utilizar de la resina.
6. Para el proceso de gelación se expuso la muestra que contenía hidróxido de aluminio de 15 a 30 minutos, a temperatura ambiente, mientras que la que contenía hidróxido de magnesio se la sometió a un tiempo de 60 a 90 minutos.
7. Para el tiempo de curado, se dejó secar por un periodo de 3 horas aproximadamente, para las probetas (material de ensayo) que contenían hidróxido de aluminio y 7 horas aproximadamente, para las probetas (material de ensayo) que contenían hidróxido de magnesio.
8. Una vez que el material cumplió el tiempo de curado, se desmoldaron las probetas (material de ensayo) para luego ser cortadas, lijadas y medidas para comprobar sus dimensiones y cumplimiento de la norma.

2.3.7. Dimensionamiento de las probetas (material de ensayo)

Para dimensionar las probetas (material de ensayo) se utilizó la norma ISO 3795, a partir de ello se estableció que se debe elaborar 5 muestras para el ensayo, cumpliendo con las siguientes dimensiones, largo: 356 mm, ancho: 60 mm y en el caso del espesor fue de 10 mm, se recomienda según el autor (**FERRI ARIAS, 2018**) en el estudio se utilice 2 capas, pero en este caso, se utilizó 3 capas para lograr el espesor deseado.

Tabla 7
Promedios de los espesores de cada combinación

Combinación	Composición	Promedio del espesor (mm)
A	70 % FCI + 27 % RP + 3% HA	10
B	70 % FCI + 24% RP + 6% HA	10
C	70 % FCI + 21% RP + 9% HA	10
D	70 % FCI + 27% RP + 3% HM	10

E	70 % FCI + 24% RP + 6% HM	10
F	70 % FCI + 21% RP + 9% HM	10

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio

Para todas las combinaciones el espesor de 10 mm.

2.4. Ensayo para determinar el Índice de inflamabilidad

Correspondiente a la norma ISO 3795, la prueba de inflamabilidad se realizó en cinco muestras de cada material, cada una de estas cumplió con las siguientes dimensiones: 60 mm de ancho por 356 mm de largo y con un espesor mínimo de 3mm y no mayor a 13 mm, ya que el método no es aplicable fuera de ese rango.

1. Se trazaron catorce hilos marcadores, estos se fijaron perpendicularmente a la muestra en los puntos señalados.
 - ✓ El primer punto fue a los 40 mm,
 - ✓ Del segundo punto al treceavo punto fue de 20 mm,
 - ✓ Finalizando con 14 mm en el catorceavo punto.

Teniendo un total de 274 mm, según la norma.

2. Esta prueba se efectuó dentro una cámara extractora de gases, en el interior de la cámara de combustión se colocó las probetas (material de ensayo) individuales de forma horizontal en su respectivo soporte en U (**Svebrant, 2011**).
3. Para la generación de la llama se utilizó un mechero bunsen y GLP.
4. Las muestras fueron expuestas a una llama inicial durante 15 segundos en el interior de la cámara de combustión de forma que la llama actuó sobre el borde libre de la muestra.
5. Después de una serie de ensayos se dejó enfriar, de modo que la temperatura de la cámara de combustión y del porta muestras fue inferior a 30°C antes de comenzar el próximo ensayo (**Serrano Aguiar & Padilla Porras, 2013**).
6. A partir de la siguiente ecuación se determinó la velocidad de combustión (B) en mm/min.

Ecuación 3
Tasa de combustión

$$B = 60 d/t$$

Donde:

d = longitud de la distancia quemada (mm)

t = tiempo en que tarda dicha distancia en quemarse. (s)

2.5. Ensayo para determinar la presencia de monóxido de carbono (CO)

El ensayo para determinar la presencia de monóxido de carbono se lo realizó ya que al realizar una combustión se liberan gases tóxicos al medio ambiente lo que se quiso verificar con este ensayo fue que los ignífugos utilizados en la fibra no generen estos gases contaminantes por lo que se recurrió a la toma de muestras para luego comprobar indicadores, con tablas establecidas por el Ministerio del Medio Ambiente.

Se utilizó el analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS

1. Se colocó la sonda de muestreo en el primer punto de medición de manera que permitió al menos tres mediciones.
2. Se configuraron parámetros de medición.
3. Se encendieron sistemas de extracción.
4. Inicio ensayo de inflamabilidad.
5. Se realizó la prueba de combustión, tomando mediciones de CO cada 80 segundos una vez encendida la probeta.
6. Finalmente se purgó instrumento para las próximas mediciones. (**Gualpa Caisachana, 2020**)

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de resultados

4.2. Ensayo de inflamabilidad

Se realizó el ensayo de inflamabilidad, con la finalidad de ayudar a supervisar procesos de la combustión de las probetas (material de ensayo) con eficacia para medir la velocidad de esta, además de la producción de monóxido de carbono.



Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de La Facultad De Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se realizó 7 ensayos, un control y dos tipos de ignífugos (Hidróxido de Aluminio e Hidróxido de Magnesio), cada uno con 3 diferentes concentraciones al 3, 6 y 9 por ciento, estos valores establecidos según (Paredes Villacis, 2019)

El proceso de combustión se dio por deflagración puesto que el frente de la llama se desplazó a una velocidad constante, esta combustión se dio por el calentamiento en forma de conducción-convección de la probeta y las reacciones en cadena que hizo avanzar el proceso de cada una de las probetas (material de ensayo) (Cabrera Valencia, 2018)

4.2.1. Probetas sin ignífugos

Tabla 8

Ficha de resultados para probetas sin ignífugos

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN			
		ALIMENTOS			
		INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
		FICHA DE RESULTADOS			
		DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	18/12/2019	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus "Huachi"		
Máquina:	Cámara de combustión horizontal				
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795		
Tipo de material:	Material Compuesto (<i>calamagrostis intermedia</i>): Sin ignífugos.				
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5		
Resultados Según La Norma 3795					

Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	274	54,10	303,88
2	274	54,10	303,88
3	274	56,11	293,00
4	274	55,60	295,68
5	274	52,10	315,55
Promedio			302,398

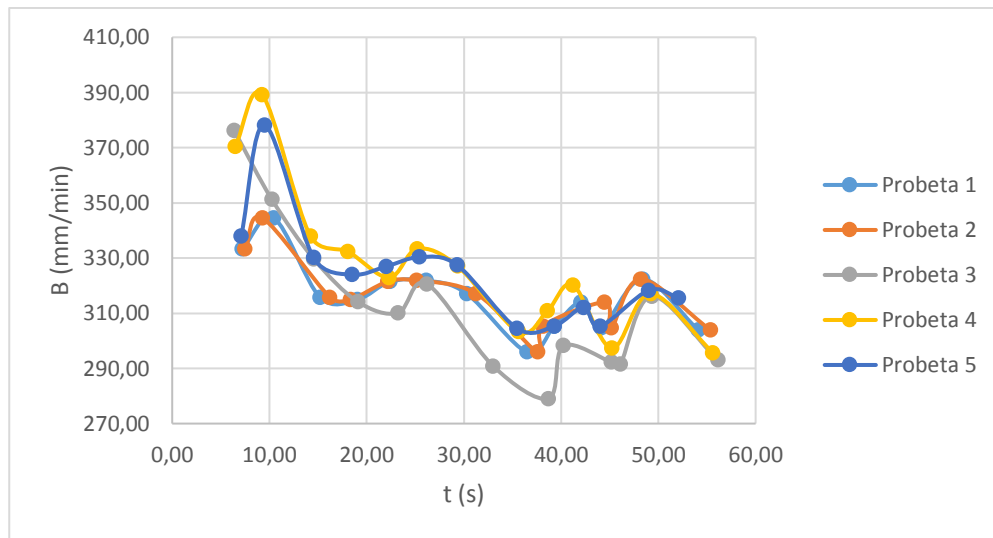


Figura 4 Tiempo vs Tasa de Combustión

Se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 4 es la que tiene los picos más altos.

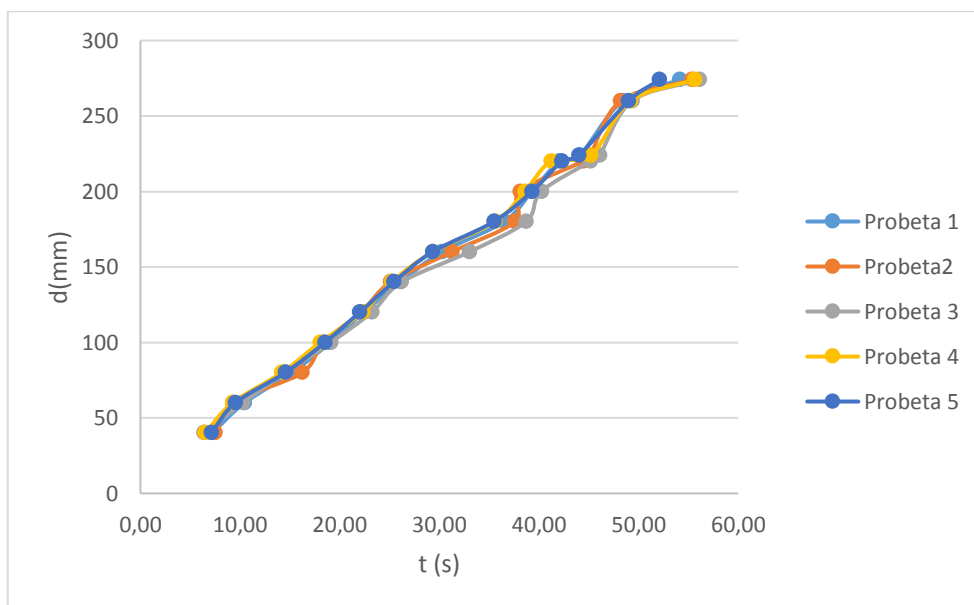




Figura 5 Tiempo vs Distancia

Estas probetas fueron usadas como control, como punto de comparación con las que tienen presencia de ignífugos para así comprobar la eficacia de los mismos.

4.2.2. Probetas Hidróxido de Aluminio al 3%

Tabla 9

Probetas Hidróxido de Aluminio al 3%

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA 			
FICHA DE RESULTADOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	18/12/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus "Huachi"	
Máquina:	Cámara de combustión horizontal		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de aluminio (Al(OH)3) al 3% Combinación A		
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5
Resultados Según La Norma 3795			
Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	274	62,36	263,63
2	274	58,22	282,38
3	180	60,03	179,91
4	274	57,07	288,07
5	274	58,45	281,27
Promedio			259,052

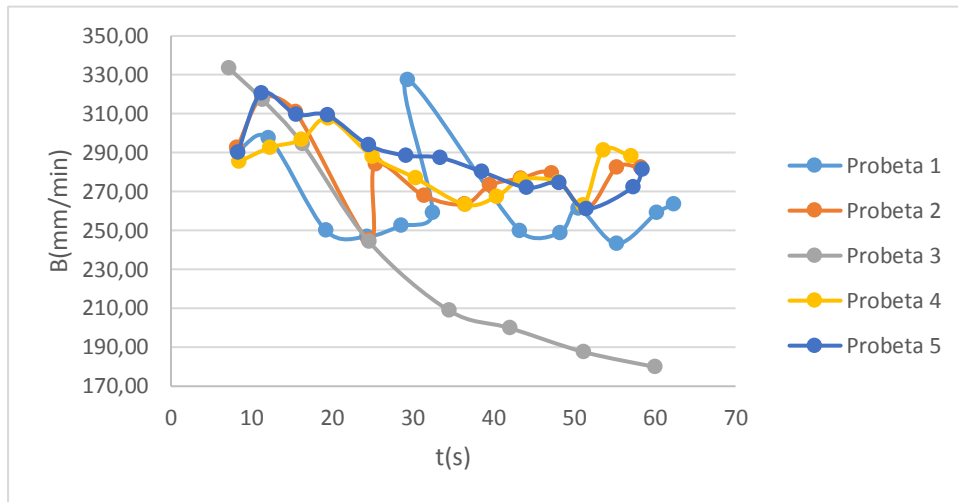


Figura 6 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 3 es la que tiene los picos más altos.

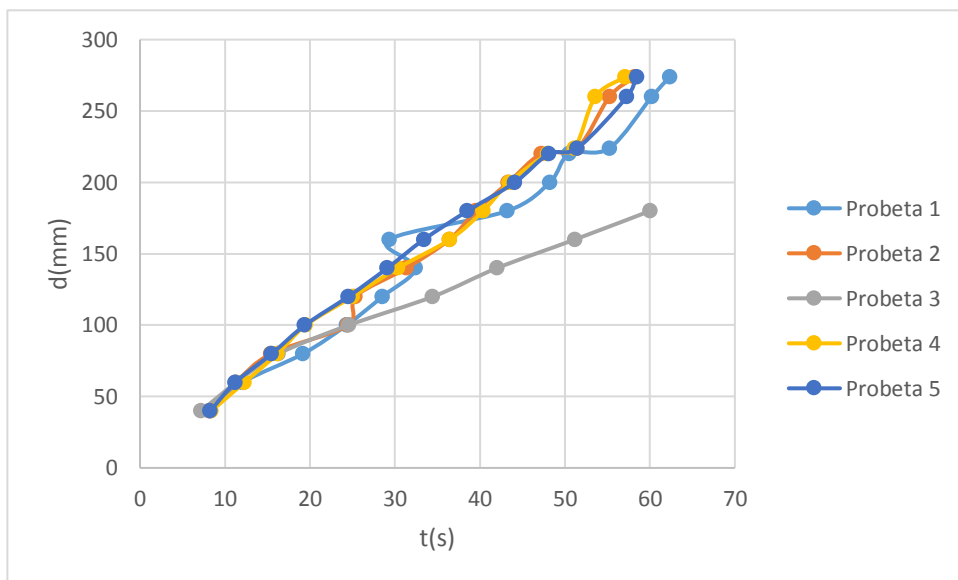


Figura 7 Tiempo vs Distancia

En la figura 6, se determina que a medida que aumenta el tiempo la tasa de combustión disminuye lo que indica una relación inversamente proporcional, y en comparación al control los valores de B son menores, lo que significa que el hidróxido de aluminio al 3 por ciento da una respuesta positiva a la eficacia de los ignífugos, ya que existe un retardo de llama. A demás cabe recalcar que una de las réplicas en específico la probeta 3 presenta un comportamiento auto extinguido, ya que antes de terminar la distancia dispuesta, esta finalizo su combustión; a más de presentar el comportamiento más adecuado, a diferencia

de las probetas restantes esta no presenta picos de incremento de tasa de combustión, más bien tiene una tendencia estable.

Mientras que en la figura 7, se determina una relación directamente proporcional, ya que a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.3. Probetas Hidróxido de Aluminio al 6%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FICHA DE RESULTADOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha: 18/12/2019 **Ciudad:** Ambato
Lugar: UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica Campus "Huachi"
Máquina: Cámara de combustión horizontal
Realizado por: Diana Pozo **Revisado por:** Personal del laboratorio

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo: Prueba de Inflamabilidad **Norma:** ISO 3795
Tipo de material: Material Compuesto (Paja): **Hidróxido de aluminio (Al(OH)3) al 6% Combinación B**
Dimensiones (mm): 356 x 70 x 8 **Nº de probetas:** 5

Resultados Según La Norma 3795

Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	274	64,32	255,60
2	274	65,03	252,81
3	274	64,58	254,57
4	274	65,02	252,85
5	274	65,03	252,81
		Promedio	253,728

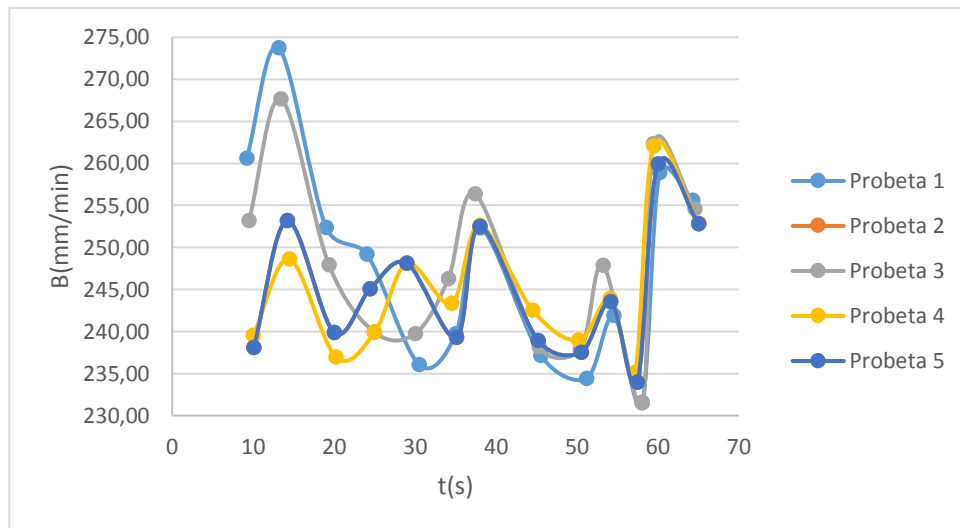


Figura 8 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 1 es la que tiene los picos más altos.

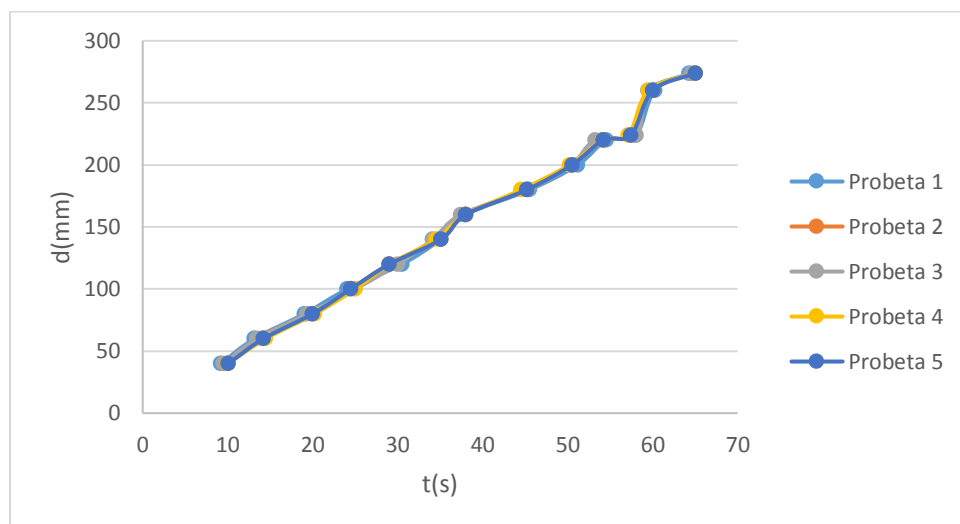


Figura 9 Tiempo vs Distancia

En la figura 8, se observa que a medida que pasa el tiempo la tasa de combustión tiene un comportamiento diferente, este aumenta y luego disminuye, no tiene una tendencia fija, pero en comparación al control los valores de B son menores lo que significa que el hidróxido de aluminio al 6 por ciento da una respuesta positiva a la eficacia de los ignífugos, ya que existe un retardo de llama.

Mientras que, en la figura9, se observa una relación directamente proporcional a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.4. Probetas Hidróxido de Aluminio al 9%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FICHA DE RESULTADOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha: 18/12/2019 **Ciudad:** Ambato
Lugar: UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica **Campus "Huachi"**
Máquina: Cámara de combustión horizontal
Realizado por: Diana Pozo **Revisado por:** Personal del laboratorio

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo: Prueba de Inflamabilidad **Norma:** ISO 3795
Tipo de material: Material Compuesto (Paja): **Hidróxido de aluminio (Al(OH)₃) al 9% Combinación C**
Dimensiones (mm): 356 x 70 x 8 **Nº de probetas:** 5

Resultados Según La Norma 3795

Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	140	44,35	189,40
2	120	38,26	188,19
3	160	50,09	191,66
4	160	50,15	191,43
5	140	43,25	194,22
Promedio			190,98

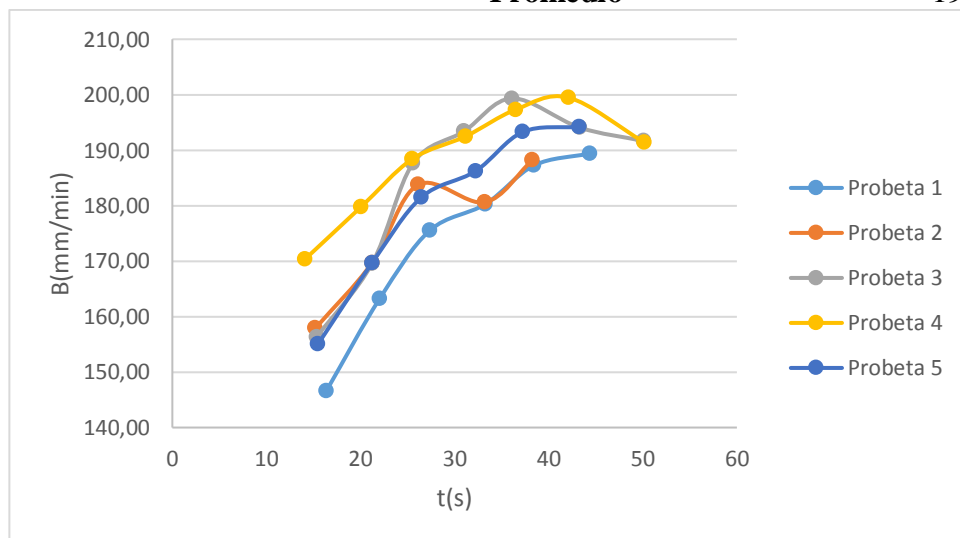


Figura 10 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 4 es la que tiene los picos más altos.

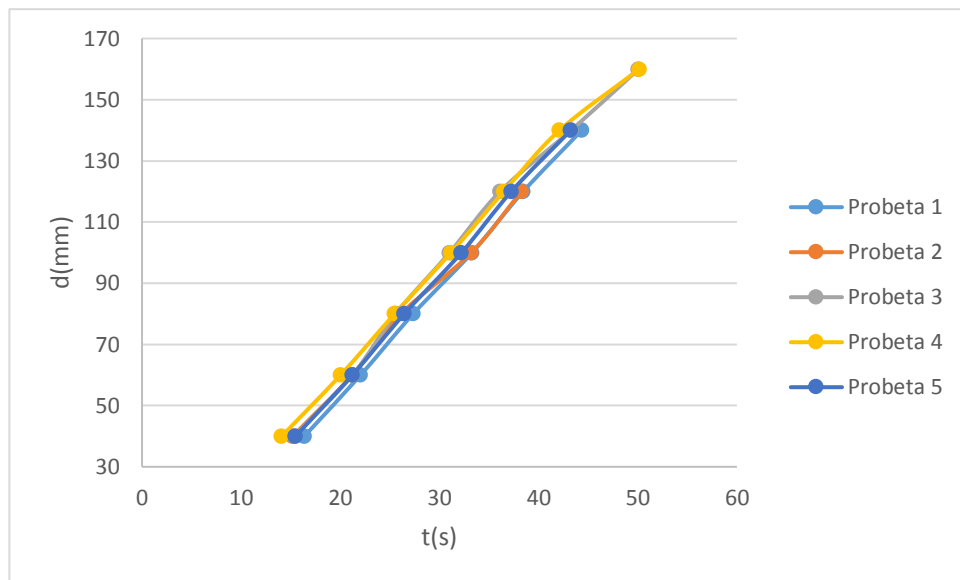


Figura 11 a Tiempo vs Distancia

En la figura 10, se determina que a medida que aumenta el tiempo la tasa de combustión aumenta, lo que indica una relación directamente proporcional, y en comparación al control los valores de B son menores, lo que significa que el hidróxido de aluminio al 9 por ciento da una respuesta positiva a la eficacia de los ignífugos, ya que existe un retardo de llama. A demás cabe recalcar que todas las réplicas presentan un comportamiento auto extinguable, ya que antes de terminar la distancia dispuesta, estas finalizaron su combustión; a más de presentar el comportamiento más adecuado entre todas las combinaciones, esta tasa de combustión en comparación al control se reduce a la mitad.

Mientras que en la figura 11, se determina una relación directamente proporcional, ya que a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.5. Probetas Hidróxido de Magnesio al 3%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FICHA DE RESULTADOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	18/12/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus:	"Huachi"
Máquina:	Cámara de combustión horizontal		

Realizado por: Diana Pozo **Revisado por:** Personal del laboratorio

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo: Prueba de Inflamabilidad **Norma:** ISO 3795

Tipo de material: Material Compuesto (Paja): **Hidróxido de Magnesio (Mg(Svebrant)2) al 3% Combinación D**

Dimensiones (mm): 356 x 70 x 8 **Nº de probetas:** 5

Resultados Según La Norma 3795

Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	274	43,42	378,63
2	274	46,37	354,54
3	274	45,39	362,19
4	274	46,2	355,84
5	274	43,58	377,24
Promedio			365,688

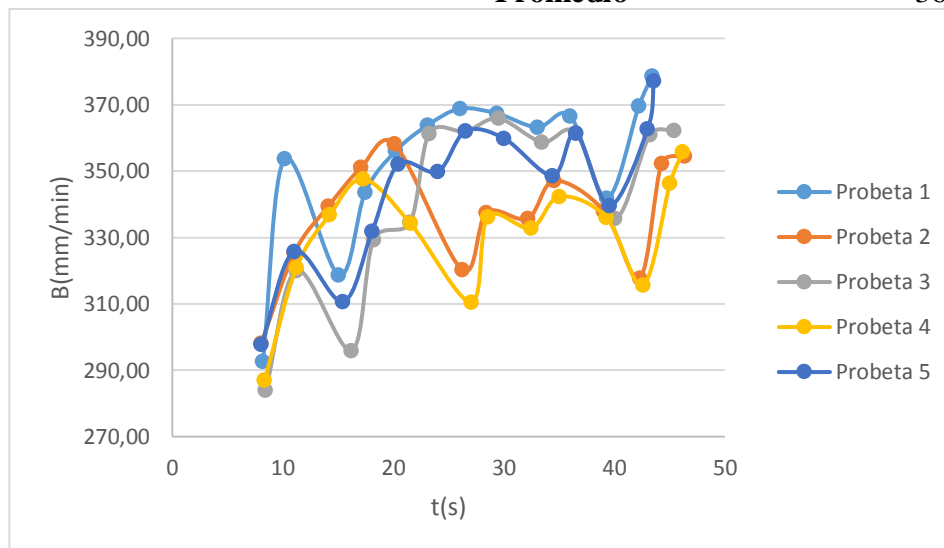


Figura 12 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 1 es la que tiene los picos más altos.

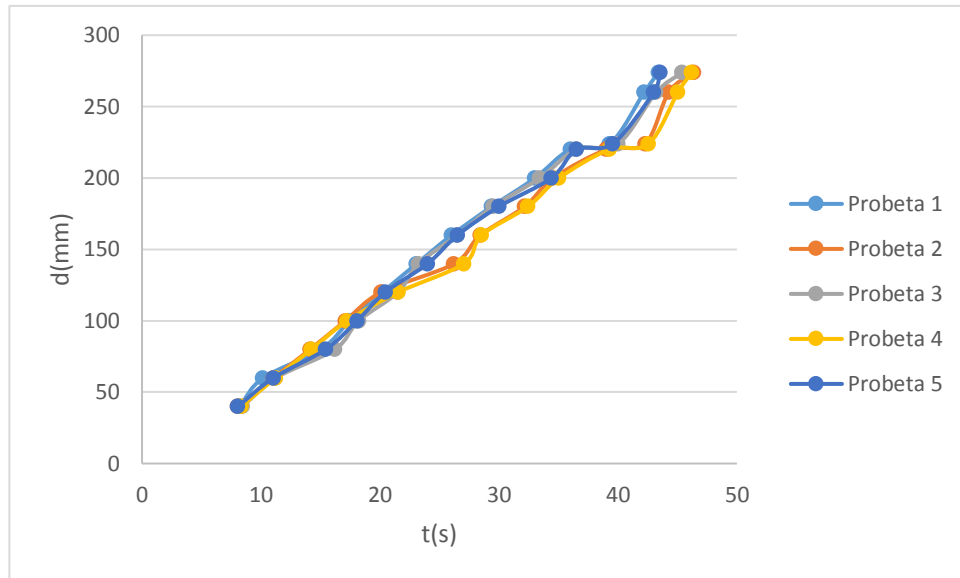


Figura 13 Tiempo vs Distancia

En la figura 12, se determina que a medida que pasa el tiempo la tasa de combustión tiene un comportamiento diferente, este aumenta y luego disminuye, no tiene una tendencia fija, pero en comparación al control, los valores de B son mayores lo que significa que el hidróxido de magnesio al 3 por ciento, da una respuesta negativa a la eficacia de los ignífugos, ya que no existe un retardo de llama.

Mientras que, en la figura 13, se observa una relación directamente proporcional a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.6. Probetas Hidróxido de Magnesio al 6%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FICHA DE RESULTADOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	18/12/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus:	"Huachi"
Máquina:	Cámara de combustión horizontal		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
------------------------	--------------------------	---------------	----------

Tipo de material: Material Compuesto (Paja): **Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂) al 6% Combinación E**
Dimensiones (mm): 356 x 70 x 8 **Nº de probeta:** 5

Resultados Según La Norma 3795

Nº De Probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
1	274	49,45	332,46
2	274	51,05	322,04
3	274	55,03	298,75
4	274	51,25	320,78
5	274	54,45	301,93
Promedio			315,192

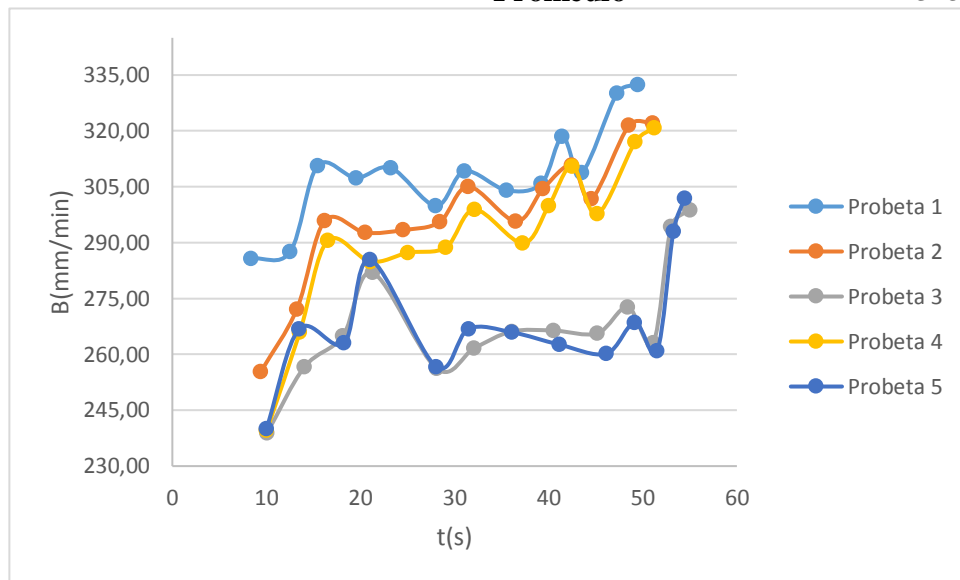


Figura 14 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 1 es la que tiene los picos más altos.

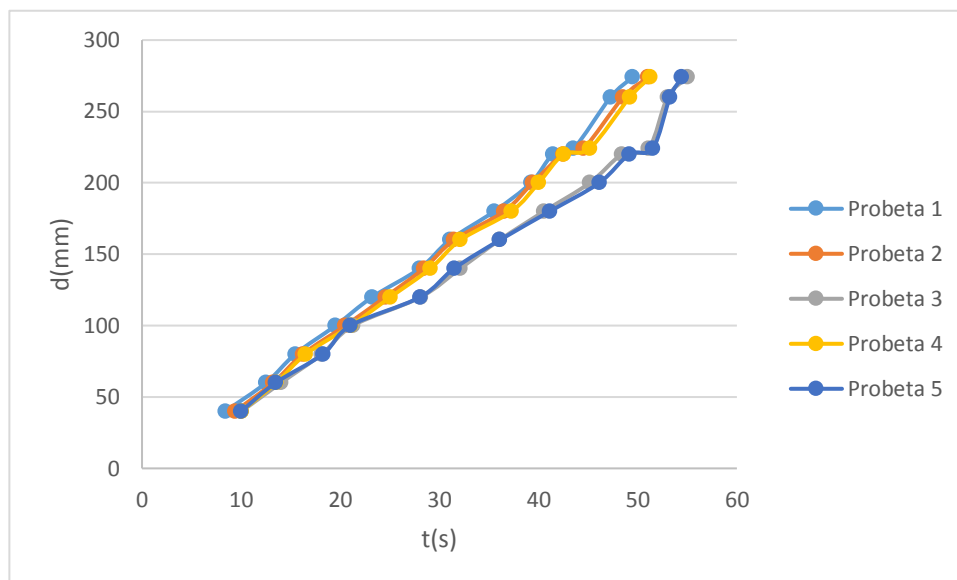


Figura 15 Tiempo vs Distancia

En la figura 14, se determina que a medida que pasa el tiempo la tasa de combustión tiene un comportamiento diferente, este aumenta y luego disminuye, no tiene una tendencia fija. Además de que la tasa de combustión entre replicas son diferentes, pero en comparación al control, los valores de B son mayores lo que significa que el hidróxido de magnesio al 6 por ciento, da una respuesta negativa a la eficacia de los ignífugos, ya que no existe un retardo de llama.

Mientras que, en la figura 15, se observa una relación directamente proporcional a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.7. Probetas Hidróxido de Magnesio al 9%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
INGENIERÍA BIOQUÍMICA



FICHA DE RESULTADOS

DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	18/12/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus:	"Huachi"
Máquina:	Cámara de combustión horizontal		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)2) al 9% Combinación F		

**Dimensiones
(mm):**

356 x 70 x 8

**Nº de
probetas:**

5

Resultados Según La Norma 3795

**Nº De
Probetas**

Distancia (mm)

Tiempo (s)

**Tasa de combustión
B(mm/min)**

1	274	67,53	243,45
2	220	58,22	226,73
3	224	60,02	223,93
4	274	67,58	243,27
5	180	46,25	233,51
	Promedio		234,178

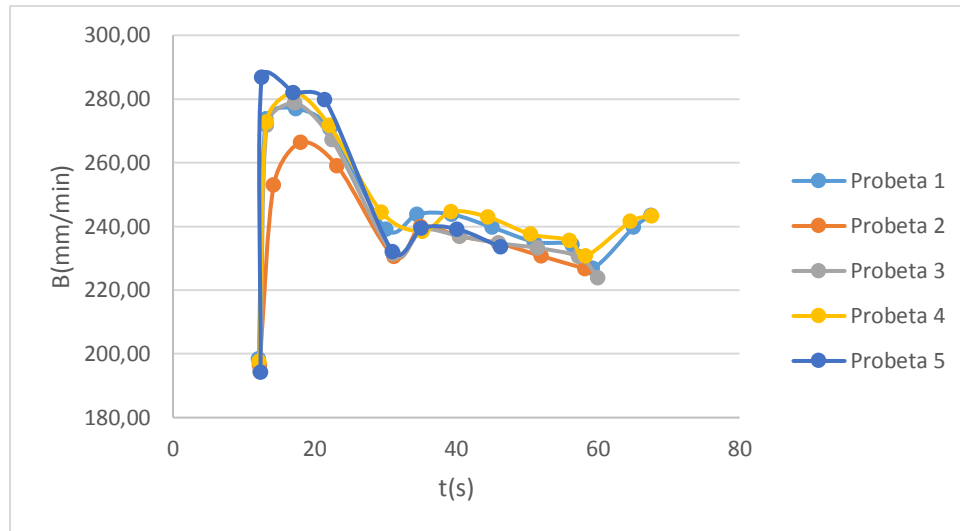


Figura 16 Tiempo vs Tasa de Combustión

En esta grafica se puede observar una comparación entre todas las curvas de las 5 probetas sin ignífugos en donde la probeta 5 es la que tiene los picos más altos.

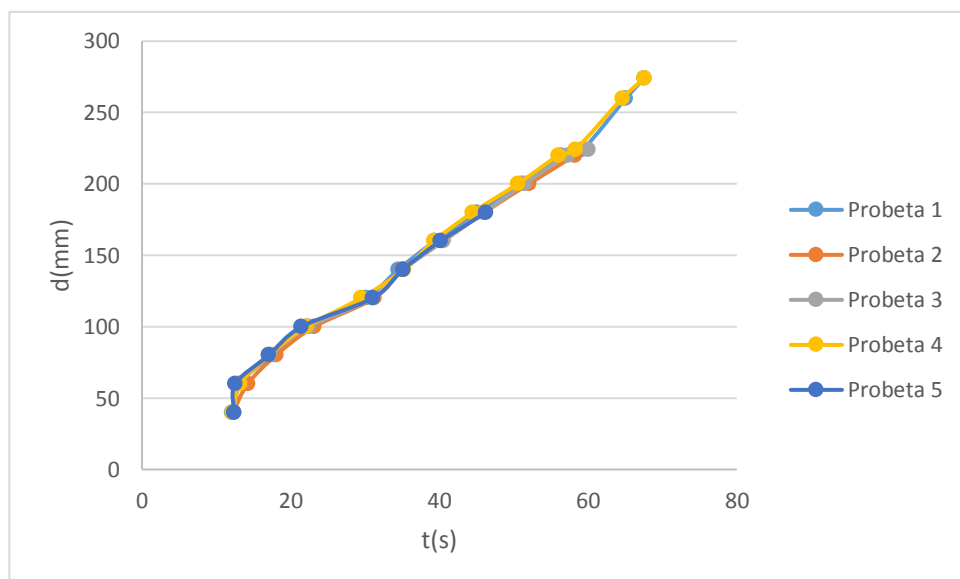




Figura 17 Tiempo vs Distancia

En la figura 16, se determina que existe un incremento significativo en las primeras distancias trazadas, pero después tiene un comportamiento inversamente proporcional ya que a medida que el tiempo aumente la tasa de combustión disminuye, y en comparación al control los valores de B son menores, lo que significa que el hidróxido de magnesio al 9 por ciento da una respuesta positiva a la eficacia de los ignífugos, ya que existe un retardo de llama. Además cabe recalcar que 3 de las 5 réplicas presentan un comportamiento auto extinguido, ya que antes de terminar la distancia dispuesta, estas finalizaron su combustión.

Mientras que en la figura 17, se determina una relación directamente proporcional, ya que a medida que aumenta el tiempo la distancia también aumenta.

4.2.8. Resumen de resultados del índice de inflamabilidad de las 7 combinaciones, Banco de Pruebas UTA.

Tabla 10
Resumen de resultados del índice de inflamabilidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA 	
Combinación	Promedio del Índice de inflamabilidad (mm/min)
SIN IGNÍFUGOS	302,398
A	259,052
B	253,728
C	190,98
D	365,688
E	315,192
F	234,178

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio; HM= Hidróxido de Magnesio

Combinación A: Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HA; **Combinación B:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HA.; **Combinación C:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HA.; **Combinación D:** Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HM.; **Combinación E:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HM.; **Combinación F:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HM.

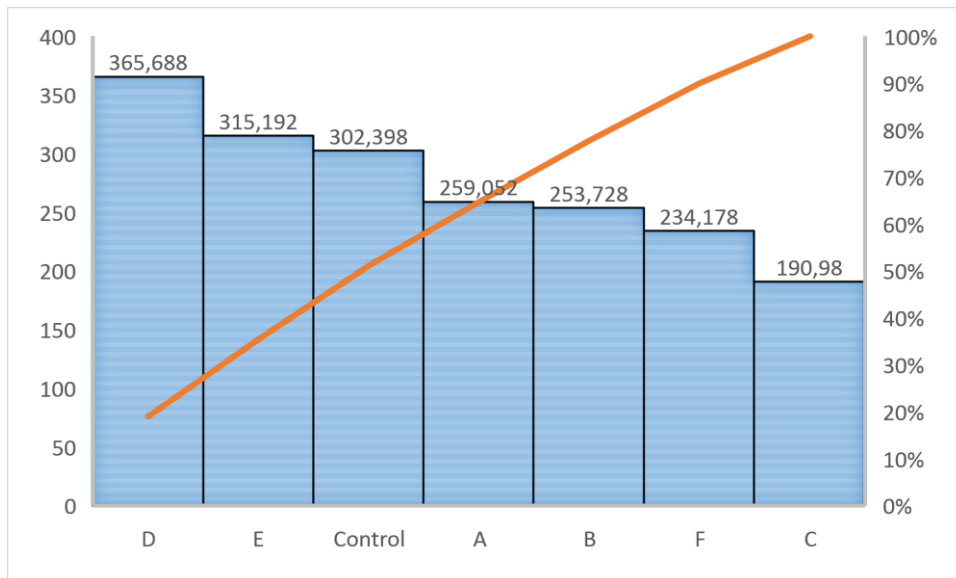


Figura 18 Histograma de resultados del índice de inflamabilidad

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio; HM= Hidróxido de Magnesio

Combinación A: Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HA; **Combinación B:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HA.; **Combinación C:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HA.; **Combinación D:** Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HM.; **Combinación E:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HM.; **Combinación F:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HM.

Se puede determinar a partir de la Figura 18 que la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados, obteniendo así una vista panorámica, de la distribución de las muestras, los ignífugos que están funcionando de una manera eficaz son el hidróxido de aluminio al 3, 6 y 9 por ciento, mientras que el hidróxido de magnesio es eficaz solo al 9 por ciento, ya que este hidróxido a las concentraciones de 3 y 6 por ciento, tienen una tasa de combustión mayor a la del control lo que significa que no son eficaces.

También se puede determinar que la mejor concentración para trabajar con estos ignífugos es el hidróxido de aluminio al 9 por ciento ya que presenta un comportamiento auto extinguido, lo que la hace ideal y en comparación a un estudio realizado por **(Paredes Villacis, 2019)** estos hidróxidos presentan características similares siendo el hidróxido de aluminio al 9% la mejor combinación.

4.2.9. Análisis estadístico

Hipótesis nula= Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna= Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Tabla 11

ANOVA: Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Concentraciones	6	100105	16684.1	45.85	0.000
Error	28	10190	363.9		
Total	34	110295			

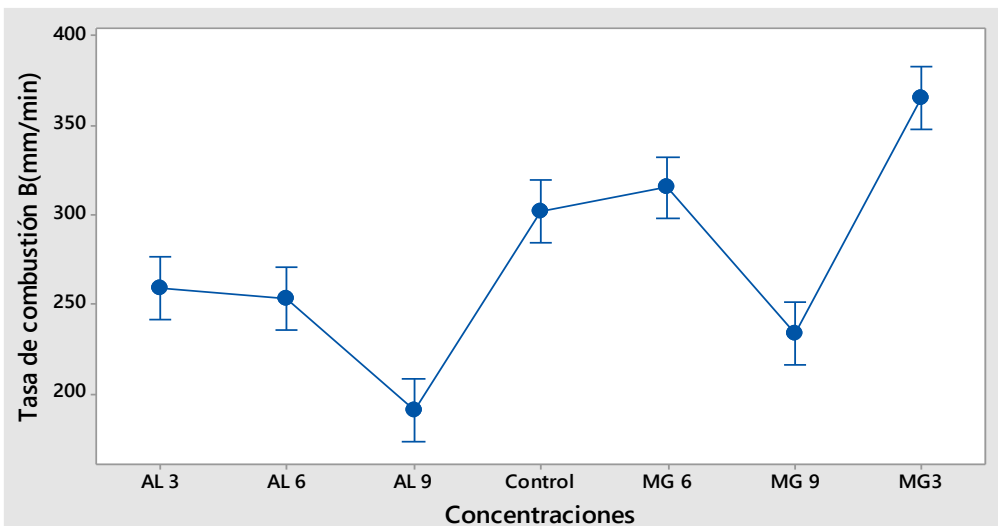
Ya que el valor de p es menor al nivel de significancia 0.05, se rechaza la hipótesis nula por lo que al menos una media es diferente.

Tabla 12

Medias de Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones

Concentraciones	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
AL 3	5	259.1	45.2	(241.6; 276.5)
AL 6	5	253.728	1.291	(236.252; 271.204)
AL 9	5	190.98	2.32	(173.50; 208.46)
Control	5	302.40	8.82	(284.92; 319.87)
MG 6	5	315.19	14.34	(297.72; 332.67)
MG 9	5	234.18	9.08	(216.70; 251.65)
MG3	5	365.69	11.56	(348.21; 383.16)

Desv.Est. agrupada = 19.0767



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

Figura 19

Intervalos de Tasa de combustión B(mm/min) vs. Concentraciones

En la figura 19 se puede observar mediante los intervalos, que, en relación al control, la combinación que funciona de una manera más eficaz es la de hidróxido de aluminio al 9 por ciento corroborando con lo analizado mediante regresión, además que en estudios previos se tiene resultados semejantes como menciona (**Villena Portero, 2019**).

Los ignífugos que se encuentran por encima de las solapas del control presentan una tasa de combustión mayor por lo que el ignífugo no funciona con eficacia por lo que la utilización de estos no sería la adecuada a diferencia de (**Castro Miniguano, 2014**), esto se debería a que el refuerzo de fibra que utiliza es fibra vidrio y tendría un comportamiento diferente frente a este material.

4.2.10. Comparaciones múltiples de Dunnet con un control

Tabla 13
Comparaciones múltiples de Dunnet con un control

Concentraciones	N	Media	Agrupación
Control (control)	5	302.40	A
MG 3	5	365.69	
MG 6	5	315.19	A
AL 3	5	259.1	
AL 6	5	253.728	
MG 9	5	234.18	
AL 9	5	190.98	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control, lo que indica una vez más que el Mg 6 tiene una semejanza significativa a la media de control y no funciona de una manera adecuada, por lo que no presenta ninguna incidencia al momento de usarlo, además de que Mg 3 no se la etiqueta con la letra A ya que esta es significativamente diferente pero en comparación al control presenta una tasa de combustión mucho mayor por lo que tampoco funciona con eficacia. Teniendo resultados similares con (**Freire Bonilla, 2019**) ya que en este estudio se realizó con un refuerzo de fibra de cabuya, presentando así resultados semejantes.

Tabla 14

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel – Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
AL 3 - Control	-43.3	12.1	(-76.3; -10.4)	-3.59	0.006
AL 6 - Control	-48.7	12.1	(-81.6; -15.7)	-4.03	0.002
AL 9 - Control	-111.4	12.1	(-144.4; -78.5)	-9.23	0.000
MG 6 - Control	12.8	12.1	(-20.2; 45.7)	1.06	0.782
MG 9 - Control	-68.2	12.1	(-101.2; -35.3)	-5.65	0.000
MG3 - Control	63.3	12.1	(30.3; 96.2)	5.25	0.000

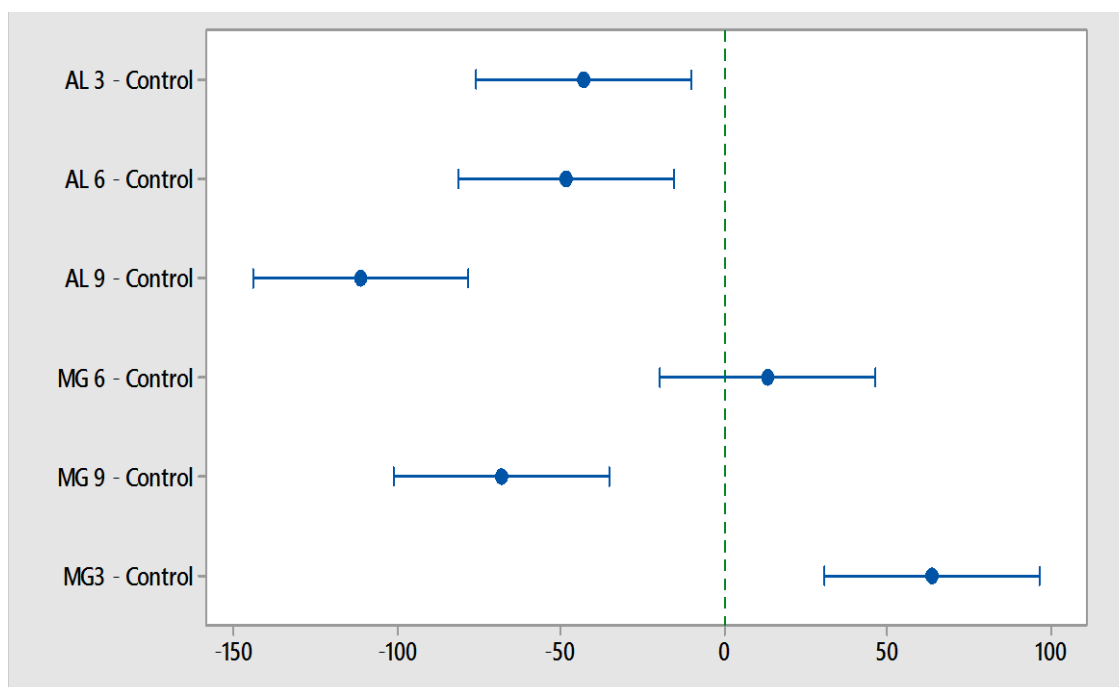


Figura 20 Intervalos de control simultáneos de 95% de Dunnett

Si un intervalo no contiene cero, la media correspondiente es significativamente diferente de la media de control, arrojando que la mejor combinación es Hidróxido de Aluminio al 9 por ciento, ya que presenta un comportamiento auto extinguido lo que la hace ideal, comprobando así su eficacia, la acción ignífuga del hidróxido de aluminio se basa en la eliminación térmica del agua unida químicamente en caso de incendio a temperaturas en el rango de 200 a 400 ° C, se descomponen a través de una reacción endotérmica, liberando vapor de agua que remueve el calor y reduce la formación de gases combustibles, además de formar una capa protectora sobre la superficie del material que actúa impidiendo que se prolongue la degradación térmica. (Tovar, 2012)

La propagación de la llama en las muestras analizadas fue simétrica y se mantuvo dentro de los límites indicados por la norma, esta descomposición endotérmica del hidróxido de

aluminio consume energía, como resultado de que se enfría la superficie del polímero. **(Reimer, Ihmels, & Beer, 2015)**

El hidróxido de aluminio actúa esencialmente formando una barrera que contiene los productos de degradación y diluyendo la concentración de gases combustibles. **(Sauerwein, 2002)**

Una de las razones por la que el Hidróxido de Magnesio al 3 y 6 por ciento no presento una eficacia positiva se debe, que al momento de realizar la combinación con la resina poliéster, este tuvo una viscosidad alta y al homogenizar la muestra se presentó dificultad, ya que su peso molecular es 58.3197 g/mol lo que lo hace muy liviano, lo que produjo grumos, provocando así una incorrecta adhesión entre ellos. **(Freire Bonilla, 2019)**

Además, que se usó un mayor porcentaje de catalizador Peróxido Metil Etil Ceton, usando así no un 20% del peso utilizado de la resina, sino más bien un 30% del mismo, esto se dio ya que el tiempo de curado era demasiado prolongado y mediante este catalizador se logró acelerar la reacción.

Otra de las razones por la que no presento una eficacia positiva, se debió a que este tipo de ignifugo requiere una cantidad elevada de concentración como lo menciona **(Morhain, 2001)**, por lo que se determina que al 9 por ciento este Hidróxido tiene una respuesta positiva, además de ser la mejor combinación, ya que la concentración es más alta y proporciona las propiedades ignifugas que se requiere.

4.3. Ensayo para determinar la presencia de monóxido de carbono (CO)

Tabla 15 Análisis de CO en combustión.

Probeta	Control (PPM)	A (PPM)	B (PPM)	C (PPM)	D (PPM)	E (PPM)	F (PPM)
1	2	6	4	1	2	1	12
1	2	8	5	1	8	5	20
1	3	8	6	2	13	5	27
2	2	7	1	1	5	1	0
2	2	8	0	1	4	5	0
2	2	8	0	2	9	4	0
3	3	6	3	1	3	3	1
3	4	7	3	0	6	8	3
3	5	8	3	0	2	8	3
4	2	5	1	1	5	1	10
4	3	18	1	2	6	5	12
4	4	19	1	2	8	6	15

5	3	6	3	0	6	2	12
5	4	6	4	1	8	5	15
5	4	7	4	1	9	5	22
Promedio	3	8	3	1	6	4	10

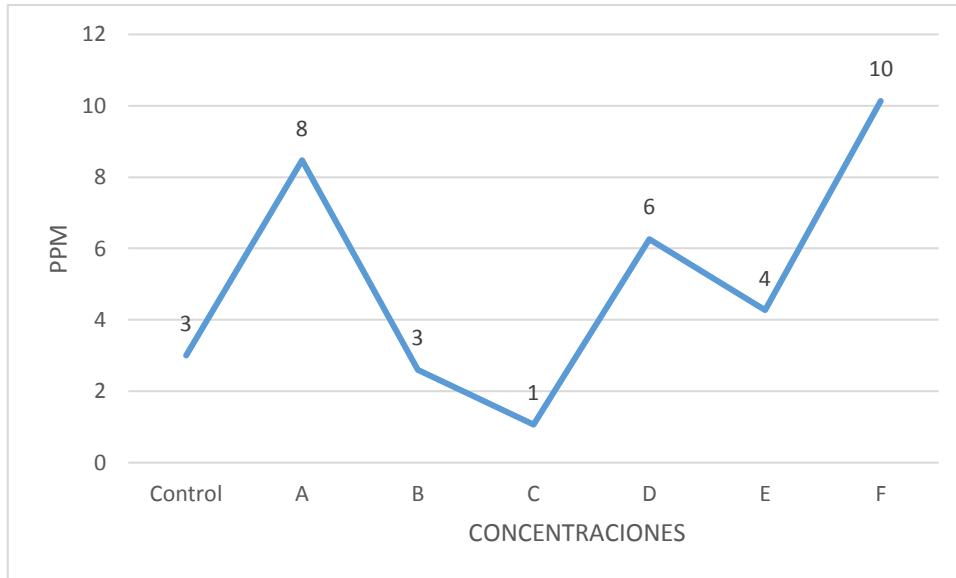


Figura 21 Análisis de CO en combustión

Nota: FCI= Fibra de *calamagrostis intermedia*; RP=Resina Poliéster; HA= Hidróxido de Aluminio; HM= Hidróxido de Magnesio

Combinación A: Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HA; **Combinación B:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HA.; **Combinación C:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HA.; **Combinación D:** Está formada del 70% de FCI, 27% RP, 3% HM.; **Combinación E:** Está formada del 70% de FCI, 24% RP, 6% HM.; **Combinación F:** Está formada del 70% de FCI, 21% RP, 9% HM.

Se utilizó el analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS puesto que analizan gases productos de una combustión, su análisis se limita a la determinación de CO, CO₂, O₂, temperatura ambiente, temperatura de gases, su adaptabilidad con la normativa EPA 40 CFR método 60 Anexo A, lo hace el equipo ideal para el análisis de los procesos de combustión que se generan en la cámara de inflamabilidad.

El porcentaje de aceptación o error permisible para la lectura según el analizador es del 10% para lecturas entre 0 y 200 PPM. Como se observa en la figura 21 la combinación que presenta un menor valor de CO es el hidróxido de aluminio al 9 por ciento, siendo este ideal para reducir el impacto ambiental que este tiene ya que el óxido de aluminio que queda como residuo tiene un área superficial específica alta y absorbe compuestos de hidrocarburos policíclicos y aromáticos formados en la combustión del polímero. Como

resultado, estos compuestos se retiran del proceso de combustión. Dado que los compuestos de hidrocarburos policíclicos y aromáticos son constituyentes del humo negro de un incendio, El hidróxido de aluminio también contribuye a reducir la densidad del humo. **(Reimer et al., 2015)**

Estos valores de CO en la combustión de *calamagrostis intermedia*, no exceden los límites permisibles por lo que se los considera amigables con el medio ambiente, ya que la concentración máxima en 1 una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **(Ambiente & DE INMISIÓN, 2019)**

La concentración máxima de las combinaciones fue de hidróxido de magnesio al 9 por ciento con un valor de 11432,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, este está muy por debajo del valor máximo, sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera **(Secundaria, 2003)**

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El análisis de inflamabilidad se realizó mediante la norma ISO 3795, siendo este el mejor procedimiento para preparar el material de ensayo, obteniendo el dimensionamiento adecuado, de tal manera que se logró realizar la combustión de las probetas.

De 30 probetas realizadas se determinó la eficacia de ignífugos inorgánicos aplicados en la velocidad de combustión de *calamagrostis intermedia* de páramos de Ecuador donde mediante cálculos estadísticos se pudo concluir que la mejor combinación fue la C, arrojando los mejores resultados en comparación al control, además, se comprobó una respuesta positiva a la eficacia para Hidróxidos de Aluminio a todas las concentraciones propuestas, mientras que para Hidróxido de Magnesio la eficacia fue positiva solo para la combinación F, estos resultados fueron satisfactorios al retrasar la llama de combustión en las probetas que fueron el material de ensayo, esta se dio mediante la utilización la cámara de combustión horizontal a condiciones ambientales controladas en la ciudad de Ambato cumpliendo la normativa usada ISO 3795.

Se evaluó los resultados de ensayo de determinación de monóxido de carbono de las 35 probetas preparadas del páramo del cantón Chimborazo – Ecuador, incluyendo las del control, tomando 3 medidas de cada replica, obteniendo el mejor comportamiento la combinación C, al ser auto extingible y la máxima medida para la combinación F, ambos con una coloración gris-oscura en el gas producto de la combustión, estos resultados se dieron mediante la utilización la cámara de combustión horizontal a condiciones ambientales controladas y el equipo de medición analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS en la ciudad de Ambato, Por lo tanto, la emisión de gases es permisible sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera, por lo que sí se pudo cumplir la normativa medio ambiental permisible del Ecuador.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar el equipo de protección personal ya que los gases producidos al realizar los ensayos son nocivos para la salud.
- ✓ Manipular con cuidado la porta probetas al momento del ingreso y extracción de las muestras en la cámara de combustión
- ✓ Revisar los espesores permitidos de los materiales, antes de realizar los ensayos en la cámara de combustión.
- ✓ Comprobar que la temperatura en la cámara de combustión y la porta probetas tenga una temperatura inferior a 30 °C antes de realizar la siguiente prueba
- ✓ En el momento de la conformación del material compuesto, en la parte de la combinación de la resina con el catalizador e ignífugo mezclar bien ya que, si no se lo hace, se forma grumos y en el proceso interfiere con las capas de fibra vegetal, ocasionando una incorrecta adhesión entre ellos.
- ✓ Realizar investigación de campo para aplicar lo realizado en laboratorio

BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente, Q., & DE INMISIÓN, O. N. (2019). Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire: Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php>
- Askeland, D. R., & Wright, W. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales* (Vol. 3): International Thomson Editores México.
- Astorga, N. (2009). Criterios de diseño de la zona vertical de seguridad contra incendio para edificios en altura. *Memoria (Ingeniería civil), Universidad de Chile, Facultad deficiencias físicas y matemáticas. Chile.*
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews, 79*(1-2), 53-72.
- Cabrera Valencia, A. F. (2018). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de inflamabilidad vertical de materiales utilizados en el interior de las carrocerías*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2012). *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*: John Wiley & Sons.
- Castillo, M., Julio, G., & Pedernera, P. (2002). Procedimiento de validación para el simulador de expansión de incendios forestales del Sistema Kitral. *Laboratorio de incendios forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.*
- Castro Miniguano, C. B. (2014). *Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocera Industria Metálica CEPEDA*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Ceranza Parra, S. (2017). Elaboración de una Propuesta Metodológica para identificación de Amenaza por Incendio Forestal, con Caracterización de una Zona Piloto en el Municipio de Soacha.
- Columba Tallana, M. J. Q. R., Wendy Alexandra. (2013). Determinación de áreas vulnerables a incendios forestales y cálculo de probabilidad de ocurrencia mediante lógica fuzzy aplicando herramientas geoinformáticas, en el Distrito Metropolitano de Quito. (2013-09).
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7291>

- Conesa, J. A. (2013). Mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección, radiación). *Experimentación en Ingeniería Química I*.
- Cuesta-Camacho, F., Peralvo, M., & Ganzenmüller, A. (2008). Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales. *Páramo y cambio climático*, 23, 15-38.
- Erazo, J. K., & Hervás, C. A. (2014). Sistema de detección de incendios forestales mediante redes sensoriales inalámbricas (Zigbee). *Maskana*, 5, 1-11.
- FERRI ARIAS, M. (2018). Fabricación de tejido composite con fibras de polímeros termoplásticos y fibras naturales para aumentar sus propiedades de retardancia a la llama.
- Ferri, M. (2003). *Peón de defensa contera incendios forestales de la Xunta de Galicia* (S. L. Editorial MAD Ed. Editorial MAD, S.L ed. Vol. 2003). Sevilla, España: Editorial MAD, S.L.
- Freire Bonilla, O. F. (2019). *Análisis de la incidencia de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en las propiedades mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de vidrio utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Garay, R., & Henriquez, M. (2010). Comportamiento frente al fuego de tableros y madera de pino radiata con y sin pintura retardante de llama. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 12(1), 11-24.
- González, O. (2009). Los retardantes de fuego. *Ingeniería de Protección contra el Fuego*.
- Gualpa Caisachana, A. M. (2020). *Diseño y construcción de un sistema de ventilación y medición de gases producidos en la cámara de inflamabilidad del Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Horrocks, A. R., Price, D., & Price, D. (2001). *Fire retardant materials*: woodhead Publishing.
- Laoutid, F., Bonnaud, L., Alexandre, M., Lopez-Cuesta, J.-M., & Dubois, P. (2009). New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites. *Materials science and engineering: R: Reports*, 63(3), 100-125.



- Lascano Moreta, A. M. (2011). *Estudio de materiales alternativos para el análisis metalográfico mediante réplicas y su incidencia en el costo del ensayo metalográfico no destructivo en uniones soldadas de acero A36*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- LeVan, S. L., & Winandy, J. E. (2007). Effects of fire retardant treatments on wood strength: a review. *Wood and fiber science*, 22(1), 113-131.
- Lotor, S. L. (2016). Métodos de ignifugación en materiales inflamables. Retrieved 2016, 2016, from <https://www.ignifugacionbarcelona.com/es/noticias/metodos-de-ignifugacion-en-materiales-inflamables/>
- Lu, S.-Y., & Hamerton, I. (2002). Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers. *Progress in polymer science*, 27(8), 1661-1712.
- Luteyn, J. L. (2006). *Cien plantas silvestres del Páramo (One hundred wild plants from the páramo)*, Parque Nacional Cajas, Cuenca, Ecuador: Springer.
- Luteyn, J. L., & Balslev, H. (1992). *Páramo: an Andean ecosystem under human influence*: Academic Press London, UK.
- Mena, P., Hofstede, R., Moraes, R., Øllgaard, B., Kvist, L., Borchsenius, F., & Balslev, H. (2006). *Botánica Económica de los Andes Centrales: Los páramos ecuatorianos*.
- Morales Antigüedad, G. (2009). *Procesado y caracterización de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con nanofibras de carbono para aplicaciones tecnológicas*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Morhain, C. (2001). *Microestructura y propiedades mecánicas de compuestos de polipropileno con hidróxido de magnesio y aluminio moldeados por inyección*: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Paredes Villacis, D. M. (2019). *Análisis de la aplicación de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas y su influencia en el índice de inflamabilidad*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- Pearce, E. M., & Liepins, R. (1975). Flame retardants. *Environmental Health Perspectives*, 59-69.
- Pesantez, D. F. A. (2015). Evaluación de una red de sensores inalámbrica para detección de incendios forestales. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 28(3).

- Porrero Rodríguez, M. A., & EIMFOR, S. (2001). Incendios Forestales. Investigación de causas. *Mundi-Prensa, Madrid, España*.
- Ramírez, F. I. B. (2012). Estudio de la influencia del tamaño de partícula de hidróxidos metálicos de Al y Mg (micro y nano) y el efecto sinérgico de sus mezclas en las propiedades mecánicas y de retardancia a la flama de compuestos a base de polietileno de alta densidad.
- Reimer, A., Ihmels, C., & Beer, C. (2015). Process for preparing aluminium trihydroxide: Google Patents.
- Sauerwein, R. (2002). New ATH developments drive flame retardant cable compounding. *Plast Addit Compd*, 4(12), 22-28.
- Secundaria, T. U. D. L. (2003). Ministerio Del Ambiente (TULSMA). *Quito: Registro Oficial*(387).
- Serrano Aguiar, C. O., & Padilla Porras, D. M. (2013). *Diseño y Construcción del Equipo para Ensayos de Inflamabilidad Aplicado a Materiales de Autopartes Según la Norma ISO 3795*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Shaw, J. R. (2002). Fire-Retardant and Flame-Resistant Treatments of Cellulosic Materials. *NFPA Fire Protection Handbook, 18ª Edición, Cap, 4*.
- Sklenář, P. (2000). *Vegetation ecology and phytogeography of Ecuadorian superpáramos*. Charles University, Prague.
- Svebrant, J. (2011). Fire safety in military vehicles—Evaluation of ISO 3795. *LUTVDG/TVBB-5370-SE*.
- Torra, R. (2018). Nueva generación de polímeros termoestables ignífugos basados en residuos de la agroindustria.
- Tovar, Y. M. (2012). Desarrollo de un compuesto de polietileno reticulable con retardante de llama libre de halogeno y baja emisión de humo como material de aislamiento en la fabricación de cables para baja tensión en la empresa Centelsa. *Universidad del Valle*.
- Varón, D. J., Bou, S. F., Gimeno, R. A. B., & Sanoguera, D. G. (2012). Estudio, análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 1(2), 2.
- Villena Portero, J. L. (2019). *Análisis de la velocidad de combustión y su incidencia en los materiales utilizados en el interior de carrocerías para vehículos*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

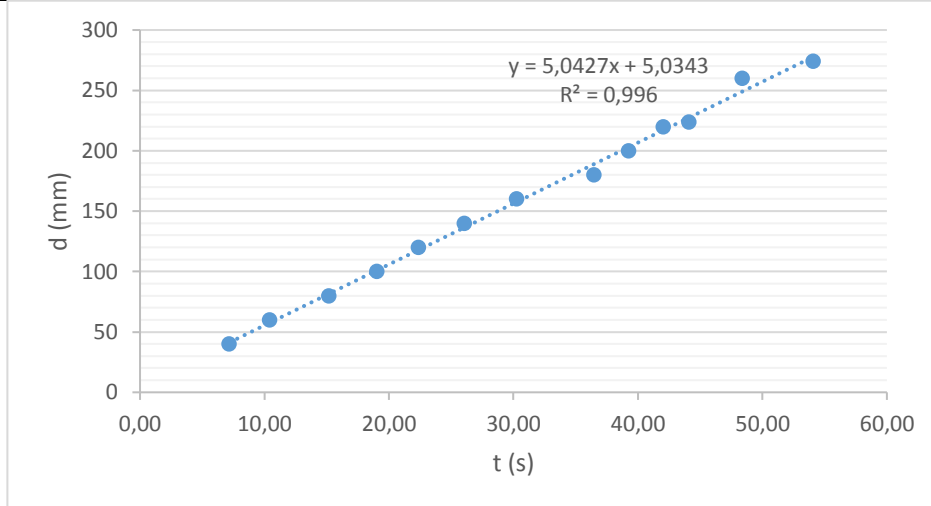
ANEXOS

Anexo 1 Fichas de reporte de pruebas de inflamabilidad.

**Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA;
Material Compuesto (Paja): SIN IGNÍFUGOS**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	18/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus "Huachi"	
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HMV serial 24459		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): SIN IGNÍFUGOS		
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	2 4
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD			
PROBETA 1			
Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)	
40	7,20	333,33	
60	10,45	344,50	
80	15,20	315,79	
100	19,05	314,96	
120	22,40	321,43	
140	26,10	321,84	
160	30,27	317,15	
180	36,50	295,89	
200	39,30	305,34	
220	42,05	313,91	
224	44,12	304,62	
260	48,40	322,31	
274	54,10	303,88	
Promedio			316,54

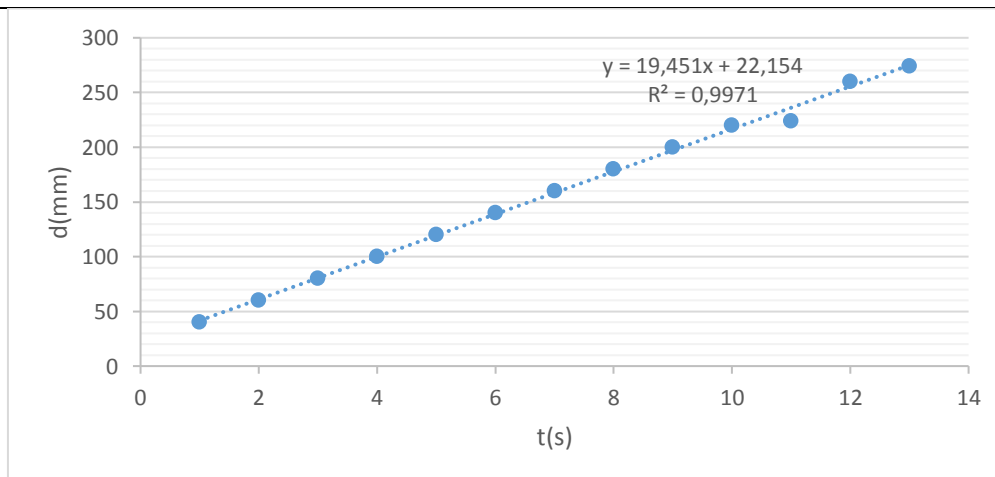
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	7,50	333,33
60	9,28	344,50
80	16,22	315,79
100	18,35	314,96
120	22,15	321,43
140	25,12	321,84
160	31,25	317,15
180	37,58	295,89
200	38,12	305,34
220	44,45	313,91
224	45,15	304,62
260	48,20	322,31
274	55,36	303,88
Promedio		316,54

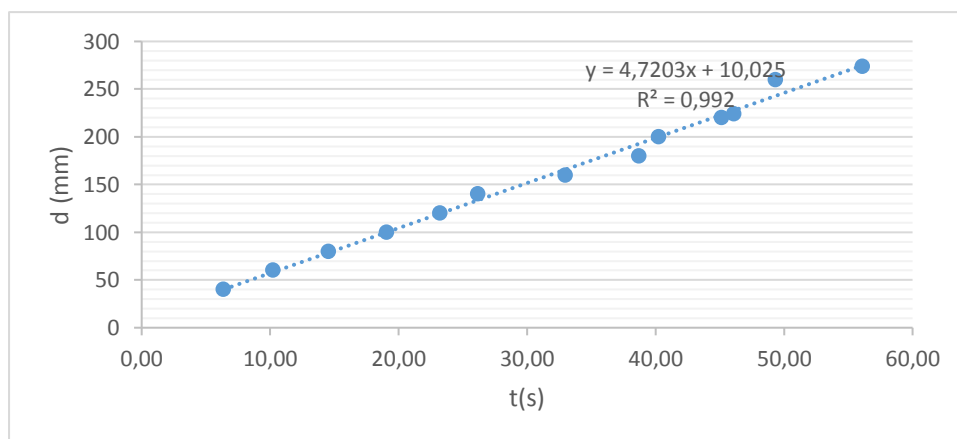
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	6,38	376,18
60	10,25	351,22
80	14,56	329,67
100	19,10	314,14
120	23,22	310,08
140	26,20	320,61
160	33,01	290,82
180	38,70	279,07
200	40,24	298,21
220	45,17	292,23
224	46,10	291,54
260	49,34	316,17
274	56,11	293,00
Promedio		312,53

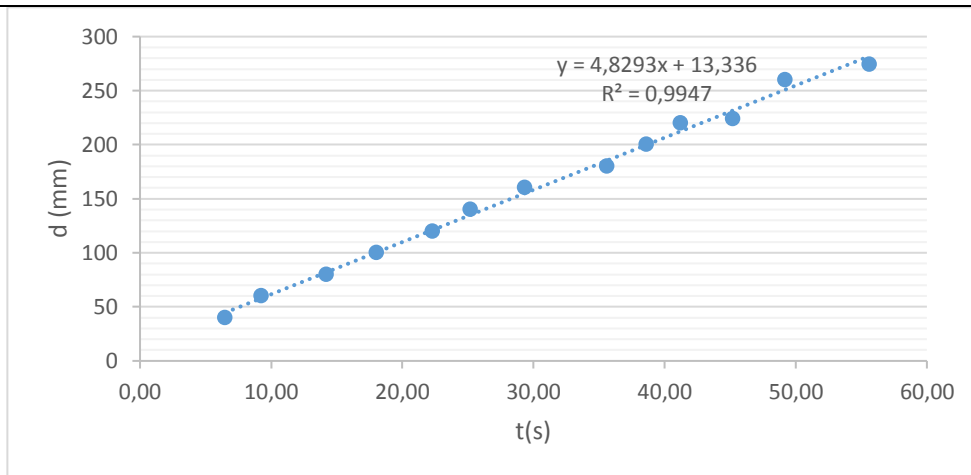
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	6,48	370,37
60	9,25	389,19
80	14,20	338,03
100	18,05	332,41
120	22,30	322,87
140	25,20	333,33
160	29,35	327,09
180	35,60	303,37
200	38,60	310,88
220	41,22	320,23
224	45,20	297,35
260	49,20	317,07
274	55,60	295,68
Promedio		327,53

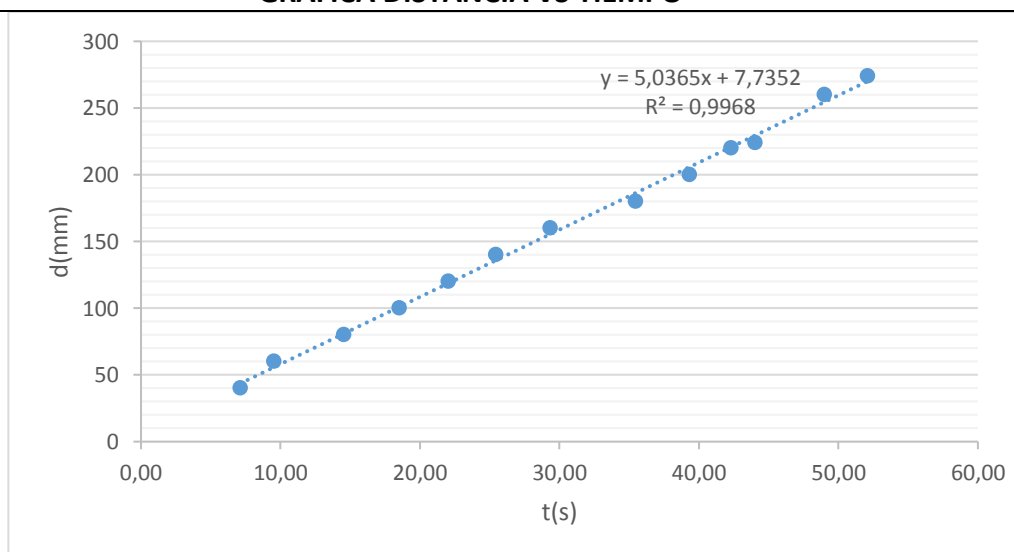
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO




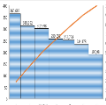
PROBETA 5

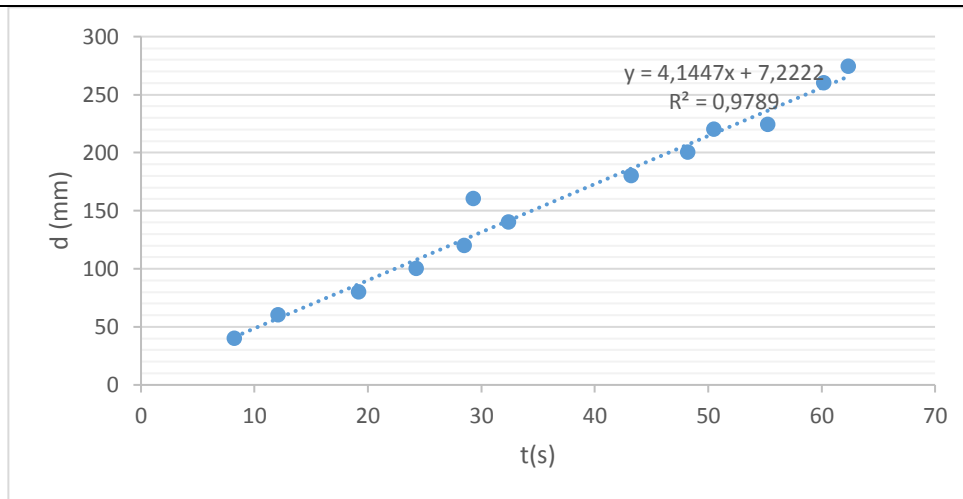
Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	7,10	338,03
60	9,52	378,15
80	14,54	330,12
100	18,52	323,97
120	22,02	326,98
140	25,43	330,32
160	29,32	327,42
180	35,47	304,48
200	39,30	305,34
220	42,30	312,06
224	44,02	305,32
260	49,01	318,30
274	52,10	315,55
Promedio		324,31

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



**Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA;
Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH)₃) al 3%
Combinación A**

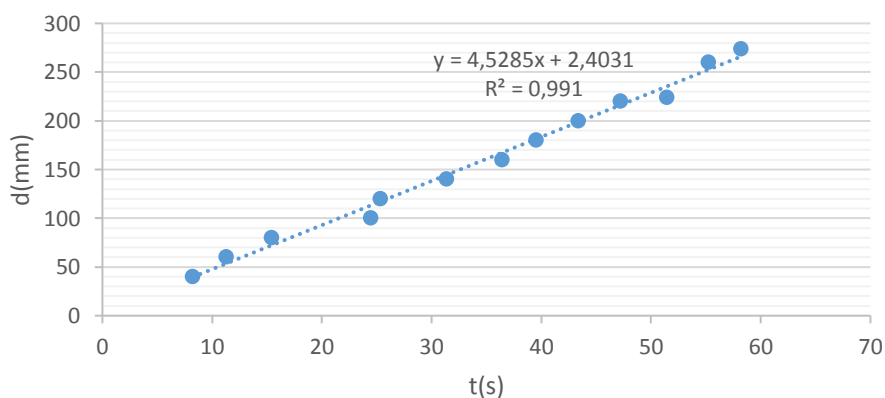
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA		
		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
DATOS INFORMATIVOS:				
Fecha:	19/11/2019	Ciudad:	Ambato	
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus "Huachi"	
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HVM serial 24459			
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio	
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795	
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH) ₃) al 3% Combinación A			
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5	
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	2 4	
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD				
PROBETA 1				
Distancia (mm)	Tiempo (s)		Tasa de combustión B(mm/min)	
40	8,25		290,91	
60	12,1		297,52	
80	19,2		250,00	
100	24,3		246,91	
120	28,52		252,45	
140	32,42		259,10	
160	29,32		327,42	
180	43,22		249,88	
200	48,22		248,86	
220	50,5		261,39	
224	55,25		243,26	
260	60,22		259,05	
274	62,36		263,63	
Promedio			265,41	
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO				



PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	8,2	292,68
60	11,3	318,58
80	15,44	310,88
100	24,48	245,10
120	25,34	284,14
140	31,36	267,86
160	36,42	263,59
180	39,52	273,28
200	43,36	276,75
220	47,22	279,54
224	51,45	261,22
260	55,25	282,35
274	58,22	282,38
Promedio		279,87

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

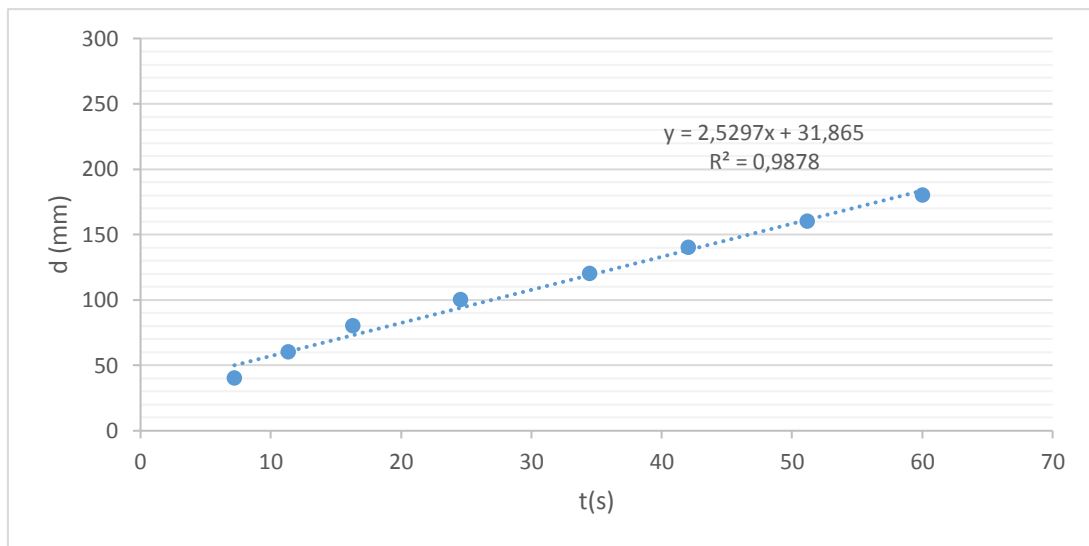


PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	7,2	333,33
60	11,35	317,18

80	16,3	294,48
100	24,56	244,30
120	34,46	208,94
140	42,03	199,86
160	51,17	187,61
180	60,03	179,91
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		245,70

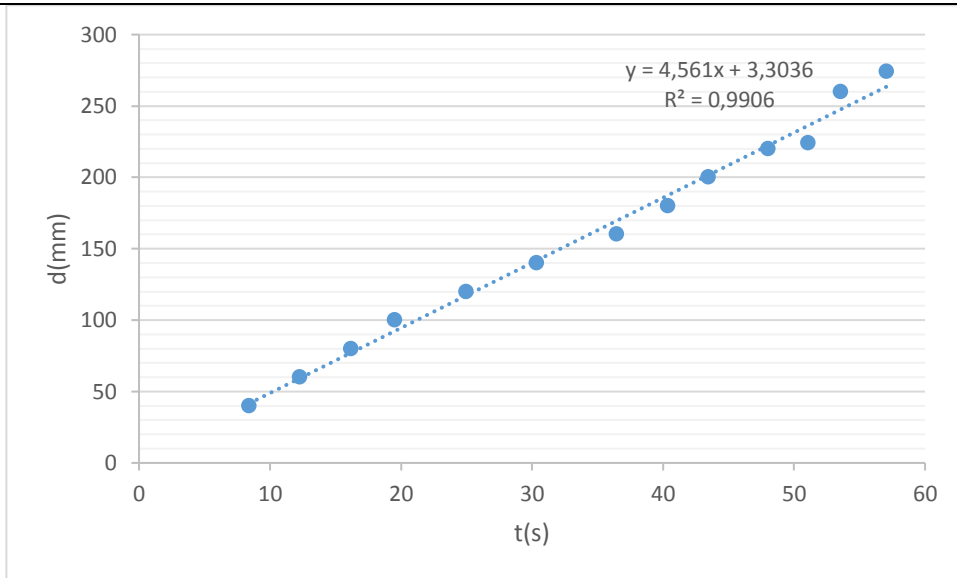
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	8,41	285,37
60	12,3	292,68
80	16,18	296,66
100	19,51	307,53
120	25	288,00
140	30,34	276,86
160	36,46	263,30
180	40,38	267,46
200	43,45	276,18
220	48,02	274,89
224	51,1	263,01
260	53,58	291,15
274	57,07	288,07
Promedio		282,40

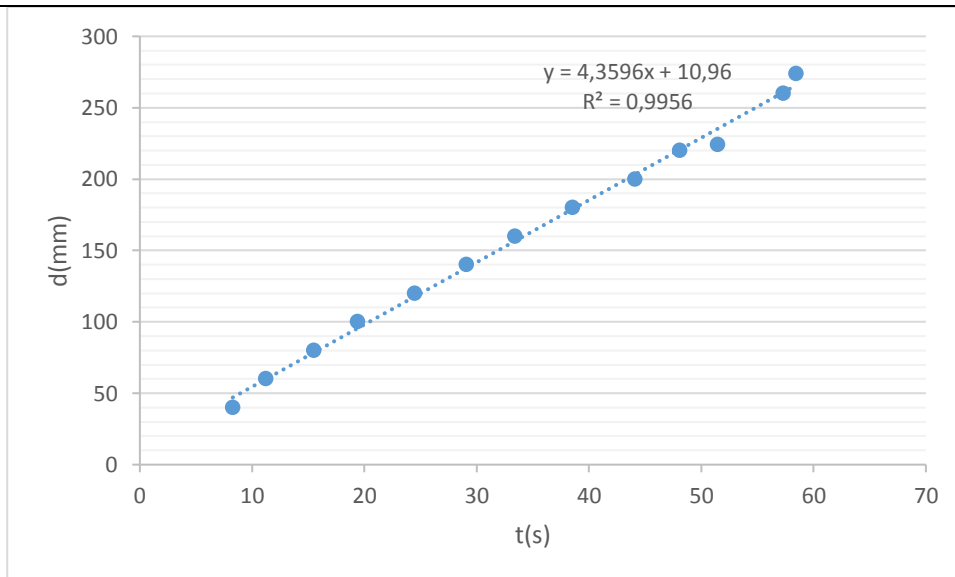
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO





PROBETA 5

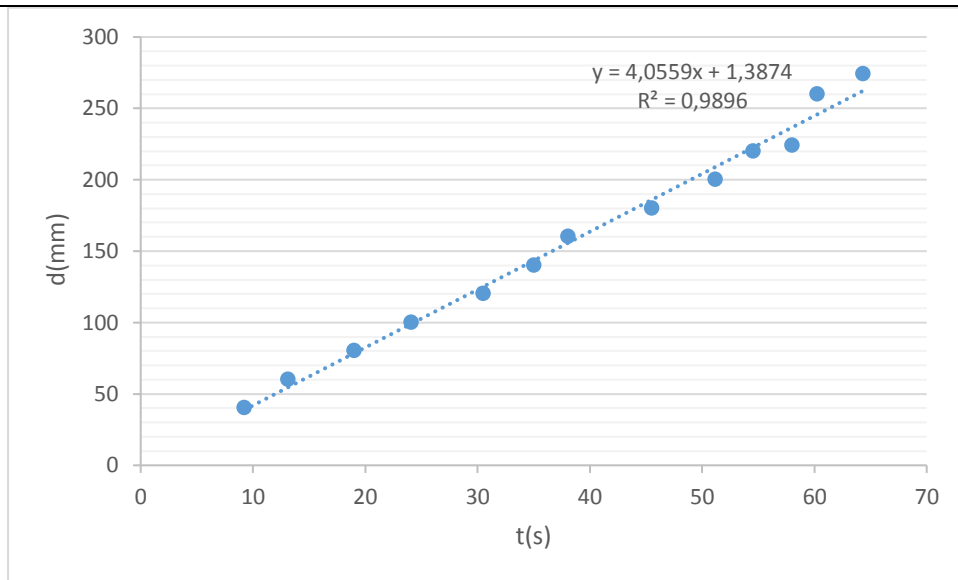
Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	8,27	290,21
60	11,23	320,57
80	15,5	309,68
100	19,4	309,28
120	24,5	293,88
140	29,11	288,56
160	33,4	287,43
180	38,54	280,23
200	44,11	272,05
220	48,1	274,43
224	51,47	261,12
260	57,3	272,25
274	58,45	281,27
Promedio		287,76

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



**Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA;
Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH)₃) al 6%
Combinación B**

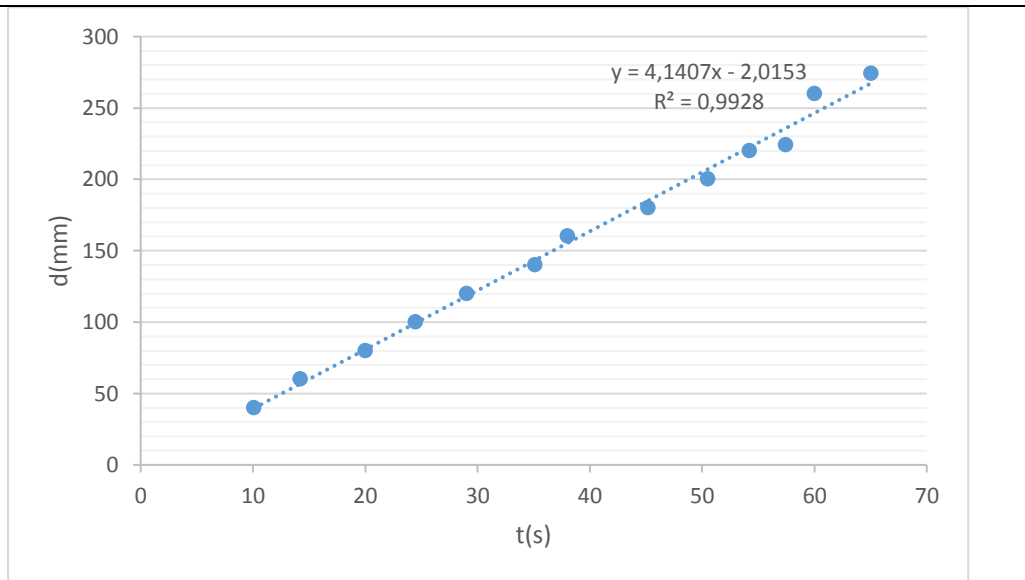
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS					
INGENIERÍA BIOQUÍMICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS:					
Fecha:	20/11/2019	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus "Huachi"		
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HMV serial 24459				
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795		
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH) ₃) al 6% Combinación B				
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5		
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	2 4		
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD					
PROBETA 1					
Distancia (mm)	Tiempo (s)		Tasa de combustión B(mm/min)		
40	9,21		260,59		
60	13,15		273,76		
80	19,02		252,37		
100	24,08		249,17		
120	30,5		236,07		
140	35,04		239,73		
160	38,05		252,30		
180	45,54		237,15		
200	51,19		234,42		
220	54,57		241,89		
224	58,04		231,56		
260	60,25		258,92		
274	64,32		255,60		
Promedio			247,96		
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO					



PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	10,08	238,10
60	14,22	253,16
80	20,01	239,88
100	24,48	245,10
120	29,02	248,10
140	35,1	239,32
160	38,02	252,50
180	45,2	238,94
200	50,52	237,53
220	54,2	243,54
224	57,45	233,94
260	60,02	259,91
274	65,03	252,81
Promedio		244,83

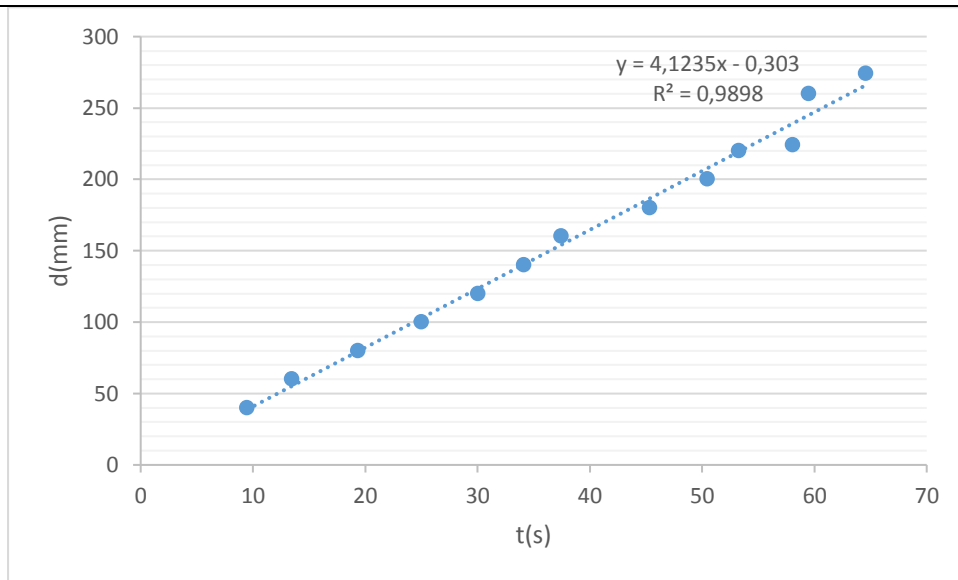
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	9,48	253,16
60	13,45	267,66
80	19,36	247,93
100	25,01	239,90
120	30,03	239,76
140	34,11	246,26
160	37,45	256,34
180	45,35	238,15
200	50,45	237,86
220	53,25	247,89
224	58,06	231,48
260	59,47	262,32
274	64,58	254,57
Promedio		247,95

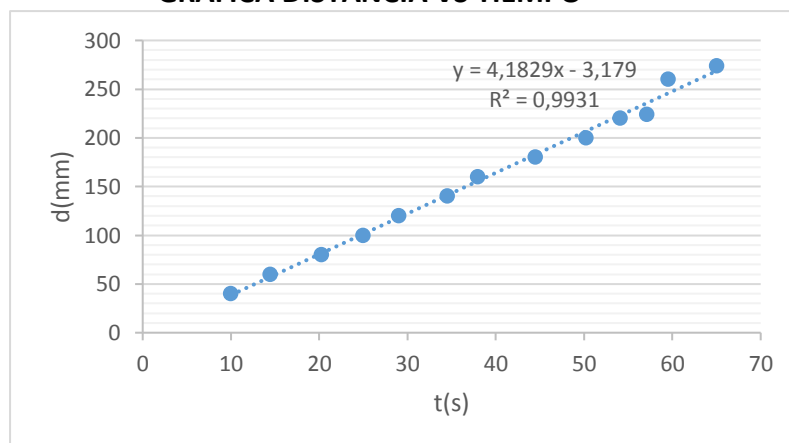
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	10,02	239,52
60	14,48	248,62
80	20,26	236,92
100	25,01	239,90
120	29,02	248,10
140	34,52	243,34
160	38	252,63
180	44,53	242,53
200	50,22	238,95
220	54,12	243,90
224	57,16	235,13
260	59,52	262,10
274	65,02	252,85
Promedio		244,96

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

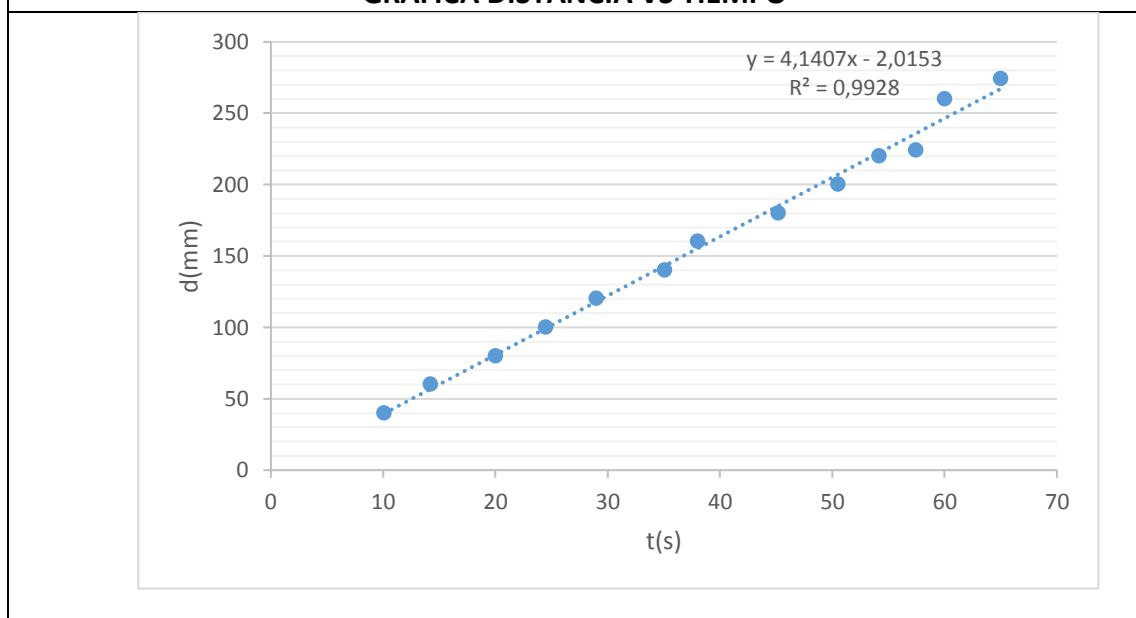


PROBETA 5



Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	10,08	238,10

60	14,22	253,16
80	20,01	239,88
100	24,48	245,10
120	29,02	248,10
140	35,1	239,32
160	38,02	252,50
180	45,2	238,94
200	50,52	237,53
220	54,2	243,54
224	57,45	233,94
260	60,02	259,91
274	65,03	252,81
Promedio		244,83

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH)₃) al 9% Combinación C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	21/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus "Huachi"
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HMV serial 24459		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795

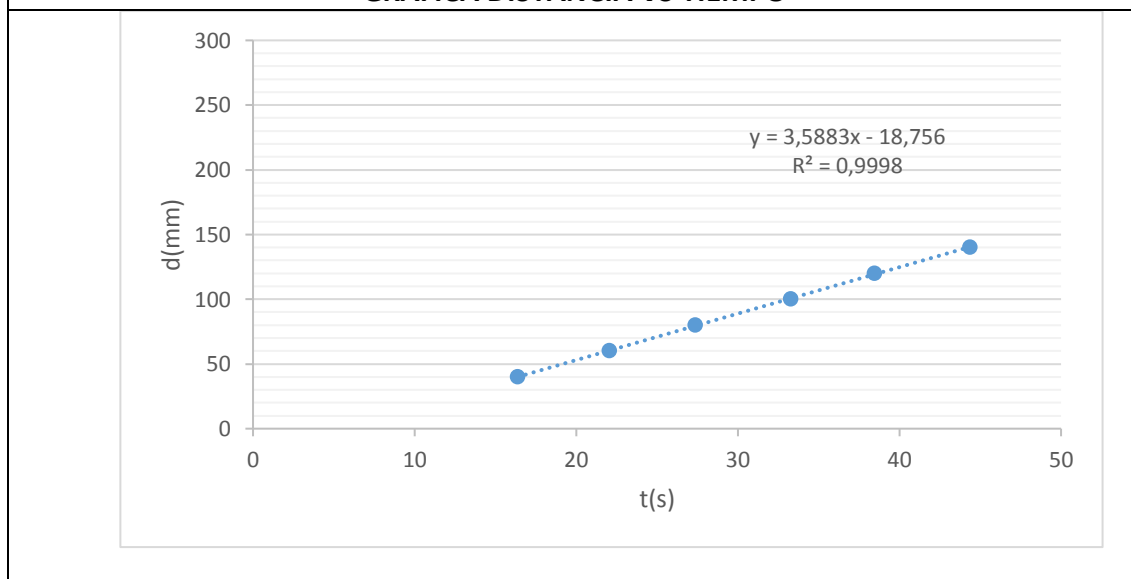
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Aluminio (Al(OH)3) al 9% Combinación C		
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas :	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	2 4

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD

PROBETA 1

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	16,37	146,61
60	22,05	163,27
80	27,35	175,50
100	33,28	180,29
120	38,45	187,26
140	44,35	189,40
160	0	0
180	0	0
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		173,72

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

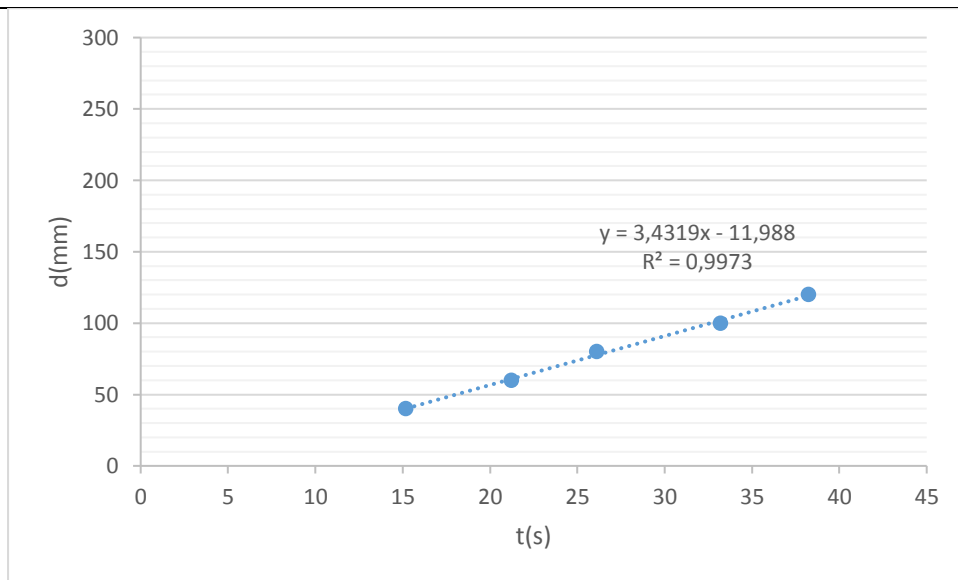


PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	15,2	157,89
60	21,22	169,65
80	26,12	183,77

100	33,22	180,61
120	38,26	188,19
140	0	0
160	0	0
180	0	0
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		176,02

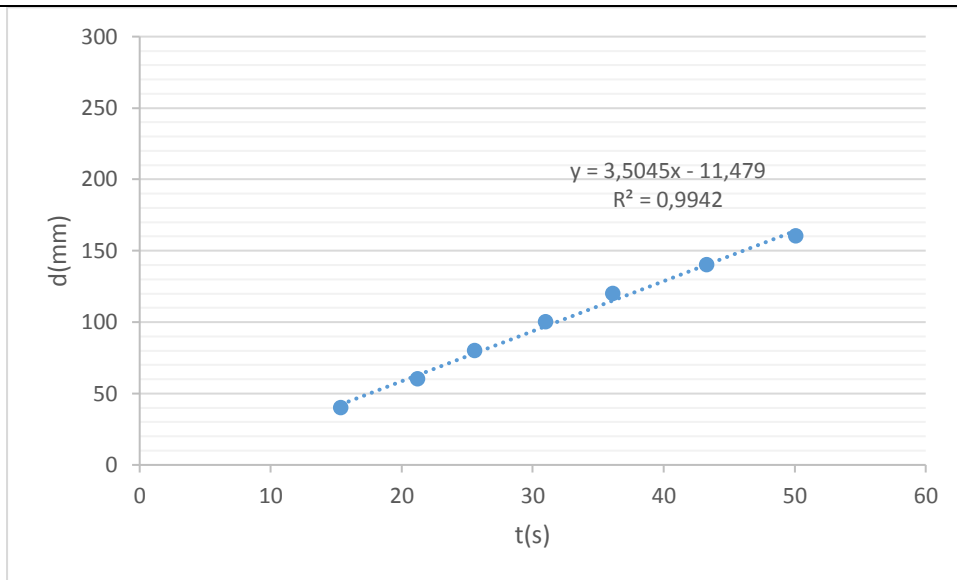
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	15,35	156,35
60	21,23	169,57
80	25,58	187,65
100	31,02	193,42
120	36,12	199,34
140	43,28	194,09
160	50,09	191,66
180	0	0
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		184,58

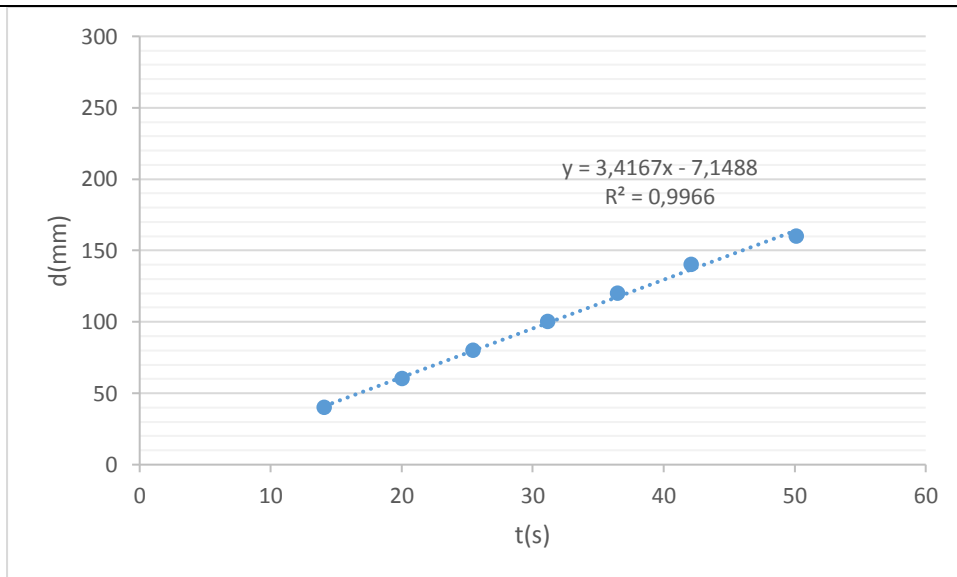
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

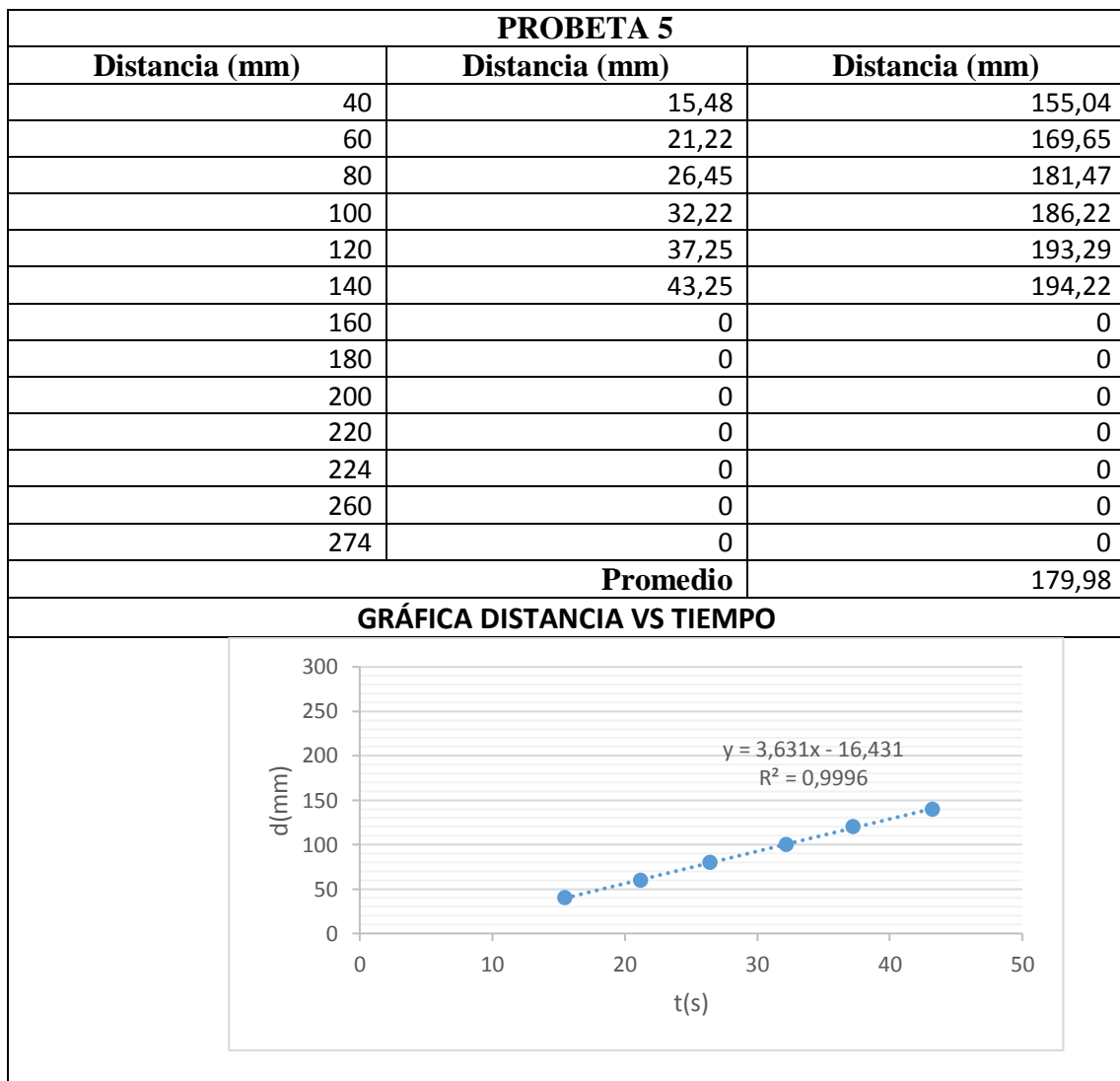


PROBETA 4


Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	14,09	170,33
60	20,03	179,73
80	25,48	188,38
100	31,17	192,49
120	36,49	197,31
140	42,11	199,48
160	50,15	191,43
180	0	0
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		188,45

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO





Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂) al 3% Combinación D

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	22/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica		Campus "Huachi"
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HVM serial 24459		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad d	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂) al 3% Combinación D		

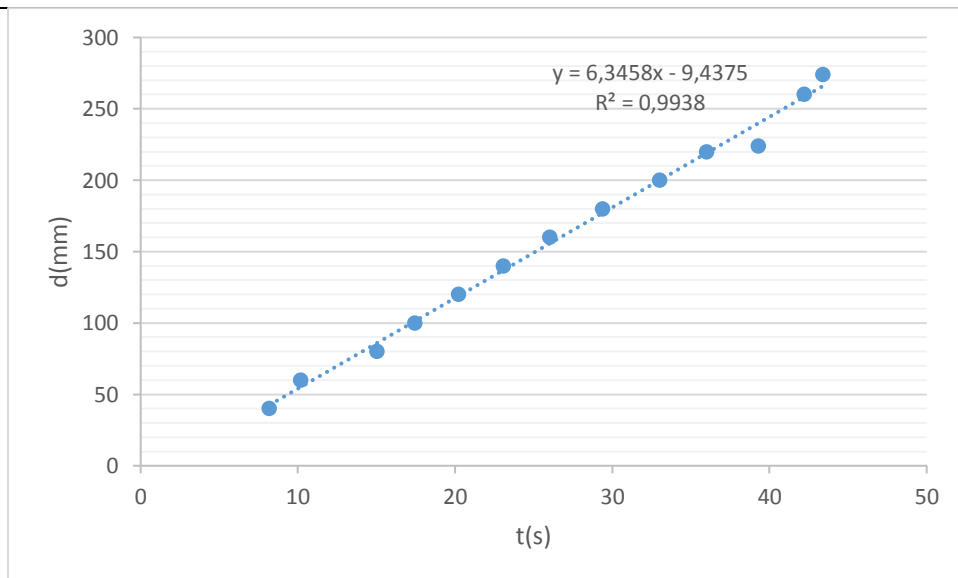
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas :	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD

PROBETA 1

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	8,2	292,68
60	10,18	353,63
80	15,06	318,73
100	17,46	343,64
120	20,22	356,08
140	23,09	363,79
160	26,03	368,81
180	29,4	367,35
200	33,04	363,20
220	36,01	366,56
224	39,32	341,81
260	42,21	369,58
274	43,42	378,63
Promedio		352,65

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

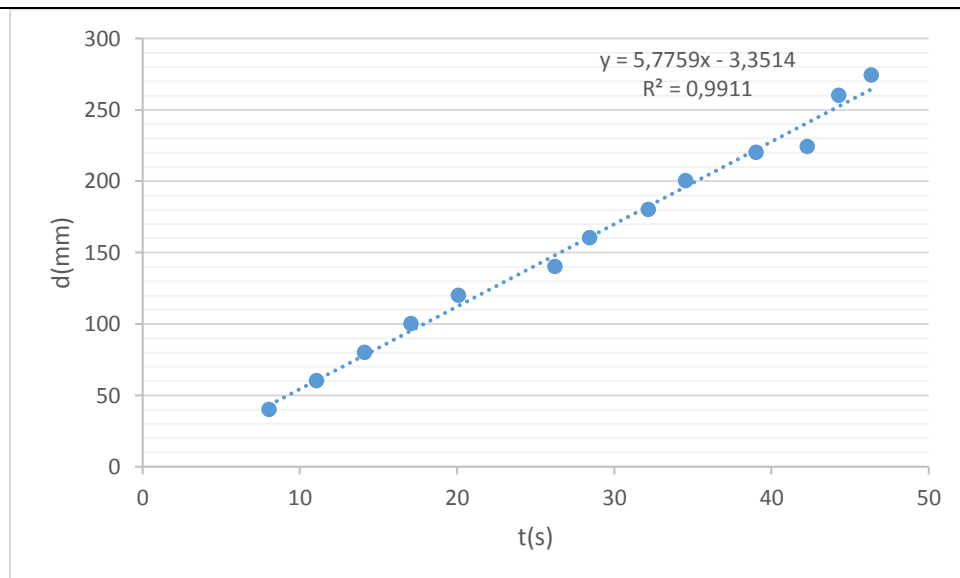


PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	8,05	298,14
60	11,06	325,50
80	14,14	339,46
100	17,09	351,08

120	20,1	358,21
140	26,23	320,24
160	28,44	337,55
180	32,17	335,72
200	34,57	347,12
220	39,05	338,03
224	42,3	317,73
260	44,28	352,30
274	46,37	354,54
Promedio		336,59

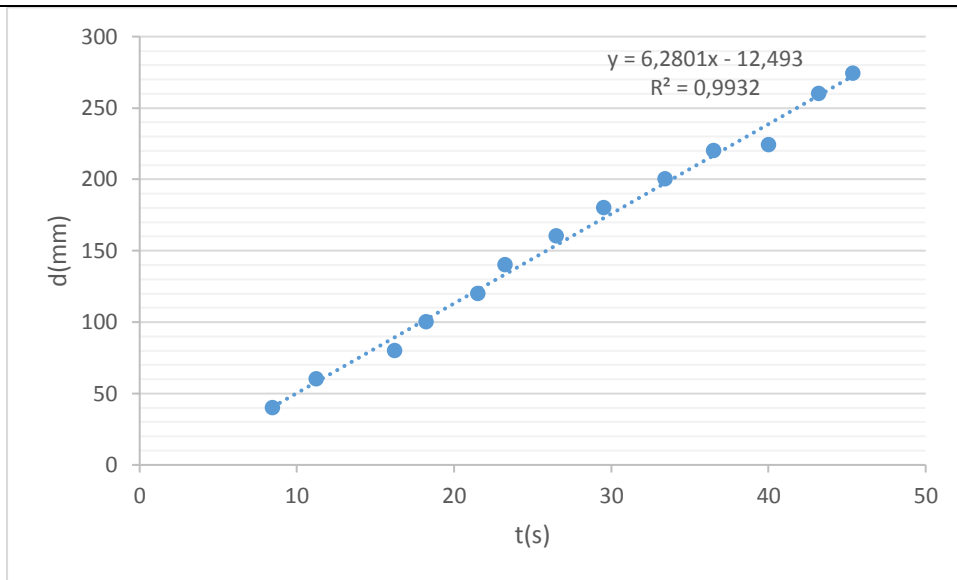
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	8,45	284,02
60	11,25	320,00
80	16,22	295,93
100	18,22	329,31
120	21,52	334,57
140	23,25	361,29
160	26,52	361,99
180	29,52	365,85
200	33,45	358,74
220	36,52	361,45
224	40,03	335,75
260	43,22	360,94
274	45,39	362,19
Promedio		340,93

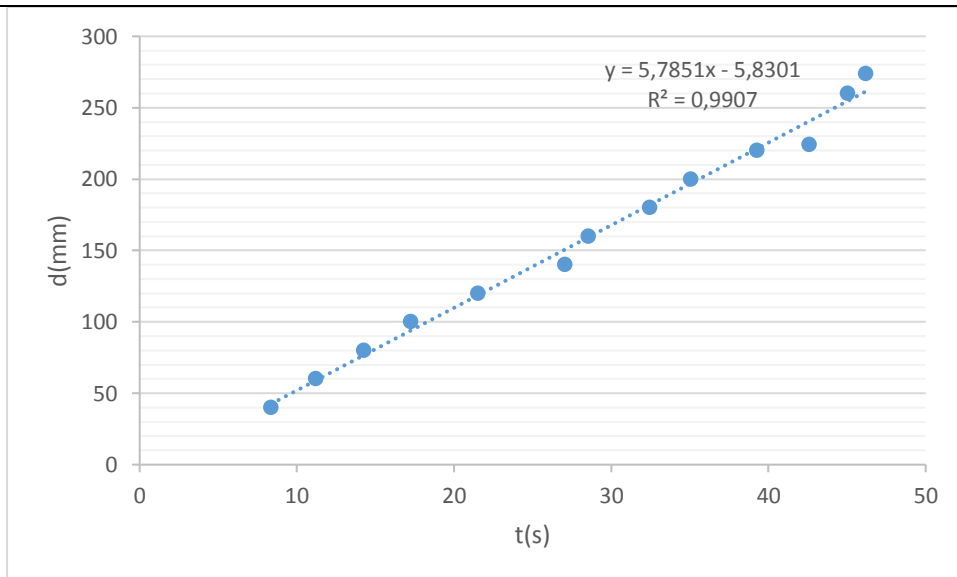
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

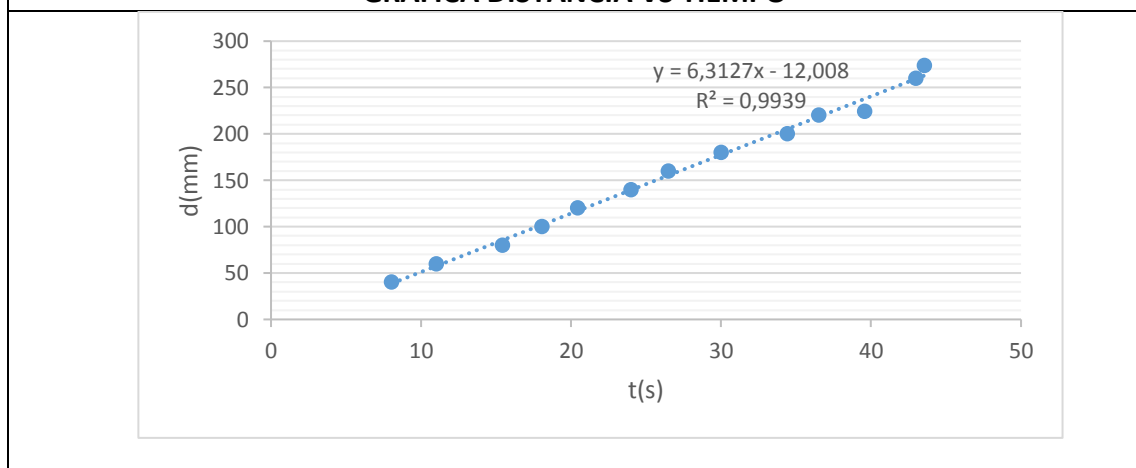
Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	8,36	287,08
60	11,22	320,86
80	14,25	336,84
100	17,26	347,62
120	21,54	334,26
140	27,05	310,54
160	28,55	336,25
180	32,45	332,82
200	35,05	342,37
220	39,28	336,05
224	42,59	315,57
260	45,04	346,36
274	46,2	355,84
Promedio		330,96

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 5		
Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	8,06	297,77
60	11,05	325,79
80	15,45	310,68
100	18,08	331,86
120	20,45	352,08
140	24,01	349,85
160	26,52	361,99
180	30,01	359,88
200	34,42	348,63
220	36,52	361,45
224	39,58	339,57
260	43,01	362,71
274	43,58	377,24
Promedio		344,58

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂) al 6% Combinación E

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	25/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus "Huachi"	
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HMV serial 24459		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂) al 6% Combinación E		

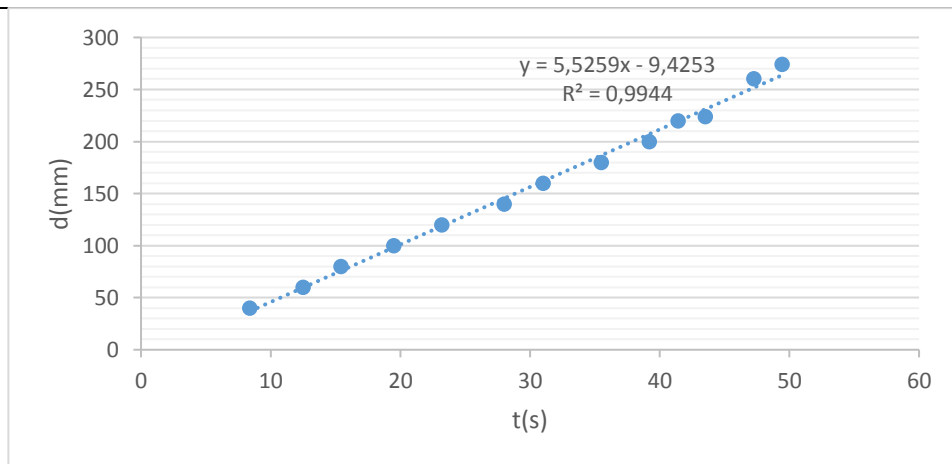
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas :	5
Humedad relativa (%):	55	Temperatura (°C):	24

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD

PROBETA 1

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	8,4	285,71
60	12,52	287,54
80	15,45	310,68
100	19,52	307,38
120	23,22	310,08
140	28,01	299,89
160	31,05	309,18
180	35,52	304,05
200	39,23	305,89
220	41,45	318,46
224	43,52	308,82
260	47,26	330,09
274	49,45	332,46
Promedio		308,48

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

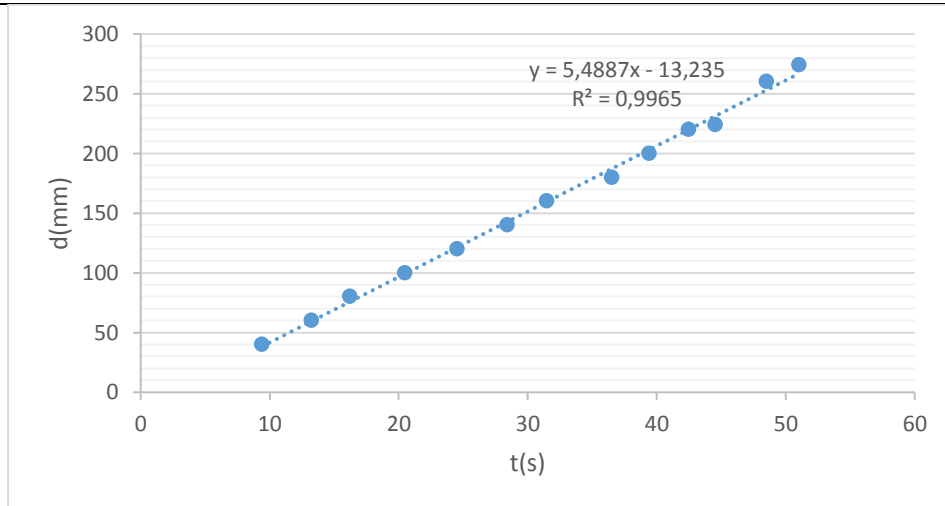


PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	9,4	255,32
60	13,23	272,11
80	16,22	295,93
100	20,5	292,68
120	24,54	293,40
140	28,42	295,57
160	31,47	305,05

180	36,52	295,73
200	39,41	304,49
220	42,47	310,81
224	44,54	301,75
260	48,53	321,45
274	51,05	322,04
Promedio		297,41

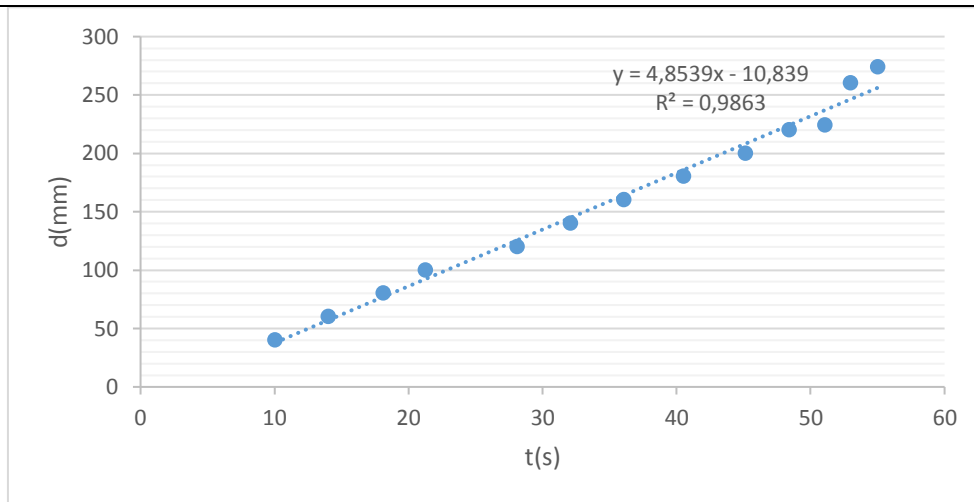
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	10,05	238,81
60	14,03	256,59
80	18,12	264,90
100	21,28	281,95
120	28,11	256,14
140	32,1	261,68
160	36,07	266,15
180	40,54	266,40
200	45,17	265,66
220	48,41	272,67
224	51,1	263,01
260	53,01	294,28
274	55,03	298,75
Promedio		268,23

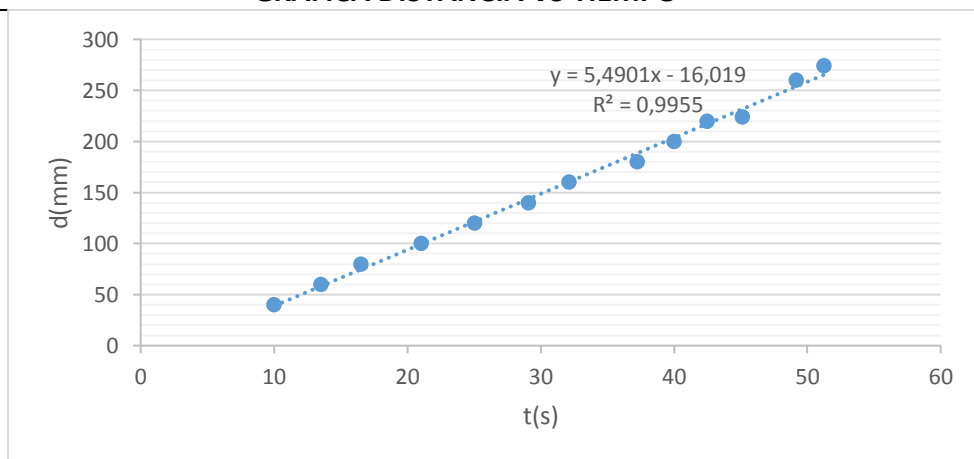
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	10,02	239,52
60	13,54	265,88
80	16,52	290,56
100	21,06	284,90
120	25,06	287,31
140	29,09	288,76
160	32,12	298,88
180	37,26	289,86
200	40,01	299,93
220	42,51	310,52
224	45,15	297,67
260	49,2	317,07
274	51,25	320,78
Promedio		291,66

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

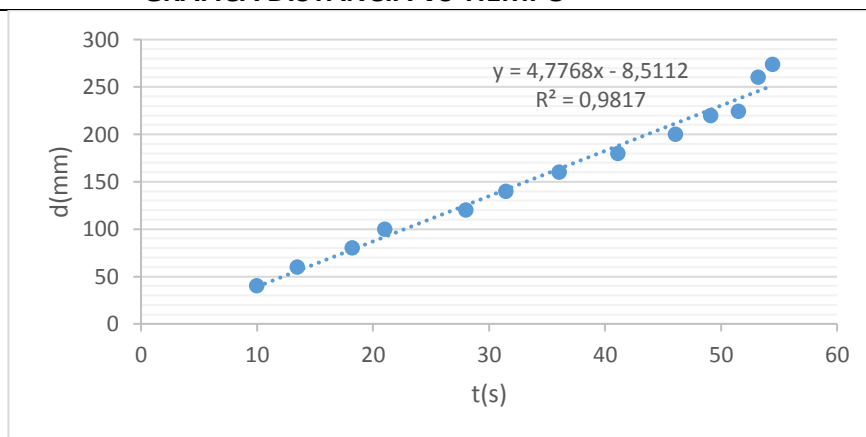


PROBETA 5


Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	10	240,00
60	13,49	266,86
80	18,25	263,01

100	21,02	285,44
120	28,05	256,68
140	31,48	266,84
160	36,1	265,93
180	41,12	262,65
200	46,12	260,19
220	49,15	268,57
224	51,52	260,87
260	53,25	292,96
274	54,45	301,93
Promedio		268,61

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



Ficha de reporte de las pruebas de inflamabilidad; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)2) al 9%Combinación F

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS			
INGENIERÍA BIOQUÍMICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	26/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus "Huachi"	
Máquina:	Banco de pruebas UTA Modelo HVM serial 24459		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Prueba de Inflamabilidad	Norma:	ISO 3795
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja): Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)2) al 9%Combinación F		
Dimensiones (mm):	356 x 70 x 8	Nº de probetas:	5

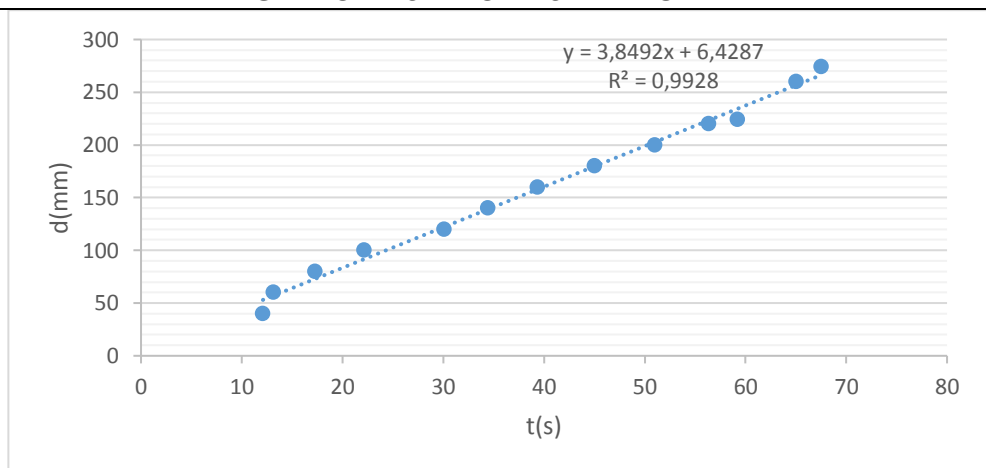
Humedad relativa (%):	55	Temperatura	2
		a	4
		(°C):	

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD

PROBETA 1

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	12,1	198,35
60	13,15	273,76
80	17,33	276,98
100	22,16	270,76
120	30,12	239,04
140	34,45	243,83
160	39,38	243,78
180	45,05	239,73
200	51,03	235,16
220	56,36	234,21
224	59,22	226,95
260	65,07	239,74
274	67,53	243,45
Promedio		243,52

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

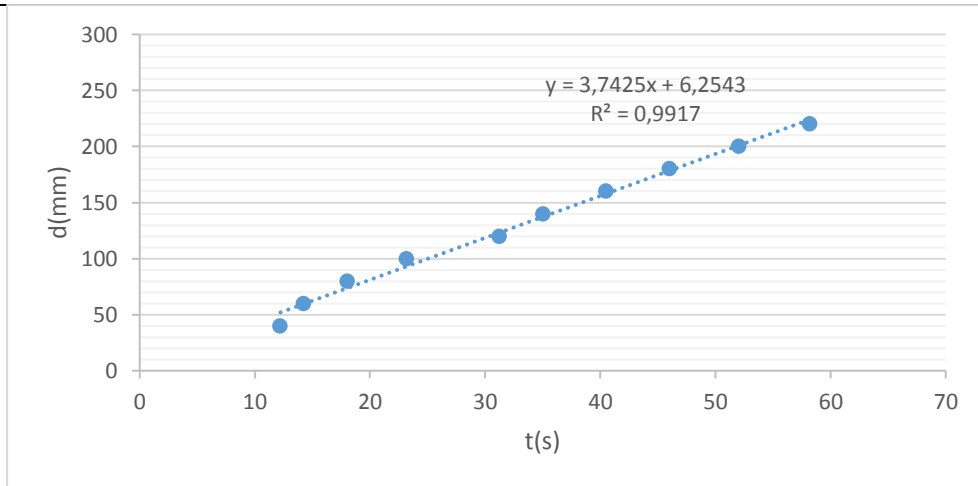


PROBETA 2

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	12,22	196,40
60	14,23	252,99
80	18,02	266,37
100	23,16	259,07
120	31,22	230,62
140	35,02	239,86
160	40,52	236,92
180	46,02	234,68
200	52,02	230,68
220	58,22	226,73
224	0	0

260	0	0
274	0	0
Promedio		237,43

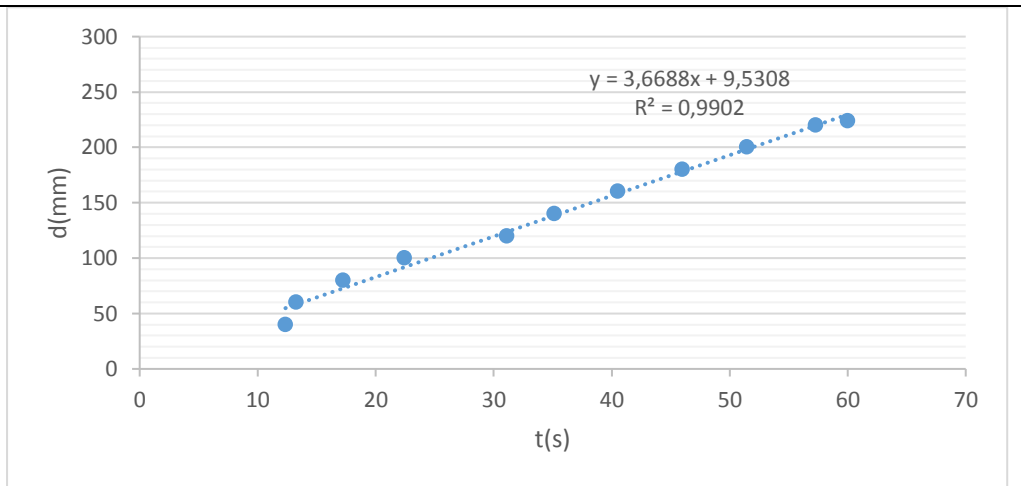
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 3

Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	12,35	194,33
60	13,25	271,70
80	17,22	278,75
100	22,45	267,26
120	31,12	231,36
140	35,16	238,91
160	40,52	236,92
180	46,01	234,73
200	51,45	233,24
220	57,27	230,49
224	60,02	223,93
260	0	0
274	0	0
Promedio		240,15

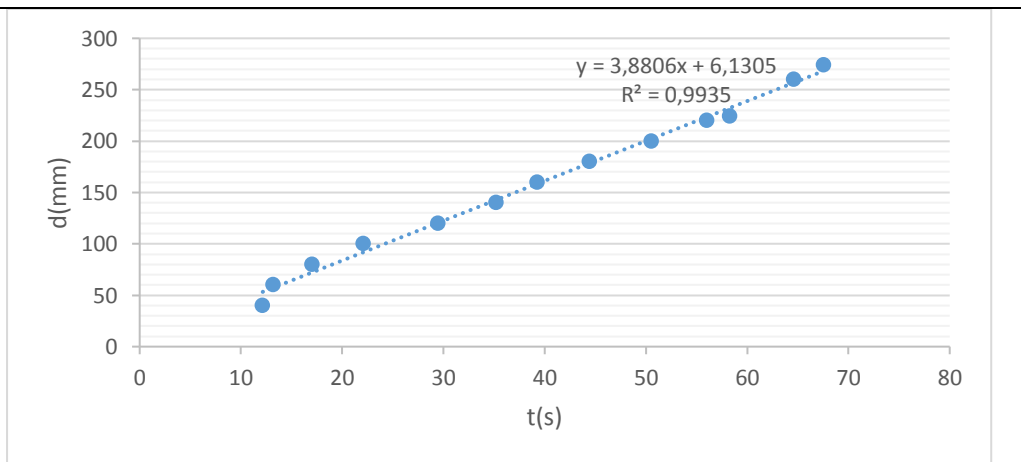
GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



PROBETA 4

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	12,15	197,53
60	13,2	272,73
80	17,02	282,02
100	22,08	271,74
120	29,45	244,48
140	35,22	238,50
160	39,25	244,59
180	44,45	242,97
200	50,52	237,53
220	56,02	235,63
224	58,26	230,69
260	64,59	241,52
274	67,58	243,27
Promedio		244,86

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO

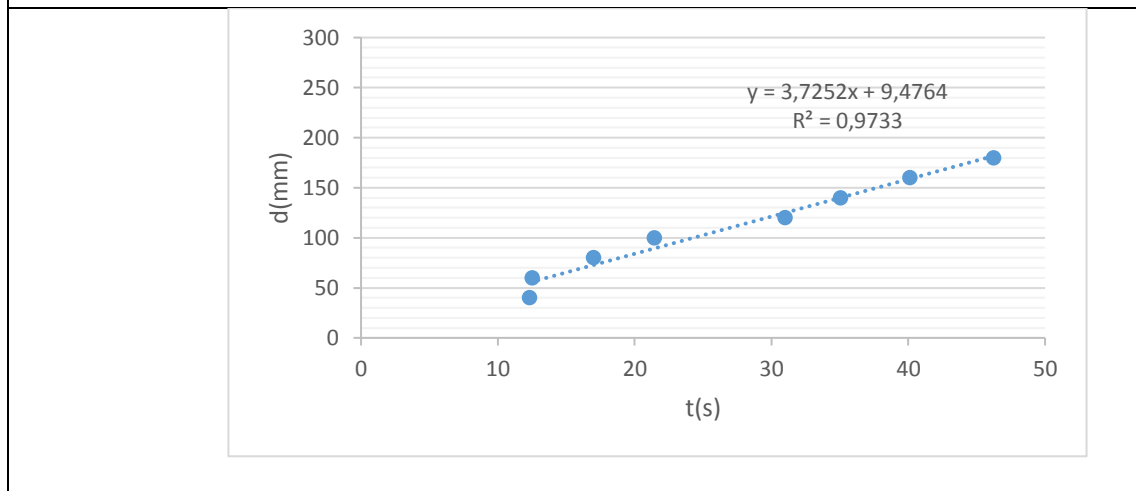


PROBETA 5

Distancia (mm)	Distancia (mm)	Distancia (mm)
40	12,36	194,17
60	12,55	286,85
80	17,02	282,02



100	21,45	279,72
120	31,02	232,11
140	35,09	239,38
160	40,14	239,16
180	46,25	233,51
200	0	0
220	0	0
224	0	0
260	0	0
274	0	0
Promedio		248,37

GRÁFICA DISTANCIA VS TIEMPO



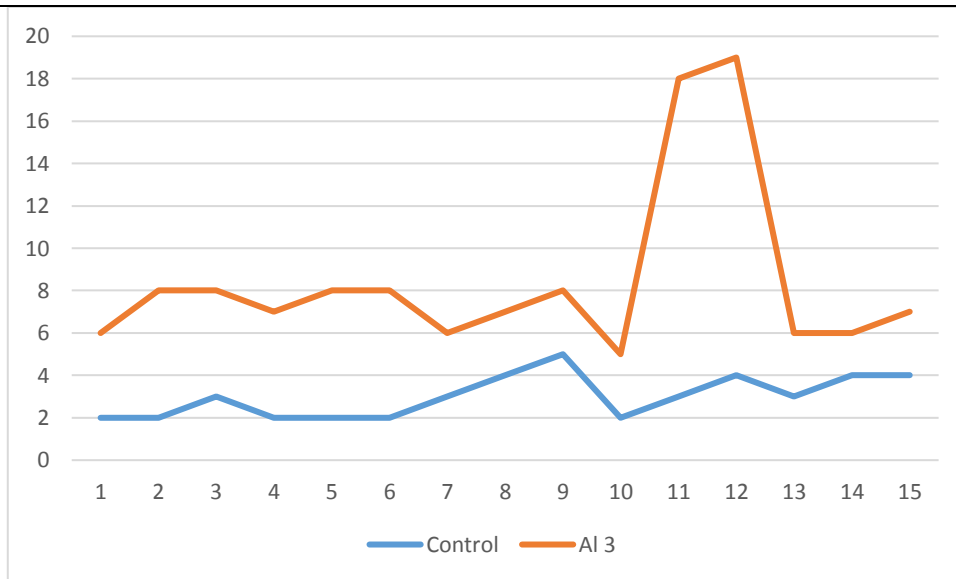
Anexo 2 Fichas de reporte de ensayo de presencia de CO

Ficha de reporte de las pruebas de presencia de CO; Banco de pruebas UTA; Material Compuesto (Paja)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS		
	INGENIERÍA BIOQUÍMICA		
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	26/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	UTA - Laboratorio de Ing. Mecánica	Campus "Huachi"	
Máquina:	FYRITE INSIGHT PLUS		
Realizado por:	Diana Pozo	Revisado por:	Personal del laboratorio
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Ensayo:	Pruebas de presencia de CO		
Tipo de material:	Material Compuesto (Paja)		
RESULTADOS			
1			
Probeta	Control	Hidróxido de aluminio 3%	

1	2	6
1	2	8
1	3	8
2	2	7
2	2	8
2	2	8
3	3	6
3	4	7
3	5	8
4	2	5
4	3	18
4	4	19
5	3	6
5	4	6
5	4	7
Promedio	3	8

GRÁFICA COMPARATIVA

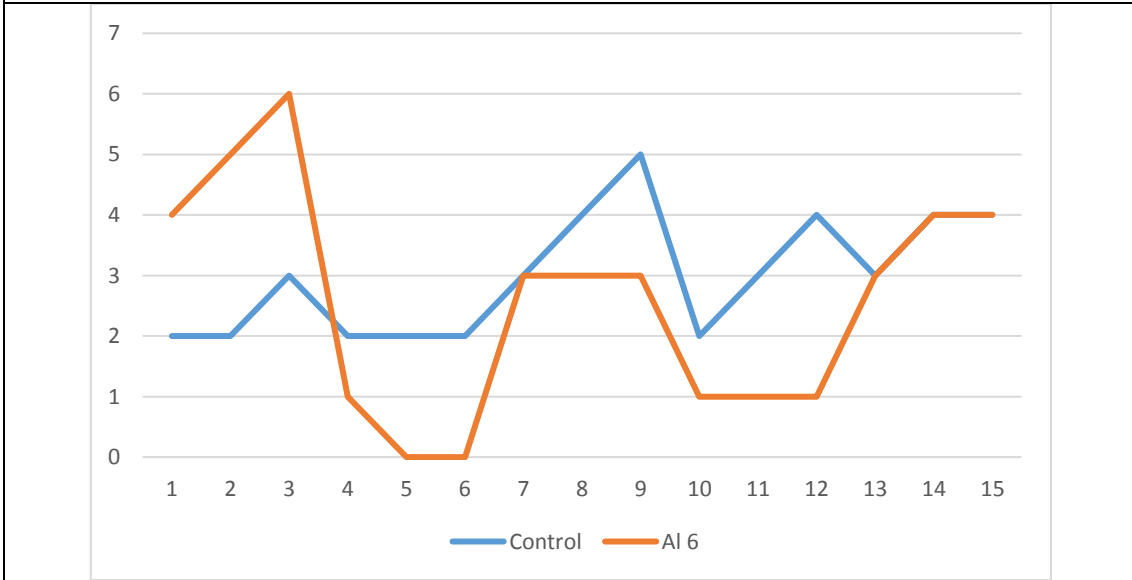


2

Probeta	Control	Hidróxido de aluminio 6%
1	2	4
1	2	5
1	3	6
2	2	1
2	2	0
2	2	0
3	3	3
3	4	3
3	5	3
4	2	1
4	3	1
4	4	1
5	3	3
5	4	4

	5	4	4
Promedio		3	3

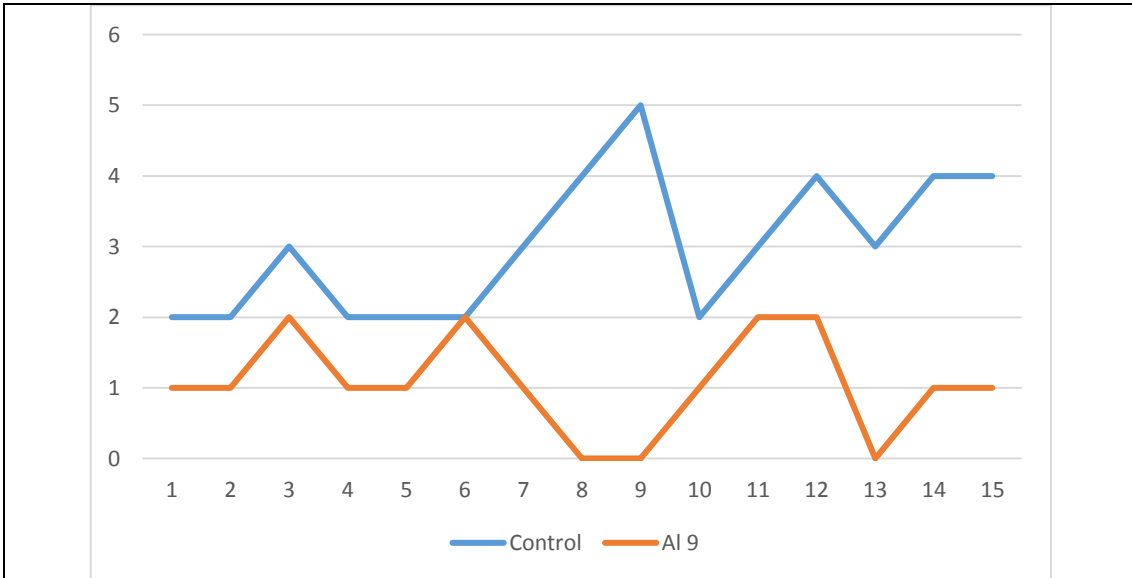
GRÁFICA COMPARATIVA



3

Probeta	Control	Hidróxido de aluminio 9%
1	2	1
1	2	1
1	3	2
2	2	1
2	2	1
2	2	2
3	3	1
3	4	0
3	5	0
4	2	1
4	3	2
4	4	2
5	3	0
5	4	1
5	4	1
Promedio	3	1

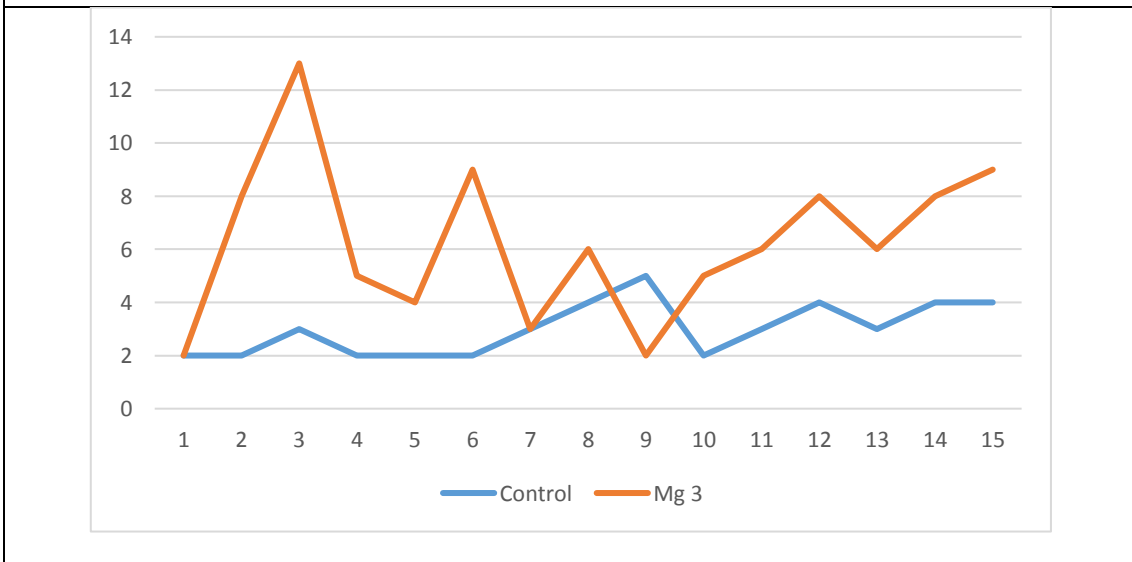
GRÁFICA COMPARATIVA



4

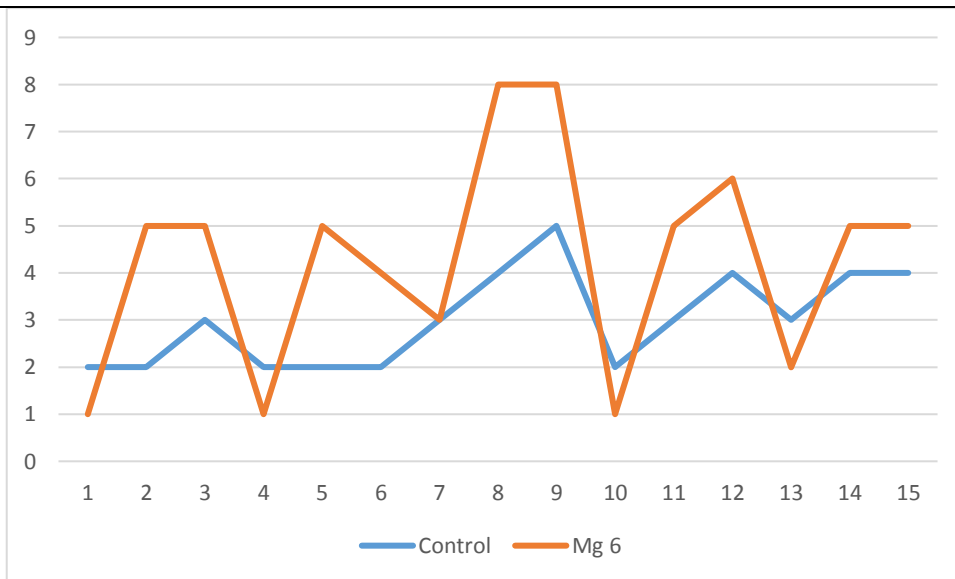
Probeta	Control	Hidróxido de Magnesio 3%
1	2	2
1	2	8
1	3	13
2	2	5
2	2	4
2	2	9
3	3	3
3	4	6
3	5	2
4	2	5
4	3	6
4	4	8
5	3	6
5	4	8
5	4	9
Promedio	3	6

GRÁFICA COMPARATIVA

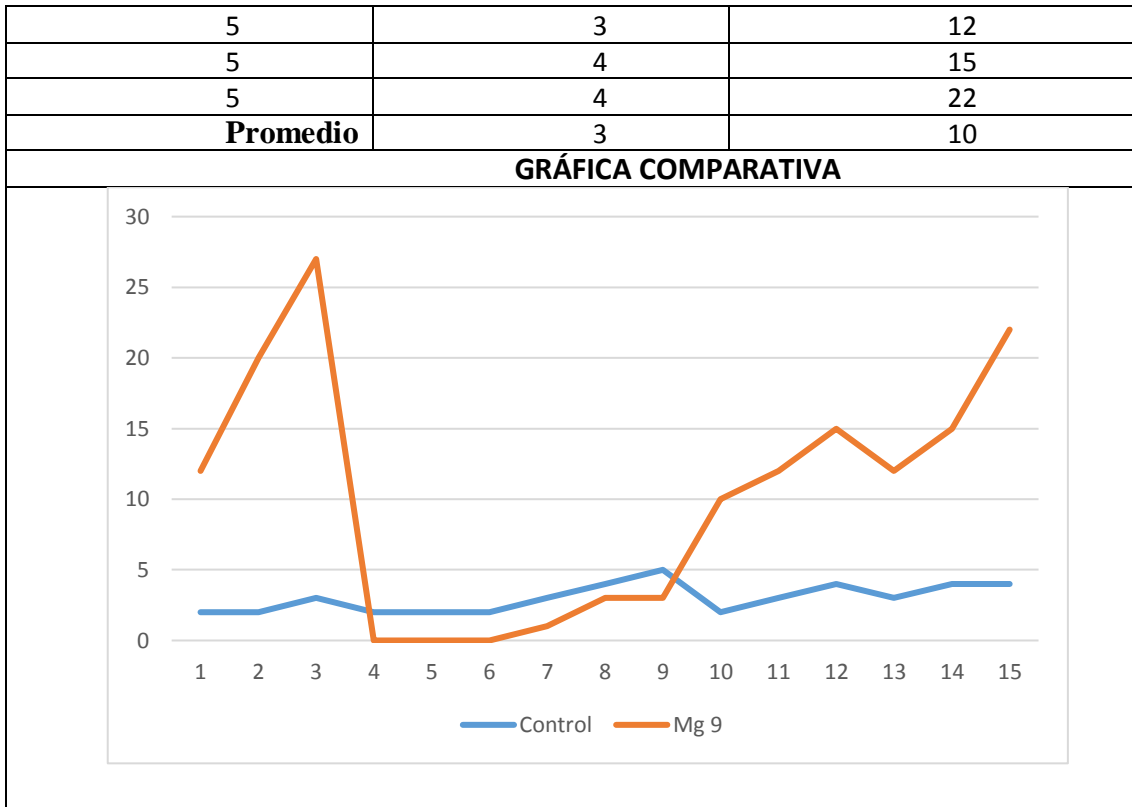


5		
Probeta	Control	Hidróxido de Magnesio 6%
1	2	1
1	2	5
1	3	5
2	2	1
2	2	5
2	2	4
3	3	3
3	4	8
3	5	8
4	2	1
4	3	5
4	4	6
5	3	2
5	4	5
5	4	5
Promedio	3	4

GRÁFICA COMPARATIVA



6		
Probeta	Control	Hidróxido de Magnesio 9%
1	2	12
1	2	20
1	3	27
2	2	0
2	2	0
2	2	0
3	3	1
3	4	3
3	5	3
4	2	10
4	3	12
4	4	15



Anexo 3 Cálculos demostrativos

Fórmula para calcular B (Tasa de combustión) mm/min

$$B = \frac{s}{t} * 60$$

s= Distancia quemada en milímetros

t= Tiempo, en segundos

$$B = \frac{40}{7,20} * 60$$

$$B = 333,33$$

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD		
PROBETA 1		
Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión B(mm/min)
40	7,20	333,33

60	10,45	344,50
80	15,20	315,79
100	19,05	314,96
120	22,40	321,43
140	26,10	321,84
160	30,27	317,15
180	36,50	295,89
200	39,30	305,34
220	42,05	313,91
224	44,12	304,62
260	48,40	322,31
274	54,10	303,88

Anexo 4 Fotos de la parte experimental



Gráfico 1 Recolección de materia prima

Gráfico 2 Limpieza de materia prima



Gráfico 3 Preparación del molde

Gráfico 4 Mezcla de resina e hidróxidos



Gráfico 5 Preparación de probetas



Gráfico 6 Probetas de molde



Gráfico 7 Corte de probetas



Gráfico 8 Probetas cortadas dimensionalmente



Gráfico 9 Cabina inflamabilidad Horizontal

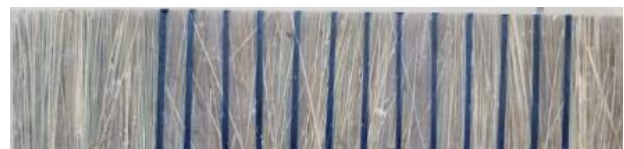


Gráfico 10 Trazo de distancia



Gráfico 11 Ingreso de probeta a Cabina



Gráfico 12 Instalación de equipo FYRITE INSIGHT PLUS



Gráfico 13 Probeta combustionada en soporte



Gráfico 14 Resultado de combustión