



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FILTRO DE LANA Y UNO DE
ACETATO DE CELULOSA PARA RETENER EL CO₂ Y CO”.**

Autor:

JOHNNY ALEJANDRO YAR MORA

Director:

MSc. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

IBARRA - ECUADOR

2019 - 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040186928-4	
APELLIDOS Y NOMBRES:	YAR MORA JOHNNY ALEJANDRO	
DIRECCIÓN:	San Gabriel, Fernández Salvador, Oswaldo Cisneros y 26 de noviembre	
EMAIL:	johhnyyar.1402@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	063011503	TELÉFONO MÓVIL: 0980036406

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FILTRO DE LANA Y UNO DE ACETATO DE CELULOSA PARA RETENER EL CO ₂ Y CO"
AUTOR(ES):	Yar Mora Johnny Alejandro
FECHA:	06 de diciembre del 2019
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:	Ingeniería Textil
ASESOR/DIRECTOR	MSc. Willam Esparza

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de diciembre de 2019

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Johnny Alejandro Yar Mora

CI: 040186928-4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, Johnny Alejandro Yar Mora, con cedula de identidad N° 040186928-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la “Universidad Técnica del Norte”, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

En la ciudad de Ibarra, diciembre del 2019

EL AUTOR:



.....

Johnny Alejandro Yar Mora

C.I. 040186928-4

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FILTRO DE LANA Y UNO DE ACETATO DE
CELULOSA PARA RETENER EL CO₂ Y CO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Willam Esparza director de la tesis de grado desarrollada por el señor estudiante Johnny Alejandro Yar Mora.

CERTIFICO

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Textil con el tema: “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FILTRO DE LANA Y UNO DE ACETATO DE CELULOSA PARA RETENER EL CO₂ Y CO”, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Johnny Alejandro Yar Mora, con cédula de identidad 040186928-4, bajo mi dirección. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluida en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autorizo su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.


MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Elena Mora y Ruperto Yar, quienes me han sabido guiar por el camino correcto, han sido mi ejemplo a seguir de rectitud y trabajo, quienes han puesto mi bienestar sobre el suyo en todo momento, y sé que sin ellos nada de esto sería posible.

A mis hermanos quienes siempre con sus consejos y palabras de apoyo, me han ayudado a mantenerme de pie cuando más quise abandonar.

A mis compañeros y amigos con los cuales compartimos entrañables momentos y protagonizamos gratas anécdotas que siempre recordare.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, pues ha sido mi refugio cuando más agobiado estaba, y como se me ha inculcado de su mano lo imposible se hace posible.

A mi madre, mi viejita linda, quien me ha enseñado que, para sobresalir en la vida, depende de la determinación y esfuerzo de uno mismo, me enseñó sobre todo a ser persona, lo que define a un profesional no es su título sino su educación.

A mi padre, la persona más honesta y trabajadora que conozco, mi ejemplo de determinación, humildad y coraje.

A mi director de Tesis el magister Willam Esparza, quien me ha brindado su guía y su tiempo, ha compartido su conocimiento a lo largo de la carrera y en la culminación de este trabajo de tesis.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN:.....	1
1.1 Descripción del tema.	2
1.2 Antecedentes.	2
1.3 Importancia.	3
1.4 Objetivos.	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Características de sitio del proyecto.....	5
CAPITULO II	7
2. ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1 CO₂.....	7
2.2 CO.....	8
2.3 No tejidos.....	8
2.4 La lana.....	15
2.4.1 Propiedades	17
2.5 El acetato de celulosa	22
CAPITULO III.....	27

3. METODOLOGÍA	27
3.1 Métodos de la investigación	27
3.2 Métodos y técnicas.....	29
3.3 Diseño muestral	29
3.1.1 Selección de las muestras	29
3.4 Metodología de campo	31
3.4.1 Proceso de obtención de los filtros.....	33
3.4.2 Proceso comparativo de la medición de la filtración de CO₂ Y CO	34
3.5 Equipo DELTA OHM HD 21ABE17.....	35
3.5.1 Características generales.....	35
3.6 Procesamiento de datos	37
CAPITULO IV	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
4.1 Resultados	38
4.1.1 Pruebas realizadas con diferentes densidades del filtro.....	38
4.1.2 Resumen general de los resultados obtenidos	43
4.2 Análisis de Resultados.....	44
4.2.1 Análisis de la varianza	44
4.2.2 Confiabilidad de los datos	46

4.2.3	Análisis gráfico de los resultados obtenidos	47
CAPITULO V	50
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1	Conclusiones.....	51
5.2	Recomendaciones.....	51
	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIAS.....	53
Referencias	53
	ANEXOS.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Muestras no tejidas, enfieltradas, sin batanar (Densidad baja)	32
Tabla 2 Muestras no tejidas, enfieltradas y batanadas (Densidad media)	32
Tabla 3 Muestras no tejidas, enfieltradas y batanadas (Densidad alta)	32
Tabla 4. Parámetros iniciales de la Prueba Uno	39
Tabla 5. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de acetato.....	39
Tabla 6. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de lana (Densidad 1)	39
Tabla 7. Parámetros iniciales de la Prueba Dos.....	40
Tabla 8. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de acetato de celulosa	40
Tabla 9. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de lana densidad 2	41
Tabla 10. Parámetros iniciales de la Prueba Tres	41
Tabla 11. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de acetato.....	42
Tabla 12. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de lana densidad 3	42
Tabla 13. Resumen comparación de filtración entre filtros de acetato de celulosa y filtros de lana.	43
Tabla 14. Análisis de la varianza de los resultados obtenidos	44
Tabla 15. Test de normalidad de los resultados obtenidos.....	46
Tabla 16. Test de normalidad de los resultados obtenidos.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación.....	5
Figura 2. Edificio de la carrera de Ingeniería textil	6
Figura 3. No tejido	11
Figura 4 Clasificación de los no tejidos.....	13
Figura 5. Proceso de elaboración de un filtro de acetato de celulosa	26
Figura 6. Etapas de la investigación.....	28
Figura 7. Flujograma muestral.....	31
Figura 8. Gráfico Bar chart/box plot, error estándar y coeficiente de variación.	47
Figura 9. Gráfico XY Plot, confiabilidad de los datos	47
Figura 10. Gráfico Graph, análisis de los resultados obtenidos.	50

ANEXOS

ANEXO A Equipo Delta OHM 21ABE17	57
ANEXO B. Aparato Fumador	57
ANEXO C. Filtros de acetato de celulosa convencionales.....	58
ANEXO D. Filtros de lana Densidad Uno	58
ANEXO E. Filtros de lana Densidad Dos	59
ANEXO F. Filtros de lana Densidad Tres	59
ANEXO G. Obtención de muestras para determinación de la densidad.....	60
ANEXO H. Medición del grosor de las muestras.....	60
ANEXO I. Determinación del gramaje	61
ANEXO J. No Tejido enfieltrado, sin batanar.	61
ANEXO K. No tejido batanado, Densidad baja.....	62
ANEXO L. No tejido batanado, Densidad Alta	62
ANEXO M. Sacabocados número 8.	63
ANEXO N. Obtención de los filtros con el sacabocado.	63
ANEXO O. Proceso de desmontaje del cigarrillo	64
ANEXO P. Montaje del filtro de lana en el cigarrillo.	64
ANEXO Q. Preparación del “Aparato Fumador”	65
ANEXO R. Medición Basal de CO ₂ y CO	65
ANEXO S. Medición durante el Encendido del cigarrillo	66
ANEXO T. Combustión total del Cigarrillo.....	66

RESÚMEN

La investigación se basó en el análisis comparativo entre un filtro de lana de oveja y uno de acetato de celulosa para retener el CO₂ y CO, dos de los principales componentes que contiene el humo emanado de los cigarrillos.

La industria del tabaco es una de las principales fuentes contaminantes, por cuanto sus residuos se encuentran por doquier y permanecen en el ambiente por mucho tiempo hasta degradarse, por el material del cual están fabricados.

La fibra de lana tiene propiedades particulares, entre ellas; su rizo, su capacidad aislante y su biodegradabilidad al ser una fibra natural, es por ello que se realiza la comparación con este material. El objetivo es determinar cuál de las dos fibras retiene en mayor proporción los dos componentes de la presente investigación.

En los consecuentes capítulos se muestra información relevante acerca del tema, del procedimiento y equipo utilizados para realizar la comparación. Para obtener los filtros de lana se escogió una variedad de cigarrillo en específico que fue de la marca LM, tomando sus mismas dimensiones, posteriormente se escogieron tres variedades de densidad de menor a mayor para la comparación, la primera con la lana enfieltrada, la segunda enfieltrada y batanada a una intensidad alta, y la tercera enfieltrada y batanada con mediana intensidad.

Posteriormente para realizar las pruebas se estableció un número de cinco muestras de lana y cinco muestras de acetato de celulosa, por cada densidad, constituyendo tres pruebas. Para obtener los datos en ppm de CO₂ y CO se utilizó el equipo medidor de la calidad del aire interior DELTA OHM, además del aparato fumador prefabricado con materiales reciclables para simular la acción inhalatoria.

Por último, se siguió el proceso analizado y con los datos obtenidos se elaboró una tabla única de resultados para la comparación, donde la ppm son inversamente proporcionales a la retención de CO₂ y CO, donde la lana retiene un 30% más el CO₂ y un 22% más el CO que el acetato de celulosa.

Palabras claves: Lana, acetato de celulosa, retención, CO₂, CO, ppm.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN FILTRO DE LANA Y UNO DE ACETATO DE
CELULOSA PARA RETENER EL CO₂ Y CO

ABSTRACT

The research was based on a comparative analysis between a sheep wool filter and a cellulose acetate filter to retain CO₂ and CO, two of the main components of tobacco smoke.

The tobacco industry is extremely polluting, since its waste is everywhere and remains in the environment for a long time, due to the material from which they are manufactured.

Wool fiber has particular properties, such as; its curl, its insulating capacity and its biodegradability being a natural fiber, that is why the comparison with this material is made. The objective is to determine which of the two fibers retains the two components under study in greater proportion.

The following chapters show relevant information about the subject, the procedure and equipment used to make the comparison. To obtain the wool filters, an LM cigarette was chosen, taking the same dimensions, then three varieties of density were chosen from lowest to highest, the first with the felted wool, the second felted and batted at high intensity, and the third felted and batted at medium intensity.

Subsequently, to perform the tests, a number of five wool samples and five cellulose acetate samples were established, for each density, constituting three tests. To obtain the CO₂ and CO ppm data, the DELTA OHM indoor air quality measuring equipment was used, in addition to the prefabricated smoking apparatus with recyclable materials to simulate inhalation.

Finally, the process was followed and analyzed, with the data obtained, a unique table of results was prepared for comparison, where ppm is inversely proportional to the retention of CO₂ and CO, where wool retains 30% plus CO₂ and a 22% more CO than cellulose acetate.

Keywords: Wool, cellulose acetate, retention, CO₂, CO, ppm

Victor Relys
[Signature]



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo de investigación, surge de la observación y antecedentes de un tema común en la actualidad, el ambiente, su degradación y cuidado, como un aspecto importante para toda la población y su entorno, es por ello, que el tema a desarrollarse está enfocado en aportar a dar solución al problema de la contaminación, de esta manera la investigación se desarrolla sobre la industria del tabaco y su impacto al ambiente, analizando que los residuos que el fumar cigarrillos genera es enorme, constituyendo la principal fuente de basura en el mundo, por encima incluso de las botellas de plástico. Estos filtros de la colilla del cigarrillo están elaborados de acetato de celulosa un material celulósico regenerado que tarda años en degradarse. Esto conlleva a buscar alternativas como elaborar un filtro de material con mayor biodegradabilidad en este caso de lana enfieltrada y batanada (no tejido). Durante el desarrollo de este trabajo se enfatiza el uso de materiales biodegradables en la fabricación de un producto en este caso el cigarrillo, comparando dos materiales textiles, el acetato de celulosa un material celulósico regenerado creado por el hombre y la lana material natural proveniente de la oveja, en los consecuentes capítulos del trabajo en mención se explican las características y propiedades de estos materiales y su factibilidad para ser usados en la fabricación del cigarrillo, en cuanto a cual retiene mayormente el CO₂ y CO comparación que se realiza en el presente estudio, haciendo uso del equipo de medición de la calidad del aire DELTA OHM HD 21ABE17, el cual va a permitir demostrar que material retiene mayormente estos dos componentes de entre los miles que contiene un cigarrillo. Aportando de esta manera al uso de la lana como un material con mayor biodegradabilidad y reduciendo así el impacto al ambiente, a causa del consumo del cigarrillo.

1.1 Descripción del tema.

Con el tema “Análisis comparativo entre un filtro de lana y uno de acetato de celulosa para retener el CO₂ y CO”. Se integra a la industria textil como rama de investigación de materiales, a fin de que aporten a dar solución a los temas comunes y actuales que afectan a la sociedad de hoy en día, “la contaminación”, en este caso que la industria del tabaco y los residuos de los cigarrillos generan, analizando de esta manera estos dos materiales en cuanto a cual retiene mayormente estos componentes, y la factibilidad de usar la lana como alternativa en la fabricación de filtros del cigarrillo con mayor biodegradabilidad en comparación al acetato de celulosa, con el uso del equipo adecuado para efectos del estudio y de los dos componentes considerados que permitan demostrar la hipótesis.

1.2 Antecedentes.

Según un estudio del ministerio de salud de buenos aires, recalca que **“El 50% del cigarrillo está compuesto por hojas de tabaco, el 30% por tabaco reconstituido y el 20% por tabaco expandido con dióxido de carbono”**. (Ministerio de salud, s.f). En añadidura a los principales componentes del cigarrillo, existen muchos aditivos que se suman en su fabricación, por lo cual es muy importante saber que durante la combustión al momento de aspirar el cigarrillo se inhala además de nicotina todos los componentes y aditivos contenidos en el mismo.

La zona de combustión sucede al momento de aspirar el cigarrillo, en la cual el nivel de oxígeno es bastante alto, alcanzando temperaturas del orden de los 700-900°C; en esta zona, el oxígeno reacciona con el tabaco carbonizado produciendo gases simples como el dióxido de carbono según (Celis & Orlik, 2001)

Los estudios realizados, ayudan a determinar que la función del filtro del cigarrillo es retener todos estos compuestos que se generan al fumar, de los cuales muchos permanecen en el filtro por un largo tiempo como el alquitrán, nicotina, entre otros; Y en medio de estos el CO₂, según afirma (Garza Ibarra, 2007)

Con base a estos estudios, se considera a la lana para producir un filtro por el proceso de no tejido, aprovechando las propiedades de esta fibra mediante el enfieltramiento y batanado, valor aislante, porosidad, resistencia, entre otros, indicadas en (Lema, 2014) y principalmente su característica de ser natural y por tanto biodegradable a diferencia del acetato de celulosa material de los filtros del cigarrillo convencional.

1.3 Importancia.

La importancia del estudio radica en la preocupación por el ambiente y su conservación, ya que es necesario realizar investigaciones como la que se plantea que permita reducir en alto grado la eliminación de la contaminación que afecta a toda la sociedad, con el presente estudio se espera reducir la utilización de material celulósico regenerado en la fabricación de estos cigarrillos, es importante dar a conocer que existen productos de origen natural (Lana) que posiblemente

posea la propiedad de retención del CO₂ y CO constituyendo un beneficio para el cuidado ambiental, incentivando la investigación en la utilización de nuevos materiales que sean naturales en la fabricación de un producto, reduciendo el impacto contaminante que toda la industria produce.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo entre un filtro de lana y uno de acetato de celulosa para retener el CO₂ y CO.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Examinar la bibliografía que aporte información sobre: no tejidos, el acetato de celulosa, la lana y el ambiente, mediante el análisis, para obtener datos específicos relevantes al tema que se desarrollará.
- Desarrollar pruebas y ensayos, mediante el método y procedimiento del equipo de medición de la calidad del aire DELTA OHM HD 21ABE17 para obtener datos de medición de CO₂ y CO utilizando el filtro de lana batanada y otro de acetato de celulosa.
- Analizar los resultados de las diferentes pruebas, mediante los datos encontrados, para establecer las conclusiones y recomendaciones

1.5 Características de sitio del proyecto.

Esta investigación se llevará a cabo en la ciudad de Ibarra, cabecera de la provincia de Imbabura, tomando en cuenta el índice de fumadores y los laboratorios de la universidad técnica del norte, debido a la facilidad y menor costo de acceso a los equipos para las pruebas prácticas como lo es el equipo de medición de la calidad del aire DELTA OHM HD 21ABE17, el cual se encuentra en los laboratorios de la carrera de ingeniería industrial, además de la colaboración de la empresa ESPATEX en la elaboración de los filtros de lana para el desarrollo de la investigación. Las pruebas se llevarán a cabo en el sector de azaya en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago en los laboratorios de la planta académica textil de la universidad técnica del norte.

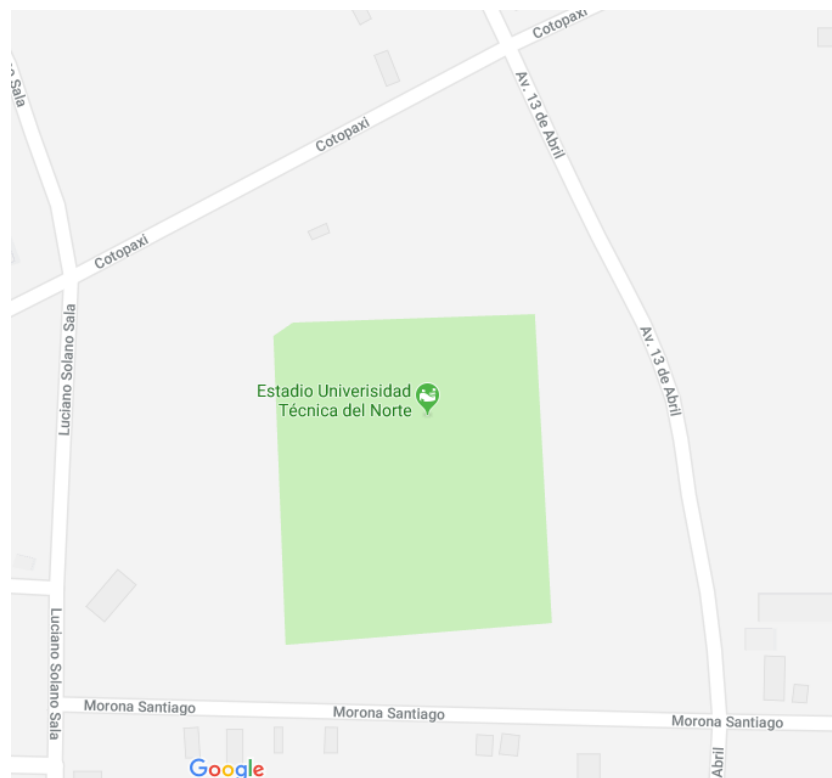


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación.

Fuente: Yar, 2019



Figura 2. Edificio de la carrera de Ingeniería textil

Fuente: Yacelga, 2017

Los laboratorios de la carrera de ingeniería textil constan de una amplia gama de equipos de última tecnología para satisfacer las necesidades de la región y el país ofreciendo servicios a empresas públicas, privadas o personas naturales, en cuanto a ensayos y pruebas físicas o químicas se refiere.

CAPITULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 CO₂

Para hablar del CO₂ es necesario mencionar sus características y su influencia dentro de un cigarrillo donde se enfoca la investigación, además del CO que tal y como afirma **(Peña, 2007)** es una de las sustancias más nocivas para la salud presente en el humo del cigarrillo.

Al respecto de la definición del CO₂ **(Berenguer Subils & Bernal Dominguez, 2000)** señalan:

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar. (párr.1)

Cunningham y otros (2011), como se citó en **(Muñoz, y otros, 2017)** da a conocer lo siguiente acerca de los componentes del humo del cigarrillo:

El humo de los cigarrillos posee una mezcla compleja que consta de más de 5.600 compuestos identificados. Estudios sugieren que la mezcla íntegra contiene más de 150 sustancias tóxicas conocidas, incluyendo compuestos clasificados como “carcinógenos para los humanos”. (pág. 55)

Perfetti y Rodgman, (2011), como se citó en **(Muñoz, y otros, 2017)** señalan que:

Las sustancias más comunes son la nicotina (que causa adicción), alquitrán, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), benceno, hidrocarburos aromáticos, nitrosaminas, metales pesados, entre otros. El humo emanado de los cigarrillos libera la mayor cantidad de estos gases y cerca de la mitad de todas las partículas que se desprenden.

Al ser sustancias que se presentan tanto en forma de partículas, como gas o vapor, son fácilmente incorporados al organismo mediante la respiración. (pág. 55)

2.2 CO

Acerca del monóxido de carbono la OMS citada en **(Peña, 2007)** señalan acerca de la definición de CO:

Es un gas incoloro e insípido que está presente de forma natural en la atmósfera en concentraciones de menos de 0.001%. La principal fuente de emanación es la combustión incompleta de cientos de sustancias como: el carbón, la parafina, gas natural, gas licuado y el humo de los cigarrillos. (pág. 45).

La mención y estudio del CO en esta investigación es de vital importancia por las afecciones que involucra hacia la salud de un fumador.

Un fumador moderado presenta niveles de monóxido de carbono en su sangre del 5% mientras que un fumador excesivo presenta hasta un 7%, teniendo efectos negativos sobre la hemoglobina (componente de los glóbulos rojos que le dan color a los mismos), pues en el proceso respiratorio el oxígeno se une a la hemoglobina encargada de transportarlo a todos los tejidos, y cuando el fumador inhala CO este se une a la hemoglobina de una manera más eficaz, ya que tiene 210 veces más afinidad que el oxígeno, dando lugar a la formación de la carboxihemoglobina, dañando parcialmente los órganos del individuo y a futuro permanentemente. **(Peña, 2007, pág. 45)**

2.3 No tejidos

Dentro de este capítulo es importante abordar aspectos de los no tejidos relevantes para el tema de la investigación, tales como; los tipos de no tejido y sus formas de fabricación u obtención, ya sean mecánicos (con agujas), químicos (mediante adhesivos), o térmicos (con

temperatura), haciendo énfasis especial en los procesos mecánicos, pues será el proceso por utilizar para la obtención del filtro de lana, material de estudio del presente trabajo de investigación.

Para efectos de la investigación es relevante mencionar ciertos estudios donde se aplica la técnica de no tejido en la obtención de un artículo textil, por su factibilidad y mayor facilidad de procesamiento de fibras, en este caso por las propiedades del producto en estudio como lo son los filtros, los cuales por su forma y características requeridas no demandan mayor técnica en su fabricación. Es así como este autor en su artículo científico indica lo siguiente:

“Actualmente, los no-tejidos están llegando a ser muy importantes y el número de compañías textiles que están logrando entrar en los campos textiles industriales / técnicos es creciente” (**Lema Andrade, 2014, pág. 20**)

Lo que en su estudio se aplica en estuches no tejidos para dispositivos electrónicos, implica a la presente investigación potenciar de igual manera los no tejidos como una opción industrial viable, en este caso con la comparación de un filtro de lana y uno de acetato de celulosa que demostrándose la hipótesis de que la lana es una mejor opción en cuanto a retención de los componentes en estudio (CO₂ y CO) enfocados en la fabricación de cigarrillos amigables con el ambiente, se genera interrogantes y expectativas acerca de las múltiples aplicaciones que los materiales naturales pueden tener.

Por otra parte, en su investigación acerca de una técnica de tintura eco-print aplicada en no tejidos (**Lema Ruano, 2017**) señala:

Los no tejidos tienen grandes aplicaciones, pero gran parte de sus propiedades provienen de la fibra, son la base de su estructura. Existe un amplio tipo de fibras que hayan sido utilizadas como estructura no tejida, los no tejidos de volumen importante son limitados no todas las fibras tienen buenos resultados con este fenómeno, es así

como en su estudio también se elige a la lana como mejor opción para la obtención del no tejido, en su caso para la aplicación de un método tintóreo Eco-print, aprovechando todas sus propiedades únicas que menciona en su artículo y que se mencionaran más adelante de igual manera. (pág. 13)

Otra investigación desarrollada sobre la base de un no tejido, donde se optimiza un fieltro de lana de oveja como filtro por gravedad en el tratamiento de aguas residuales (**Esparza, 2016**) acerca de este tema menciona:

La formación del fieltro (no tejido) a partir de la lana de oveja, está constituida principalmente por la cutícula exterior, la misma que por su forma de sierra y por la fricción que sufre en presencia de humedad, pH, temperatura y movimientos mecánicos comienza a enfieltarse, es decir se produce la unión de las fibras unas con otras hasta formar un fieltro. (pág.11)

Por otra parte, en su artículo científico también señala el propósito de su investigación señalando lo siguiente:

El propósito de la investigación es, determinar mediante la caracterización, el grado de filtración, el nivel de saturación del filtro y la eficiencia del filtro de lana de oveja en el tratamiento de las aguas residuales industriales de la tintura de lana. (**Esparza, 2016**) No difiriendo lejanamente con el propósito de la presente investigación que es demostrar la hipótesis de que la lana es una mejor opción en cuanto a la filtración de los componentes en estudio respecto al acetato de celulosa.

Es así como en su investigación este autor indica que la lana por su estructura y características especiales es la fibra adecuada para lograr una buena filtración, en cualquier caso, bajo la técnica de no tejido, pues como indica en su conclusión.

La lana de oveja proporcionó muy buenos resultados de acuerdo con los datos analizados cumpliendo satisfactoriamente las expectativas planteadas respecto a la filtración en este caso de aguas residuales. **(Esparza, 2016)**

Algunas de las características de los no tejidos son relevantes por las propiedades que se requieren en la elaboración del filtro, material de investigación del presente trabajo de tesis.

Los no tejidos pueden tener una vida útil muy larga o estar diseñados para un solo uso,

además, mantienen propiedades que aseguran un rendimiento impecable en algunas funciones como por ejemplo la absorción, la limpieza, filtros entre otros. **(Andrade, 2018, pág. 23)**



Figura 3. No tejido

Fuente: (TEXTAMPO, s.f.)

Según **(Andrade, 2018)**, Las propiedades de los no tejidos pueden ser variadas, las cuales son muy apreciadas por el uso que se les puede dar y estas se diferencian por la materia prima utilizada, los métodos de fabricación, o los tratamientos de acabado que se apliquen al no tejido tales como: laminados, estampados, impresiones, entre otros.

Entre ellas destacan las siguientes:

- Absorbencia
- Elasticidad
- Suavidad
- Lavable
- Amortiguación
- Barrera contra bacterias
- Repelencia al agua
- Repelencia a temperaturas altas y bajas
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la rotura
- Antiestático
- Biodegradable
- Resistencia a las arrugas
- Elasticidad
- Ignífugo
- Permeabilidad
- Impermeabilidad

(Andrade, 2018)

Para efectos de la investigación una de las principales propiedades que se destacan es la biodegradabilidad y la filtración que se puede obtener con ciertos materiales y bajo la premisa de ser un no tejido.

Según **(Megaplastic.com, 2005)** acerca de la clasificación de los no tejidos menciona:

En forma práctica los no tejidos pueden ser básicamente clasificados según su proceso de fabricación, materias primas, características de las fibras y filamentos, proceso de consolidación, gramaje, proceso de transformación o conversión, o la asociación de todos estos elementos. (pág. 2)

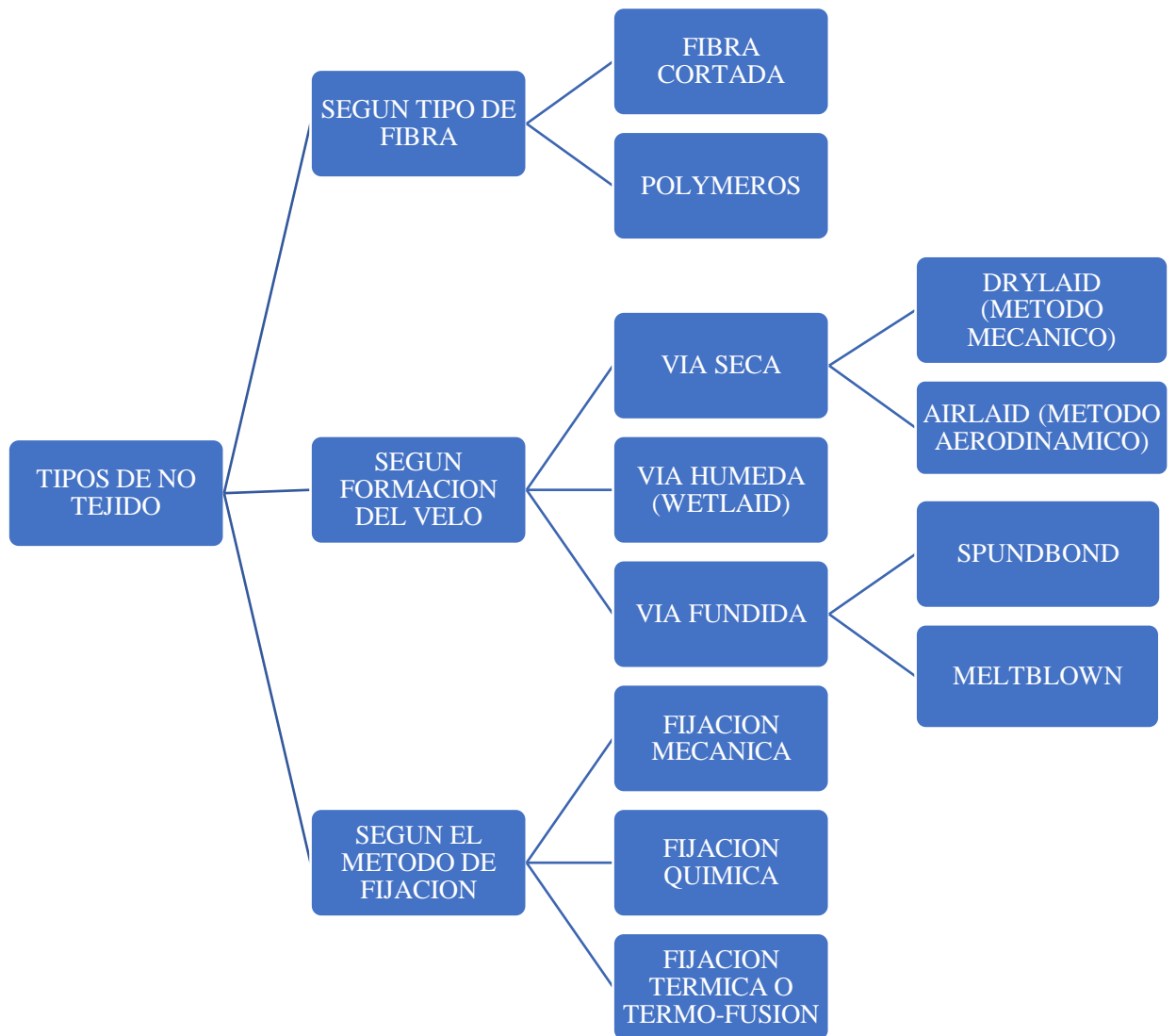


Figura 4 Clasificación de los no tejidos

Fuente: Yar, 2019

El método por utilizar para la obtención del filtro, material de estudio de la presente investigación es el método mecánico (batonado), siendo un no tejido vía seca con fijación mecánica.

En las siguientes líneas se explican los tipos de no tejido y su forma de obtención según (Megaplastic.com, 2005), enfocados en los materiales que se estudian en la presente investigación así:

Clasificación por gramaje (peso por unidad de superficie)

- Liviano: menor a 25 grs/m²
- Medio: entre 26 y 70 grs/m²
- Pesado: entre 71 y 150 grs/m²
- Muy pesado: mayor a 150 grs/m²

Clasificación por formación de la manta (web forming)

La manta, estructura aún no consolidada es formada por una o más capas de velos de fibras o filamentos obtenidos por tres procesos diferentes:

- Vía seca
- Vía húmeda
- Vía fundida

Clasificación por consolidación de la manta

Una vez se ha pasado por la primera etapa que es la formación del velo, en la formación de un no tejido; estas fibras dispuestas entre si se adhieren para concluir en la formación de un no tejido compuesto.

“El grado de fijación es un factor primario en la determinación de las propiedades mecánicas del no tejido (particularmente el esfuerzo), porosidad, flexibilidad, tersura y densidad”. (Andrade, 2018, pág. 36)

Existen tres métodos básicos para la consolidación / acabado de los no tejidos que a su vez pueden ser combinados entre sí:

- Mecánico (fricción)
- Químico (Adosado)
- Térmico (Cohesión)
- Mecánico – por agujas (Needlepunched)

(Lema Andrade, 2014)

2.4 La lana

Como señala la AITE, desde épocas remotas junto con muchas fibras, la lana era muy bien vista y utilizada para la producción de todo tipo de artículos textiles, es por lo que se considera esta fibra en específico para la elaboración de filtros biodegradables, siendo un material alternativo comparado con el acetato de celulosa en la fabricación del filtro para la producción de cigarrillos. Es así como en el presente capítulo se abarca la lana, sus propiedades, usos, aplicaciones, entre otros aspectos de esta fibra.

Entre las características más importantes se tienen las siguientes: Finura o diámetro, longitud, rizado de la fibra, suavidad, resistencia y elasticidad, elongación, propiedades térmicas.

Como menciona (**Ecured, s.f.**) la lana se diferencia del pelo por la naturaleza de las escamas que forman la superficie exterior de las fibras. Las escamas de la lana son abundantes, muy pequeñas, puntiagudas y están fijadas sólo por su base y encajadas a presión.

“En esta parte comentaremos aquellas propiedades físicas que la caracterizan, la fibra de lana posee propiedades que son insustituibles”. (**Portillo, 2013, pág. 5**)

Finura o diámetro

“Se entiende por finura al diámetro de la sección mayor del óvalo que forma su corte transversal, se mide con precisión mediante el microscopio de proyección”. (**Portillo, 2013, pág. 5**)

Según (**Anrango, 2017**) acerca de la finura de la fibra de lana menciona lo siguiente:

La clasificación de las calidades de la lana se basa principalmente en la finura de la fibra; el diámetro de la lana varía de 10 a 200 micras, siendo la lana de cordero merino la de menor diámetro y que tiene un promedio de 15 a 30 micras de diámetro, lanas bastas de 10 a 70 micras y en lanas muertas de 70 a 200 micras. (pág.6)

Longitud

La longitud de la lana es una propiedad importante, ya que interviene en todos los procesos para su tratamiento y elaboración de cualquier producto.

Es otra de las características fundamentales de la fibra de lana, que tiene relación estrecha con la edad del animal y el período de esquila, se considera la longitud como la de la fibra sin perder su rizado u ondulación. **(Portillo, 2013, pág. 5)**

Ondulaciones o Rizado

La mención de la ondulación de la lana es apremiante debido a que es una de las características que complementan y derivan al enfieltrado.

Las ondulaciones varían según el tipo de lana, y se considera como rizo a la ondulación natural de la lana, el número de ondulaciones por longitud depende de la finura, la misma que se encuentra en relación inversa, es decir que las lanas finas tendrán mayor número de rizos o viceversa. **(Anrango, 2017, pág. 6)**

“Las lanas más finas son las más rizadas, pudiendo llegar las Merinas Finas de 10 a 12 ondulaciones por cm.; las menos finas de 7 a 8, las vastas de 2 a 4 incluso algunas carecen de ellas”. **(Portillo, 2013, pág. 6)**

Suavidad

La suavidad de la lana es una característica que se deriva del rizo y se caracteriza por el aspecto que les da a los artículos textiles.

La lana es suave, su tacto es aterciopelado y móbido, debido a su estructura morfológica y molecular, pero tiene la capacidad de recuperar su forma inicial después de haber sido apretujada, es decir tiene un grado apreciable de recuperación, siempre y cuando haya sido tratada de manera adecuada. **(Portillo, 2013, pág. 7)**

Resistencia

Esta propiedad es de vital importancia para el estudio, pues la resistencia de la fibra es influyente en la constitución de un no tejido de calidad.

La fibra de lana posee una resistencia no muy elevada, del orden 1 a 1,8 gramos por denier, lo que corresponde a un promedio de 17 kg. por mm². Sin embargo, es suficiente para las aplicaciones a las que se la destina. **(Portillo, 2013, pág. 8)**

Elasticidad

Según **(Anrango, 2017)** Se considera a la capacidad que tiene la fibra para estirarse sin deformarse y volver a su longitud original, la elongación elevada hace que la elasticidad de la lana sea también elevada, razón por la cual le hace única en su aspecto. El rizo natural ayuda a esta alta elasticidad. La lana tiene un recobro de elasticidad del 99 al 2% de diámetro y del 63 al 20% de extensión. (pág. 7).

Elongación

“La elongación a la rotura es de 25 a 35% bajo condiciones estándares de trabajo y de 25 a 50% en estado húmedo”. **(Anrango, 2017, pág. 8)**

2.4.1 Propiedades

Aquellas que sugieren una característica física o superficial, entre estas se tienen las siguientes:

Absorción de humedad

La absorción se complementa con la filtración y la aislación térmica para el caso en estudio por los cual es conveniente incluirla.

Esta es una de las mayores ventajas de la fibra de lana con respecto a otras fibras, debido a que es capaz de absorber hasta un 30% en peso de vapor de agua, sin tener la sensación de que esté húmeda. Algunos investigadores afirman que en ciertas calidades de lana ese valor puede llegar hasta el 40 ó 45%. Pero esta capacidad de absorción de vapor de agua por la fibra no significa que se humedece, pues el agua no se adhiere a la superficie de la lana, sino que se introduce dentro de la fibra en forma de vapor, sufriendo una poderosa retención. **(Ríos, 2012)**

Repelencia superficial

La repelencia es valiosa en cuanto a prendas más sin embargo se hace necesario darle protagonismo.

La lana repele superficialmente a los líquidos acuosos, debido a la impermeabilidad que le confiere una capa muy delgada de material ceroso sobre la superficie de la fibra y que actúa como un repelente superficial de líquidos. Este comportamiento hidrófobo, hace que no se produzca el erizado de las fibras por la presencia de agua líquida y los hilados y tejidos de lana conserven una apariencia sedosa y seca. **(Ríos, 2012, pág. 2)**

Aislación térmica

La propiedad de aislación de la lana, también se suma a las características que propician una adecuada filtración

La lana atrapa agua dentro de sus fibras, pero también es importante la propiedad de atrapar aire, por un mecanismo físico similar. La habilidad de aislación térmica del frío es debida principalmente al volumen que el rizo de lana produce en una prenda y qué permite atrapar el aire dentro de su estructura fibrilar. Las prendas de lana son

más abrigadas en invierno y más frescos en verano debido a esa aislación térmica, junto a las propiedades de absorción de agua. (Ríos, 2012, pág. 2)

Afieltrado y encogimiento

Una de las propiedades más destacadas y de relevancia para el tema de investigación es el Afieltrado, una propiedad intrínseca y única de la lana como señala (Anrango, 2017) es la capacidad que tiene esta fibra de unirse unas con otras al ser sometidas a un proceso mecánico en presencia de vapor, el cual da lugar a la elaboración de los llamados tejidos no tejidos.

“La capacidad de fieltramiento es debido a las escamas, los dientes de la lana son más pronunciados que la de otras fibras animales, mientras que las vegetales, minerales y artificiales carecen de ellos”. (Levín, 2001, pág. 2)

Aquellas propiedades donde intervienen factores externos que afectan a la fibra de lana, entre las propiedades químicas se tienen:

Efecto a los álcalis

Así como se menciona las fortalezas de la fibra de lana, también es importante mencionar aquellas propiedades que le afectan de forma negativa como lo es la resistencia a los álcalis.

La lana es muy sensible a la acción de los álcalis, por lo que son muy perjudiciales, una solución de lejía (Agente oxidante, cloro) al 2% en caliente lo descompone por completo, esta es la razón por lo que se debe tener mucho cuidado en el lavado de lana con productos alcalinos. (Anrango, 2017, pág. 10)

Efecto a los ácidos

En cuanto a la resistencia de la fibra a compuestos químicos se mencionan los más importantes, aquellos que pueden afectar positiva o negativamente a la fibra.

La lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero en cambio los ácidos minerales concentrados como, por ejemplo, el sulfúrico y el nítrico provocan desdoblamiento y descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usadas durante el proceso industrial de la lana, para carbonizar la materia vegetal adherida a las fibras. **(Ríos, 2012)**

Acción de los solventes orgánicos

“La mayoría de los solventes orgánicos usados comúnmente para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, son seguros, en el sentido que no dañan las fibras de lana”. **(Ríos, 2012, pág. 4)**

Factores que afectan a la lana a nivel microscópico, en este caso las propiedades biológicas son:

Microorganismos

La resistencia biológica de esta fibra es importante por cuanto en la presente investigación se aprecia su capacidad de degradación al ambiente convirtiéndola en biodegradable.

Tiene cierta capacidad de repeler las bacterias y los hongos por lo que se usa para los pañales de tela de los bebés y da cierto margen a la hora de almacenarla. Teniendo en cuenta que ante condiciones continuadas de humedad y polvo puede sucumbir a los microorganismos o a la polilla. **(Red de lana, 2015)**

“El fieltro es el resultado de un método artesanal, que es producido a partir de fibras de lana o pelo comprimidas entre sí, con ayuda de presión y vapor, hasta lograr uniformidad”. **(Lema Ruano, 2017, pág. 23)**

Como menciona en su estudio sobre la técnica Eco-print aplicada en accesorios de fieltro de fibra de lana, **(Lema Ruano, 2017)** menciona lo siguiente,

Por las amplias propiedades de la fibra de lana como (finura, rizado, longitud, elasticidad, superficie escamosa, y capacidad de hincharse) son propicias para la elaboración de un fieltro, mismas propiedades que se mencionan en el presente estudio. De igual manera se indica que el batanado, es un paso que, si el fieltro requiere mayor consistencia y dureza, este sería indispensable; no todos los fieltros son batanados, depende el uso que se le vaya a dar. Por otra parte, para el tema de investigación el batanado es la técnica que se aplicara, para darle distintas densidades al filtro y estudiar su retención o filtración. (pág. 24)

Destacando el principal objetivo del presente proyecto de investigación que es disminuir de una u otra forma la contaminación ambiental, que se da por efecto de las colillas del cigarrillo elaborados de un material no biodegradable, se hace énfasis en ¿Por qué escoger lana?, según **(Campaña por la lana, 2013)**

Sin duda la lana es natural, sostenible y ecológica. Vale la pena invertir en ello ya que, una oveja produce un vellón al año el que puede pesar de 4 a 6 kg de lana (con lo que se puede producir de 6-8 prendas), la forma de extracción del vellón no agrede al animal y es naturalmente biodegradable. (pág. 11)

“Los productos biodegradables forman parte de un ciclo natural. Llegan de la naturaleza y retornan a ella, enriqueciendo el suelo y nutriendo para una nueva vida”. **(Lema, 2014)**

De esta manera es que según estos estudios la lana es la mejor opción en cuanto a la fabricación de un no tejido, no solo por sus múltiples propiedades que propician la obtención de este, sino por su comportamiento amigable con el ambiente.

El material principal para elaborar el fieltro y posteriormente el filtro es la lana, por sus amplias propiedades. Como menciona **(Lema, 2014)** en su estudio sobre el uso de un no tejido de lana como retardante del tiempo de descarga de las baterías de dispositivos electrónicos:

Este proceso se ve bien bajo el microscopio. Cuando manejamos la lana con agua, las fibras de la lana se abren y se enredan entre sí. Este efecto se produce porque las fibras de lana están cubiertas a la manera de tejas por escamas de epidermis. Bajo el impacto del agua y del movimiento, las fibras se abren y se enganchan con las demás fibras. (pág.22)

Entonces como se indicó bajo este método húmedo se logran obtener no tejidos de baja densidad, pero para efectos del tema de investigación se utilizará el método en seco que implica la obtención de un no tejido más compacto y por ende con mayor poder fieltrante, aplicando el método del batanado mediante fricción y vapor para lograr el afieltrado de la fibra de lana.

2.5 El acetato de celulosa

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación es apremiante la mención del acetato de celulosa como el material base o principal en estudio, respecto a la comparación que constituye la hipótesis entre la lana y este material, orientados al estudio de la propiedad de retención o filtración de CO₂ y CO, gases los cuales como se ha visto en los antecedentes del capítulo primero, son dos de los gases más perjudiciales para la salud y de mayor concentración en el humo emanado de los cigarrillos, pues el foco de la investigación es la

filtración de estos gases y su permanencia en el filtro de las colillas del cigarrillo que persisten como residuo en el ambiente y que causan una amplia contaminación del entorno, además de destacar la no biodegradabilidad de este material frente a la lana.

Es relevante para el trabajo en desarrollo mencionar estudios e investigaciones relacionadas con el tema, así como también es importante conocer aspectos sobre el acetato de celulosa que intervienen en la indagación del tema como son sus características, propiedades, usos y aplicaciones, entre otros, todos encaminados a su uso en los filtros del cigarrillo y su impacto al ambiente.

Según un estudio del ministerio de salud de buenos aires se indica que:

Los filtros, hechos de acetato de celulosa, retienen parte del alquitrán y del humo del cigarrillo antes de que éstos lleguen a los pulmones del fumador. También enfrían el humo y lo hacen más fácilmente inhalable. Los filtros no son degradables y son la principal causa de basura en el mundo. **(Ministerio de salud, s.f)**

Por otra parte, Ocean Sentry (2009) como se citó en **(Absalon Varona, 2015)** en su investigación sobre el manejo de colillas de cigarrillos enfocada en su reciclaje menciona que:

Una colilla de cigarrillo típica puede durar desde 18 meses a 10 años en descomponerse, lo que señala que no son biodegradables, de tal manera que contienen trazos de toxinas como plomo, arsénico y cadmio, sustancias que pueden infiltrarse en el suelo y aguas subterráneas. De esta manera las colillas y filtros de cigarrillo son parte importante de los residuos sólidos contaminantes, que por su tamaño pueden no notarse entre la “basura” pero su degradación en el ambiente es lenta y diariamente se desechan millones de filtros y colillas. (pág.9)

Con base en estos estudios se presta atención a la importancia de generar una opción respecto al material de estos filtros que sea amigable con el ambiente, es decir, biodegradable.

Un artículo periodístico publicado por **(Márquez, 2016)** donde menciona una nueva tecnología en filtros de tabaco, desarrollada por un científico llamado Raymond Robertson, se trata de una tecnología llamada CelFX que usa carbón activado fusionado con el ya conocido acetato de celulosa de los cigarrillos convencionales que pretende reducir algunos de los elementos más nocivos presentes en el tabaco según la OMS y que inhala el consumidor en cada calada

(Márquez, 2016) acerca de esta tecnología también indica:

“La industria del tabaco ha aumentado por primera vez en cinco años, así que es un mercado interesante para cualquier avance en los sistemas de filtración”. (párr. 9)

Entonces, partiendo de estos estudios y según **(Absalon Varona, 2015)** nos menciona que la función de estos filtros elaborados específicamente de acetato de celulosa es:

Los filtros de cigarrillos están específicamente diseñados para absorber la acumulación de vapores y partículas de humo, los filtros también impiden la entrada de tabaco a la boca de un fumador y una boquilla que permite que no colapse mientras se fuma. (pág.16)

De esta manera y ratificando también al acetato de celulosa como un material no biodegradable en la elaboración de este producto, se reitera la hipótesis y propuesta de un nuevo material para hacer la comparación respecto a la filtración de CO₂ y CO componentes en estudio.

Aquí se indica el proceso de obtención del filtro de acetato de celulosa

Considerando también el proceso de fabricación u obtención de un filtro de acetato de celulosa respecto a uno de lana a continuación se menciona los procesos que intervienen en su fabricación según **(Tabacopedia.com, 2015)**:

- Acetilación (Pulpa de madera + ácido acético + catalizador)
- Saponificación
- Precipitación (ácido acético diluido)
- Lavado (agua fresca), recuperación (ácido acético diluido)
- Prensado y secado (Copos de acetato)
- Mezclador (Se añade TiO₂ y Acetona)
- Solución de hilar
- Decantación
- Filtración
- Extrusión (Aire – recuperación de acetona)
- Rizado y secado
- Depósito de mecha
- Prensado
- Paca o fardo

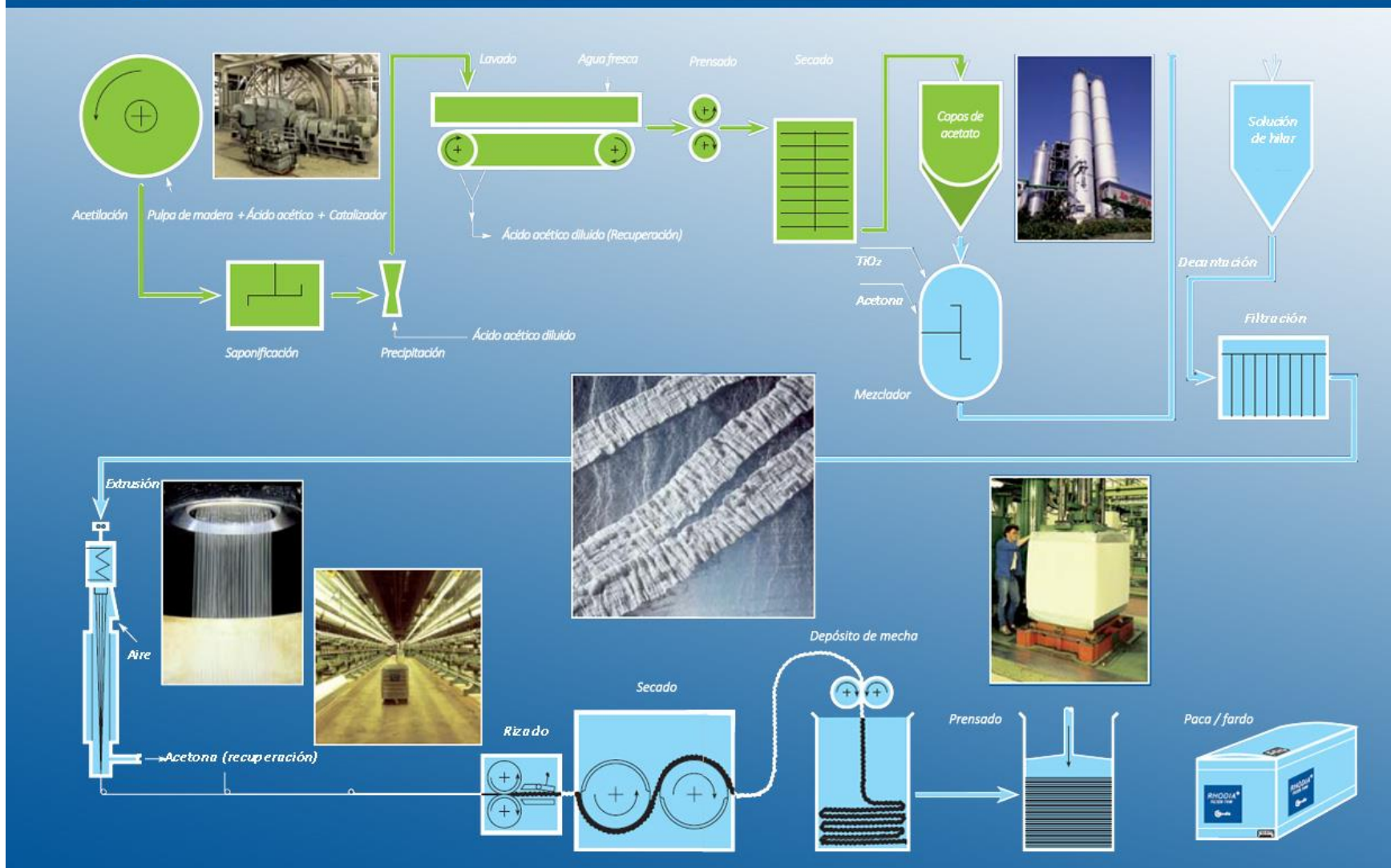


Figura 5. Proceso de elaboración de un filtro de acetato de celulosa

Fuente: (Tabacopedia.com, 2015)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Métodos de la investigación

En el presente trabajo de investigación se obtuvo un filtro a partir de un no tejido de lana, mediante una investigación experimental y comparativa respecto al acetato de celulosa. Siguiendo un proceso físico como se menciona en el capítulo dos se obtuvieron muestras de filtros con variedades de densidades y con un mismo diámetro similar al filtro del cigarrillo convencional, estas muestras de no tejido producidos en la empresa “ESPATEX” se llevaron a los laboratorios de la planta académica textil para realizar el proceso de comparación con el equipo medidor de la calidad del aire interior **DELTA OHM HD 21ABE17** como se indica en el [Anexo A](#), una vez obtenidos los datos de las variables consideradas del filtro, se realizó la comparación de los parámetros propuestos en los objetivos de la investigación. Finalmente, para comprobar la hipótesis, se realiza un análisis cuantitativo de las variables CO₂ y CO entre cada material del filtro.

Metodología utilizada

Los métodos y técnicas por utilizar en la presente investigación son:

Método experimental

En esta investigación el método experimental es uno de los más importantes por cuanto permitirá la demostración de la hipótesis con datos numéricos reales, es decir, la comparación entre los dos materiales en estudio sobre cual retiene mayormente el CO₂ y CO con el “aparato fumador” fabricado con materiales reciclados para la combustión del cigarrillo simulando la acción inhalatoria de la persona fumadora.

Método analítico

Con base en los diferentes muestreos con los filtros a distintas densidades se llevarán a cabo varias comparaciones y análisis, con las que posteriormente se establecerán los argumentos y se discutirán los resultados mediante tablas.

Observación directa

Basado en las propiedades y características de las diferentes fibras, así como también en la aplicación de la técnica de no tejido se realizará las pruebas pertinentes con el equipo adecuado y en las mejores condiciones como se muestra en el flujograma de la Figura 6.

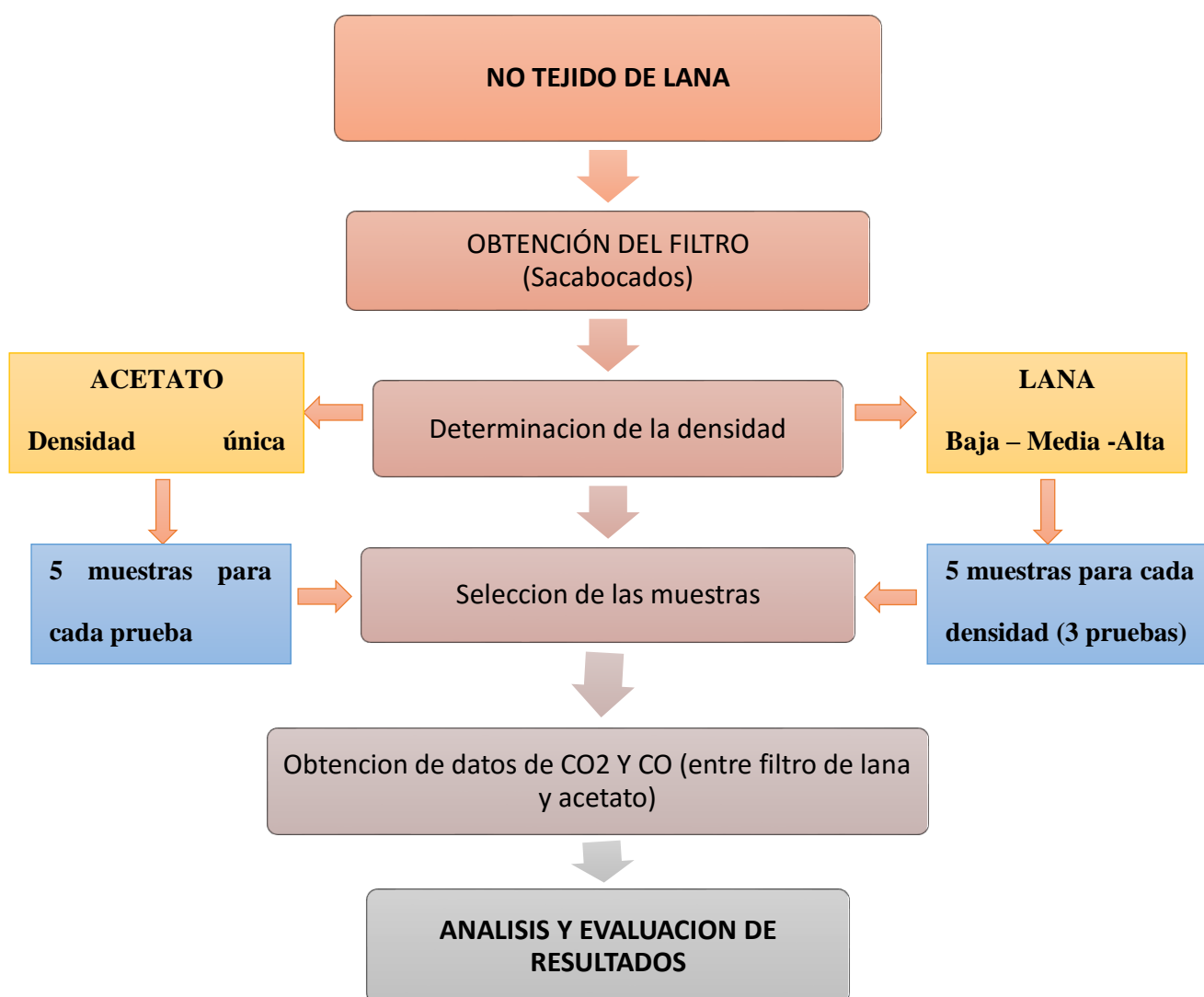


Figura 6. Etapas de la investigación

Fuente: El autor

3.2 Métodos y técnicas

Una vez recolectadas las muestras se realizaron los análisis en el laboratorio con la finalidad de obtener resultados que posteriormente fueron analizados de acuerdo a los métodos:

- ISO 3801:1977: Textiles -Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area.
- Procedimiento para medir concentraciones de CO₂ emanados de cigarrillos convencionales y electrónicos, adaptado de (Muñoz, y otros, 2017)

3.3 Diseño muestral

Esta investigación se basó en la fase física y mecánica del proceso de obtención del no tejido y del filtro de lana respectivamente, pero especialmente se enfocó en los parámetros de densidad adecuados para realizar la comparación con el filtro de acetato de celulosa en cada caso, seleccionándose un cierto número de muestras para la evaluación con el equipo de medición de la calidad del aire interior y el equipo prefabricado “aparato fumador”. Ver [Anexo B](#)

3.1.1 Selección de las muestras

Para la selección de las muestras se considera especialmente 3 tipos de densidad en cada caso de los filtros obtenidos para la comparación, de igual manera la selección de un número de 5 muestras con cada densidad estudiada, se realizó con base al tipo de cigarrillo y a la cantidad de veces que se realizará la comparación con los filtros de acetato de celulosa.

Realizándose de la siguiente manera:

- Para las 3 pruebas a realizarse se seleccionaron 5 muestras de acetato con una densidad única ya determinada, que es la del filtro convencional de los cigarrillos. Ver [Anexo C.](#)

- La primera prueba se realizó utilizando 5 muestras del filtro de lana y 5 muestras del filtro de acetato respectivamente para la comparación, con el No tejido enfieltrado, es decir, sin batanar, lo que constituye la densidad uno, con un peso del filtro de 0.1 gr como se muestra en el [Anexo D](#).
- Para la segunda prueba se seleccionaron de igual manera 5 muestras de acetato de celulosa y 5 de lana con el no tejido enfieltrado y batanado (Intensidad alta), lo que constituye la densidad dos, con un peso del filtro de 0.2 gr, como se observa en el [Anexo E](#).
- Para la tercera prueba asimismo se seleccionaron 5 muestras de lana y acetato respectivamente, cabe recalcar, utilizándose un no tejido con mayor grosor, enfieltrado y batanado (Intensidad media), lo que constituye la densidad tres, con un peso del filtro de 0.14 gr, como se observa en el [Anexo F](#).

Las tres pruebas mencionadas se realizaron con el equipo DELTA OHM 21ABE17 (Indoor Air Quality) en la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte, cada prueba consta de 10 mediciones, es decir, 5 con las muestras de lana y 5 con las muestras de acetato.

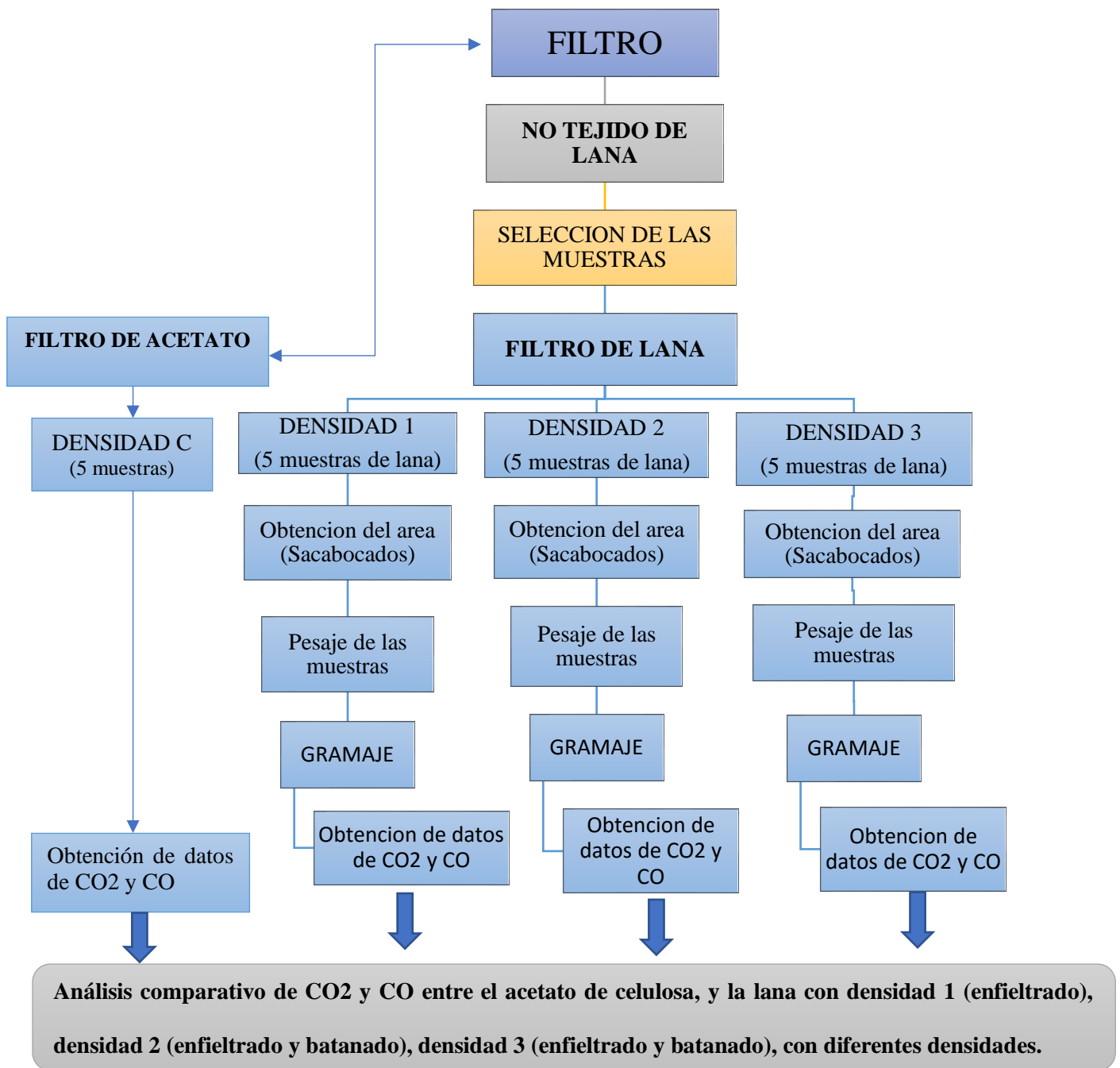


Figura 7. Flujograma muestral

Fuente: El autor

3.4 Metodología de campo

La investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, se abordó a partir de la obtención de las muestras y de datos referentes a grosor, peso y gramaje. Ver [Anexo G](#), [Anexo H](#), [Anexo I](#).

En la tabla 1, 2, y 3 se describen los datos promediados obtenidos según el número de muestras.

Tabla 1 Muestras no tejidas, enfieltradas, sin batanar (Densidad 1 - baja)

N°	GROSOR (mm)	AREA (cm2)	PESO (gr)	GRAMAJE (gr/m2)	Peso del filtro (gr)
1	3	100	4,014	401,4	0.116
2	3,2	100	4,186	418,6	0.113
3	3	100	3,89	389	0.117
4	2,9	100	4,59	459	0.113
5	3	100	3,826	382,6	0.112
PROMEDIO	3,02	100	4,1012	410,12	0.112

Fuente: Yar, 2019

Tabla 2 Muestras no tejidas, enfieltradas y batanadas (Densidad 2 - alta)

N°	GROSOR (mm)	AREA (cm2)	PESO (gr)	GRAMAJE (gr/m2)	Peso del filtro (gr)
1	3,25	100	8,09	809	0.225
2	3	100	6,87	687	0.221
3	3	100	6,75	675	0.218
4	3	100	6,8	680	0.219
PROMEDIO	3,0625	100	4,17	680,7	0.22

Fuente: Yar, 2019

Tabla 3 Muestras no tejidas, enfieltradas y batanadas (Densidad 3- media)

N°	GROSOR (mm)	AREA (cm2)	PESO (gr)	GRAMAJE (gr/m2)	Peso del filtro (gr)
1	13	25	8,94	3576	0.2
2	14	25	9,37	3748	0.1
3	14	25	8,7	3480	0.2
4	13	25	9,61	3844	0.1
5	13	25	10,06	4024	0.1
PROMEDIO	13,4	25	9,336	3734,4	0.14

Fuente: Yar, 2019

3.4.1 Proceso de obtención de los filtros.

A continuación, se describen los materiales y los pasos realizados para la obtención de los filtros en cada caso.

1. No tejido enfieltrado sin batanar. Ver [Anexo J](#)
2. No tejido enfieltrado y batanado (Intensidad alta). Ver [Anexo K](#)
3. No tejido enfieltrado y batanado (Intensidad media). Ver [Anexo L](#)

Filtro de acetato:

- 1.- En primera instancia se ubican los cigarrillos con el filtro de acetato de celulosa convencional ya obtenido y listo para la comparación.
- 2.- Se toma como muestra el filtro convencional, para la elaboración de los filtros de lana con iguales dimensiones.

Filtro de lana:

- 1.- Como primer paso se busca una superficie limpia y resistente para realizar una fuerza de impacto.
- 2.- Se escoge el sacabocados número 8, que corresponde al mismo diámetro del filtro de acetato convencional como se observa en el [Anexo M](#).
- 3.- Se ubica el no tejido de lana con cada densidad respectivamente y con un combo o martillo se golpea fuertemente hasta atravesar el material y obtener el filtro cilíndrico. Ver [Anexo N](#)
- 4.- En el caso del menor grosor como es la primera y segunda prueba, se juntan las rodajas para formar el filtro cilíndrico del tamaño convencional, sin utilizar resinas ni pegamentos para unir las, pues afectarían la filtración.

Materiales:

- No tejido de lana densidad uno, dos y tres.
- Una superficie fuerte y resistente (De madera o plástico).

- Un martillo o combo.
- Un sacabocados número 8.

3.4.2 Proceso comparativo de la medición de la filtración de CO₂ Y CO

Una vez obtenidos los filtros con las tres diferentes densidades e intensidades de batanado, se procede a realizar el proceso de medición y comparación entre los materiales en estudio de la filtración de CO₂ y CO. Cabe recalcar que el proceso que se describirá es el mismo para las 3 pruebas con las 5 muestras en cada caso. Cabe recalcar que la unidad de medición para datos a obtener se realizará en **partes por millón (ppm)**.

Proceso adaptado de (Muñoz, y otros, 2017), artículo científico sobre la medición de las concentraciones de CO₂ emanados de cigarrillos convencionales y electrónicos:

- 1.- Se comenzó por elegir el tipo de cigarrillo a utilizar con el filtro convencional.
- 2.- A continuación, se procedió a desarmar el cigarrillo (Uno nuevo para cada muestra) y volver a armarlo con el filtro de lana obtenido como se muestra en el [Anexo O](#), [Anexo P](#).
- 3.- Luego se colocó el cigarrillo con el filtro de acetato de celulosa y el cigarrillo con el filtro de lana respectivamente sobre el “Aparato fumador”
- 4.- A continuación, se preparó el “Aparato fumador” con la cantidad de agua necesaria para llenar el recipiente como se observa en el [Anexo Q](#).
- 5.- Se comprueba lo estanco del aparato fumador mediante ensayos iniciales.
- 6.- Ya preparados el equipo DELTA OHM y el “Aparato fumador”, se procedió a medir las concentraciones de CO₂ y CO basales, es decir previo encendido del cigarrillo. Ver [Anexo R](#).
- 7.- Concluida la medición basal o aclimatación del sensor, se procedió a la segunda etapa que es el encendido del cigarrillo, donde se monitorea las concentraciones de CO₂ y CO emanadas durante el encendido como se muestra en el [Anexo S](#).

8.- Se realizó la acción inhalatoria con el aparato fumador subiendo y bajando el mecanismo para consumir el cigarrillo, midiendo las concentraciones de CO₂ y CO acumuladas en cada dinámica hasta combustionar todo el cigarrillo como se observa en el [Anexo T](#).

Materiales:

- Cigarrillos convencionales (Filtro de acetato de celulosa)
- Cigarrillos con el filtro de lana (Cinco muestras con cada densidad)
- Aparato fumador (Botellas desechables)
- Guantes, mascarilla
- Probeta graduada (50mL), agua

Instrumento de medición:

- Equipo DELTA OHM HD 21ABE17 (Indoor Air Quality) medidor de la calidad del aire interior.

3.5 Equipo DELTA OHM HD 21ABE17

A continuación, se detallan algunas características del instrumento de medición que permitirán obtener datos de los parámetros considerados en la presente investigación.

3.5.1 Características generales

HD21ABE y HD21ABE17 IAQ Monitor son instrumentos de sobremesa/portátil producidos por Delta Ohm para analizar la calidad del aire (Indoor Air Quality, IAQ) en interiores.

- Los instrumentos miden contemporáneamente los parámetros: dióxido de carbono CO₂, monóxido de carbono CO y presión atmosférica.

- El instrumento HD21ABE17 también mide la temperatura y la humedad relativa, y calcula el punto de rocío, la temperatura de bulbo húmedo, la humedad absoluta, la relación de mezcla, y la entalpía.
- Regulaciones de referencia: ASHRAE 62.1, Decreto Ley 81/2008. Las regulaciones se aplican a todos los espacios cerrados que pueden ser ocupados por seres. Se incluyen, por la presencia de mucha humedad, las cocinas, los cuartos de baño, los vestuarios y las piscinas. Se deben tomar en cuenta, según la calidad del aire, posibles contaminantes químicos, físicos y biológicos.

Las aplicaciones típicas de los instrumentos son:

- Medición IAQ (Indoor Air Quality, es decir, Calidad del aire en los cuartos confinantes) y condiciones de confort en las escuelas, en los despachos y en los entornos interiores.
- Análisis y estudio del síndrome del edificio enfermo (Sick Building Syndrome) y consecuencias que consiguen.
- Comprueba de la eficiencia del sistema HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning, es decir, Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento del Aire).
- Examen de las condiciones de IAQ en las empresas para optimizar el microclima y mejorar la productividad.
- Pruebas en Building Automation.

Juntamente con estas aplicaciones, y en este caso en especial se utilizarán las características del equipo para medir la filtración entre dos materiales textiles respecto a cuál retiene mayormente los componentes en estudio presentes en el humo emanado de los cigarrillos el CO₂ y CO.

3.6 Procesamiento de datos

Los datos conseguidos se analizaron y organizaron con la ayuda de programas como Excel, Word y en especial un programa estadístico informático de análisis llamado Past 3. Todos y cada de estos sirvieron para analizar la variabilidad y confiabilidad de los datos para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, para así lograr una interpretación más clara y precisa durante la investigación.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos con cada muestra en todas las etapas del proceso de la investigación. Se detallan los resultados de los valores en ppm de CO₂ y CO obtenidos de la medición con los dos tipos de filtro de acetato de celulosa y de lana respectivamente, que posteriormente se hace la comparación de los resultados de las 5 muestras ejecutadas con cada filtro. Finalmente, por medio de los programas informáticos antes mencionados en el capítulo III, se hace un análisis estadístico para verificar la confiabilidad de los datos obtenidos en los resultados.

4.1 Resultados

Del proceso investigativo se llegó a obtener los siguientes resultados, a partir del proceso de medición

4.1.1 Pruebas realizadas con diferentes densidades del filtro

Del proceso de medición de las concentraciones de CO₂ y CO emanadas del cigarrillo con filtro de acetato de celulosa y del cigarrillo con filtro de lana, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

En la tabla 4, 5 y 6 se indican los valores de CO₂ y CO medidos para la prueba uno, densidad uno, con la lana enfieltrada y con un peso del filtro de 0.1 gr; medición basal, durante el encendido del cigarrillo y durante la combustión completa del cigarrillo con el filtro de acetato y el de lana respectivamente.

Tabla 4. Parámetros iniciales de la Prueba Uno

PRUEBA N° 1			
Especificaciones:	Para las 10 muestras de la prueba 1		
Fecha:	29/5/2019	Equipo:	HD21ABE Indoor Air Quality Monitor
		Tiempo medición:	10 minutos
Materiales:	Aparato fumador	Filtros de acetato de celulosa	Volumen recipiente: 1700 mL
	Equipo IAQ HD21ABE	Filtros de lana	

Fuente: Yar, 2019

Tabla 5. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de acetato

MEDICIÓN FILTROS DE ACETATO DE CELULOSA								
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (7min)			
					1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA	
	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO
1	702	2	832	2	776	2	632	6
2	876	2	838	2	480	2	535	4
3	696	2	753	2	588	3	715	4
4	769	2	517	3	572	3	519	3
5	556	2	595	1	583	2	615	3
PROMEDIO	719,8	2	707	2	599,8	2,4	603,2	4

Fuente: Yar, 2019

Tabla 6. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de lana (Densidad 1)

MEDICIÓN FILTROS DE LANA - DENSIDAD 1- Enfieltrada								
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (7min)			
					1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA	
	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO
1	317	1	346	1	355	1	341	1
2	324	2	409	2	352	2	324	2
3	331	2	342	1	326	1	271	3
4	291	2	310	2	338	4	333	3
5	451	2	433	3	433	3	437	2
PROMEDIO	342,8	1,8	368	1,8	360,8	2,2	341,2	2,2

Fuente: Yar, 2019

En la tabla 7, 8 y 9 se indican los valores de CO₂ y CO medidos para la prueba dos, densidad dos, con los filtros de lana enfieltrada y batanada con alta intensidad, con un peso de 0.2 gr; medición basal, durante el encendido del cigarrillo y durante la combustión completa del cigarrillo con el filtro de acetato y el de lana respectivamente.

Tabla 7. Parámetros iniciales de la Prueba Dos

PRUEBA N° 2			
Especificaciones:	Para las 10 muestras de la prueba 2		
Fecha:	30/5/2019	Equipo:	HD21ABE Indoor Air Quality Monitor
		Tiempo medición:	10 minutos
Materiales:	Aparato fumador	Filtros de acetato de celulosa	Volumen recipiente: 1800 mL
	Equipo IAQ HD21ABE	Filtros de lana	

Fuente: Yar, 2019

Tabla 8. Medición de CO₂ Y CO - Filtros de acetato de celulosa

MEDICIÓN FILTROS DE ACETATO DE CELULOSA								
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (7min)			
	CO ₂	CO	CO ₂	CO	1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA	
					CO ₂	CO	CO ₂	CO
1	470	1	426	6	429	2	421	5
2	451	2	460	7	411	2	456	9
3	440	2	432	2	442	2	442	4
4	418	2	423	2	451	4	412	3
5	418	2	411	3	451	4	477	2
PROMEDIO	439,4	1,8	430,4	4	436,8	2,8	441,6	4,6

Fuente: Yar, 2019

Tabla 9. Medición de CO2 Y CO - Filtros de lana densidad 2

MEDICIÓN FILTROS DE LANA - DENSIDAD 2 – Enfieltrada y batanada – Alta intensidad										
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (8min)					
	CO2	CO	CO2	CO	1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA		3ERA EMBOLADA	
					CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
1	359	2	346	2	389	2	395	1	338	2
2	375	2	350	2	361	5	338	2	345	5
3	312	2	321	2	335	2	311	2	320	2
4	354	2	383	2	351	2	354	2	339	2
5	402	2	385	2	366	2	359	2	355	2
PROMEDIO	360,4	2	357	2	360,4	2,6	351,4	1,8	339,4	2,6

Fuente: Yar, 2019

En la tabla 10, 11 y 12 se indican los valores de CO2 y CO medidos para la prueba tres, densidad tres, con los filtros de lana enfieltrada y batanada a una intensidad media, con un peso de 0.14 gr; medición basal, durante el encendido del cigarrillo y durante la combustión completa del cigarrillo con el filtro de acetato y el de lana respectivamente.

Tabla 10. Parámetros iniciales de la Prueba Tres

PRUEBA N° 3			
Especificaciones:	Para las 10 muestras de la prueba 3		
Fecha:	30/5/2019	Equipo:	HD21ABE Indoor Air Quality Monitor
		Tiempo medición:	15 minutos
Materiales:	Aparato fumador	Filtros de acetato de celulosa	Volumen recipiente: 1800 mL
	Equipo IAQ HD21ABE	Filtros de lana	

Fuente: Yar, 2019

Tabla 11. Medición de CO2 Y CO - Filtros de acetato

MEDICIÓN FILTROS DE ACETATO DE CELULOSA								
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (7min)			
					1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
1	373	2	461	1	441	1	475	1
2	409	2	443	2	395	1	416	1
3	443	2	406	2	424	2	430	2
4	411	2	497	2	431	2	525	2
5	447	2	447	2	401	2	480	2
PROMEDIO	416,6	2	450,8	1,8	418,4	1,6	465,2	1,6

Fuente: Yar, 2019

Tabla 12. Medición de CO2 Y CO - Filtros de lana densidad 3

MEDICIÓN FILTROS DE LANA - DENSIDAD 3 – Enfieltrada y batanada – Media intensidad										
N° MUESTRA	MEDICION BASAL (1min)		ENCENDIDO DEL CIGARRILLO (2min)		COMBUSTIÓN TOTAL DEL CIGARRILLO (8min)					
					1ERA EMBOLADA		2DA EMBOLADA		3ERA EMBOLADA	
	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO	CO2	CO
1	352	2	356	2	360	2	419	2	360	2
2	324	1	348	2	358	2	367	2	355	1
3	351	2	401	2	374	2	373	2	377	2
4	360	2	362	2	351	1	330	2	373	1
5	366	2	338	2	363	2	384	1	351	1
PROMEDIO	350,6	1,8	361	2	361,2	1,8	374,6	1,8	363,2	1,4

Fuente: Yar, 2019

Cada muestra fue analizada y medida bajo el mismo proceso, tomando el tiempo aproximado de consumo del cigarrillo con cada densidad, y registrando los datos que arroja el equipo en cada caso en **partes por millón (ppm)**.

4.1.2 Resumen general de los resultados obtenidos

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos de la medición de las concentraciones de CO₂ y CO, donde se exponen los promedios de cada prueba realizada, con la densidad uno, densidad dos, densidad tres respectivamente y correspondientes a la medición basal, durante el encendido del cigarrillo y durante la combustión total del cigarrillo.

Tabla 13. Resumen comparación de filtración entre filtros de acetato de celulosa y filtros de lana.

PROMEDIOS	M. BASAL CO ₂ AC	M. BASAL CO ₂ LA	M. BASAL CO AC	M. BASAL CO LA	ENCENDIDO CO ₂ AC	ENCENDIDO CO ₂ LA	ENCENDIDO CO AC	ENCENDIDO CO LA	COMBUSTION TOTAL 1ERA. E. CO ₂ AC	COMBUSTION TOTAL 1ERA. E. CO ₂ LA	COMBUSTION TOTAL 1ERA. E. CO AC	COMBUSTION TOTAL 1ERA. E. CO LA	COMBUSTION TOTAL 2DA. E. CO ₂ AC	COMBUSTION TOTAL 2DA. E. CO ₂ LA	COMBUSTION TOTAL 2DA. E. CO AC	COMBUSTION TOTAL 2DA. E. CO LA	COMBUSTION TOTAL 3ERA. E. CO ₂ LA	COMBUSTION TOTAL 3ERA. E. CO LA
DENSIDAD 1	719,8	342,8	2	1,8	707	368	2	1,8	599,8	360,8	2,4	2,2	603,2	341,2	4	2,2		
DENSIDAD 2	439,4	360,4	1,8	2	430,4	357	4	2	436,8	360,4	2,8	2,6	441,6	351,4	4,6	1,8	339,4	2,6
DENSIDAD 3	416,6	350,6	2	1,8	450,8	361	1,8	2	418,4	361,2	1,6	1,8	465,2	374,6	1,6	1,8	363,2	1,4

Fuente: Yar, 2019

En esta tabla se puede observar que para la segunda y tercera pruebas realizadas, con la densidad dos (Enfieltrada y batanada alta intensidad, peso del filtro de 0,2 gr) y densidad tres (Enfieltrada y batanada media intensidad, peso del filtro de 0.14 gr) de los filtros de lana respectivamente se necesitó de tres emboladas para consumir el cigarrillo en su totalidad, lo que quiere decir, que el tiempo y la fuerza ejercida con estos filtros fue mayor, al igual que el % de CO₂ y CO retenidos

4.2 Análisis de Resultados

4.2.1 Análisis de la varianza

El análisis estadístico se realizó luego de recopilar las medias de los resultados obtenidos en cada prueba que constó de 10 muestras y mediciones respectivamente, para realizar la comparación entre los datos recopilados de las concentraciones en ppm de CO₂ y CO con los filtros estudiados de acetato de celulosa y lana respectivamente se elaboró una tabla única de resultados, y mediante el programa PAST 3 se obtuvieron los siguientes datos indicados en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de la varianza de los resultados obtenidos

Univariate statistics

	M_BASAL	M_BASAL	M_BASAL	M_BASAL	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	ENCENDIDO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO	COMBUSTIO
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Min	416,6	342,8	1,8	1,8	430,4	357	1,8	1,8	418,4	360,4	1,6	1,8	441,6	341,2	1,6	1,8	339,4	1,4
Max	719,8	360,4	2	2	707	368	4	2	599,8	361,2	2,8	2,6	603,2	374,6	4,6	2,2	363,2	2,6
Sum	1575,8	1053,8	5,8	5,6	1588,2	1086	7,8	5,8	1455	1082,4	6,8	6,6	1510	1067,2	10,2	5,8	702,6	4
Mean	525,2667	351,2667	1,933333	1,866667	529,4	362	2,6	1,933333	485	360,8	2,266667	2,2	503,3333	355,7333	3,4	1,933333	351,3	2
Std. error	97,4891	5,091605	0,06666667	0,06666667	88,99506	3,21455	0,7023769	0,06666667	57,64524	0,2309401	0,3527668	0,2309401	50,39594	9,882195	0,9165151	0,1333333	11,9	0,6
Variance	28512,37	77,77333	0,01333333	0,01333333	23760,36	31	1,48	0,01333333	9968,92	0,16	0,3733333	0,16	7619,253	292,9733	2,52	0,05333333	283,22	0,72
Stand. dev	168,8561	8,818919	0,1154701	0,1154701	154,144	5,567764	1,216553	0,1154701	99,84448	0,4	0,6110101	0,4	87,28833	17,11646	1,587451	0,2309401	16,82914	0,8485281
Median	439,4	350,6	2	1,8	450,8	361	2	2	436,8	360,8	2,4	2,2	465,2	351,4	4	1,8	351,3	2
25 prcntil	416,6	342,8	1,8	1,8	430,4	357	1,8	1,8	418,4	360,4	1,6	1,8	441,6	341,2	1,6	1,8	254,55	1,05
75 prcntil	719,8	360,4	2	2	707	368	4	2	599,8	361,2	2,8	2,6	603,2	374,6	4,6	2,2	272,95	2,5
Skewness	1,696592	0,3382338	-1,732051	1,732051	1,697984	0,7821521	1,679536	-1,732051	1,666109	-6,394885E-	-0,9352195	7,993606E-1	1,590702	1,066235	-1,457863	1,732051	0	0
Kurtosis	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,333333	-2,75	-2,75
Geom. mean	508,8585	351,193	1,930979	1,86434	515,7333	361,9715	2,432881	1,930979	478,5863	360,7999	2,207139	2,175485	498,5515	355,4617	3,087777	1,924521	351,0984	1,907878
Coeff. var	32,14673	2,510605	5,972589	6,185896	29,11673	1,538056	46,79048	5,972589	20,58649	0,11108647	26,95633	18,18182	17,34205	4,8116	46,68973	11,94518	4,790533	42,42641

Fuente: Yar, 2019

- Tomando las medias de las 3 pruebas realizadas para el análisis de la retención de **CO₂**, se establece que la diferencia entre los valores retenidos con el filtro de acetato de celulosa y el filtro de lana; en la medición basal, durante el encendido del cigarrillo y durante la combustión completa del cigarrillo, es del **30%** que retiene la lana **más** que el acetato de celulosa, equivalente a **153 ppm**, confirmando la hipótesis de que tiene mayor retención.
- De igual manera tomando las medias de las 3 pruebas realizadas para el análisis de la retención de **CO**, se obtuvo que la diferencia entre el acetato de celulosa y la lana es del **22 %** que retiene **más la lana**, equivalente a retener **0.57 ppm más la lana**, respecto al acetato de celulosa.

4.2.2 Confiabilidad de los datos

En las tablas 15 y 16 se muestran el análisis de la confiabilidad de los datos utilizando los métodos que plantea el programa Past 3.

Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 15. Test de normalidad de los resultados obtenidos

Tests for normal distribution

	M_BASAL_CO2_A	M_BASAL_CO2_LA	M_BASAL_CO2_AC	M_BASAL_CO2_LA	ENCENDIDO_CO2_A	ENCENDIDO_CO2_L	ENCENDIDO_CO2_AC	ENCENDIDO_CO2_L	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Shapiro-Wilk W	0,8061	0,9957	0,75	0,75	0,805	0,9758	0,8176	0,75	0,8252	1	0,9643	1	0,8569
p(normal)	0,129	0,8749	-8,572E-07	-8,572E-07	0,1265	0,7017	0,1572	-8,572E-07	0,1762	1	0,6369	1	0,259
Jarque-Bera JB	0,5211	0,2908	0,5313	0,5313	0,5215	0,3322	0,5163	0,5313	0,5126	0,2812	0,3541	0,2813	0,4921
p(normal)	0,7706	0,8647	0,7667	0,7667	0,7705	0,8469	0,7725	0,7667	0,7739	0,8688	0,8377	0,8688	0,7819
p(Monte Carlo)	0,1279	0,874	0,0001	0,0001	0,1252	0,7077	0,158	0,0001	0,179	1	0,6371	1	0,2666
Ch ²	3,6667	1	3,6667	3,6667	3,6667	1	3,6667	3,6667	3,6667	1	1	1	1
p(normal)	0,055511	0,31731	0,055511	0,055511	0,055511	0,31731	0,055511	0,055511	0,055511	0,31731	0,31731	0,31731	0,31731
Ch ² OK (N>20)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Anderson-Darling A	0,4171	0,1943	0,4878	0,4878	0,4184	0,2166	0,4028	0,4878	0,3935	0,1895	0,2296	0,1895	0,3551
p(normal)	0,1033	0,6081	0,05651	0,05651	0,1021	0,5232	0,1166	0,05651	0,1239	0,6307	0,4867	0,6307	0,1733

Fuente: Yar, 2019

Tabla 16. Test de normalidad de los resultados obtenidos

Tests for normal distribution

	ENCENDIDO_CO2_AC	ENCENDIDO_CO2_L	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA	COMBUSTION_TOTA
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Shapiro-Wilk W	0,8176	0,75	0,8252	1	0,9643	1	0,8569	0,9519	0,8929	0,75	1	1
p(normal)	0,1572	-8,572E-07	0,1762	1	0,6369	1	0,259	0,5778	0,3631	-8,572E-07	1	1
Jarque-Bera JB	0,5163	0,5313	0,5126	0,2812	0,3541	0,2813	0,4921	0,376	0,4584	0,5312	0,3333	0,3333
p(normal)	0,7725	0,7667	0,7739	0,8688	0,8377	0,8688	0,7819	0,8286	0,7952	0,7667	0,8465	0,8465
p(Monte Carlo)	0,158	0,0001	0,179	1	0,6371	1	0,2666	0,5737	0,3623	0,0001	0,8771	0,8825
Ch ²	3,6667	3,6667	3,6667	1	1	1	1	1	1	3,6667	2	2
p(normal)	0,055511	0,055511	0,055511	0,31731	0,31731	0,31731	0,31731	0,31731	0,31731	0,055511	0,1573	0,1573
Ch ² OK (N>20)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Anderson-Darling A	0,4028	0,4878	0,3935	0,1895	0,2296	0,1895	0,3551	0,2437	0,3122	0,4878	0,2505	0,2505
p(normal)	0,1166	0,05651	0,1239	0,6307	0,4867	0,6307	0,1733	0,4356	0,2494	0,05651	0,2267	0,2267

Fuente: Yar, 2019

Se realizó el test de normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro-Wilk W, Jarque-Bera JB, p(normal), p (Monte Carlo), Chi², Chi² OK (N>20) y Anderson-Darling A. Encontrándose que los valores en los métodos Shapiro-Wilk W y Chi² OK (N>20) son menores a 0,05. Y los valores en los métodos; Jarque-Bera JB, p(normal), p (Monte Carlo), Chi² y Anderson-Darling A, son mayores a 0,05, por consecuencia respaldándose en los resultados confiables de estos 5 métodos utilizados, se puede decir que los datos tienen una confiabilidad de un 95%, y se acepta la hipótesis nula.

4.2.3 Análisis gráfico de los resultados obtenidos

Según el tipo de gráfico bar chart/ box plot de la figura 8, se analiza lo siguiente:

Bar chart/box plot

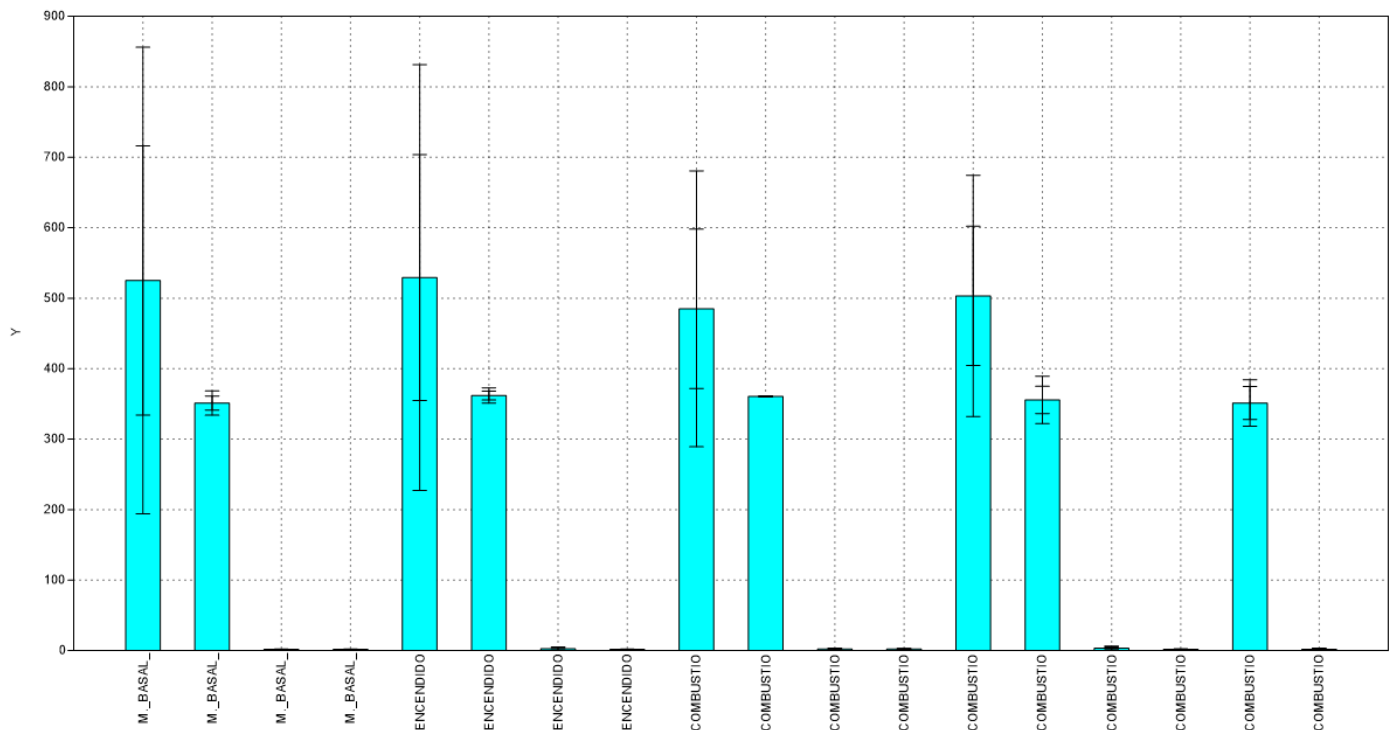


Figura 8. Gráfico Bar chart/box plot, error estándar y coeficiente de variación.

Fuente: Yar, 2019

Como se indica en (**Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2008**) acerca de la interpretación del coeficiente de variación:

Se considera que una estimación con un coeficiente de variación: Hasta del 7%, es precisa; entre el 8 y el 14% significa que existe una precisión aceptable; entre el 15% y 20% precisión regular y por lo tanto se debe utilizar con precaución. Mayor del 20% indica que la estimación es poco precisa. (pág.5)

Partiendo de lo que nos indica este autor se analiza lo siguiente:

- Los coeficientes de variación de la medición de **CO₂** con el filtro de **acetato de celulosa** tienen un promedio entre el 20 – 25 %, lo que significa que los datos son poco precisos, con valores promedio de entre 400 a 500 ppm de concentración en el humo dentro del “Aparato fumador”. En cuanto a los valores de las mediciones de **CO₂** con el filtro de **lana** el coeficiente de variación esta entre 8 – 14%, indicando que los datos son más uniformes y precisos, con valores promedio de 300 a 400 ppm de concentración en el humo dentro del “Aparato fumador”.
- El coeficiente de variación de la medición de **CO**, con el filtro de acetato de celulosa y el filtro de lana, esta entre 7 a 8% indicando que es más precisa, pues los valores son uniformes, no variaron significativamente de medición a medición en cada prueba. Con valores promedio de 2 a 3 ppm de concentración con el acetato de celulosa y un promedio de 1 a 2 ppm de concentración con la lana.

Los resultados del análisis de los datos de las 3 pruebas realizadas, se los puede apreciar en el gráfico de la figura 9, a continuación:

XY plot

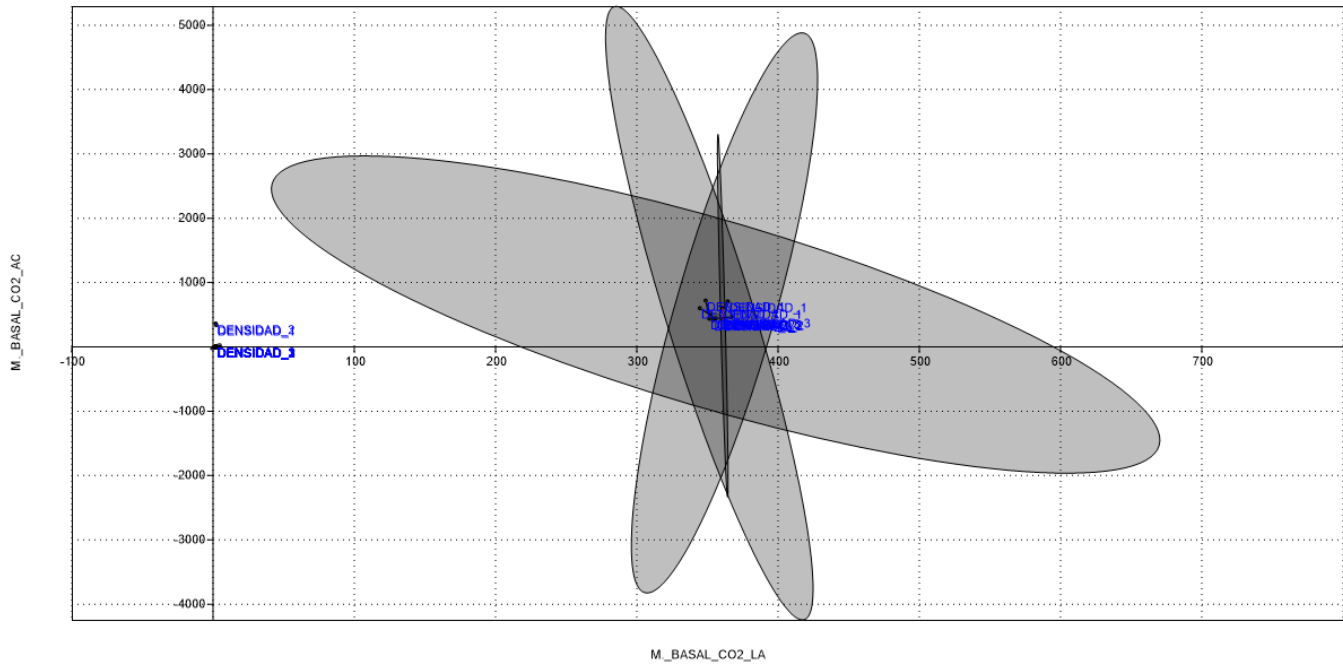


Figura 9. Gráfico XY Plot, confiabilidad de los datos

Fuente: Yar, 2019

En el gráfico se muestra que la mayoría de los valores se agrupan en la parte central más oscura, indicando que se encuentran dentro del 95% de confiabilidad y unos pocos se desvían del centro, que en el test de normalidad corresponden a los valores menores de 0,05 que señalan los métodos Shapiro-Wilk W y Chi² OK (N>20).

En el gráfico de la figura 10, se puede apreciar la diferencia entre las 3 densidades estudiadas de la fibra de lana.

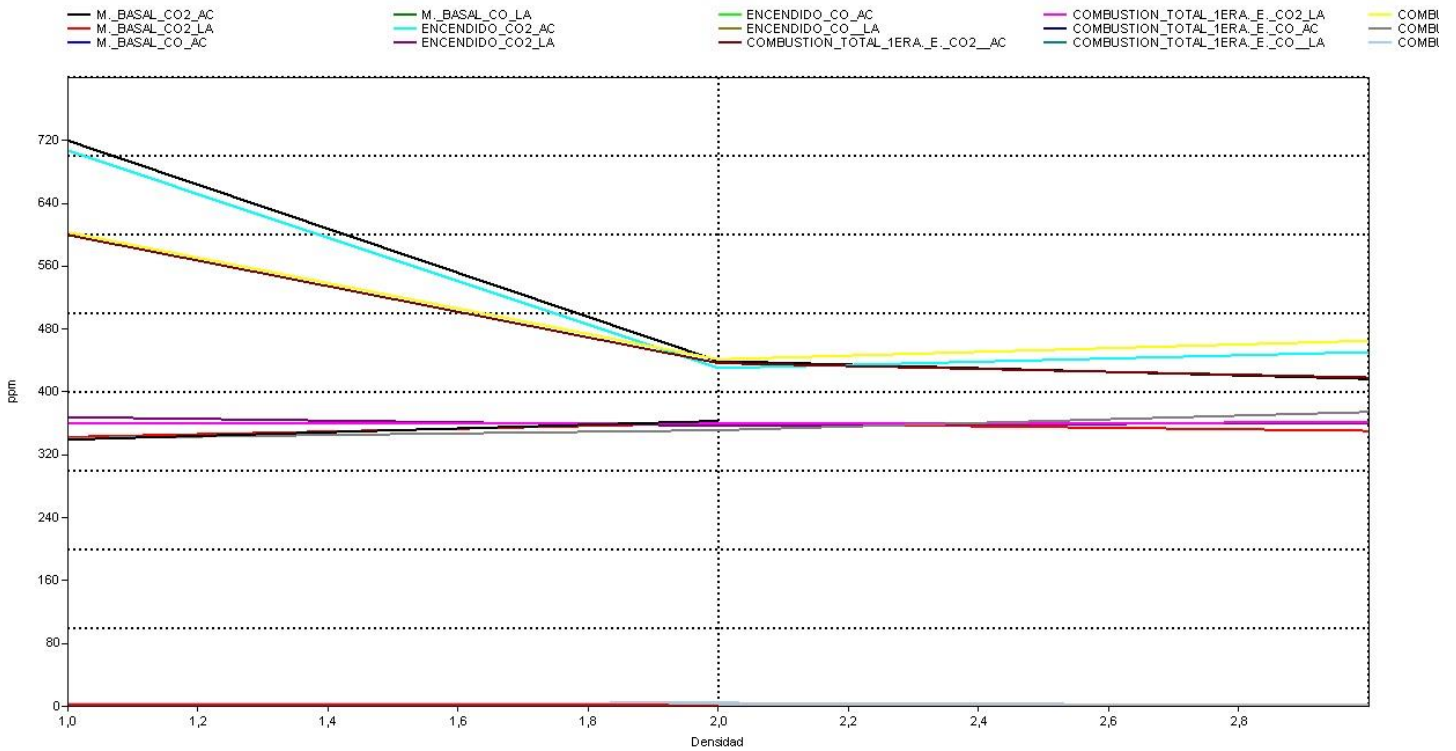


Figura 10. Gráfico Graph, análisis de los resultados obtenidos.

Fuente: Yar, 2019

Del gráfico se puede apreciar que los valores medidos de CO₂ y CO para la densidad uno (enfieltrada peso de 0.1 gr) es mayor, bajando la concentración para la densidad dos (enfieltrada y batanada alta intensidad, peso de 0.2 gr) y nuevamente subiendo para la densidad tres (enfieltrada y batanada media intensidad, peso de 0.14 gr), es decir, en base a este grafico se puede determinar que los valores utilizando la densidad dos son menores, es decir, que la retención fue mayor. Ya que la variable establecida es, “A menor valor de ppm mayor retención de CO₂ o CO” respectivamente, pues lo que significa es que, el humo que paso a través del filtro fue mayor en el caso de los valores mayores en ppm de CO₂ y CO.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La efectividad de los tres tipos de filtros de lana, es mayor respecto a los filtros de acetato, demostrándose que las propiedades de la lana, son propicias para la filtración de **CO₂** y **CO**, con una eficiencia del **30 y 22%** respectivamente. (Tabla 14, pág.49)
- Los valores de ppm de **CO₂** medidos para el acetato de celulosa, se mantienen entre 400 a 500 ppm, a diferencia de la lana que se mantiene en valores entre 300 a 400 ppm, obteniéndose de los resultados que el valor que retiene la lana mayor que el acetato es de **153 ppm**. (Tabla 14, pág.49 - Figura 8, pág.52)
- Los valores de ppm de **CO** medidos para el acetato de celulosa son de 2 a 3 ppm, y para la lana se tienen valores de 1 a 2 ppm, resultando que la lana retiene **0.57 ppm** más que el acetato de celulosa. (Tabla 14, pág.49 - Figura 8, pág.52)
- Entre las tres densidades del filtro de lana, la **densidad dos** correspondiente al filtro enfieltrado y batanado con alta intensidad con un peso de 0.2 gr, es la más práctica, ya que **retiene el CO₂**; en un 1% más respecto a la densidad tres (enfieltrada y batanada con un peso de 0.14 gr) y en un 2% más respecto a la densidad uno (que es solamente enfieltrada con un peso de 0.1 gr). (Figura 10, pág. 54)
- Con un filtro de lana de 0.2 gramos de peso, se logró retener ese 30% más de CO₂ y 22% más de CO, respecto al acetato de celulosa con un peso de 0.14 gramos. (pág.36)

5.2 Recomendaciones

- Para efecto de la presente investigación se recomienda la calibración correcta del equipo, así como verificar su carga adecuada para evitar cortes innecesarios durante la medición y pérdidas de tiempo en la misma
- De igual manera es propicio verificar el hermetismo del aparato fumador prefabricado para evitar fugas y errores en la medición.
- Para la presente investigación se recomienda realizar más pruebas con variedades de cigarrillos, ya que en este estudio se realizó únicamente con el cigarrillo de marca LM, tomando como base su filtro y sus dimensiones, para de esta manera realizar una comparación adicional entre filtros de distintos cigarrillos y los filtros de lana.
- Considerar realizar una comparación de los demás componentes del cigarrillo, respecto a retención entre dos materiales textiles, ya que en la presente investigación se estudió dos de sus componentes con el equipo del que se dispuso.
- Considerar otros materiales textiles biodegradables, enfocados en la problemática ambiental, para la comparación con el acetato de celulosa, en cuanto a retención de CO₂ y CO, con el uso del mismo equipo.
- De igual manera una recomendación es emplear la presente investigación en otras aplicaciones como filtros de automóviles, purificación del aire, mascarillas de aerosoles, entre otras aplicaciones que puede tener la lana u otras fibras textiles en cuanto a retención o filtración.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS

Referencias

- Absalon Varona, C. (13 de Julio de 2015). *Instituto Politécnico Nacional Unidad profesional interdisciplinaria de Biotecnología*. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54693058/ABSALON_VARONA__C._A..pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1556662767&Signature=HHLjAXex0LsdeVxXKaVborjeh80%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPROPUESTA_DE_MANEJO_DE_R
- Andrade, N. M. (2018). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7873>
- Anrango, L. A. (2017). *Repositorio Universidad Técnica del Norte* . Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7202>
- Asociación de industriales Textiles del Ecuador . (s.f.). *Aite.com.ec*. Obtenido de <http://aite.com.ec/industria.html>
- Berenguer Subils , J., & Bernal Dominguez, F. (2000). *Ministerio del trabajo y asuntos sociales española*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_549.pdf
- Camacho Montalvo, A., De Vecchi Robert, P., Grajales Morán , A., & Ruíz del Moral Cervantes, A. (Febrero de 2013). *Unam: ECO - LILLAS una opcion* . Obtenido de <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Memoria-Congreso-2013/trabajos-areas-convergentes/15.pdf>

Campana por la lana. (2013). *Campana por la lana*. Obtenido de <https://lalanaes.wordpress.com/2013/11/15/por-que-escoger-lana/>

Celis, & Orlik. (2001). *Journal of Science Education*. Obtenido de <https://search.proquest.com/openview/6ecebeee00ab4e915e1664b356e9f49d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=28899>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Junio de 2008). *www.dane.gov.co*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf

Ecured. (s.f.). Obtenido de Ecured: <https://www.ecured.cu/Lana>

Enciclopedia de características. (2017). Obtenido de <https://www.caracteristicas.co/lana/>

Esparza, W. (9 de Agosto de 2016). *Repositorio Digital Universidad Internacional SEK*. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2140>

Garza Ibarra, A. (Mayo de 2007). *Universidad Autónoma de Nuevo Leon* . Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/1784/1/1080172307.pdf>

Lema Andrade, A. (2014). *Repositorio digital de la Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3780>

Lema Ruano, P. (2017). *Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7284>

Lema, Á. (Noviembre de 2014). *Repositorio UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3780/1/04%20IT%20164%20TESIS.pdf>

Levín, S. (2001). *Lanas. Parte I. Características y propiedades*. Obtenido de http://ffyl1.uncu.edu.ar/IMG/pdf/LANAS-CARACTERISTICAS_Y_PROPIEDADES-PARTE_I.pdf

- Márquez, R. (12 de Diciembre de 2016). *La nueva tecnología en filtros de tabaco que se va a comercializar en España*. Obtenido de https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-12-15/tecnologia-celfx-filtros-tabaco_1289730/
- Megaplastic.com. (2005). *Manual de no tejidos*. Obtenido de Manual de no tejidos: http://media.wix.com/ugd/e56c08_754739998658558f24681d88a9a45732.pdf
- Ministerio de salud. (s.f). *Programa nacional de control del tabaco*. Obtenido de <http://www.msal.gob.ar/tabaco/index.php/informacion-para-profesionales/tabaquismo-en-el-mundo-generalidades/ique-hay-en-un-cigarrillo>
- Montoya, S. E. (2004). *Escuela superior de ingeniería textil - Sección de estudios de posgrado e investigación*. Obtenido de Escuela superior de ingeniería textil - Sección de estudios de posgrado e investigación : <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/928/TESSSARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, B., Matus, M. J., Echeverría, K., Canales, F., Pacheco, B., & Pacheco, M. (2017). *Brotos Científicos*. Obtenido de https://brotescientificos.usach.cl/sites/brotos/files/articulo_7.pdf
- No tejidos II*. (2013). Obtenido de <http://bmaritz.blogspot.com/2013/11/spunbond.html>
- Patel, M., & Dhruvkumar, B. (s.f). Non Woven Technology. M.S UNIVERSITY: DTT, BE in textile Technology.
- Peña, J. G. (Octubre de 2007). *Universidad de el Salvador*. Obtenido de Universidad de el Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4889/1/16100088.pdf>
- Portillo, R. E. (2013). *Repositorio Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2300>
- Red de lana*. (2015). Obtenido de <https://reddelana.com/2015/01/27/las-propiedades-de-la-lana/>

Ríos, P. (2012). *Scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/109732997/Caracteristicas-de-La-Lana>

Suárez, M. L. (2015). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7937>

Tabacopedia.com. (2015). *Tabacopedia.com*. Obtenido de <https://tabacopedia.com/es/articulos-del-fumador/filtros/elaboracion-de-filtros/>

TEXTAMPO. (s.f.). *TEXTAMPO*. Obtenido de <https://www.textampo.com/material-non-woven/>

ANEXOS

ANEXO A [Equipo Delta OHM 21ABE17](#)



Fuente: Yar 2019.

ANEXO B. [Aparato Fumador](#)



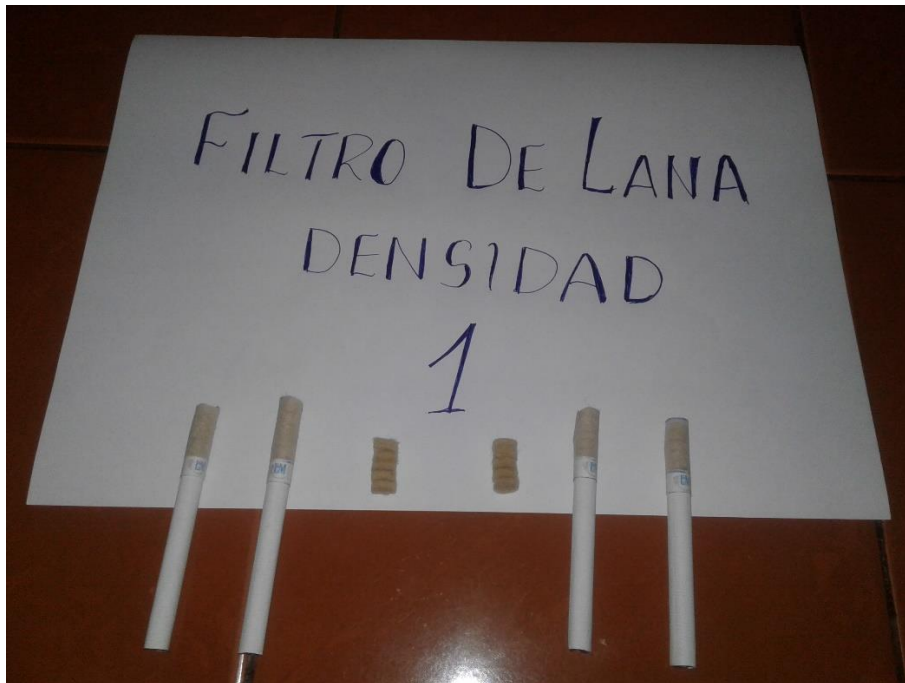
Fuente: Yar, 2019

ANEXO C. [Filtros de acetato de celulosa convencionales](#)



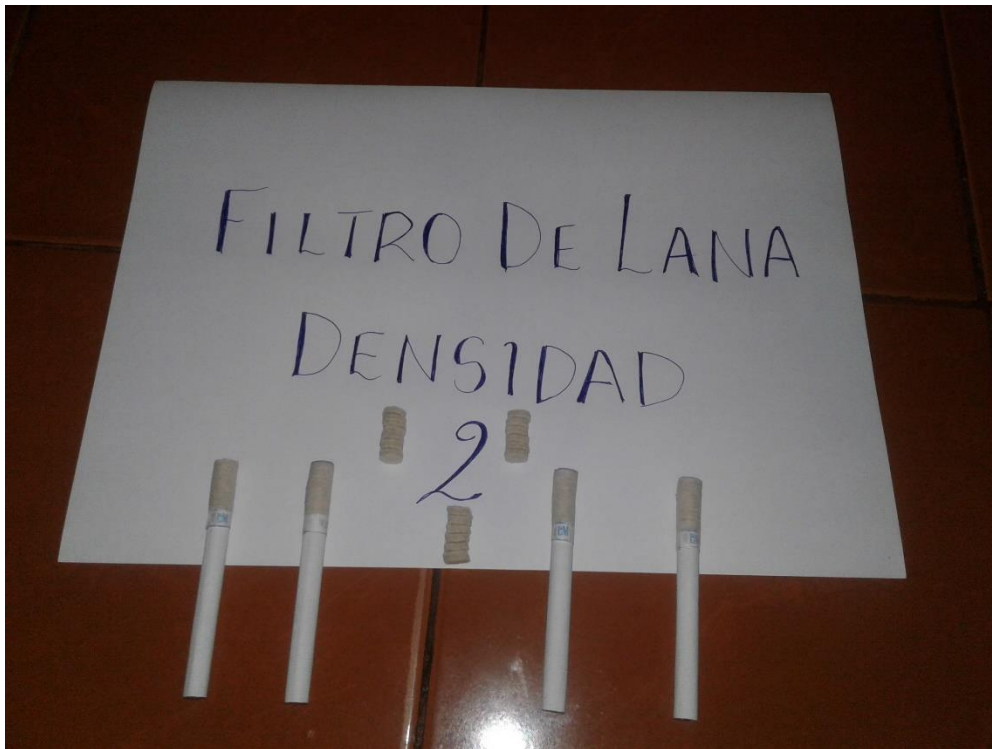
Fuente: Yar, 2019

ANEXO D. [Filtros de lana Densidad Uno-Enfieltrada](#)



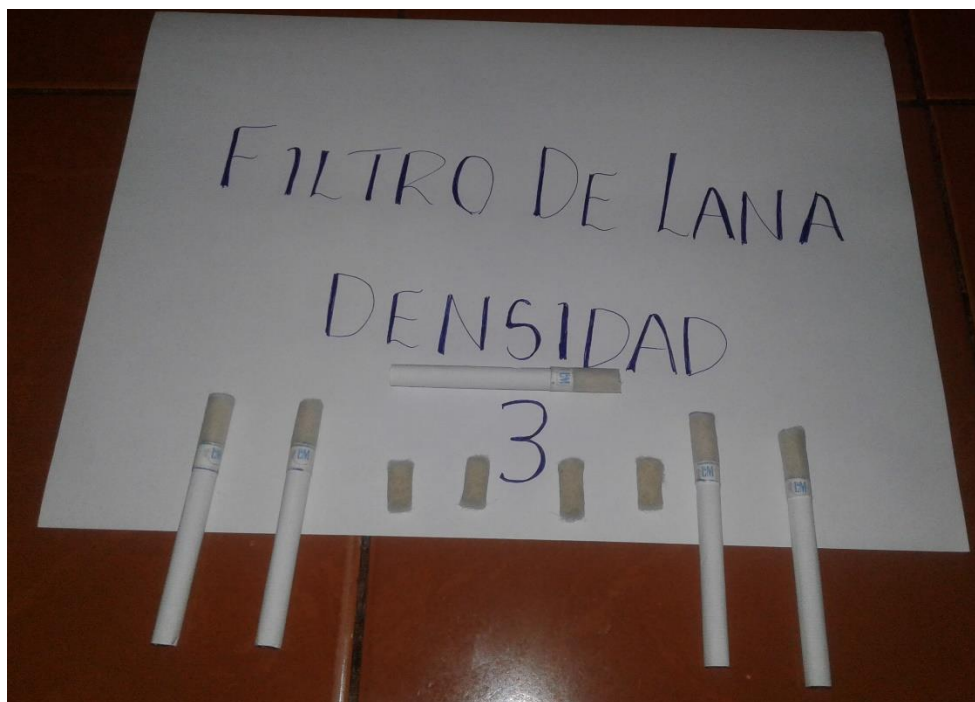
Fuente: Yar, 2019

ANEXO E. [Filtros de lana Densidad Dos-Enfieltrada y batanada Alta intensidad](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO F. [Filtros de lana Densidad Tres-Enfieltrada y batanada Media intensidad](#)



ANEXO G. [Obtención de muestras para determinación de la densidad](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO H. [Medición del grosor de las muestras](#)



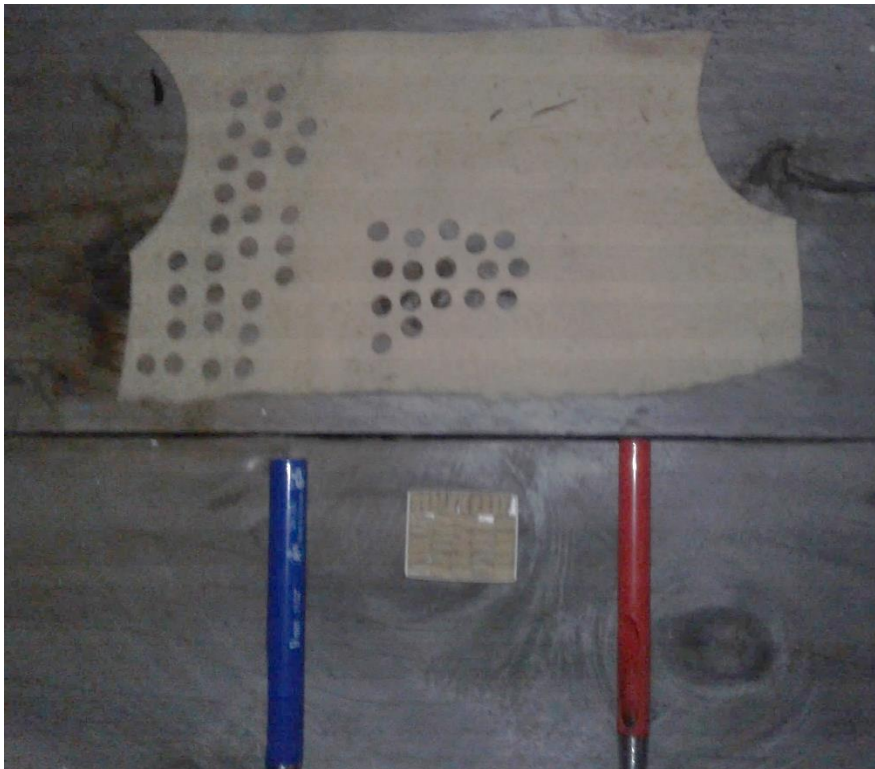
Fuente: Yar, 2019

ANEXO I. [Determinación del gramaje](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO J. [No Tejido enfieltrado, sin batanar.](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO K. [No tejido enfieltrado y batanado, Densidad Alta](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO L. [No tejido enfieltrado y batanado, Densidad media](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO M. [Sacabocados número 8.](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO N. [Obtención de los filtros con el sacabocado.](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO O. [Proceso de desmontaje del cigarrillo](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO P. [Montaje del filtro de lana en el cigarrillo.](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO Q. [Preparación del “Aparato Fumador”](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO R. [Medición Basal de CO₂ y CO](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO S. [Medición durante el Encendido del cigarrillo](#)



Fuente: Yar, 2019

ANEXO T. [Combustión total del Cigarrillo](#)



Fuente: Yar, 2019