

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE LA CALIDAD
DEL FILTRO DE AIRE EN LA CONTAMINACIÓN DEL
ACEITE DE UN MOTOR A DIESEL POR MATERIAL
PARTICULADO”**

AUTORES:

KEVIN OSWALDO ORDOÑEZ CRIOLLO
HENRY MIGUEL SALAMEA QUINTEROS

TUTOR:

ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR

CUENCA - ECUADOR

2020



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Kevin Oswaldo Ordoñez Criollo con documento de identificación N° 0105163752 y Henry Miguel Salamea Quinteros con documento de identificación N° 0105252712, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE LA CALIDAD DEL FILTRO DE AIRE EN LA CONTAMINACIÓN DEL ACEITE DE UN MOTOR A DIESEL POR MATERIAL PARTICULADO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020

Kevin Oswaldo Ordoñez Criollo
C.I. 0105163752

Henry Miguel Salamea Quinteros
C.I. 0105252712



CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollada el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE LA CALIDAD DEL FILTRO DE AIRE EN LA CONTAMINACIÓN DEL ACEITE DE UN MOTOR A DIESEL POR MATERIAL PARTICULADO”**, realizado por Kevin Oswaldo Ordoñez Criollo y Henry Miguel Salamea Quinteros, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020

Ing. Milton Oswaldo García Tobar, MsC

C.I. 0104282181



DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Kevin Oswaldo Ordoñez Criollo con documento de identificación N° 0105163752 y Henry Miguel Salamea Quinteros con documento de identificación N° 0105252712, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA QUE TIENE LA CALIDAD DEL FILTRO DE AIRE EN LA CONTAMINACIÓN DEL ACEITE DE UN MOTOR A DIESEL POR MATERIAL PARTICULADO”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2020

Kevin Oswaldo Ordoñez Criollo
C. I. 0105163752

Henry Miguel Salamea Quinteros
C.I. 0105252712



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, como también la fortaleza para superar momentos de dificultad y debilidad, de igual manera por permitirme estudiar y cumplir un sueño que tanto anhelaba ¡GRACIAS MI DIOS!

Gracias a mis padres: Oswaldo y Soraya por ser mi principal promotor de mis sueños y confiar en mí, con sus consejos, y valores me han permitido crecer como un ser de bien.

Un profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Politécnica Salesiana, a mis docentes que con tanta vocación me enseñaron día a día, y me compartieron conocimiento, en especial a mi tutor Ing. Milton Garcia T. quien nos ha guiado con paciencia y rectitud como docente.

También un sincero agradecimiento a mis amigos de la carrera: F. Neira, H. Salamea y F. Villacres, que con su compañía hicieron que esta aventura sea muy divertida.

Kevin Ordoñez



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a cumplir uno de mis más grandes sueños y haberme acompañado a lo largo de mi vida especialmente en los momentos más difíciles.

Le doy gracias a mis padres Teodoro y Narcisa por apoyarme en cada momento, por inculcarme excelentes valores permitiéndome llegar a ser una persona de bien.

A mis hermanos Patricio y Jessica por ser unos grandes ejemplos y apoyarme incondicionalmente en el transcurso de mi vida

De todo corazón agradezco a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que fueron unos excelentes guías en especial a mi tutor de tesis Ing. Milton García que estuvo en cada momento apoyándonos.

También a mis compañeros y unos grandes amigos de vida Fernando, Francisco y Kevin que siempre estuvieron ahí compartiendo conocimientos y su amistad.

Henry Salamea



DEDICATORIA

Esta tesis dedico a mis padres: Oswaldo y Soraya que con su paciencia me forjaron, para no rendirme jamás, a mis hermanos William, Karen que así mismo durante todo este proceso me brindaron su apoyo incondicional. A mis sobrinos y en general a toda mi familia, con sus oraciones y palabras me hizo una mejor persona.

Finalmente una dedicatoria especial a mi esposa Michelle y a mi hijo Julián que día a día me brindan todo su amor, paciencia y para así poder cumplir mis sueños, todo esto es por ustedes. “LES AMO”

Kevin Ordoñez



DEDICATORIA

Este proyecto de titulación dedico a mis padres que siempre estuvieron brindándome su amor, por el gran sacrificio que tuvieron que realizar para que yo puede llegar a cumplir unas de mis metas en la vida.

A mis hermanos que siempre estuvieron aconsejándome y brindándome su apoyo en el trascurso de esta etapa de mi vida.

Henry Salamea



RESUMEN

Este proyecto de investigación busca determinar la influencia que tiene la calidad del filtro de aire al exponerse a la contaminación ambiental, siendo su mayor contaminante las partículas de silicio suspendidas en el aire. Dependiendo de las características de las propiedades del material filtrante, poder determinar la degradación del aceite lubricante del motor a diésel en un bus de transporte urbano del año 2018 modelo MP60MD con un motor MWM 6.12 TCE Turbo Intercooler.

Se caracterizaron tres filtros de aire para diferenciar sus propiedades y separarlos por diferentes gamas. El mantenimiento de los buses estuvo programado cada tres semanas para la experimentación de cada uno de los elementos filtrantes con una misma marca de aceite lubricante, mediante la metodología de muestreo intencional no probabilístico se obtuvieron las muestras de aceite cada tres días para monitorizar su vida útil. Con ayuda de la metodología experimental se determinó la cantidad de partículas contaminantes que ingresan al motor de combustión interna. Finalmente, con los resultados obtenidos se valida la calidad del filtro mediante el análisis de conteo de partículas obteniendo resultados favorables para el filtro de gama media con respecto a la empresa LANCOMTRI S.A.

Palabras claves: *Filtro de aire, aceite lubricante, motor, diésel, contaminación.*



SUMMARY

This research project seeks to determine the influence that the quality of the air filter has when exposed to environmental pollution, its main contaminant being silicon particles suspended in the air. Depending on the features of the properties of the filter material, be able to determine the degradation of the lubricating oil of the diesel engine in a 2018 urban transport bus model MP60MD with an MWM 6.12 TCE Turbo Intercooler engine.

Three air filters were characterized to differentiate their properties and separate them by different ranges. The maintenance of the buses was scheduled every three weeks for the experimentation of each of the filter elements with the same brand of lubricating oil, using the non-probabilistic intentional sampling methodology, the oil samples were obtained every three days to monitor their useful life. With the help of the experimental methodology, the oil analysis continues to determine the amount of contaminating particles that enter to the internal combustion engine. Finally, with the results obtained, the quality of the filter is validated by analyzing the particle count, obtaining favorable results for the mid-range filter regarding to the company LANCOMTRI S.A.

Key words: *Air filter, lubricating oil, engine, diesel, pollution.*



INDICE

Capítulo 1	1
1. CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE DE BAJA, MEDIA, ALTA GAMA.....	1
1.1. FILTRO DE AIRE.	1
1.2. LOS PRINCIPALES FACTORES PARA LA DURACIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE SON:.....	2
1.2.1. TAMAÑO Y EL PLEGADO INTERIOR.	2
1.2.2. CONDICIONES DE USO.	2
1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE.	2
1.3.1. POR SU PAPEL FILTRANTE:.....	2
1.3.1.1. FILTRO DE PAPEL O CELULOSA.....	3
1.3.1.2. FILTRO DE ALGODÓN.....	4
1.3.2. TIPOS DE FILTROS POR SU FORMA	4
1.3.2.1. FILTRO DE AIRE CIRCULAR.....	4
1.3.2.2. FILTRO DE AIRE CÓNICO	5
1.3.2.3. FILTRO DE AIRE CUADRADO O RECTANGULAR.....	5
1.3.2.4. FILTRO DE AIRE CILÍNDRICO	5
1.4. CONTAMINACIÓN DEL FILTRO DE AIRE.	6
1.5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS FILTROS DE AIRE.	6
1.6. ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DEL FILTRO DE AIRE.	7
1.6.1. DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE AIRE.	7
1.6.2. TAPA SUPERIOR Y TAPA INFERIOR.	8
1.6.3. MALLA METALICA.	11
1.6.4. ELEMENTO FILTRANTE.	11
1.6.4.1. PLIEGUES DEL ELEMENTO FILTRANTE	12
1.7. PESAJE DEL FILTRO DE AIRE.....	13
1.8. PROCESO TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DE FILTRO DE AIRE.....	14
1.8.1. RECOLECCION DE DATOS DEL FILTRO AIRE.	15
1.8.1.1. FILTRO DE AIRE SAKURA CONTAMINADO.....	16
1.8.1.1.1. PRINCIPAL	16
1.8.1.1.2. SECUNDARIO.....	16
1.8.1.2. FILTRO DE AIRE DONSSON CONTAMINADO.	17
1.8.1.2.1. PRINCIPAL	17



1.8.1.2.2.	SECUNDARIO.....	17
1.8.1.3.	FILTRO DE AIRE DONALDSON CONTAMINADO.....	18
1.8.1.3.1.	PRINCIPAL	18
1.8.1.3.2.	SECUNDARIO.....	18
1.8.1.4.	ESCALA DE VALORACIÓN	19
1.9.	ANÁLISIS MICROSCOPICO DEL FILTRO DE AIRE	20
1.9.1.	DIÁMETRO DE LAS FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL	20
1.9.1.1.	FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL	20
1.9.1.2.	FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL	21
1.9.1.3.	FILTRO DE AIRE DONALDSON PRINCIPAL.....	22
1.9.2.	DIÁMETRO DE LAS FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO.....	23
1.9.2.1.	FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO.....	23
1.9.2.2.	FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO	24
1.9.2.3.	FILTRO DE AIRE DONALDSON SECUNDARIO	25
1.9.3.	DISTANCIA ENTRE FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL.....	26
1.9.3.1.	FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL	26
1.9.3.2.	FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL	27
1.9.3.3.	FILTRO DE AIRE DONALSON PRINCIPAL	28
1.9.4.	DISTANCIA ENTRE FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL.....	29
1.9.4.1.	FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO.....	29
1.9.4.2.	FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO	30
1.9.4.3.	FILTRO DE AIRE DONALSON SECUNDARIO	31
1.10.	CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTROS EN: ALTA, MEDIA Y BAJA GAMA	32
1.10.1.	COSTOS.....	32
1.10.2.	DISPONIBILIDAD	33
1.10.3.	EFICIENCIA	34
1.10.4.	PESO DE RETENCIÓN	35
1.10.5.	DIÁMETRO DE LAS FIBRAS	36
1.10.5.1.	DIÁMETRO EN LOS FILTROS PRINCIPALES	36
1.10.5.2.	DIÁMETRO EN LOS FILTROS SECUNDARIOS.....	37
1.10.6.	DISTANCIA ENTRE FIBRAS.....	38
1.10.6.1.	DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.	38
1.10.6.2.	DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.	39
1.10.7.	MÉTODO DE CALIFICACION CUALITATIVO POR PUNTOS.....	40



Capítulo 2	41
2. ESTUDIO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DEL ACEITE PARA MOTORES DIESEL.	41
2.1. DISCRIMINACIÓN DE LOS AUTOBUSES PARA EL MUESTREO	41
2.2. ACEITE LUBRICANTE	43
2.3. PROPIEDADES DE LOS ACEITES	43
2.3.1. DENSIDAD	43
2.3.2. VISCOSIDAD.....	43
2.3.3. INDICE DE VISCOSIDAD	44
2.3.4. PUNTO DE INFLAMACIÓN	44
2.4. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL ACEITE LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	44
2.5. LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES QUE SE ENCUENTRAN EN UN ACEITE SON LOS SIGUIENTES:	44
2.5.1. SILICIO.....	44
2.5.2. AGUA	45
2.5.3. EL AZUFRE Y VANADIO.....	45
2.6. EQUIPOS Y TECNICAS NECESARIAS PARA EL ANALISIS DE ACEITES LUBRICANTES DEL MOTOR.....	45
2.6.1. TÉCNICAS PARA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE DESGASTE EN EL ACEITE USADO.....	46
2.6.1.1. CONTEO DE PARTICULAS	46
2.6.1.2. INSTRUMENTO DE MEDICION PARA EL CONTEO DE PARTICULAS.....	47
Capítulo 3	49
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	49
3.1. MÉTODO DE DISPERSIÓN DE PUNTOS.....	49
3.2. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 1µm.....	50
3.3. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 5µm.....	51
3.4. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 10µm	52
3.5. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 15µm	53
3.6. CURVAS DE TENDENCIA.....	54
3.7. CURVA DE TENDENCIA DE 1µm	54
3.8. CURVA DE TENDENCIA DE 5µm	55
3.9. CURVA DE TENDENCIA DE 10µm.....	56
3.10. CURVA DE TENDENCIA DE 15µm	57



<i>Capítulo 4</i>	58
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
<i>Anexo A</i>	64
<i>Anexo B</i>	65
<i>Anexo C</i>	66
<i>Anexo D</i>	67
<i>Anexo E</i>	68
<i>Anexo F</i>	69



INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. FILTRO DE AIRE.....	1
Figura. 2. FILTRO DE PAPEL O CELULOSA	3
Figura. 3. FILTRO DE ALGODÓN.	4
Figura. 4. FILTRO DE AIRE CILÍNDRICO.....	5
Figura. 5. CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON RESPECTO A LA ALTURA DE SUELO.	6
Figura. 6. DIMENSIONES DEL FILTRO DE AIRE.	8
Figura. 7. TIPO DE SUJECIÓN DEL MALLADO.	11
Figura. 8. TIPO DE MATERIAL DE LOS FILTROS DE AIRE (PAPEL FILTRANTE Y ALGODÓN).....	12
Figura. 9. ESPECIFICACIONES DE UN PLIEGUE DEL FILTRO DE AIRE.	13
Figura. 10. ANÁLISIS DE RETENCIÓN	14
Figura. 11. MUESTRAS DE RETENCIÓN	15
Figura. 12. FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL CONTAMINADO.....	16
Figura. 13. FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO CONTAMINADO.	16
Figura. 14. FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL CONTAMINADO.	17
Figura. 15. FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO CONTAMINADO.....	17
Figura. 16. FILTRO DE AIRE DONALDSON PRINCIPAL CONTAMINADO.....	18
Figura. 17. FILTRO DE AIRE DONALDSON SECUNDARIO CONTAMINADO.	18
Figura. 18. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA PRINCIPAL.	20
Figura. 19. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON PRINCIPAL.	21
Figura. 20. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.....	22
Figura. 21. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO.....	23
Figura. 22. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO.	24
Figura. 23. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.	25
Figura. 24. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA PRINCIPAL.	26
Figura. 25. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON PRINCIPAL.	27
Figura. 26. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.....	28
Figura. 27. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO.....	29
Figura. 28. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO.	30
Figura. 29. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.	31
Figura. 30. GRAFICA COMPARATIVA DEL PRECIO DE LOS FILTROS DE AIRE.....	32
Figura. 31. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISPONIBILIDAD DE COMERCIALIZACION.	33
Figura. 32. GRAFICA COMPARATIVA DEL PESO DE RETENCION.....	35
Figura. 33. GRAFICA COMPARATIVA DEL DIAMETRO DE LAS FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.	36
Figura. 34. GRAFICA COMPARATIVA DEL DIAMETRO DE LAS FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.	37
Figura. 35. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.....	38
Figura. 36. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.	39



Figura. 37. EMPRESA LANCOMTRI S.A.	41
Figura. 38. AUTOBUS INTERNACIONAL 052.	42
Figura. 39. FUNCIONAMIENTO DEL CONTADOR DE PARTICULAS.	48
Figura. 40. DISPERSION DE PUNTOS CON PARTICULAS DE 1µm.	50
Figura. 41. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 1µm.	50
Figura. 42. DISPERSION DE PARTICULAS DE 5µm.	51
Figura. 43. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 5µm.	51
Figura. 44. DISPERSION DE PARTICULAS DE 10µm.	52
Figura. 45. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 10µm.	52
Figura. 46.. DISPERSION DE PARTICULAS DE 15µm.	53
Figura. 47. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 15µm.	53
Figura. 48. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 1µm.	54
Figura. 49. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 5µm.	55
Figura. 50. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 10µm	56
Figura. 51. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 15µm	57
Figura. 52. Anexo A.....	64
Figura. 53. Anexo B.....	65
Figura. 54. Anexo C.....	66
Figura. 55. Anexo D.....	67
Figura. 56. Anexo E.....	68
Figura. 57. Anexo F.....	69



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE FILTRO DE AIRE.....	7
Tabla 2. DIMENSIONES DE LOS TIPOS DE AIRE.	7
Tabla 3. DISEÑO DE LA TAPA SUPERIOR.	9
Tabla 4. DISEÑO DE LA TAPA POSTERIOR.....	10
Tabla 5. TIPO DE ELEMENTO FILTRANTE	11
Tabla 6. CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS FILTRANTES.	12
Tabla 7. PESAJE DE LOS FILTROS DE AIRE (ANTES Y DESPUÉS).	13
Tabla 8. EFICIENCIA DEL MATERIAL FILTRANTE.....	19
Tabla 9. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.	20
Tabla 10. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON PRINCIPAL.	21
Tabla 11. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.	22
Tabla 12. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA SECUNDARIO.	23
Tabla 13. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON SECUNDARIO.	24
Tabla 14. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.	25
Tabla 15. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.	26
Tabla 16. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON PRINCIPAL.	27
Tabla 17. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.	28
Tabla 18. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.	29
Tabla 19. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON SECUNDARIO.	30
Tabla 20. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.	31
Tabla 21. PRECIO DE LOS FILTROS DE AIRE	32
Tabla 22. DISPONIBILIDAD DE LOS FILTROS DE AIRE.....	33
Tabla 23. CALIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS FILTROS DE AIRE.....	34
Tabla 24. GRÁFICA COMPARATIVA DE LA RETENCION DE MATERIAL PARTICULADO.	34
Tabla 25. PESO DE RETENCIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE.....	35
Tabla 26. DIAMETRO DE LAS FIBRAS EN LOS FILTROS PRINCIPALES.	36
Tabla 27. DIAMETRO DE LAS FIBRAS EN LOS FILTROS SECUNDARIOS.	37
Tabla 28. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRNCIPALES.	38
Tabla 29. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.	39
Tabla 30. METODO CUALITATVO POR PUNTOS.....	40



Tabla 31. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL BUS AUSTRAL INTERNACIONAL.	42
Tabla 32. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL ACEITE LUBRICANTE.	46
Tabla 33. ANEXO A.	64
Tabla 34. ANEXO B.	65
Tabla 35. ANEXO C.	66
Tabla 36. ANEXO D.	67
Tabla 37. ANEXO E.	68
Tabla 38. ANEXO F.	69



INTRODUCCIÓN

El aceite es el principal recurso que tiene el motor para reducir la fricción de sus componentes por lo que al mezclarse con partículas sólidas que se encuentran en el aire, hace, que el aceite lubricante pierda sus propiedades, dando así un desgaste acelerado del motor, por el mismo motivo la obligación de filtrar el aire que entra al sistema de admisión en un motor de combustión interna dando paso a la creación de un filtro de aire. Los primeros vehículos no contaban con filtros de aire, este dispositivo era totalmente desconocido, los motores de combustión interna funcionaban sin filtros de aire, dejando pasar al motor todo tipo de contaminantes que se encontraban en el medio ambiente.

El filtro de aire retiene el paso de partículas sólidas suspendidas en el medio ambiente, haciendo que el aire que ingresa al sistema de admisión sea más limpio, ayudando a que no se contamine al momento de hacer combustión y cuidando las paredes de los cilindros para así tener en buenas condiciones al aceite lubricante como también dar mayor vida útil al motor. Los primeros filtros de aire fueron los de baño de aceite, que retenían las partículas, al pasar el tiempo fueron mejorando los filtros, hasta llegar a los que comúnmente conocemos, los filtros de aire secos. Lo cual existen una gran variedad, desde formas, papeles filtrantes y tamaños para dar un aire mucho más limpio.

En la actualidad los filtros de aire dan mejores prestaciones, siendo uno de los componentes importantes al momento de dar mantenimiento a un vehículo, el no hacer el debido cambio puede llevar a la degradación más rápida del aceite y acortando la vida útil del motor.



PROBLEMA

A lo largo de los años, en la ciudad de Cuenca, el mantenimiento de los buses de transporte urbano ha tenido un desinterés en cuanto a la calidad del filtro de aire. Esto se debe a que los transportistas de la flota buscan reducir costos en mantenimiento, sin tener presente la contaminación que el aceite lubricante sufre por una mala retención del material particulado (Viteri & Jaramillo, 2011). El aceite lubricante es el principal recurso del motor para reducir fricción, por lo que, al mezclarse con el silicio contenido en el aire, provoca un desgaste acelerado del mismo.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia que tiene la calidad del filtro de aire en la contaminación del aceite de un motor a diésel por material particulado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar del estado del arte sobre cómo influye el filtro del aire en la contaminación del aceite lubricante en un motor a diésel.
- Determinar la calidad del filtro de aire de un motor a diésel mediante la caracterización de sus propiedades basada NORMA ISO10263-2
- Determinar un protocolo de muestreo para la obtención de las muestras de aceite.
- Aplicar la técnica de análisis de aceite mediante el conteo de partículas para estimar la contaminación del aceite por material particulado.
- Analizar la calidad del filtro de aire mediante los resultados obtenidos del aceite lubricante a través del análisis de resultados.



ESTADO DEL ARTE

Según los fabricantes los mantenimientos de los vehículos deben realizarse de una manera correcta y adecuada para poder ayudar o alargar la vida útil. (Thomas, West, Huff & Norman, 2012). Por lo que el remplazo del filtro de aire es influenciado por la calidad o parámetros de rendimiento de su estructura. (Gailis & Pirs, 2011). Al permitir el ingreso partículas contaminantes no retenidas por el filtro de aire pueden causar desgaste excesivo en el motor. (Jaroszczyk, Wake, & Connor. 1993). Como también al obtener un filtro obstruido es perjudicial para la economía del propietario del automotor. (Thomas, West, Huff & Norman, 2012). Se debe tener presente que la acumulación de las partículas sobre la superficie del material filtrante incrementa la caída de presión del filtro de aire. (Thiyagarajan & Ganesan, 2005). Por lo que a lo largo de los años ha existido una mejora en el sistema de admisión de los vehículos ayudando a maximizar la eficiencia de la filtración de las partículas contaminantes. (Patil, Halbe & Vora, 2005).

El aceite del motor tiene diferentes funciones dentro del motor como lubricar los elementos de contacto, enfriar el motor, evitar las vibraciones y eliminar la corrosión. (Sejkorová, Šarkan, Caban, Marczuk, 2018). El desgaste del aceite tiene efectos negativos sobre las condiciones de funcionamiento de los elementos del motor (Macián, Tormos, Olmeda & Montoro, 2003). Al llevar un control adecuado de las situaciones del aceite del motor se puede evitar pérdidas técnicas y económicas a largo plazo. (Kumbár & Dostál, 2013). La durabilidad del aceite de motor de combustión interna y, por ende, el periodo de cambio del mismo se ve influenciado por varios factores que modifiquen su estructura molecular. (Sejkorová & Glos.2017).



En los vehículos a Diésel los daños más frecuentes son asociados por la contaminación del suelo, agua o aire. (Sejkorova & Hurtova, 2019). El método de análisis de aceite permite determinar las propiedades físico-químicas, utilizando el método de conteo de partículas permitiendo encontrar el tipo de contaminación y elementos de desgaste. (Kučera, Aleš & Pexa, 2016). Sin embargo, el periodo de intercambio de aceite se puede prolongar dependiendo de los parámetros del aceite lubricante si este cumple con los requisitos necesarios para cumplir sus funciones óptimas. (Dostál, Rozlivka, Kumbár, 2019). Los fabricantes de los automotores en sus análisis realizados en el aceite determinan una gran concentración de desgaste de los elementos metálicos, pero no tienen en cuenta la concentración de contaminantes atmosféricos que se encuentran en el aire. (Macián, Tormos, Olmeda, Montoro, 2003).



Capítulo 1

**CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTROS
DE AIRE DE BAJA, MEDIA, ALTA
GAMA.**

1.1. FILTRO DE AIRE.

El aire es uno de los elementos principales para la realización de la combustión en los motores para su funcionamiento, si este ingresa a la cámara de combustión con elementos contaminantes permitirá un desgaste acelerado en los principales elementos del motor. Para evitar este tipo de inconvenientes se interpone un filtro de aire como muestra la **Figura 1.**, que su principal función es la de retener impurezas que se encuentran presente en el aire, el principal agente contaminante es el silicio.



Figura. 1. FILTRO DE AIRE

Fuente: AUTORES



1.2. LOS PRINCIPALES FACTORES PARA LA DURACIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE SON:

1.2.1. TAMAÑO Y EL PLEGADO INTERIOR.

Cada fabricante tiene una diferente forma de diseñar un filtro de aire, entre los factores más importantes se tiene el tamaño y el plegado interior.

Para el plegado de un filtro de aire se tienen diferentes formas para realizarlo, se tiene un plegado fino, un plegado grueso y sin pliegues. Los filtros con pliegues tienen una característica principal que es la una alta capacidad de retención de partículas y una gestión de altos caudales.

1.2.2. CONDICIONES DE USO.

El filtro de aire permite canalizar hasta 540 000 litros de aire por hora por lo que es una parte muy importante del motor, este permite el controlar el ingreso de impurezas dentro del mismo, cabe recalcar que no es lo mismo circular por una vía urbana como una vía rural, por lo que la contaminación del filtro es directamente influyente a la contaminación ambiental.

Para asegurar una vida útil del filtro de aire debe realizarse un cambio adecuado dentro del tiempo especificado por el fabricante para asegurar su funcionamiento efectivo y cumpla una función adecuada de retención de impurezas.

1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE.

1.3.1. POR SU PAPEL FILTRANTE:

- Filtro de aire de papel o celulosa.
- Filtro de aire de espuma.
- Filtros textiles o de alto rendimiento.
- Filtro de aire de algodón.
- Filtro de aire de malla metálica.
- Filtro de aire en baño en aceite.
- Filtro de aire en baño de agua.



Los filtros más frecuentes que se utilizan en el parque automotor de la ciudad de Cuenca son los de papel o celulosa como también el de algodón.

1.3.1.1. FILTRO DE PAPEL O CELULOSA

El filtro de papel o celulosa es un material altamente poroso que se obtiene mediante la madera, exactamente de su pulpa lo que le hace especial para la retención de partículas y que puede llegar a pesar entre unos 150 gramos por metro cuadrado, el filtro de papel o celulosa es muy usado actualmente en mucho de los vehículos, ya sea por su coste, o popularidad pero si necesitamos un vehículo de mejores prestaciones este tipo de filtro se vería afectado ya que no es muy usado en este tipo de vehículos además se dice que restringe el flujo de aire de una manera considerable y es muy fácil que se llene de partículas y se obstruya.

Los pliegues formados en los filtros de aire de papel o celulosa cumplen una función muy importante de aumentar el área de filtrado con esto permitimos que el flujo de aire pueda filtrarse aumente, además estos filtros de aire tienen aislante como caucho, silicona, espumas, plástico que permiten una hermeticidad y aumentar en la rigidez para no tener dificultades al momento de colocar y retirar los filtros de sus habitáculos.

Teniendo en cuenta que a veces los filtros se pueden reusar, por lo general estos tipos de filtro son usados una vez y luego desechados, pero existen los que se pueden lavar y reusar.



Figura. 2. FILTRO DE PAPEL O CELULOSA

Fuente: REYES, 2018



1.3.1.2. FILTRO DE ALGODÓN

El filtro de algodón presta mejores cualidades que los filtros de papel, ya que permiten una mejor retención debido a su material, a la forma de sus fibras que están entrecruzadas y también deja el acceso de un mayor flujo de aire al sistema de admisión, los pliegues dan una mejor área de filtrado y algunos filtros son reusables, se recomienda lavarlos con un detergente especial.



Figura. 3. FILTRO DE ALGODÓN.

Fuente: AUTORES

1.3.2. TIPOS DE FILTROS POR SU FORMA

Existe una gran variedad de filtros de aire que también se clasifican por su forma, en la actualidad los filtros más comunes que se usan en el parque automotor de la ciudad de Cuenca son los siguientes:

1.3.2.1. FILTRO DE AIRE CIRCULAR

Los filtros de aire circulares son para vehículos con algunos años de antigüedad, por lo general los vehículos de carburador ya que su gran diámetro externo e interno ofrece un mayor flujo de aire, pero al ser su forma circular también la eficiencia al retener partículas no son las convenientes, por el mismo motivo en los vehículos actuales no se usan este tipo de filtro.



1.3.2.2. FILTRO DE AIRE CÓNICO

Son los filtros de alto rendimiento, por su forma tienen un refuerzo metálico tanto al interior como al exterior y son los que mejor rendimiento ofrecen ya que por su forma mejoran las condiciones de filtrado y mejora el flujo de aire que entra a la admisión.

1.3.2.3. FILTRO DE AIRE CUADRADO O RECTANGULAR

Estos filtros son los que generalmente se encuentran en los vehículos en la actualidad, son los más usados.

1.3.2.4. FILTRO DE AIRE CILÍNDRICO

Son filtros que se usan en mayor cantidad en maquinaria pesada o en vehículos grandes tales como buses, camiones, vehículos agrícolas, etc.

Su forma cilíndrica hace que tenga una mayor área en su papel filtrante, por ende, el filtrado del aire es mucho mejor y el flujo del aire que ingresa le hace muy eficiente a este filtro, están recubiertos de una malla metálica para dar una mayor rigidez.



Figura. 4. FILTRO DE AIRE CILÍNDRICO.

Fuente: AUTORES.



1.4. CONTAMINACIÓN DEL FILTRO DE AIRE.

La dispersión de las partículas contaminantes dependerá de la altura con respecto al suelo, donde, a mayor altura existirá menos concentración de polvo por la existencia de partículas livianas, mientras, que a menor altura existe más concentración de elementos contaminantes debido a que su mayor tamaño no le permite suspenderse a grandes alturas, este comportamiento se lo muestra en la **Figura 5**.

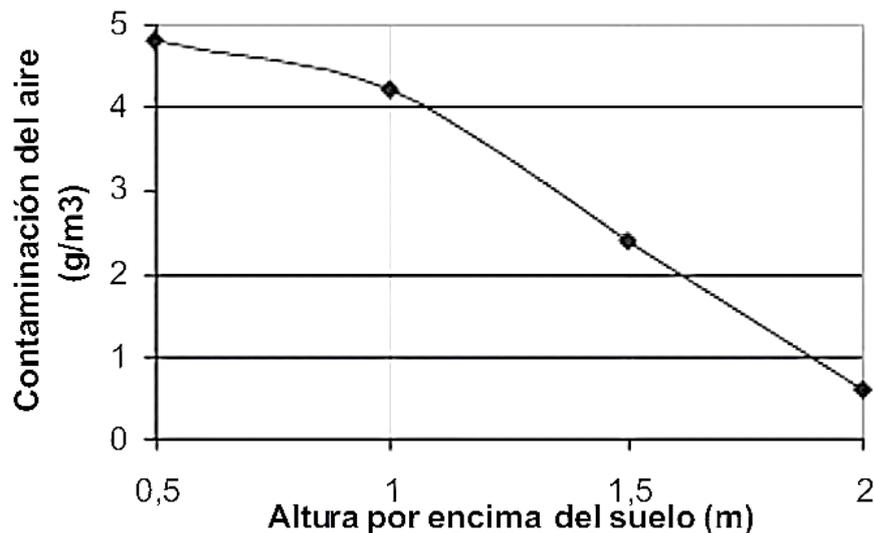


Figura. 5. CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON RESPECTO A LA ALTURA DE SUELO.

Fuente: TORMOS, 2005

Teniendo en cuenta la gráfica de la **Figura 2**, se puede determinar una ubicación idónea para la entrada de aire para la cámara de combustión, mientras más alta sea la entrada, más eficiente podrá ser del filtro de aire, porque podrá retener menor cantidad de partículas contaminantes, teniendo en cuenta también la calidad del filtro de aire que posea el automotor.

1.5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS FILTROS DE AIRE.

Para la selección de los diferentes tipos de filtro de aire más usados se consultó al jefe de bodega, junto a los encargados del mantenimiento de la flota de buses de la empresa LANCOMTRI S.A. Los filtros se los clasifíco en baja gama, media gama y alta gama, dependiendo de su procedencia y del costo de adquisición como indica la **TABLA 1**. Cabe recalcar que la empresa cambia los filtros de aire en juego es decir principal y secundario.



FILTROS DE AIRE			
FILTRO DE AIRE	COSTO		PROCEDENCIA
	PRINCIPAL	SECUNDARIO	
SAKURA	\$ 24.00 USD	\$ 13.00 USD	INDONESIA
DONSSON	\$ 33.65 USD	\$ 17.18 USD	COLOMBIANA
DONALDSON	\$ 64.12 USD	\$ 30.05 USD	ESTADOS UNIDOS

Tabla 1. CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE FILTRO DE AIRE.

Fuente: AUTORES

Para poder determinar las diferencias que existen entre un filtro de aire y otro, se lo puede realizar desde un punto de vista visual analizando sus elementos externos y dependiendo de sus características filtrantes basadas en la NORMA ISO10263-2, que especifica el método de ensayo del elemento del filtro de aire.

1.6. ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DEL FILTRO DE AIRE.

1.6.1. DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE AIRE.

La dimensión de los filtros de aire para las unidades de transporte urbano, no varía en grandes cantidades, debido a su ubicación y los acoples que estos necesitan para la colocación del mismo. Los datos se corroboraron en los filtros principales y secundarios referenciados en la **TABLA 2.**

DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE AIRE						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
Altura (h)	39 cm	37.89 cm	39,8 cm	38,1 cm	40cm	38,5 cm
Diámetro Exterior (de)	28 cm	14 cm	18,1 cm	14,9 cm	28 cm	14,5 cm
Diámetro Interior (di)	15cm	11.2 cm	15,2 cm	10,7 cm	15 cm	13,4 cm

Tabla 2. DIMENSIONES DE LOS TIPOS DE AIRE.

Fuente: AUTORES

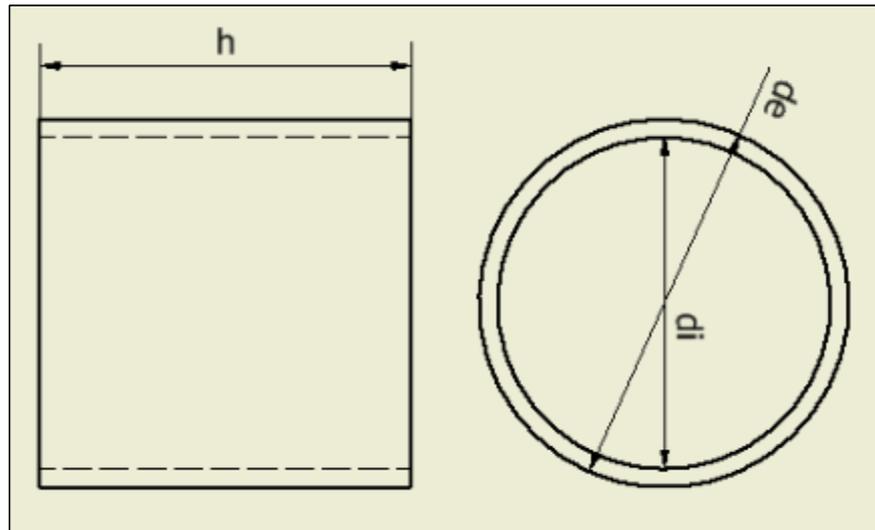


Figura. 6. DIMENSIONES DEL FILTRO DE AIRE.

Fuente: AUTORES

1.6.2. TAPA SUPERIOR Y TAPA INFERIOR.

La tapa superior y la tapa inferior del filtro de aire están diseñadas para ajustarse a la entrada de la boca del múltiple de admisión y evitar fugas de aire o el ingreso de algún contaminante hacia el motor. Tiene una forma circular con un agujero en la mitad como indica en la **TABLA 3** y **TABLA 4**.

La diferencia de los tipos de tapa superiores entre los filtros de aire es muy obvia, teniendo un filtro de calidad menor y media se tiene una tapa blanda, pero si comparamos con el filtro de mayor calidad esta tapa se va endureciendo, de esta manera se puede evitar rupturas internas dentro del caucho y así evitar el ingreso de polvo o contaminantes.



TAPA SUPERIOR		
TIPO DE FILTRO	PRINCIPAL	SECUNDARIO
SAKURA		
DONSSON		
DONALDSON		

Tabla 3. DISEÑO DE LA TAPA SUPERIOR.

Fuente: AUTORES



TAPA SUPERIOR		
TIPO DE FILTRO	PRINCIPAL	SECUNDARIO
SAKURA		
DONSSON		
DONALDSON		

Tabla 4. DISEÑO DE LA TAPA POSTERIOR.

Fuente: AUTORES



1.6.3. MALLA METALICA.

Este elemento del filtro de aire permite una sujeción firme entre la tapa superior y la tapa inferior evitando que el papel filtrante se doble o sufra alguna rotura. De igual manera la unión que presentan los filtros dependerán del fabricante, tenemos en el filtro SAKURA y DONSSON una ligadura de forma de cilindro; mientras que en el filtro DONALDSON se tiene una ligadura en forma de cono, como muestra la **FIGURA 7**.



Figura. 7. TIPO DE SUJECIÓN DEL MALLADO.

Fuente: AUTORES

1.6.4. ELEMENTO FILTRANTE.

El elemento filtrante ayuda para caracterizar la calidad el filtro de aire, cada fabricante utilizada un material diferente que representar su marca y su costo. Al referirnos a la eficiencia estamos hablando de la capacidad de retención que tiene el elemento filtrante. Cada uno de estos materiales dependerá del tipo de fabricante o su procedencia, en la **TABLA 5** se indica el tipo de material filtrante que se ocupó para la realización del análisis.

DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE AIRE						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
MATERIAL	Papel filtrante	Papel filtrante	Papel filtrante	Papel filtrante	Papel filtrante	Algodón

Tabla 5. TIPO DE ELEMENTO FILTRANTE

Fuente: AUTORES



Figura. 8. TIPO DE MATERIAL DE LOS FILTROS DE AIRE (PAPEL FILTRANTE Y ALGODÓN).

Fuente: AUTORES

1.6.4.1. PLIEGUES DEL ELEMENTO FILTRANTE

El número de pliegues ayuda a obtener una mejor retención de las partículas más grandes de contaminantes, quedando atrapadas entre los pliegues y la malla metálica. Entre los filtros seleccionados varían dependiendo la longitud del elemento filtrante y la distancia entre pliegues. La **TABLA 6** menciona las características del material filtrante.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL FILTRANTE						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
NUMERO DE PLIEGUES	153	180	200	169	239	-
DISTANCIA ENTRE PLIEGUES (d)	0.26 cm	0.16 cm	0.3 cm	0.2cm	0,4cm	-
LONGITUD DE UN PLIEGUE (l)	39 cm	37.89 cm	39,8 cm	38,1 cm	40cm	-
PROFUNDIDAD DE UN PLIEGUE (h)	4.9 cm	0.9 cm	4.8 cm	1.3 cm	4.9 cm	-
AREA DE UN PLIEGUE	191.1 cm ²	34.101 cm ²	191.04 cm ²	49.53 cm ²	196 cm ²	-

Tabla 6. CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS FILTRANTES.

Fuente: AUTORES

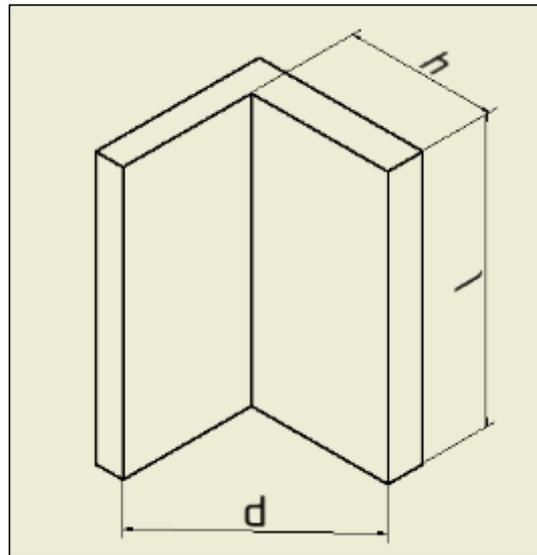


Figura. 9. ESPECIFICACIONES DE UN PLIEGUE DEL FILTRO DE AIRE.

Fuente: AUTORES

1.7. PESAJE DEL FILTRO DE AIRE

Los filtros de aire por su capacidad de retención de partículas, su vida útil termina cuando ya no cumplen la función de retener o cuando la distancia entre fibras es mayor, por ello cuando no se realiza el respectivo mantenimiento preventivo y se alarga la vida útil del filtro pierde características muy importantes, es importante saber su peso cuando está totalmente nuevo y cuando haya cumplido su vida útil y en base a eso sabremos si los filtros que se están caracterizando.

PESO DE LOS FILTROS DE AIRE NUEVOS						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
PESO (g)	2.155	0.67	2.25	0.635	2.24	0.37
PESO DE LOS FILTROS DE AIRE USADOS						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
PESO (g)	2.32	0.675	2.405	0.64	2.263	0.375

Tabla 7. PESAJE DE LOS FILTROS DE AIRE (ANTES Y DESPUES).

Fuente: AUTORES



1.8. PROCESO TÉCNICO PARA EL ANÁLISIS DE FILTRO DE AIRE.

En primer lugar, se extrae el papel filtrante, en este caso son tres: SAKURA-DONSSON-DONALDSON se debe recortar pequeñas muestras según el diámetro del tubo para evitar fugas y así que también permitir la suficiente presión de absorción, el tubo sirve como guía, para evitar que las fibras del filtro se rompan o se extienda y no perjudicar su estructura.

Se colocara el material particulado ya con su respectivo peso en el papel filtrante, y el mismo tubo deberá estar conectado a la boca de la aspiradora, se prosigue con el encendido de la aspiradora y se dejara un tiempo de 1 minuto , una vez que trascurra el tiempo se verá la cantidad que el papel filtrante retuvo y la que dejo pasar, conforme a esto sabremos la capacidad de retención, para poder corroborar llevaremos los resultados a un análisis microscópico para poder realizar un análisis cuantitativo y cualitativo sobre el tamaño de las partículas que los filtros pueden retener y conforme a el experimento sabremos su eficiencia.



Figura. 10. ANÁLISIS DE RETENCIÓN

Fuente: AUTORES



1.8.1. RECOLECCION DE DATOS DEL FILTRO AIRE.

Mediante las siguientes fotografías hacemos un análisis visual de los filtros de aire, como se puede observar todos los filtros retienen partículas de forma similar, pero se puede decir que los filtros de mayor gama tienen un mejor filtrado del aire por el mismo hecho que han retenido mayor cantidad de partículas en el mismo periodo de prueba.



Figura. 11. MUESTRAS DE RETENCIÓN

Fuente: AUTORES

La eficiencia del material filtrante se evaluó mediante un análisis de retención de material particulado por medio de microscopio, teniendo como datos fijos: el tiempo de funcionamiento y la cantidad del material contaminante entrante; mediante un análisis visual se determinará la cantidad de partículas contaminantes existentes en el filtro de aire dependiendo de su tamaño. Se calificará mediante una escala de valoración, (bajo, medio, alto).



1.8.1.1. FILTRO DE AIRE SAKURA CONTAMINADO.

1.8.1.1.1. PRINCIPAL

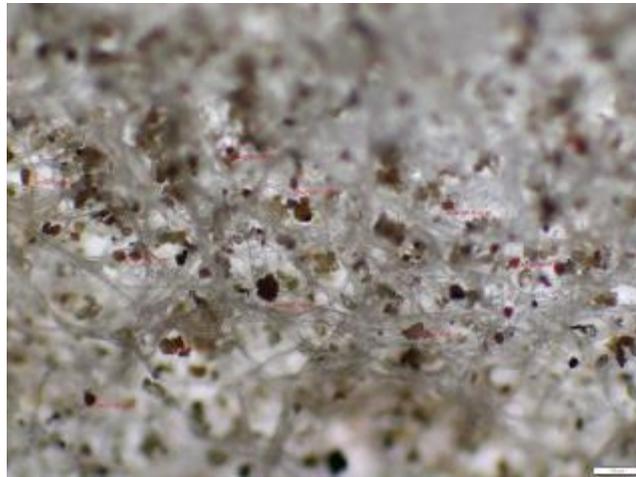


Figura. 12. FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

1.8.1.1.2. SECUNDARIO

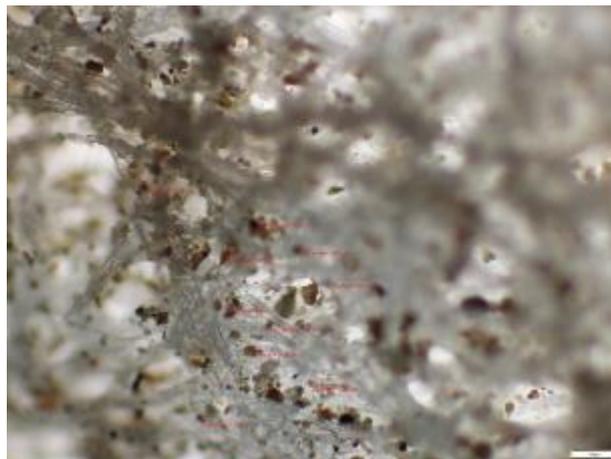


Figura. 13. FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

En las figuras 12 y 13 permite observar el tamaño de las partículas que puede retener el filtro de aire Sakura tanto principal como secundario, dando como resultado que filtrado no es tan eficiente por un poco retención de partículas de poco tamaño.



1.8.1.2. FILTRO DE AIRE DONSSON CONTAMINADO.

1.8.1.2.1. PRINCIPAL

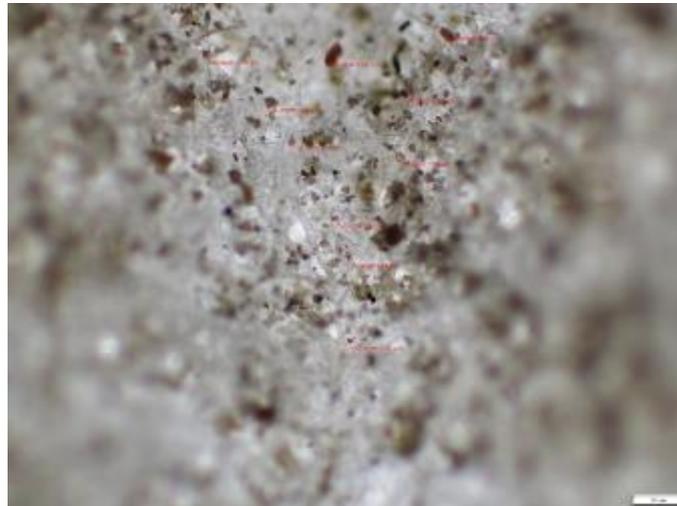


Figura. 14. FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

1.8.1.2.2. SECUNDARIO



Figura. 15. FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

En las figuras 14 y 15 permite observar el tamaño de las partículas que puede retener el filtro de aire Donsson tanto principal como secundario, dando como resultado que filtrado es muy eficiente, ya que retiene partículas de poco y gran tamaño.



1.8.1.3. FILTRO DE AIRE DONALDSON CONTAMINADO.

1.8.1.3.1. PRINCIPAL

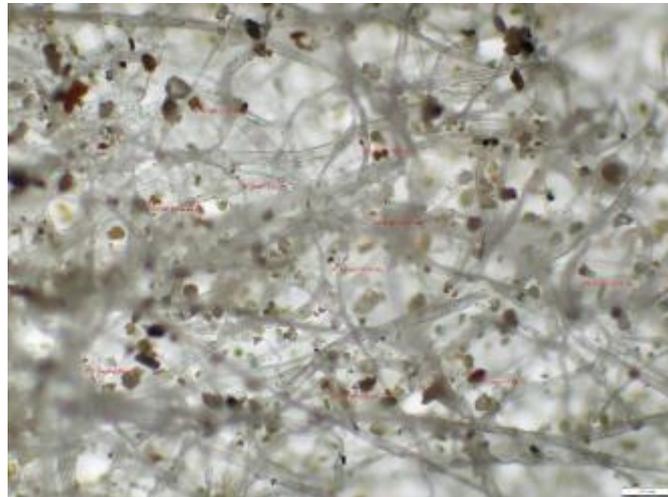


Figura. 16. FILTRO DE AIRE DONALDSON PRINCIPAL CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

1.8.1.3.2. SECUNDARIO

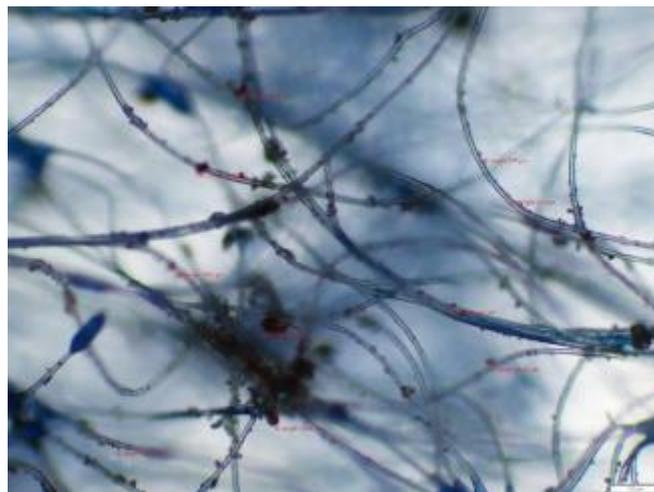


Figura. 17. FILTRO DE AIRE DONALDSON SECUNDARIO CONTAMINADO.

Fuente: AUTORES

En las figuras 16 y 17 permite observar el tamaño de las partículas que puede retener el filtro de aire Donaldson tanto principal como secundario, dando como resultado un mejor filtrado que los dos anteriores, gracias a que su filtro de algodón retiene de mejor maneras partículas de menor tamaño.



1.8.1.4. ESCALA DE VALORACIÓN

EFICIENCIA DEL MATERIAL FILTRANTE						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
1µm	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
5µm	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
10µm	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO
15µm	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO

Tabla 8. EFICIENCIA DEL MATERIAL FILTRANTE.

Fuente: AUTORES



1.9. ANÁLISIS MICROSCOPICO DEL FILTRO DE AIRE

La realización de un análisis de los filtros de aire mediante un microscopio permite diferenciar la calidad del material filtrante por medio del diámetro de sus fibras y la distancia que hay entre cada una de ellas.

1.9.1. DIÁMETRO DE LAS FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL

1.9.1.1. FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL

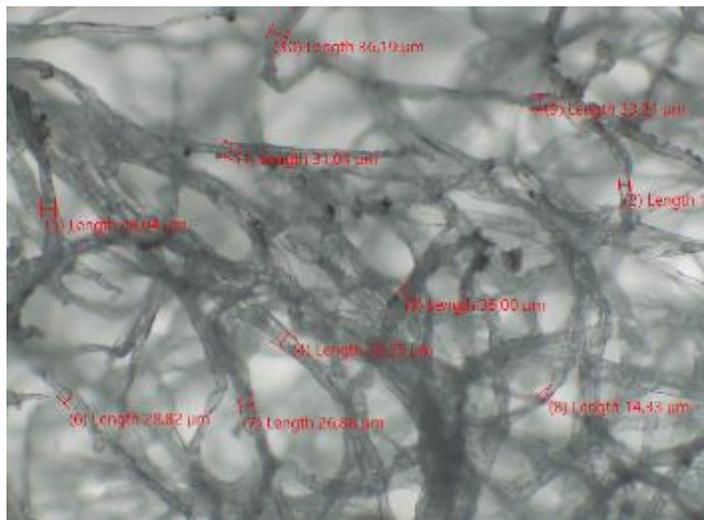


Figura. 18. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DIÁMETRO DEL FILTRO SAKURA PRINCIPAL		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	31,04	29,22
2	28,13	
3	35,22	
4	30,55	
5	28,04	
6	28,82	
7	26,86	
8	14,33	
9	33,24	
10	36,19	

Tabla 9. PROMEDIO DEL DIÁMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.1.2. FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL

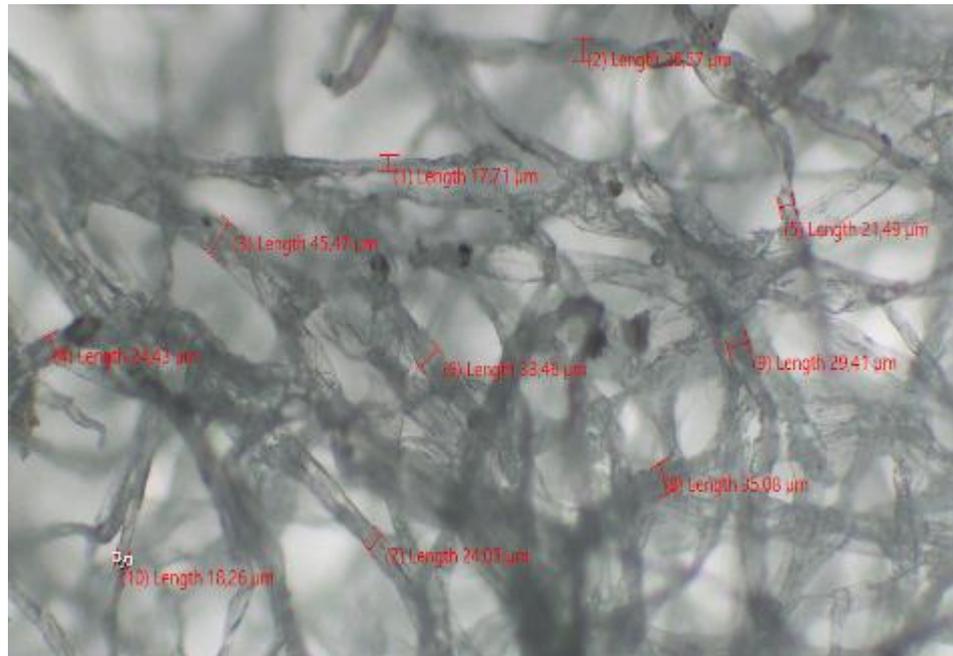


Figura. 19. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DIAMETRO DEL FILTRO DONSSON PRINCIPAL		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	17,71	27,59
2	26,57	
3	45,47	
4	24,43	
5	21,49	
6	33,46	
7	24,03	
8	35,08	
9	29,41	
10	18,25	

Tabla 10. PROMEDIO DEL DIAMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.1.3. FILTRO DE AIRE DONALDSON PRINCIPAL

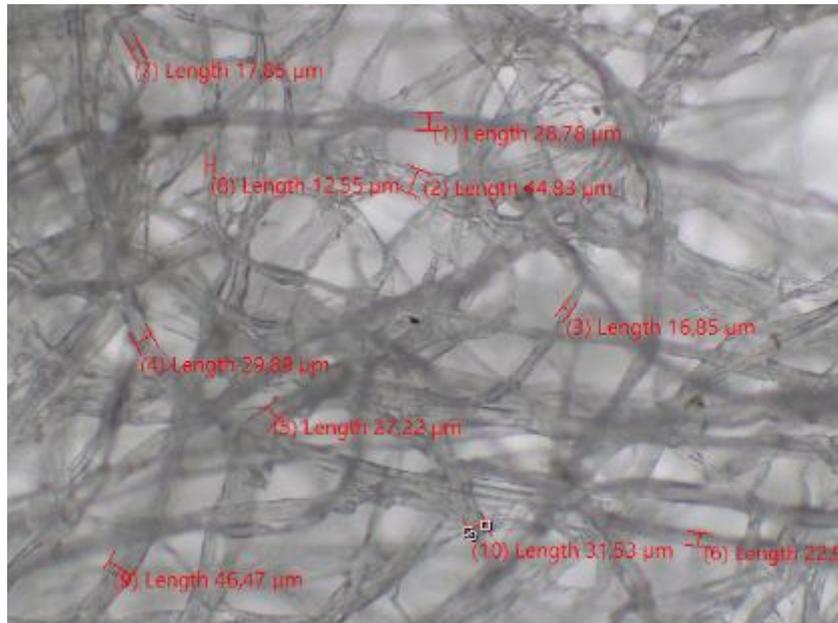


Figura. 20. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DIAMETRO DEL FILTRO DONALDSON PRINCIPAL		
# De Medida	Diámetro en (μm)	Promedio (μm)
1	28,78	27,788
2	44,83	
3	16,85	
4	28,89	
5	27,22	
6	22,91	
7	17,85	
8	12,55	
9	46,47	
10	31,53	

Tabla 11. PROMEDIO DEL DIAMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.2. DIÁMETRO DE LAS FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO

1.9.2.1. FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO

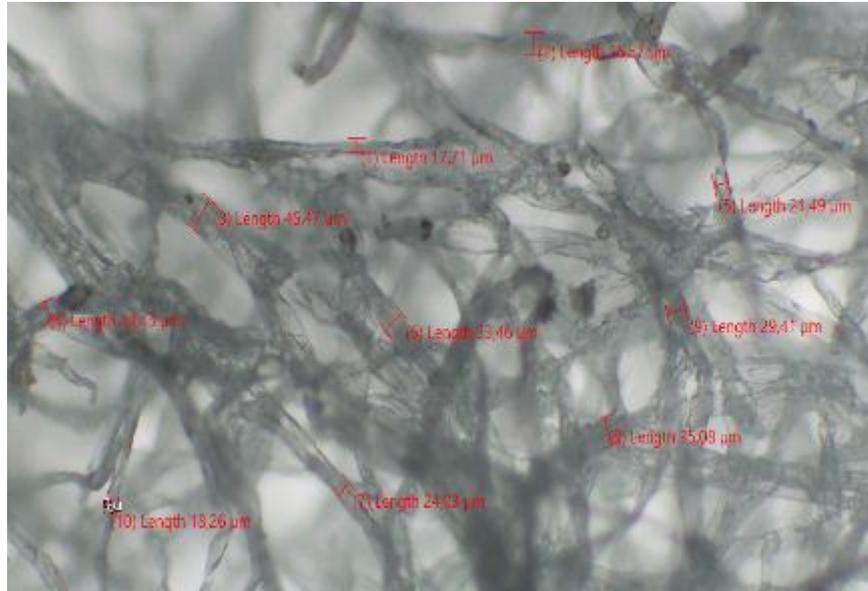


Figura. 21. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DIAMETRO DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (μm)	Promedio (μm)
1	17,71	27,591
2	26,57	
3	45,47	
4	24,43	
5	21,49	
6	33,46	
7	24,03	
8	35,08	
9	29,41	
10	18,26	

Tabla 12. PROMEDIO DEL DIAMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES



1.9.2.2. FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO

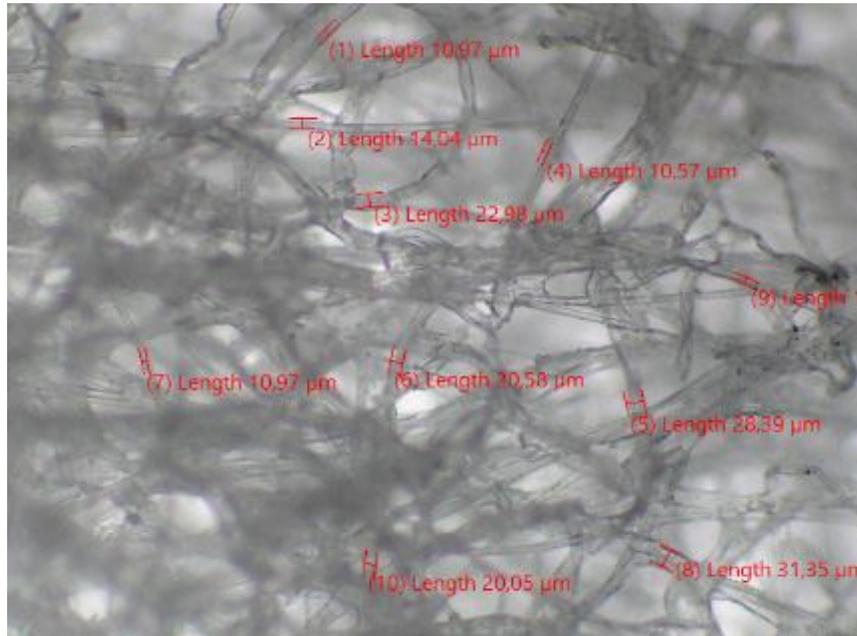


Figura. 22. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DIAMETRO DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	10,97	17,125
2	14,04	
3	22,98	
4	10,57	
5	28,39	
6	10,58	
7	10,97	
8	31,35	
9	11,34	
10	20,06	

Tabla 13. PROMEDIO DEL DIAMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES



1.9.2.3. FILTRO DE AIRE DONALDSON SECUNDARIO

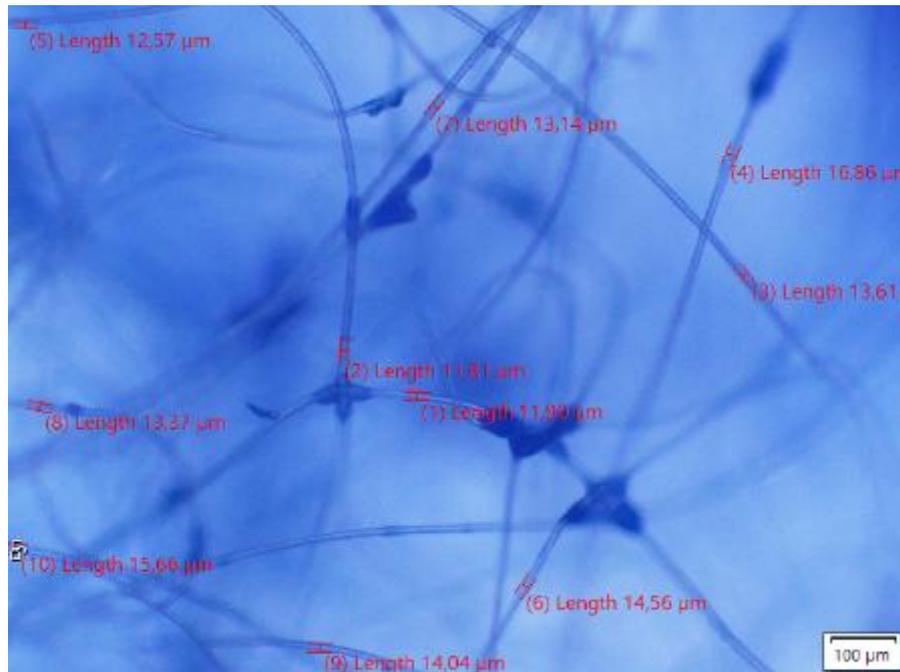


Figura. 23. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DIAMETRO DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	11,9	13,752
2	11,81	
3	13,61	
4	16,86	
5	12,57	
6	14,56	
7	13,14	
8	13,37	
9	14,04	
10	15,66	

Tabla 14. PROMEDIO DEL DIAMETRO ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES



1.9.3. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL

1.9.3.1. FILTRO DE AIRE SAKURA PRINCIPAL

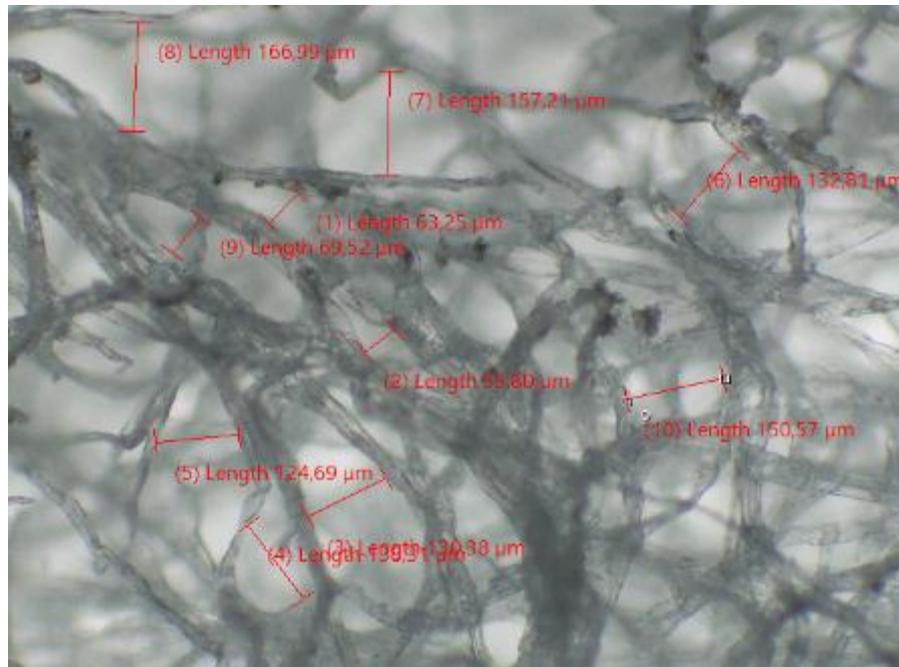


Figura. 24. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO SAKURA PRIMARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	63,25	120,953
2	55,80	
3	130,38	
4	158,31	
5	124,69	
6	132,81	
7	157,21	
8	166,99	
9	69,52	
10	150,57	

Tabla 15.PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.3.2. FILTRO DE AIRE DONSSON PRINCIPAL



Figura. 25.MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO DONSSON PRIMARIO		
# De Medida	Diámetro en (μm)	Promedio (μm)
1	230,35	166,144
2	161,70	
3	174,58	
4	126,94	
5	160,85	
6	79,75	
7	346,71	
8	140,28	
9	166,48	
10	73,80	

Tabla 16.PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.3.3. FILTRO DE AIRE DONALSON PRINCIPAL

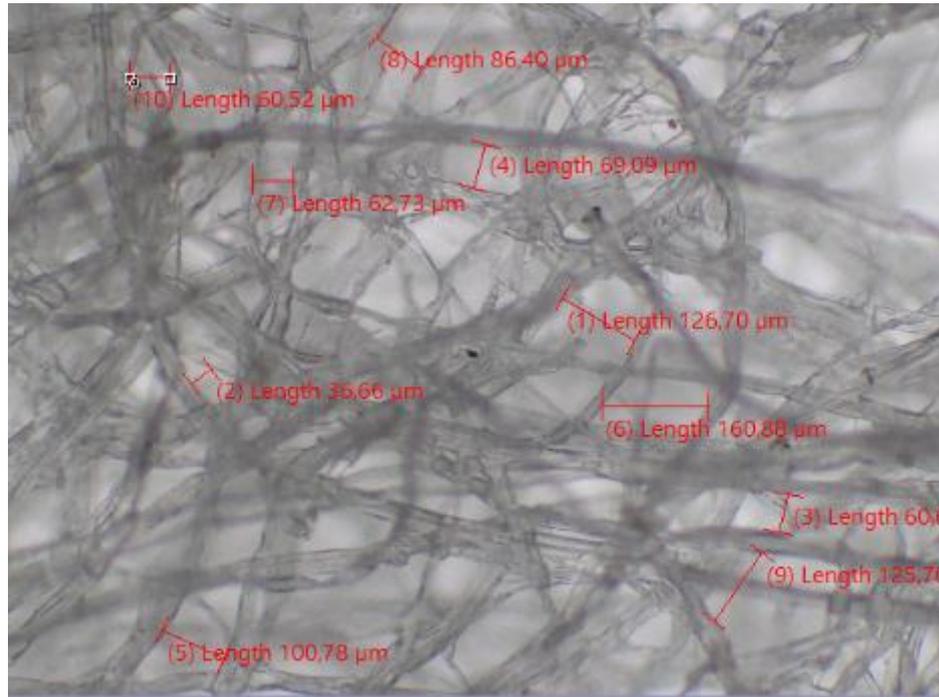


Figura. 26. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO DONALDSON PRIMARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	126,70	84,823
2	36,66	
3	60,65	
4	69,09	
5	100,78	
6	160,88	
7	62,73	
8	86,40	
9	125,70	
10	60,52	

Tabla 17. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.4. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL

1.9.4.1. FILTRO DE AIRE SAKURA SECUNDARIO

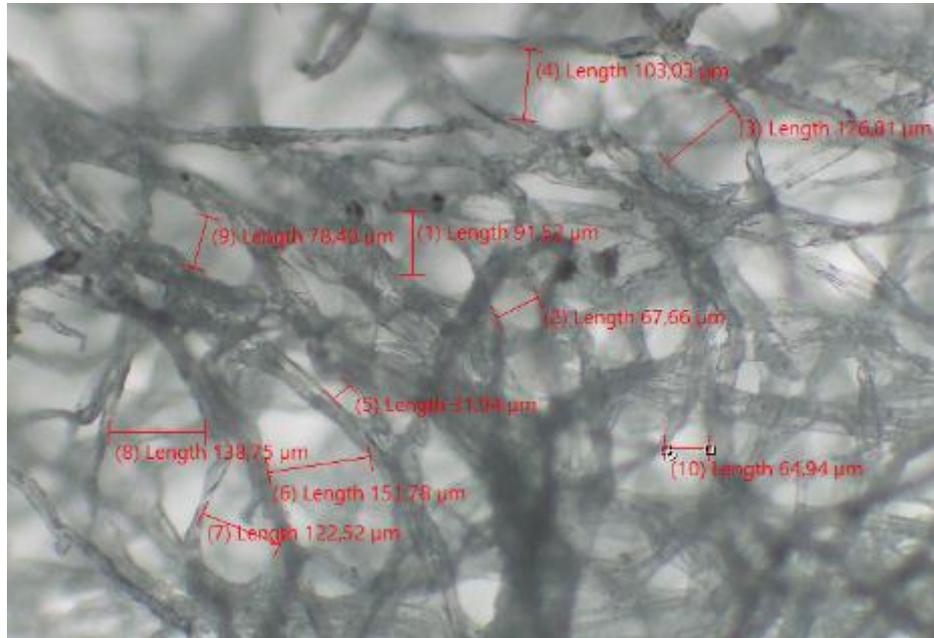


Figura. 27. MICROSCOPIA DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO SAKURA SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (μm)	Promedio (μm)
1	91,52	97,735
2	67,66	
3	126,81	
4	103,03	
5	31,94	
6	151,78	
7	122,52	
8	138,75	
9	78,40	
10	64,94	

Tabla 18. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO SAKURA PRINCIPAL.

Fuente: AUTORES



1.9.4.2. FILTRO DE AIRE DONSSON SECUNDARIO

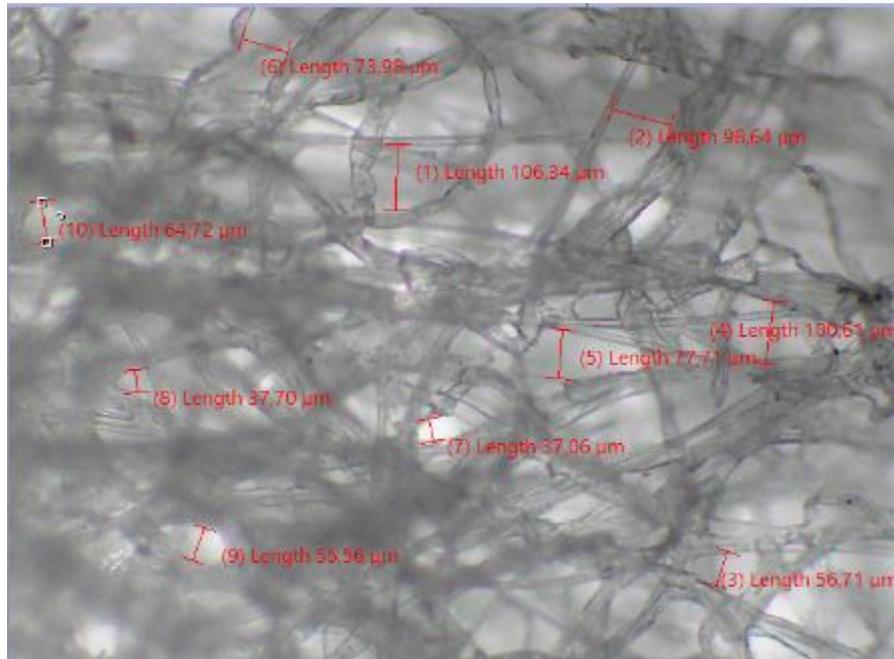


Figura. 28. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO DONSSON SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	106,34	70,903
2	98,64	
3	56,71	
4	100,61	
5	77,71	
6	73,98	
7	37,06	
8	37,70	
9	55,56	
10	64,72	

Tabla 19. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONSSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES



1.9.4.3. FILTRO DE AIRE DONALSON SECUNDARIO

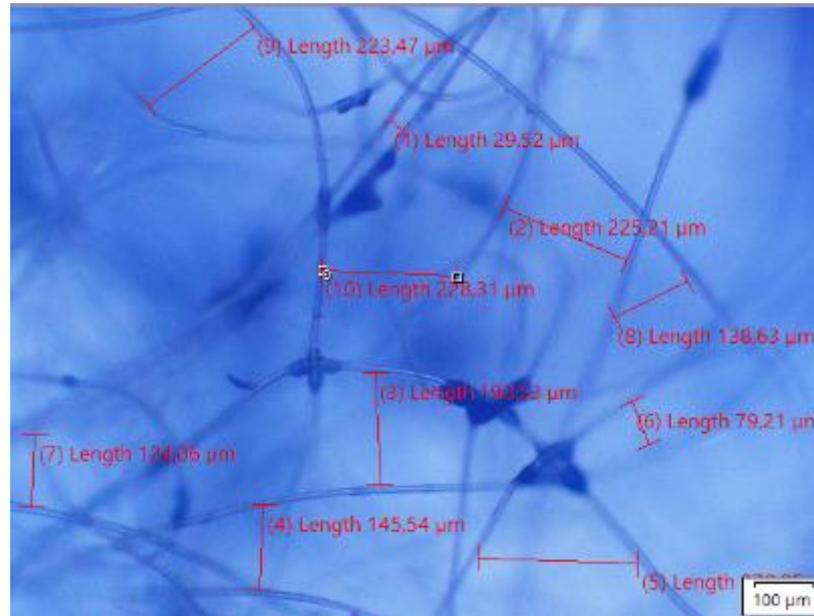


Figura. 29. MICROSCOPIA DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES

DISTANCIA DEL FILTRO DONALDSON SECUNDARIO		
# De Medida	Diámetro en (µm)	Promedio (µm)
1	29,52	166,583
2	225,21	
3	193,53	
4	145,54	
5	278,35	
6	79,21	
7	124,06	
8	138,63	
9	223,47	
10	228,31	

Tabla 20. PROMEDIO DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS FILTRO DONALDSON SECUNDARIO.

Fuente: AUTORES



1.10. CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTROS EN: ALTA, MEDIA Y BAJA GAMA

Mediante los estudios ya realizados se prosigue con el análisis cualitativo por puntos, El cual nos indica mediante una calificación de varios parámetros llegar a establecer cual serian la calidad de los filtros de aire también como segregar a los filtros en de alta, media y baja gama.

1.10.1. COSTOS

Según la TABLA 1 Los filtros de aire se darán una calificación de 5 a 1, teniendo como 5 la puntuación más alta y 1 la más baja considerando que se colocará un solo precio, tanto del principal como el secundario en uno solo.

En la parte económica la puntuación más alta será para el filtro de menor precio, por beneficio de la empresa por reducir costos.

PRECIO TOTAL DE LOS FILTROS PRINCIPAL Y SECUNDARIO	
SAKURA	\$ 37,00
DONSSON	\$ 50,83
DONALDSON	\$ 94,17

Tabla 21. PRECIO DE LOS FILTROS DE AIRE

Fuente: AUTORES

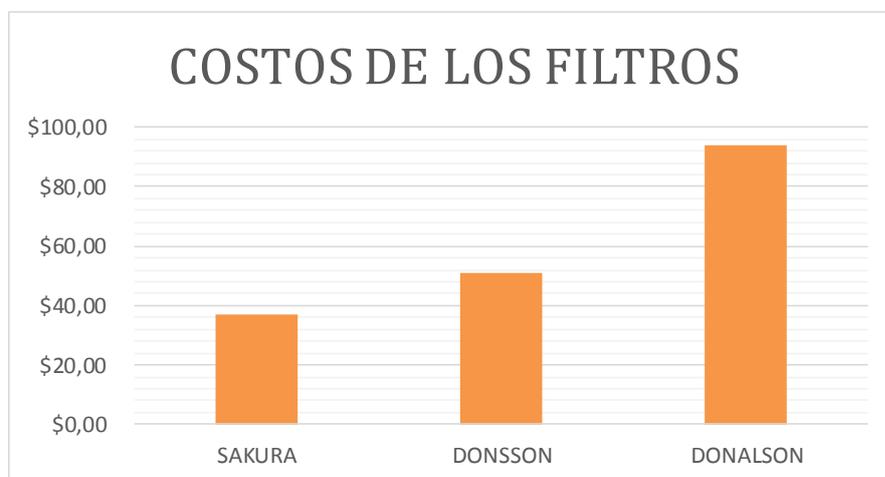


Figura. 30. GRAFICA COMPARATIVA DEL PRECIO DE LOS FILTROS DE AIRE

Fuente: AUTORES



1.10.2. DISPONIBILIDAD

En la ciudad de Cuenca, la disponibilidad de los filtros también forma algo importante ya que, en algunos locales de venta de repuestos de motores diésel no son tan comunes ciertos filtros de igual manera se calificarán del 1 al 5 dando como 5 a la mejor puntuación y 1 a la puntuación más baja

Se visitó 10 locales en busca de los filtros en los cuales, en algunos no tenían ninguno de estas marcas de filtro y en otros solo contaban con un filtro y conforme se visitó los lugares de venta de filtros no dio los siguientes resultados:

FILTROS	NUMERO DE LOCALES
SAKURA	8 LOCALES
DONSSON	1 LOCAL
DONALSON	4 LOCALES

Tabla 22. DISPONIBILIDAD DE LOS FILTROS DE AIRE

Fuente: AUTORES

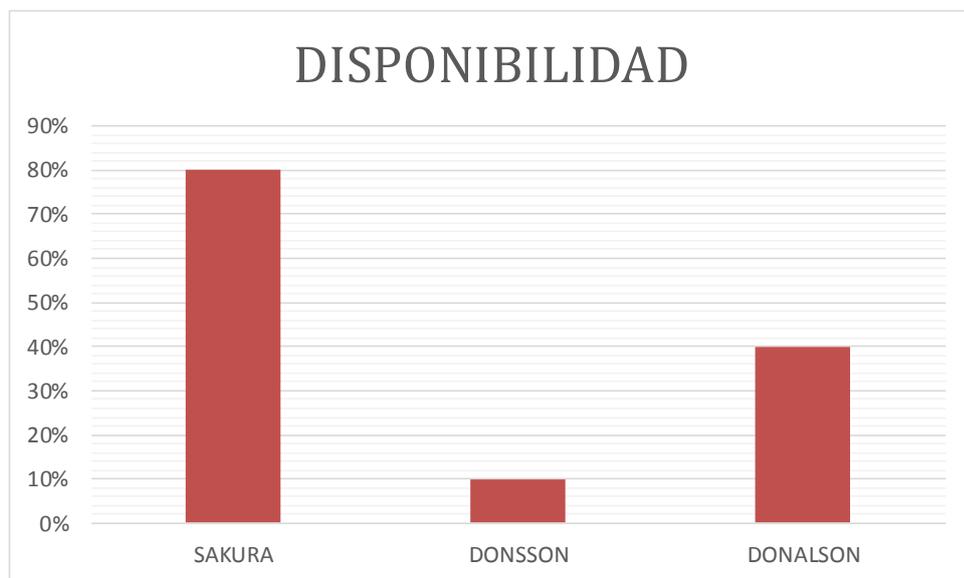


Figura. 31. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISPONIBILIDAD DE COMERCIALIZACION.

Fuente: AUTORES



1.10.3. EFICIENCIA

Según la TABLA 8 que expresa la eficiencia de los filtros de aire permite determinar el tamaño de las partículas contaminantes que puede retener o deja pasar hacia el interior del motor, por lo que se caracterizó en bajo significando poca retención de material con una valoración de 1 punto, medio como una retención normal y una valoración de 3 puntos y por ultimo alto con una retención bien significativa valorándose en 5 puntos.

EFICIENCIA DEL MATERIAL FILTRANTE						
	SAKURA		DONSSON		DONALDSON	
	Principal	Secundario	Principal	Secundario	Principal	Secundario
1µm	1	1	1	1	3	5
5µm	1	1	1	3	3	5
10µm	1	1	3	5	5	3
15µm	1	3	5	5	5	1
TOTAL	4	6	10	14	16	14

Tabla 23. CALIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS FILTROS DE AIRE.

Fuente: AUTORES

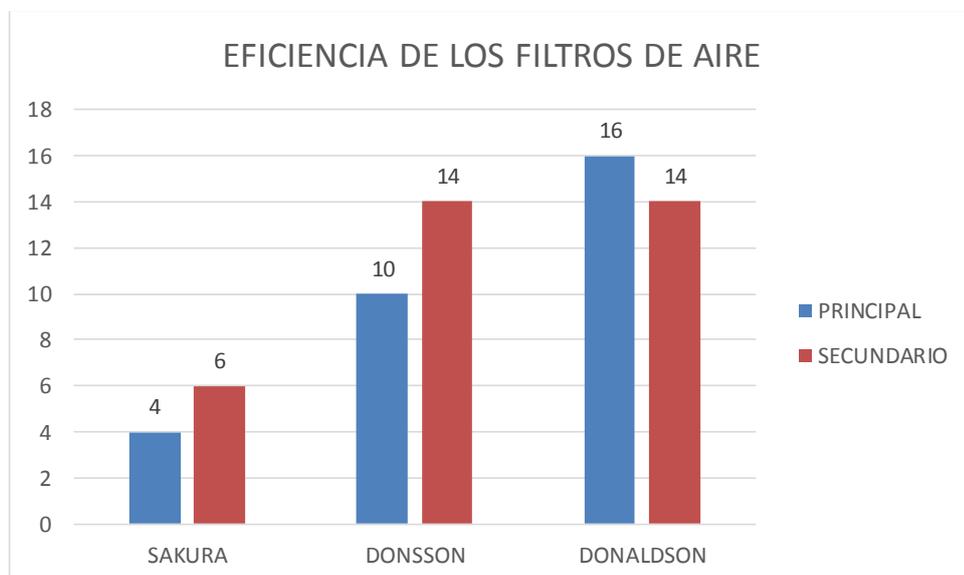


Tabla 24. GRÁFICA COMPARATIVA DE LA RETENCION DE MATERIAL PARTICULADO.

Fuente: AUTORES



1.10.4. PESO DE RETENCIÓN

En la tabla 7 podemos observar los pesos de cada uno de los filtros tanto usado como nuevos, se realizará una suma entre el filtro principal y secundario y se restará de igual manera del peso del filtro principal y secundario pero usado, la diferencia será la tomado en cuenta para calificar la cantidad en peso que retuvo cada filtro, en este caso se realizara en conjunto tanto el filtro principal como secundario.

De igual manera se calificará del 1 al 5 dando como 5 a la mejor puntuación y 1 a la puntuación más baja

	PESO INICIO (g)	PESO SUCIO (g)	DIFERENCIA(g)
SAKURA	2,610	2,638	0,028
DONSSON	2,885	3,045	0,160
DONALSON	2,825	2,995	0,170

Tabla 25. PESO DE RETENCIÓN DE LOS FILTROS DE AIRE

Fuente: AUTORES

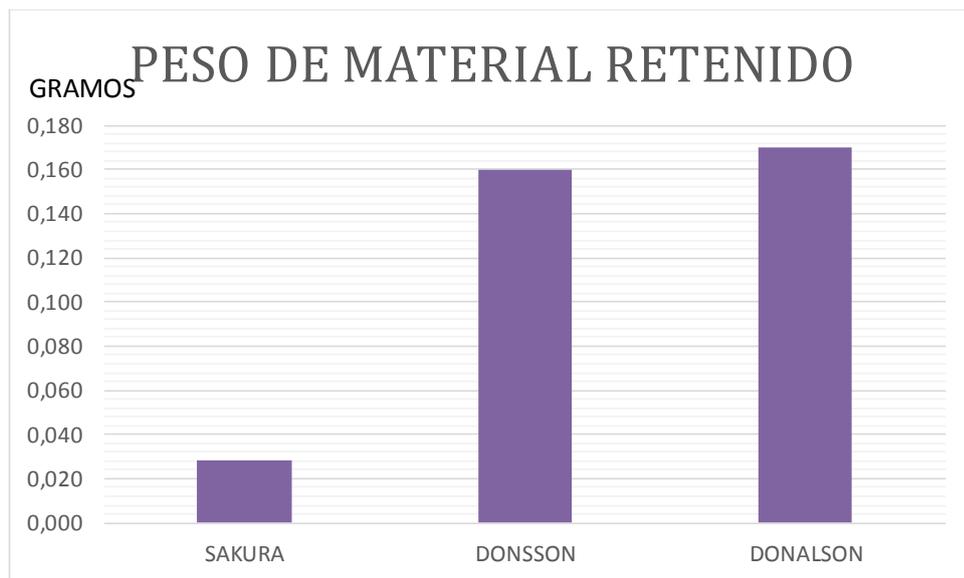


Figura. 32. GRAFICA COMPARATIVA DEL PESO DE RETENCION.

Fuente: AUTORES



1.10.5. DIÁMETRO DE LAS FIBRAS

1.10.5.1. DIÁMETRO EN LOS FILTROS PRINCIPALES

Las fibras en los filtros principales juegan un papel muy importante ya que las partículas que se encuentran en el ambiente se pueden adherir de mejor manera en una superficie mayor, se tomó varios diámetros de las fibras para obtener un promedio.

De igual manera se calificará del 1 al 5 dando como 5 a la mejor puntuación y 1 a la puntuación más baja.

DIÁMETRO DE FIBRAS PRINCIPAL	
FILTRO	μm
SAKURA	29,22
DONSSON	27,59
DONALSON	27,788

Tabla 26. DIAMETRO DE LAS FIBRAS EN LOS FILTROS PRINCIPALES.

Fuente: AUTORES

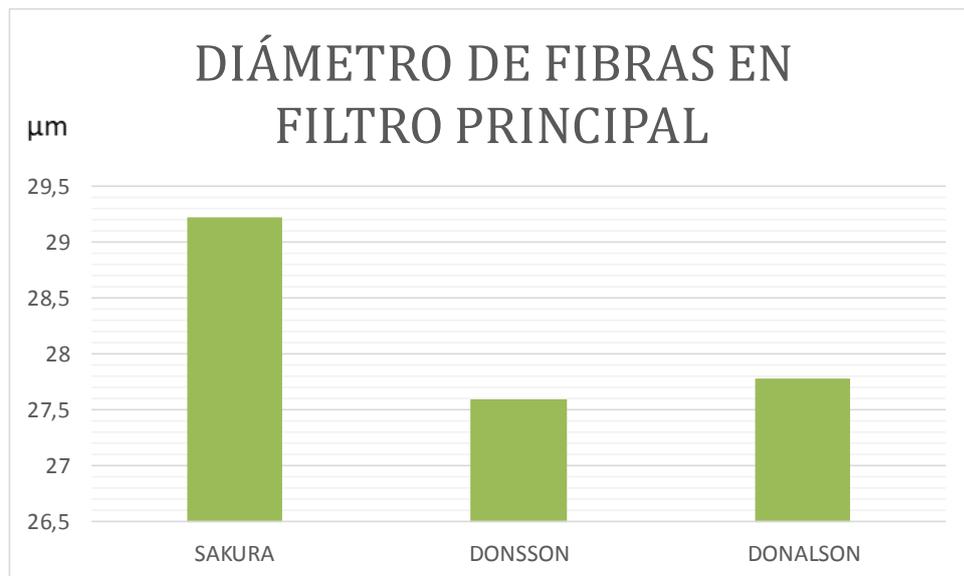


Figura. 33. GRAFICA COMPARTIVA DEL DIAMETRO DE LAS FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.

Fuente: AUTORES



1.10.5.2. DIÁMETRO EN LOS FILTROS SECUNDARIOS

DIÁMETRO DE FIBRAS SECUNDARIO	
FILTRO	µm
SAKURA	27,591
DONSSON	17,125
DONALSON	13,752

Tabla 27. DIAMETRO DE LAS FIBRAS EN LOS FILTROS SECUNDARIOS.

Fuente: AUTORES

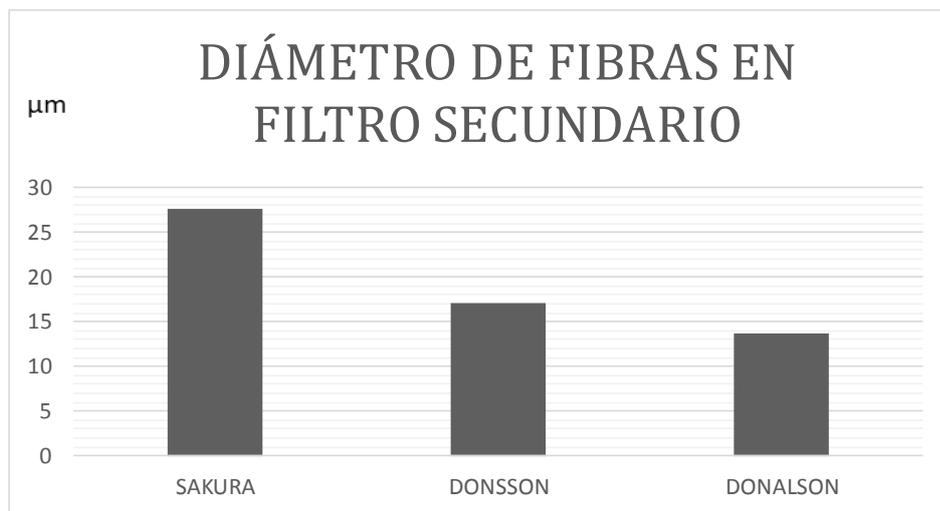


Figura. 34. GRAFICA COMPARTIVA DEL DIAMETRO DE LAS FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.

Fuente: AUTORES



1.10.6. DISTANCIA ENTRE FIBRAS

1.10.6.1. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.

La distancia entre fibras de igual manera es muy importante, ya que la distancia dependerá de la eficiencia de retener partículas de cierto tamaño, ya que si el espacio entre fibras es mayor esto permitirá que partículas de igual forma de un tamaño considerable ingrese. Se tomó varias medidas de la distancia entre fibras para obtener un promedio.

De igual manera se calificará del 1 al 5 dando como 5 a la mejor puntuación y 1 a la puntuación más baja.

DISTANCIA DE FIBRAS PRINCIPAL	
FILTRO	μm
SAKURA	120,953
DONSSON	166,144
DONALSON	84,823

Tabla 28. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.

Fuente: AUTORES

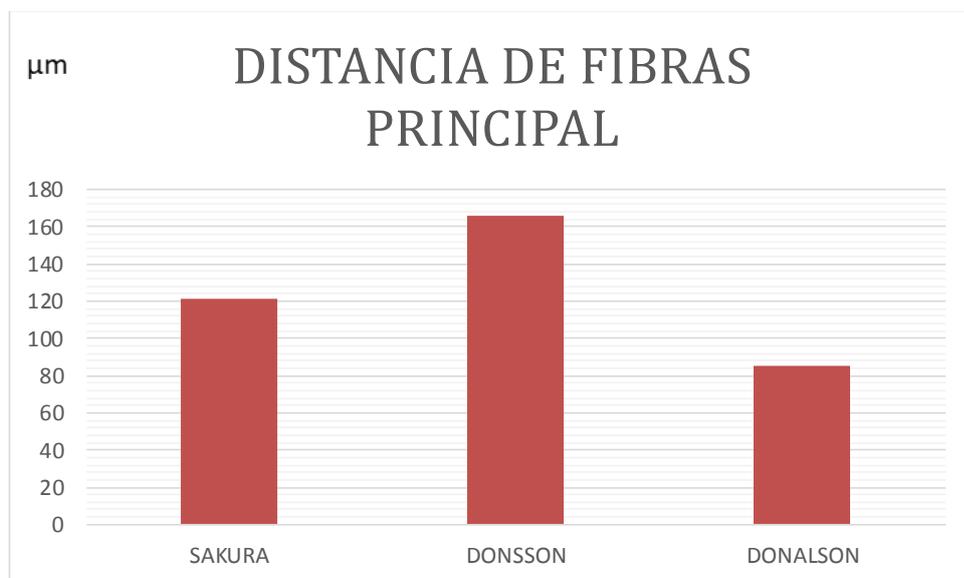


Figura. 35. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS PRINCIPALES.

Fuente: AUTORES



1.10.6.2. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.

DISTANCIA DE FIBRAS SECUNDARIO	
FILTRO	µm
SAKURA	97,735
DONSSON	70,903
DONALSON	166,583

Tabla 29. DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.

Fuente: AUTORES

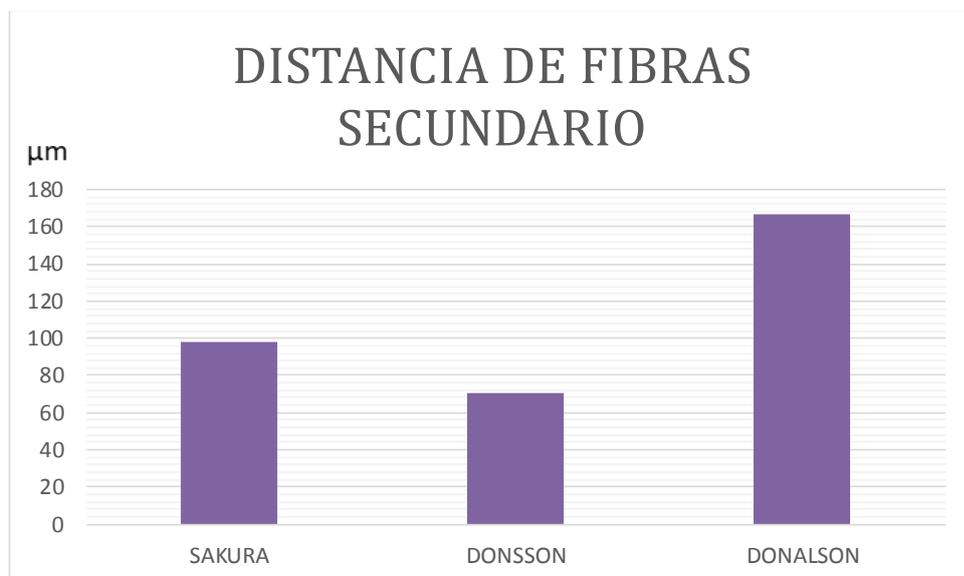


Figura. 36. GRAFICA COMPARATIVA DE LA DISTANCIA ENTRE FIBRAS DE LOS FILTROS SECUNDARIOS.

Fuente: AUTORES



1.10.7. MÉTODO DE CALIFICACION CUALITATIVO POR PUNTOS.

METODO CUALITATIVO POR PUNTOS			
	SAKURA	DONSSON	DONALDSON
COSTO	1	3	5
DISPONIBILIDAD	1	5	3
EFICIENCIA	1	3	5
PESO DE RETENCIÓN	1	3	5
DIAMETRO DE FIBRAS (PRINCIPAL)	5	1	3
DIAMETRO DE FIBRAS (SECUNDARIO)	5	3	1
DISTANCIA ENTRE FIBRAS (PRINCIPAL)	3	1	5
DISTANCIA ENTRE FIBRAS (SECUNDARIO)	3	5	1
SUMA TOTAL	20	24	28

Tabla 30. METODO CUALITATIVO POR PUNTOS.

Fuente: AUTORES

Mediante el método cualitativo por puntos nos indica que el filtro Donaldson pertenece a una gama alta, el filtro Donsson pertenece a una gama media y el filtro Sakura a una gama baja.



Capítulo 2

ESTUDIO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DEL ACEITE PARA MOTORES DIESEL.

2.1. DISCRIMINACIÓN DE LOS AUTOBUSES PARA EL MUESTREO

Para la presente investigación, se realizó un convenio con una empresa de transporte masivo urbano, que se llama LANCOMTRI S.A. La cual se encuentra situada en la ciudad de Cuenca, al sur de la ciudad vía a Monay Baguanchi, barrio los Geranios.



Figura. 37. EMPRESA LANCOMTRI S.A.

Fuente: AUTORES

La compañía LANCOMTRI S.A accedió a la prestación de buses de marca AUSTRAL INTERNACIONAL EURO 5 que cumple una misma ruta junto con los mismos horarios.

El mantenimiento del bus está programado cada tres semanas, en las cuales se colocará el primer filtro de aire y el aceite lubricante; a las siguientes tres semanas se pondrá a prueba el segundo filtro de aire y la misma marca de aceite que se colocará en la primera prueba, y en las últimas tres semanas se colocará



el último filtro de aire con la misma marca de aceite que se comprobó en las anteriores pruebas.

Finalmente, con los resultados obtenidos se realizará la validación de la calidad del filtro mediante el análisis de resultados.

La unidad 052 que fue seleccionada tiene las siguientes características

MARCA	AUSTRAL INTERNACIONAL
AÑO	2018
COMBUSTIBLE	Diésel
MODELO	MP60MD
MOTOR	MWM 6.12 TCE Turbo Intercooler
NUMERO DE CILINDROS	6 en línea
CILINDRAJE	7.2lts
SISTEMA DE INYECCIÓN	COMMON RAIL.
POTENCIA	222hp

Tabla 31. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL BUS AUSTRAL INTERNACIONAL.

Fuente: AUTORES

Teniendo en cuenta que es un bus relativamente nuevo, que tiene menos de un año de funcionamiento no se requirió hacer reajustes mecánicos. Todo estaba dentro en un eficiente funcionamiento con todas las variables controladas.



Figura. 38. AUTOBUS INTERNACIONAL 052.

Fuente: AUTORES



2.2. ACEITE LUBRICANTE

El aceite lubricante cumple un papel muy importante en la vida útil del motor, permitiendo tener una fricción muy baja evitando el desgaste de piezas que se encuentra en fricción, mediante una película de aceite.

El aceite lubricante también aporta con sus propiedades a otras funciones, permite reducir temperatura que se genera en su interior como también aislar ruidos que se generan por la fricción.

La empresa LANCOMTRI SA maneja un aceite lubricante de marca GULF GEAR MP 10W40, que permite tener las características necesarias para mantener en un buen estado el motor del bus,

2.3. PROPIEDADES DE LOS ACEITES

Todo aceite lubricante contiene propiedades, que nos permite aclarar de lo que necesitamos para nuestro motor, para que logren cumplir una función específica.

Tenemos las siguientes propiedades:

2.3.1. DENSIDAD

La densidad de un aceite lubricantes es la relación que existe entre la masa y un volumen de una sustancia existente.

2.3.2. VISCOSIDAD

Una de las características más importantes de los aceites, es la viscosidad, que se puede dar una definición muy empírica, “*es la capacidad de un líquido a fluir*”, juega un papel muy importante, dependiendo si el vehículo tiene un buen desempeño.

Si el aceite se la hace difícil desplazarse por las paredes metálicas de un motor, generaremos sobre esfuerzos en el mismo, afectando de forma directa al desempeño del vehículo.



2.3.3. INDICE DE VISCOSIDAD

El índice de viscosidad, depende directamente de la temperatura, si un aceite alcanza una temperatura elevada, su viscosidad será menor de igual manera, si la temperatura es baja la estructura de viscosidad será muy alta, por eso se debe elegir bien el aceite adecuado para el motor, para evitar sobre cargas o una errónea lubricación.

2.3.4. PUNTO DE INFLAMACIÓN

El punto de inflamación es la capacidad que tiene un aceite lubricante para evitar hacer ignición, es decir la temperatura máxima que soporta el aceite lubricante antes de proceder a que los vapores que se generan puedan encenderse.

2.4. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL ACEITE LUBRICANTE DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

El aceite lubricante cumple una función muy importante en el motor, además de crear una película sobre sus piezas metálicas, también tienen la capacidad de absorber contaminantes que se generan por el mismo funcionamiento y conforme pasa el tiempo sus aditivos pierden sus características siendo necesario cambiarlo para prestar un mejor servicio.

Al analizar un aceite usado podemos decir que contaminantes es el que más está afectando al motor, y decir que *“cerca del 50% de las alarmas en los aceites para motores diésel se deben a contaminación, entre los que se listan: presencia de agua, glicol, dilución por combustible, suciedad y productos de la combustión. El segundo lugar de las alarmas es producido por desgaste del componente con un 43% y el resto por problemas directamente relacionados con la condición del lubricante.”*

2.5. LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES QUE SE ENCUENTRAN EN UN ACEITE SON LOS SIGUIENTES:

2.5.1. SILICIO

Partículas de polvo suspendidas en el ambiente, que pueden ingresar sin dificultad en cualquier orificio teniendo en cuenta que, depende de la zona de trabajo se encontrará con mayor o menor cantidad de silicio; al ingresar al sistema de admisión y hacer combustión genera una capa abrasiva que permite el desgaste acelerado del mismo en piezas de mucha fricción tales como: pistón-camisa y cojinetes-cigüeñal.



2.5.2. AGUA

El agua es otro contaminante muy frecuente en el aceite, siendo el segundo contaminante más dañino que se puede encontrar al aceite; la presencia de agua en el aceite indica que puede haber una fisura en el block, o cabezote también como una falla en el empaque que no sella de manera correcta.

El agua en el aceite genera un aumento de viscosidad también como oxidación de las piezas y, por ende, envejecimiento prematuro de las piezas internas del motor.

2.5.3. EL AZUFRE Y VANADIO

Pueden generarse otros tipos de contaminantes derivados del combustible mismo, un contaminante presente en el combustible de diésel es el vanadio, es un contaminante metálico que su presencia es de forma soluble.

El vanadio es un catalizador que se genera al actuar con el azufre, lo que aumenta la corrosión en frío y de igual manera junto con el sodio causan corrosión esta vez a altas temperaturas.

Existen otros contaminantes que pueden aparecer, como es el caso de los procedentes del propio combustible. Estos están asociados fundamentalmente a los motores Diésel que utilizan residuales en su operación normal y que pueden afectar el lubricante y el sistema lubricado. El vanadio es un contaminante metálico presente en el crudo en forma soluble y, por lo tanto, no eliminable por centrifugado. El vanadio actúa como catalizador en las reacciones de azufre, lo que aumenta la corrosión en frío y junto con el sodio son los principales causantes de corrosión a altas temperaturas.

2.6. EQUIPOS Y TECNICAS NECESARIAS PARA EL ANALISIS DE ACEITES LUBRICANTES DEL MOTOR

Las técnicas y equipos aplicadas para el estudio son las utilizadas en actualidad para el análisis de aceites en motores a combustión interna, mediante las cuales nos permitirán tener una referencia del estado en el que se encuentra dicho lubricante de una manera rápida y sencilla, cada uno de los análisis necesarios son llevado a cabo dentro de los laboratorios especializados localizados en la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, donde se puede obtener resultados cualitativos y cuantitativos de los componentes del lubricante. Las técnicas aplicadas en el siguiente estudio son:

- Técnicas para la determinación de la degradación del aceite



- Técnicas para identificación y cuantificación de las partículas de desgaste en el aceite usado.

2.6.1. TÉCNICAS PARA IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE DESGASTE EN EL ACEITE USADO.

Para poder determinar la presencia de partículas contaminantes que están presente en el aceite lubricante se debe llevar a cabo un análisis cuantitativo para poder establecer la cantidad de partículas que se encuentran en el aceite pertenecientes al aire exterior. Existen diversos tipos de métodos para poder establecer el tipo de elemento de desgaste como los especificados en la TABLA 33.

TIPO DE MATERIAL	ORIGEN
Silicio	Aire exterior y Aditivos antiespumantes.
Calcio	Aire exterior y Aditivos detergentes.
Bario, Magnesio	Aditivos detergente.
Hierro, Cromo	Anillo y Camisas del motor.
Aluminio	Pistones.
Estaño, Cobre, Plata	Cojinetes del cigüeñal.
Plomo	Cojinetes del cigüeñal (motores diésel) o del combustible (gasolina).
Vanadio, Sodio	Combustible quemado.
Boro	Anticongelante del radiador.
Níquel	De vástago de las válvulas, del cigüeñal, y combustible quemado.
Plata	De la soldadura del radiador y de los cojinetes cuando estos son de plata

Tabla 32. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL ACEITE LUBRICANTE.

Fuente: TORMOS, 2005

2.6.1.1. CONTEO DE PARTICULAS



Este método es considerado como uno de los más importantes para la determinación del desgaste del aceite lubricante permitiendo determinar una serie de problemas rápidos mediante el monitoreo de la cantidad y tamaño de las partículas contaminantes que existen dentro de una muestra de aceite.

Mediante la importancia de mantener un aceite limpio, este método está dentro de un mantenimiento proactivo de monitoreo de condición, permitiendo saber la condición de los elementos de desgaste abrasivo hasta la pureza de la calidad del aire que está ingresando dentro del motor de combustión interna.

El conteo de partículas permite cuantificar la distribución de partículas que se encuentran dentro de una muestra de aceite lubricante, generalmente expresada por mililitro en diferentes rangos específicos dependiendo de su tamaño, este método no identifica el tipo de partícula existente en la muestra de aceite.

Al aplicar el método de conteo de partículas permite monitorizar la degradación del aceite lubricante que es producido por la contaminación ambiental y desgaste dentro del motor.

2.6.1.2. INSTRUMENTO DE MEDICION PARA EL CONTEO DE PARTICULAS

Para realizar este experimento se tiene tres diferentes métodos con su respectiva normativa para determinar la cantidad de material contaminante dentro de un lubricante.

- Microscopio óptico (normativa ISO 4407)
- Conteo de partículas óptico automático (ISO 11500)
- Conteo de partículas por bloqueo de poro (BS3406)

El método utilizado para la realización del presente proyecto fue del conteo de partículas óptico automático, el funcionamiento de este equipo se realiza mediante un instrumento de luz blanca, cada una de las partículas se dirigen hacia una zona de detección creando una sombra en una fotocelda, esta sombra produce una caída de voltaje que es directamente proporcional al tamaño de las partículas.

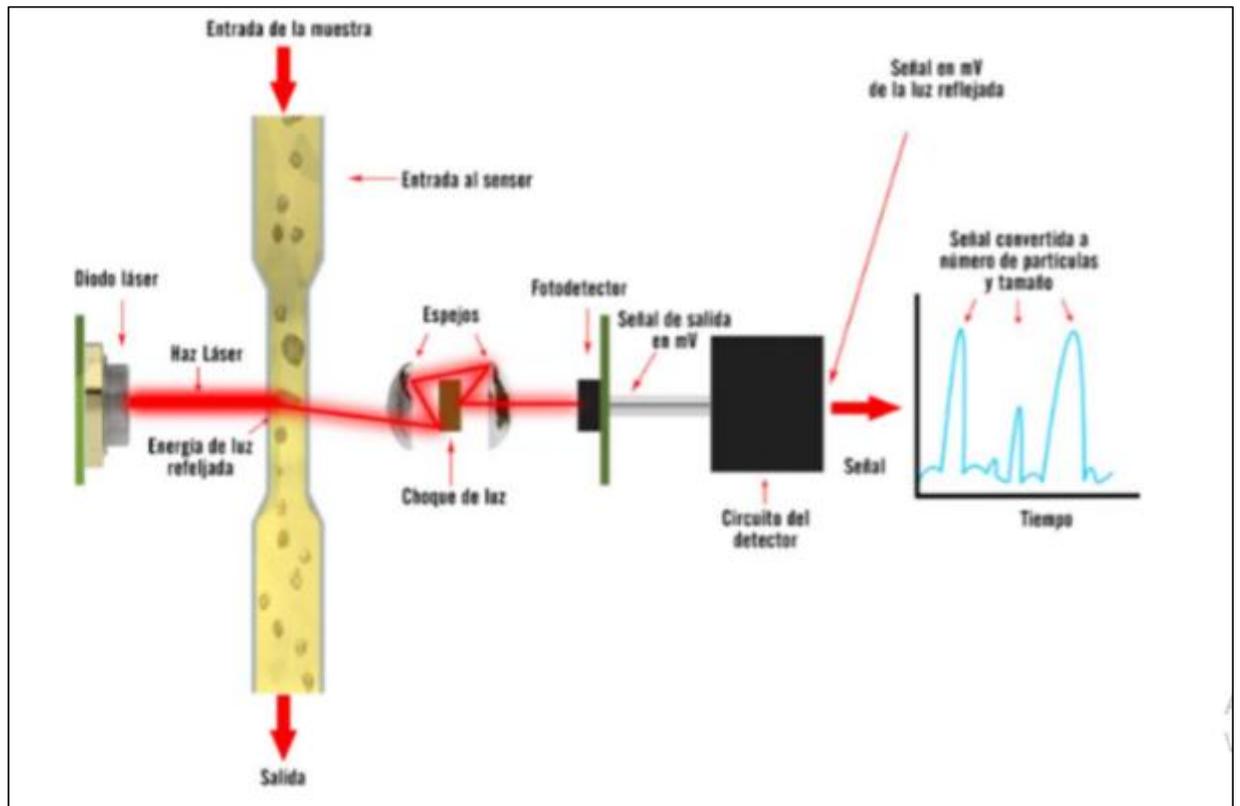


Figura. 39. FUNCIONAMIENTO DEL CONTADOR DE PARTICULAS.

Fuente: PEÑA, 2014



Capítulo 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Finalmente, después de la recolección de las muestras de aceite producidas por cada uno de los tres diferentes filtros de aire se prosigue a realizar un análisis cualitativo y cuantitativo, partiendo de los resultados que se puedan obtener en el contador de partículas.

3.1. MÉTODO DE DISPERSIÓN DE PUNTOS.

La dispersión de puntos es un análisis estadístico basado en límites, donde se prosigue a colocar cada partícula de un mismo tamaño dentro de una gráfica para poder obtener los niveles de contaminación, limitados por un valor por un valor promedio, un valor promedio más una desviación estándar y un valor promedio más dos desviaciones estándar.

El límite promedio indica las condiciones normales a las que debe trabajar el aceite lubricante, el límite promedio más una desviación estándar indica una condición anormal del lubricante, por ende, se requiere el cambio de aceite al acercarse a este valor mientras el límite promedio más dos desviaciones estándar indica un estado crítico de contaminación.



3.2. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 1 μ m

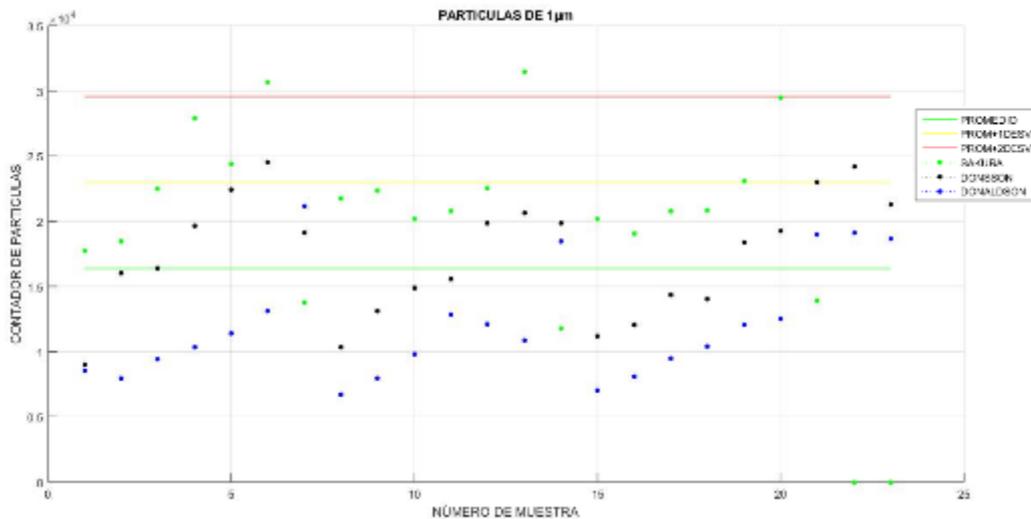


Figura. 40. DISPERSION DE PUNTOS CON PARTICULAS DE 1 μ m.

Fuente: AUTORES

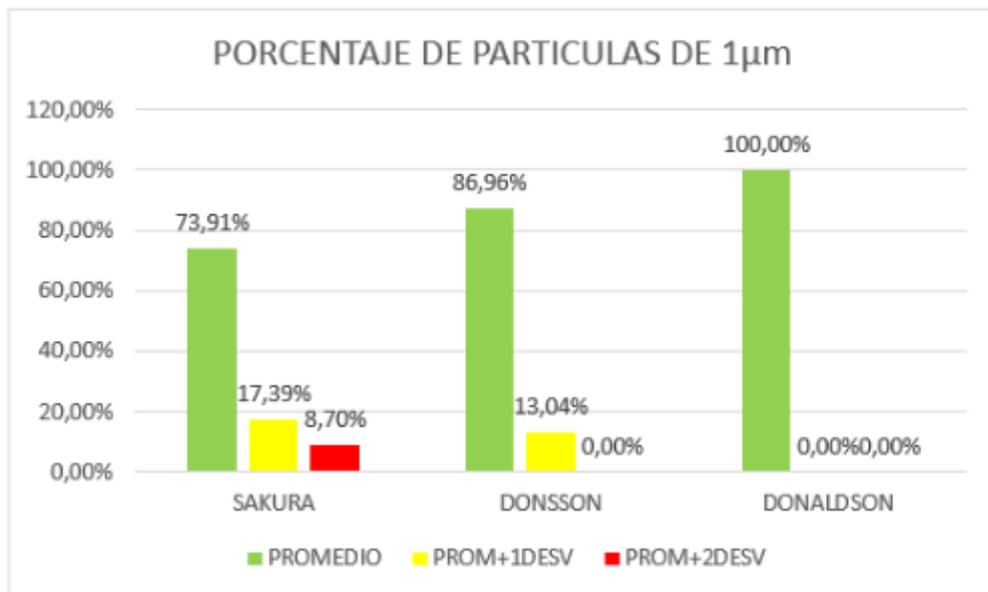


Figura. 41. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 1 μ m.

Fuente: AUTORES

Como se puede observar en la FIGURA 41, se hace un análisis de la contaminación de partículas de una micra, dando como puntos críticos en el filtro de Sakura con un 8.7 % del total de conteo de partículas y un 13.39% trabaja en una zona anormal que estaría bajo parámetros ideales y el 73.91% trabaja por debajo del rango anormal, mientras que los dos filtros restantes como son Donsson y Donaldson trabajan en la zona normal, que no afectaría en ningún.



3.3. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 5µm

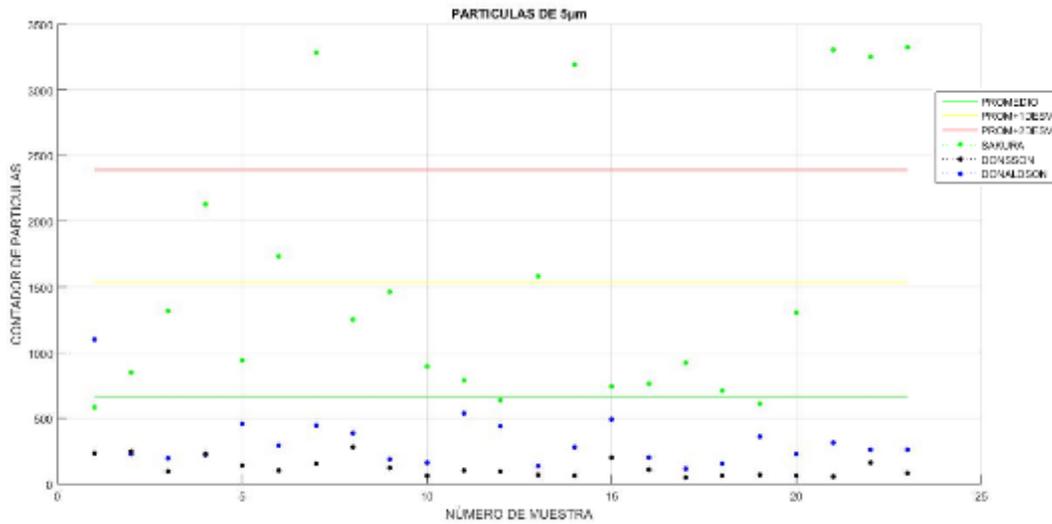


Figura. 42. DISPERSION DE PARTICULAS DE 5µm.

Fuente: AUTORES

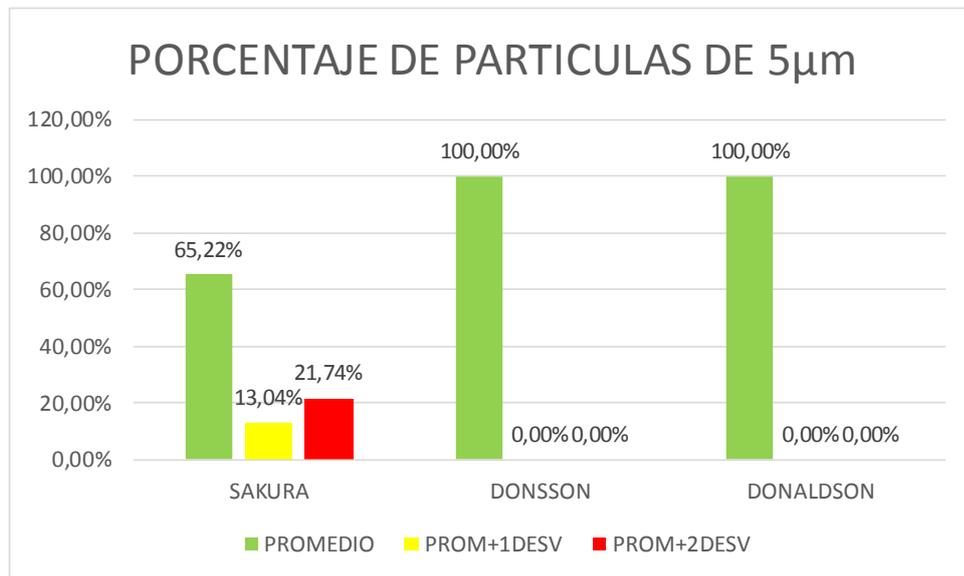


Figura. 43. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 5µm.

Fuente: AUTORES

La FIGURA 43 muestra que el filtro Sakura que tiene partículas de cinco micras en zonas críticas con el 21.74 % sobrepasa la zona anormal afectando el funcionamiento, y un 13.04 % trabaja en la zona anormal, mientras que el 65.22% está en la zona normal de funcionamiento, y los dos filtros restantes como Donsson y Donaldson trabajan en la zona normal si dar ninguna alerta.



3.4. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 10 μ m

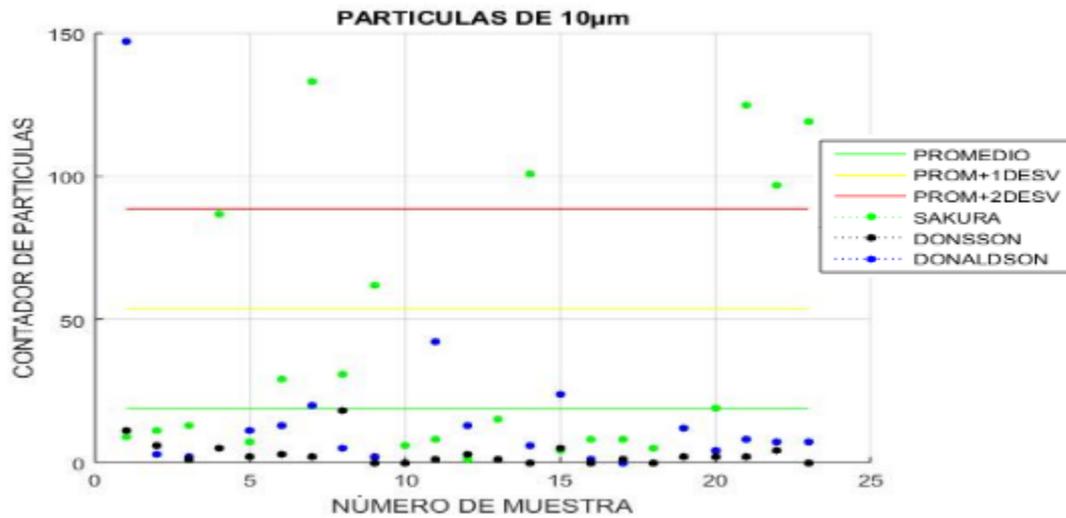


Figura. 44. DISPERSION DE PARTICULAS DE 10 μ m.

Fuente: AUTORES

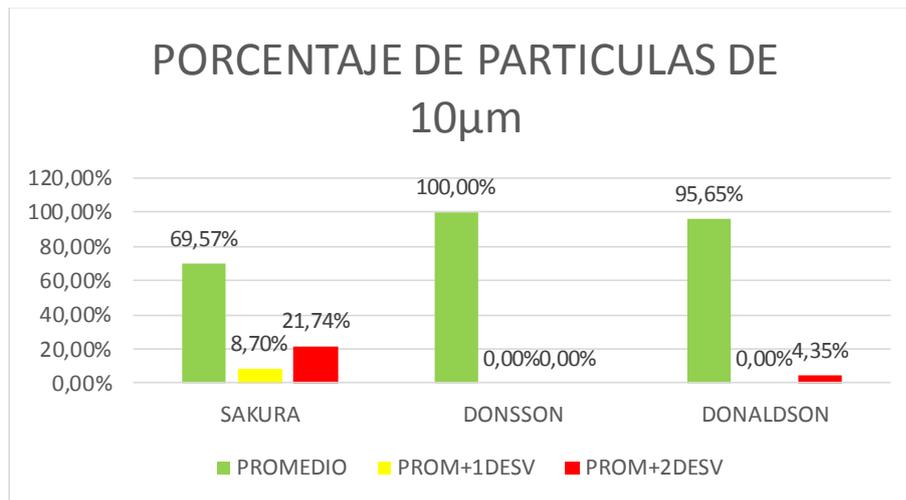


Figura. 45. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 10 μ m.

Fuente: AUTORES

En las partículas de 10 micras el filtro Sakura presenta también alerta con un 21.74 % del conteo de partículas, dando puntos críticos también en esta medida de partículas, el 8.70 % trabaja en la zona anormal y no afectaría y el 69.57 trabaja en la zona normal, el que también presenta puntos críticos es el filtro Donaldson ya que un 4.35 % se encuentra en la zona critica dando alerta, y por último el filtro Donsson no tiene partículas que afecten ya que su 100% trabaja en la zona normal como representa la FIGURA 45.



3.5. DISPERSIÓN DE PUNTOS DE 15µm

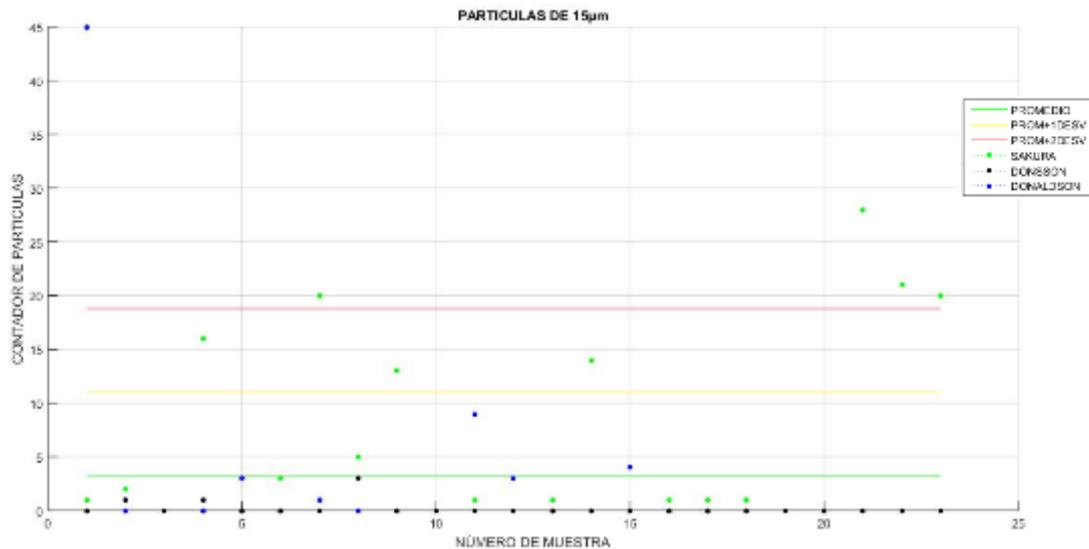


Figura. 46.. DISPERSION DE PARTICULAS DE 15µm.

Fuente: AUTORES

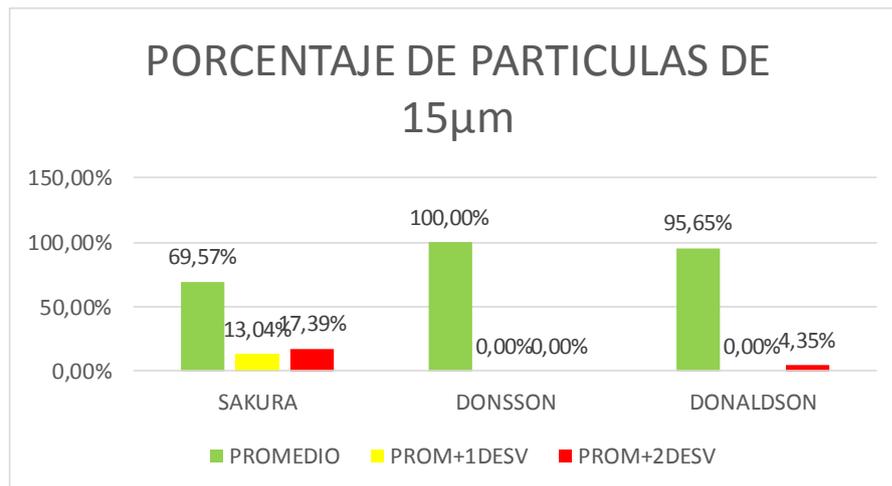


Figura. 47. PORCENTAJE DE PARTICULAS DE 15µm.

Fuente: AUTORES

La FIGURA 47 se puede decir que el filtro Sakura presenta puntos críticos con un 17.39% y un 13.04 % trabaja en una zona anormal y su 69.57 % en la zona normal otro filtro también que presenta mínima alerta es el filtro Donaldson ya que esta con un 4.35 % en la zona critica mientras que el filtro Donsson no presenta problema alguno ya que sus puntos están en la zona normal.



3.6. CURVAS DE TENDENCIA

El análisis de tendencia permite determinar de una forma fácil como resulta el crecimiento de contaminación con respecto al recorrido y analizar mediante los límites el estado en el que se encuentra el aceite.

3.7. CURVA DE TENDENCIA DE 1 μ m

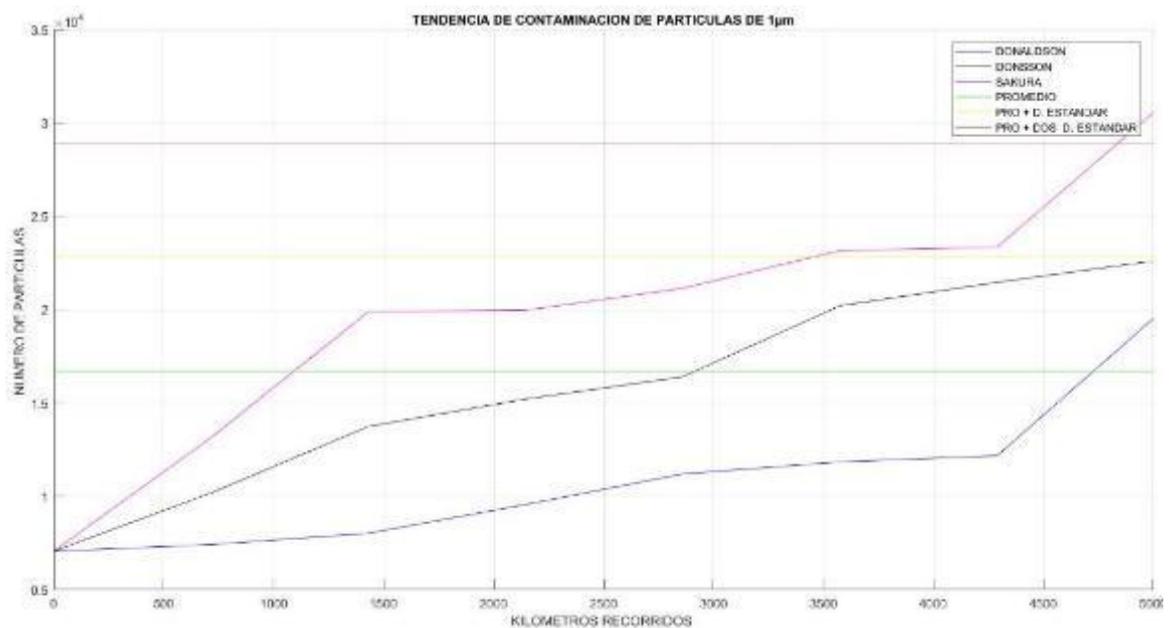


Figura. 48. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 1 μ m.

Fuente: AUTORES

Las partículas de 1 μ m son contaminantes que en poca cantidad no afecta mucho en la contaminación del aceite si observamos la FIGURA 48 indica una contaminación progresiva hasta los 5000km de recorrido, identificando que en el filtro SAKURA a los 4700km aproximadamente se debería realizar ya un cambio respectivo de aceite, mediante que en los filtros DONSSON Y DONALSON están dentro del rango promedio.



3.8. CURVA DE TENDENCIA DE 5 μ m

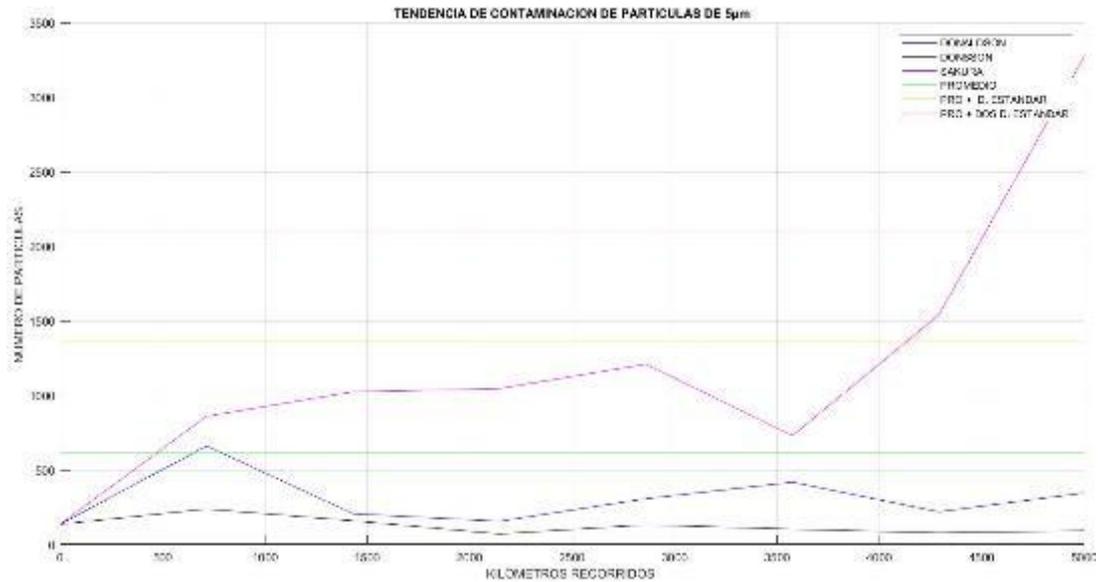


Figura. 49. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 5 μ m.

Fuente: AUTORES

En la FIGURA 49 la contaminación en el particulado de 5 micras es un poco más notorio, representando a los filtros DONSSON Y DONALDSON debajo del límite del promedio, pero obteniendo una mejor calidad el filtro DONSSON obteniendo mejores resultados, en cambio el filtro SAKURA tiene una contaminación acelerada sobrepasando el límite crítico a los 4500km de recorrido.



3.9. CURVA DE TENDENCIA DE 10 μ m

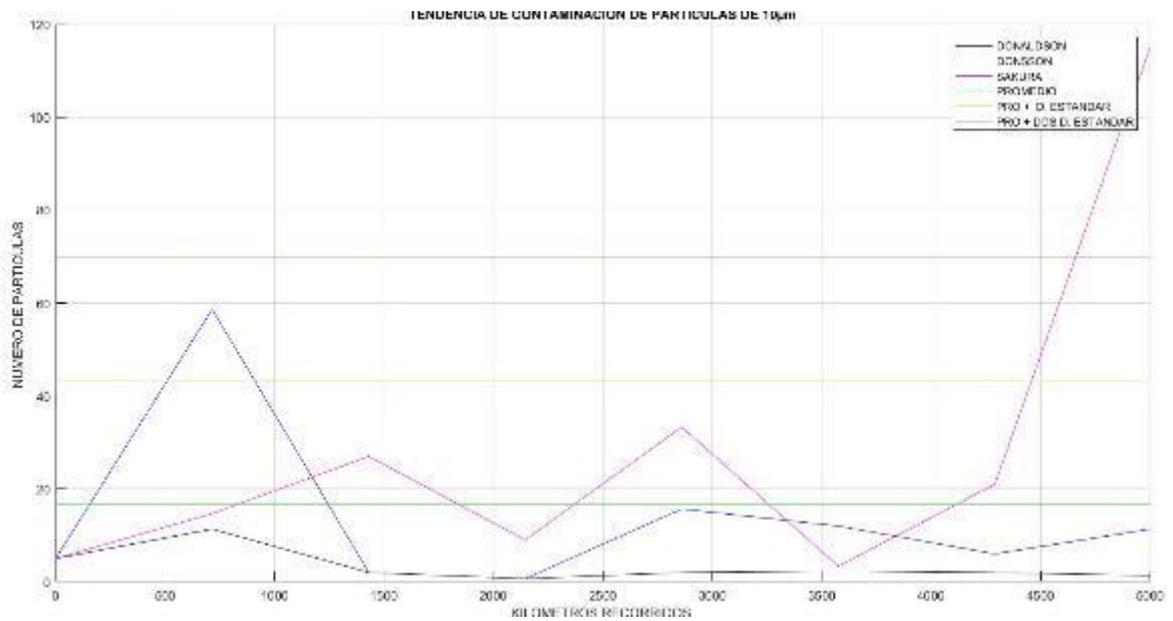


Figura. 50. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 10 μ m

Fuente: AUTORES

La curva de tendencia de 10 μ m representada en la FIGURA 50 señala que la mayor retención de material particulado se encuentra en el filtro DONSSON con valores próximos a cero, en cambio el filtro DONALDSON se encuentra dentro de los límites del promedio con una calidad aceptable, por el contrario, el filtro SAKURA retiene una gran cantidad de partículas pero llega a un límite de saturación a los 3500km y sobrepasando el valor crítico a los 4500km.



3.10. CURVA DE TENDENCIA DE 15 μ m

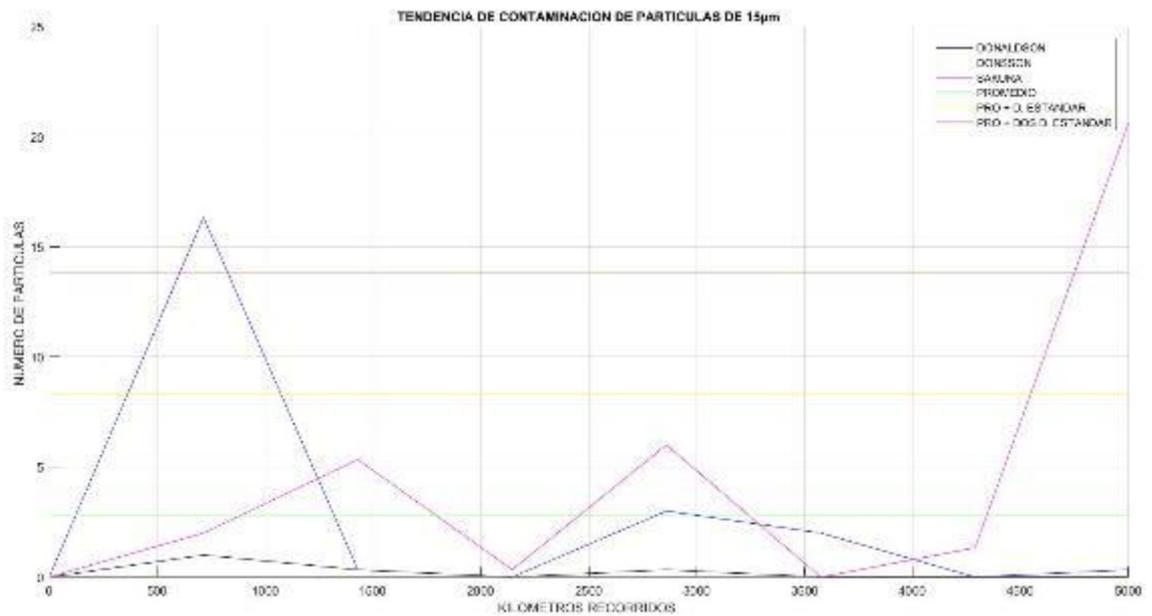


Figura. 51. CURVA DE CONTAMINACIÓN DE PARTICULAS DE 15 μ m

Fuente: AUTORES

Como se observa en la FIGURA 51 la cantidad de partículas existentes dentro del aceite lubricante no es abundante, pero se debe tener en cuenta que las partículas con este tamaño son dañinas para el motor, al igual que la anterior figura el filtro DONSSON y DONALDSON son los que poseen una baja cantidad de partículas, y el filtro SAKURA sobrepasa el valor crítico casi al culminar con su vida útil.



Capítulo 4

Conclusiones , Recomendaciones y Bibliografía

CONCLUSIONES

- Mediante varios procesos de análisis entre ellos: análisis visuales, estructurales, de materiales, disponibilidad y económicos, se determinó al filtro Sakura de gama baja, filtro Donsson de gama media, filtro Donaldson de gama alta.
- Mediante el análisis de resultados obtenidos por el método de conteo partículas, indica que la combinación del filtro principal y secundario con marca Donsson que posee una mejor calidad de papel filtrante, dentro de sus análisis la mayor cantidad de partículas tanto como pequeñas y grandes se encuentra dentro de la zona normal, permitiendo de esta manera poder prolongar la vida útil del aceite lubricante.
- Sí se requiere proseguir con el mismo tiempo de cambio de aceite en las unidades de transporte urbano se recomienda el filtro Donaldson que tiene una gran cantidad de partículas dentro del rango normal y con tan solo 4.35% de partículas de 10 micras y 15 micras en la zona crítica en los últimos días del cambio de aceite, finalmente el filtro Sakura presenta condiciones de cambio de aceite antes del normal, con porcentajes de 21.74% en partículas de 10 micras y 17.39% en partículas de 15 micras.
- Las gráficas de tendencia señalan la contaminación del aceite durante los 5000 km de corrido que tienen las unidades de transporte urbano, el filtro de aire Donsson es el indicado ya que nunca sobrepasa un límite crítico y no muestra ninguna anomalía, al igual que el filtro de aire Donsson el filtro de aire Donaldson tampoco presenta anomalías durante los 5000km pero teniendo en cuenta su costo de adquisición no es tan recomendando, mientras que el filtro de aire SAKURA presenta una contaminación critica en los 4500km de recorrido determinando un cambio de aceite previo al recomendando.



- En base a las conclusiones anteriores se puede proponer un ahorro significativo a la empresa LANCOMTRI S.A, que cuenta con una flota de 64 unidades de buses de transporte urbano. Cada tres semanas se realiza el cambio del aceite, (5000km) usando un filtro de aire Sakura (\$37,00). Mediante las gráficas de tendencia nos indica que el filtro se satura a los 4300 km (tres semanas aproximadamente), esto significa una inversión anual de \$37.888,00 en filtros Sakura, mientras que en el filtro Donsson (\$50,83) se cambiaría el aceite cada 6666 km (siete semanas aproximadamente) alargando la vida útil del lubricante y acortando gastos en el recambio. De esta manera se tendría un gasto por cambio de filtro de \$ 22.771,84 durante el periodo de un año. Estos resultados indican un ahorro anual de \$15.116,16.



RECOMENDACIONES

- El conteo de partículas indica la cantidad de partículas que están presentes en el aceite lubricante del motor, pero no indica si las mismas son partículas metálicas o no metálicas, por lo que se recomienda un análisis espectrometría permitiendo de esta manera identificar las partículas de silicio que ingresan en el sistema de admisión para un análisis más específico
- Se recomienda de igual manera, manejar la muestra de aceite con mucha cautela, para evitar contaminación y así tener pruebas erróneas, las muestras pueden estar en contacto con el personal de mecánica de la empresa como de tesis que hacen un mal manejo del mismo.
- Cada muestra de aceite mantener en un lugar fresco a una temperatura ambiente y selladas herméticamente hasta utilización, se recomienda que las mutras ya analizadas, depositar en lugares autorizados que manejen residuos de aceites para evitar la contaminación del medio ambiente y preservar los recursos naturales.



BIBLIOGRAFIA

AUTONOCIÓN, Reyes, Luis. Tipos de filtros de aire en el coche:¿Cuántos hay y cuáles son:? [Online]. Disponible en: <https://www.autonocion.com/tipos-de-filtros-de-aire-del-coche/> (Tomado el 25/11/19).

Bugli, N.J. (2001) Automotive Engine Air Filters - Performance Trends, p. p10. Detroit: SAE

Bugli, N.J. Automotive Engine Air Cleaners-Performance Trends. Society of Automotive Engineers Technical Series 2001-01-1356

Cedillo, Ángel. Jaramillo, Darly. Estudio de la incidencia del uso de filtros de aceite en el envejecimiento prematuro del aceite del motor de combustión interna. Director: Ing. Cristian García. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Mecánica Automotriz, Cuenca-Ecuador, 2014.

Dostál, P., Rozlivka, J., & Kumbár, V. (2019). Operational degradation of engine oil in agricultural technology. *Acta Technologica Agriculturae*, 22(1), 17-21. doi: 10.2478/ata-2019-0004

Gailis, M., & Pirs, V. (2011). Research in influence of engine air filter replacement periodicity. Lecture, 0th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development; Jelgava; Latvia; 26.

Horst, B., Jurgen, C. (2000) *Automotive Handbook* , pág. p960. Quinta edición. Plochingen: Robert Bosch GmbH.



Jaroszcyk, T., Wake, J., & Connor, M. J. (1993). Factors Affecting the Performance of Engine Air Filters. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 115(4), 693. doi:10.1115/1.2906761

Kučera, M., Aleš, Z., & Pexa, M. (2016). Detection and characterization of wear particles of universal tractor oil using a particles size analyzer. *Agronomy research*, 14(4), doi: 1351-1360.

Kumbár, V., & Dostál, P. (2013). Oils degradation in agricultural machinery. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(5), 1297-1303. doi: 10.11118 / actaun201361051297

Macián, V., Tormos, B., Olmeda, P., & Montoro, L. (2003). Analytical approach to wear rate determination for internal combustion engine condition monitoring based on oil analysis. *Tribology International*, 36(10), 771–776. doi:10.1016/s0301-679x(03)00060-4

MUNDOMOTOR, Valladares, Steven. Filtro de aire, Tipos, Funcionamiento, Cómo y Cuándo cambiarlo [Online]. Disponible en: <https://www.mundodelmotor.net/filtro-de-aire/#> (Tomado el 25/11/19).

Patil, A.S., Halbe, V.G., Vora, K.C. A System Approach to Automotive Air Intake System Development. (2005) SAE Technical Papers, 2005-January (January). doi: 10.4271/2005-26-011.

Peña, Rogelio. Aplicación del conteo de partículas. Mexico, 2014.



Sejkorová, M., & Glos, J. (2017). Analysis of degradation of motor oils used in Zetor tractors. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65(1), 179-187. doi: 10.22616 / ERDev2019.18.N059

Sejkorova, M., Sarkan, B., Caban, J., & Marczuk, A. (2018). On relationship between infrared spectra of worn out engine oils and their kinematic viscosity. *Przemysl Chemiczny*, 97(1), 49-54.doid: 10.15199/62.2018.1.5

Thiyagarajan, P., & Ganesan, V. (2005). Study of Flow through Air Filter for Off Highway Vehicle - A Preliminary CFD Approach. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2005-26-339

Thomas, J., West, B., Huff, S., & Norman, K. (2012). Effect of Intake Air Filter Condition on Light-Duty Gasoline Vehicles. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2012-01-1717

Tormos, Bernardo. *Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado*. Editorial Reverté, Barcelona-España, 2005.



Anexo A

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL SAKURA

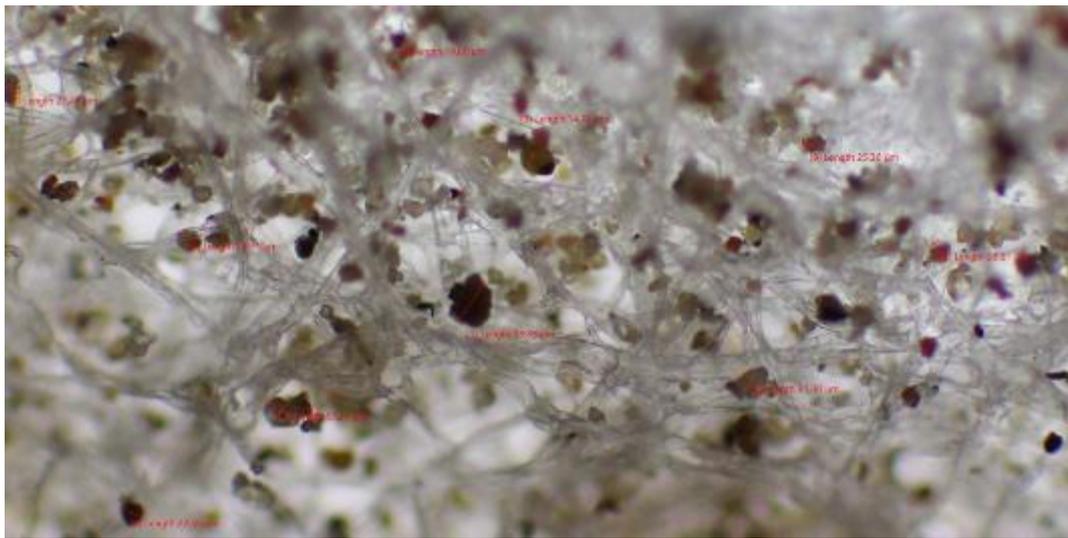


Figura. 52. Anexo A.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (μm)
1	26,61
2	25,36
3	31,00
4	14,78
5	53,83
6	55,21
7	19,80
8	24,21
9	21,45
10	22,48

Tabla 33. ANEXO A.

Fuente: Autores.



Anexo B

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO SAKURA

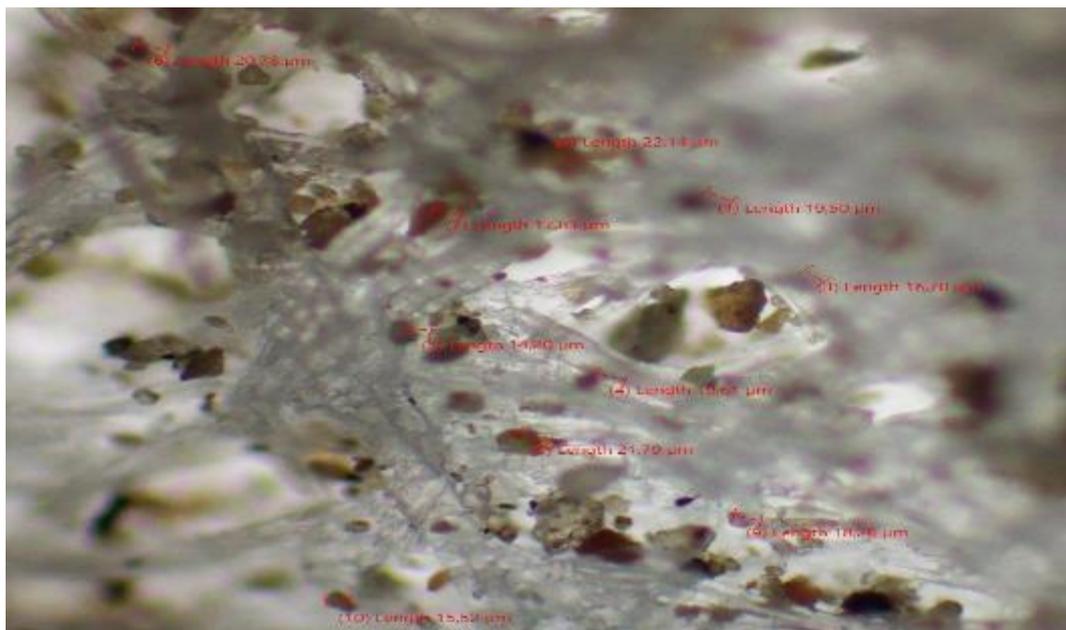


Figura. 53. Anexo B.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (µm)
1	18,26
2	15,52
3	21,79
4	19,61
5	14,20
6	16,70
7	19,50
8	17,83
9	22,14
10	20,78

Tabla 34. ANEXO B.

Fuente: Autores.



Anexo C

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL FILTRO DE AIRE PRINCIPAL DONSSON

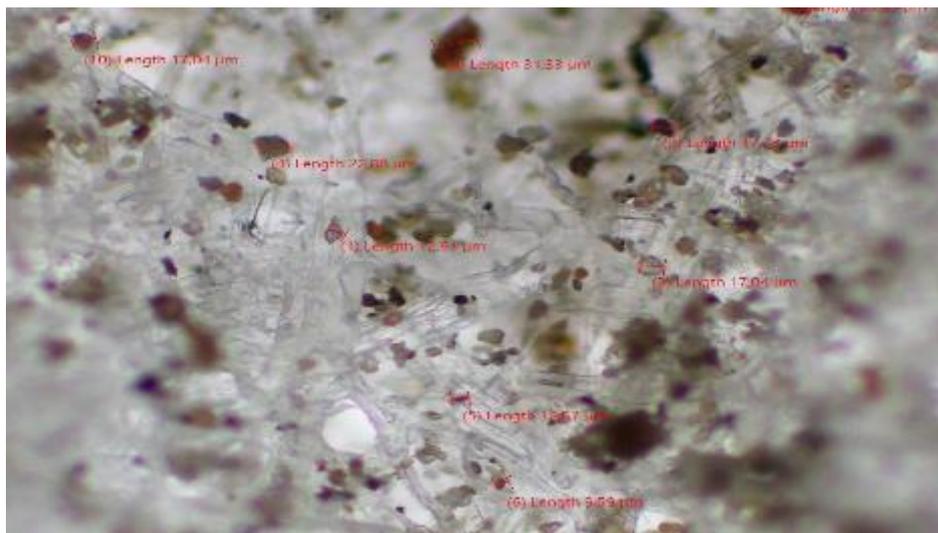


Figura. 54. Anexo C.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (µm)
1	13,30
2	9,59
3	12,57
4	17,04
5	12,61
6	22,88
7	17,23
8	31,33
9	36,31
10	17,04

Tabla 35. ANEXO C.

Fuente: Autores.

*Anexo D*

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO DONSSON

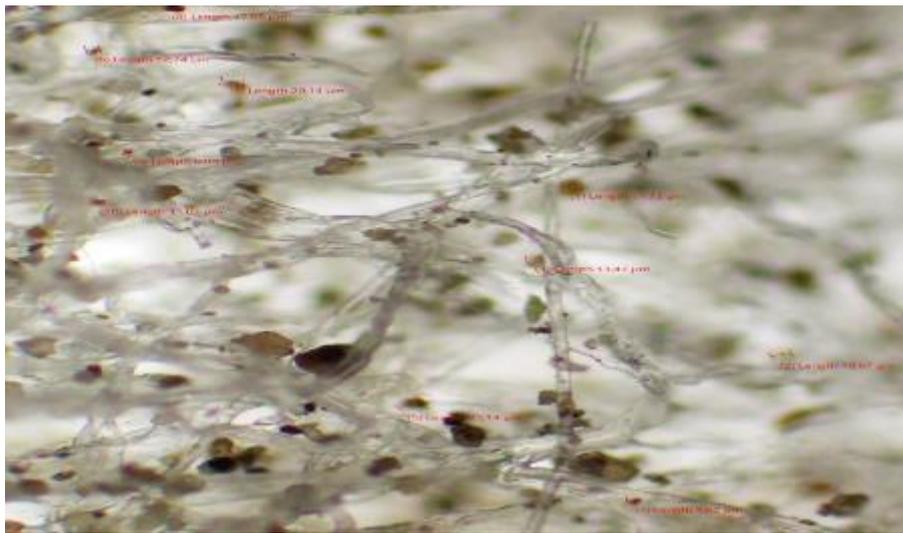


Figura. 55. Anexo D.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (μm)
1	9,62
2	25,14
3	18,67
4	13,47
5	11,07
6	6,09
7	17,73
8	20,14
9	12,74
10	17,85

Tabla 36. ANEXO D.

Fuente: Autores.

*Anexo E*

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL FILTRO DE AIRE PRIMARIO DONALDSON

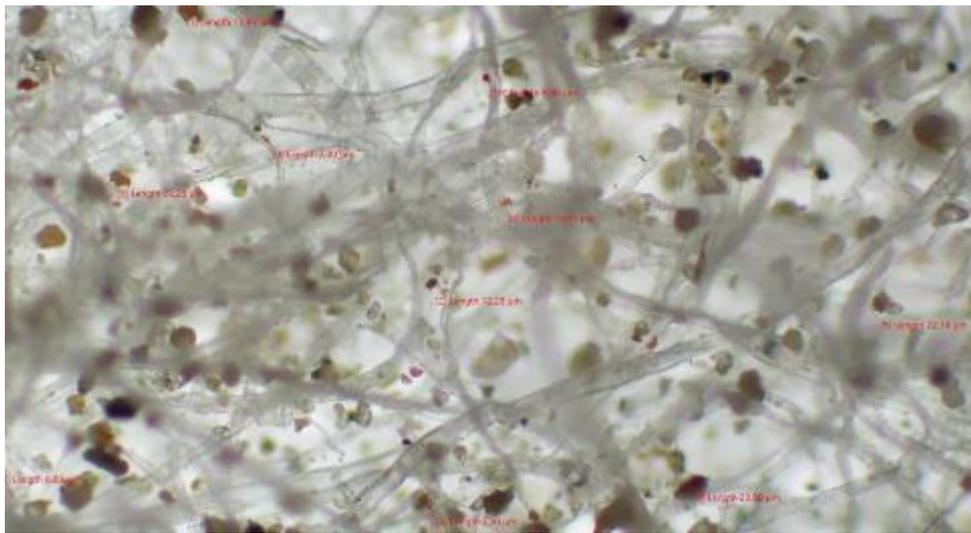


Figura. 56. Anexo E.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (μm)
1	23,80
2	3,30
3	22,14
4	12,28
5	10,97
6	6,80
7	2,09
8	22,25
9	17,96
10	6,80

Tabla 37. ANEXO E.

Fuente: Autores.



Anexo F

MEDICIÓN DE PARTICULAS DEL
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO
DONALDSON

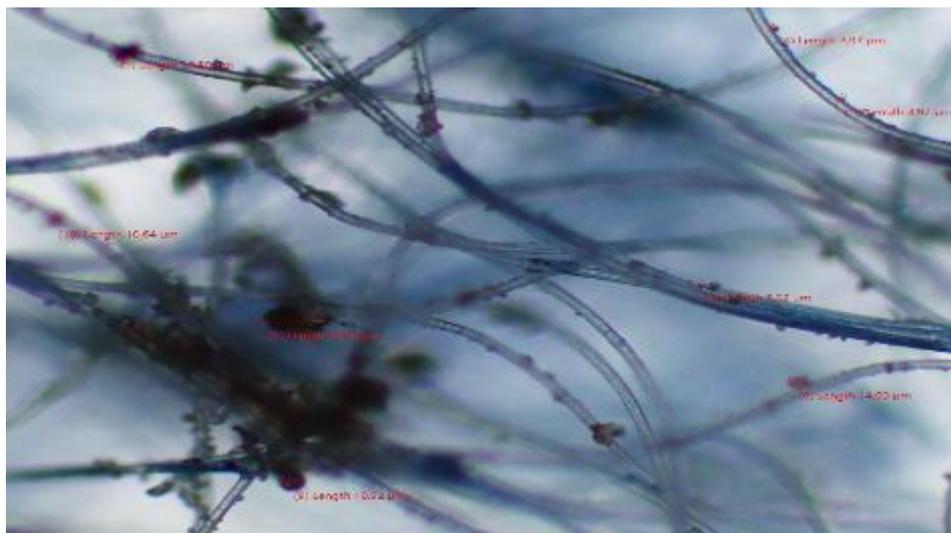


Figura. 57. Anexo F.

Fuente: Autores.

# De Medida	Diámetro en (µm)
1	3,97
2	3,97
3	5,32
4	14,93
5	59,82
6	18,92
7	10,64
8	8,61
9	16,58
10	10,64

Tabla 38. ANEXO F.

Fuente: Autores.