

# Diseño de un Laboratorio de Análisis de Aceites Lubricantes en la ESPOL para Sustentar Programas de Mantenimiento Predictivo

Alejandro Mideros Romero <sup>(1)</sup>, Ernesto Martínez Lozano, Ing. <sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[amideros@espol.edu.ec](mailto:amideros@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>, [emartine@espol.edu.ec](mailto:emartine@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

## Resumen

*Este artículo presenta el diseño óptimo de un Laboratorio de Análisis de Aceites Lubricantes Usados, cuya implementación en la ESPOL, permitirá construir una base tecnológica efectiva para la propagación y soporte de programas de mantenimiento predictivo en la industria ecuatoriana. Se incluye un estudio sobre los aceites lubricantes y su funcionamiento en distintos tipos de máquinas. El análisis de aceites usados es actualmente una herramienta importante de la industria para optimizar sus programas de mantenimiento mecánico. Los aceites acumulan valiosa información sobre el estado de los equipos donde trabajan y sobre su propia eficacia operativa. El uso adecuado de esta información guía eficazmente la toma de decisiones para el buen mantenimiento de los equipos. Existe claramente en el país la falta de un laboratorio acreditado y certificado, accesible a la industria en general y que oferte con solidez técnica el servicio de análisis físico y químico de aceites usados. El diseño realizado parte de la gama de pruebas que debe ofrecer el laboratorio y de la demanda de dichas pruebas; contempla la infraestructura física, la selección de equipos de análisis y equipos auxiliares, la guía para obtener la certificación ISO 17025, la evaluación ambiental y la inversión requerida.*

**Palabras Claves:** Aceites Lubricantes, Mantenimiento Predictivo, Laboratorio, Certificación ISO 17025.

## Abstract

*This paper presents the optimal design of a laboratory used lubricating oils, whose implementation in the Repository, will build an effective technology base for the spread and support predictive maintenance programs in the Ecuadorian industry. It includes a study of lubricating oils and their operation on different types of machines. Used oil analysis is currently an important tool in the industry to optimize their mechanical maintenance programs. Oils accumulate valuable information on the status of the equipment in which they work and their own operational efficiency. Proper use of this information effectively guides decision-making for the proper maintenance of equipment. There is clearly in the country's lack of an accredited and certified, accessible to general industry and technically sound bid with the service of physical and chemical analysis of waste oils. The design made part of the range of tests that the laboratory should offer and demand of such tests; includes physical infrastructure, equipment selection and auxiliary equipment analysis, the guide for the ISO 17025 certification, environmental assessment and the required investment.*

**Keywords:** Lubricating Oils, Predictive Maintenance, Laboratory, Certification ISO 17025.

## 1. Introducción

La industria ecuatoriana tiene aún niveles incipientes de aplicación de programas y prácticas de mantenimiento predictivo. En la competitiva industria moderna, los costos de repuestos, mano de obra, energía, lubricantes, y paradas no programadas, son una preocupación importante, cuyo control demanda programas de mantenimiento bien administrados y basados en herramientas tecnológicas modernas. El mantenimiento predictivo se ha establecido como una estrategia efectiva de mejora de la productividad, y uno de sus componentes más importantes es la información que proviene del análisis de laboratorio.

El desarrollo de la instrumentación para el análisis físico y químico permite actualmente, gracias a la incorporación de tecnologías como la Espectrometría de Emisión Atómica, la Espectrometría Infrarroja, el conteo de partículas solidas en los fluidos y la ferografía, obtener valiosa información de los aceites lubricantes usados.

Es evidente la necesidad en nuestro medio de un laboratorio certificado y acreditado, al servicio de la industria en general, que oferte análisis de aceites usados de alto nivel tecnológico. Se ha hecho el diseño de un laboratorio de este tipo y se propone su implementación en la ESPOL, que se convertiría con

él en un centro de difusión y soporte de los programas de mantenimiento predictivo en la industria del país.

## 2. Tribología y Aceites Lubricantes

La tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación entre superficies sólidas en contacto y movimiento relativo. En las últimas décadas esta ciencia ha tenido una relevancia creciente. Se ha profundizado el estudio conjunto y sistemático de la **fricción** entre dos cuerpos en movimiento, del **desgaste** como efecto de este fenómeno y de la **lubricación** como un medio para prevenir y atenuar fricción y desgaste, mediante mejores diseños, mejores prácticas y mejores sustancias lubricantes.

Los aceites son el tipo de sustancia lubricante de uso más extendido. Están conformados por un aceite base al que se han agregado sustancias químicas para mejorar su desempeño. Estas sustancias, llamadas aditivos, según la aplicación, constituyen entre un 2 y un 30% del volumen total del aceite lubricante.

Los aceites base pueden ser de tipo mineral, vegetal o sintética. Las bases minerales, derivadas del petróleo son las de más amplio uso. Las bases vegetales se aplican en situaciones específicas debido a sus características biodegradables. Las bases sintéticas se fabrican mediante procesos químicos de síntesis y tienen altos desempeños. Sin embargo las últimas tecnologías de refinación de petróleo que incluyen procesos de hidrogenado severos permiten obtener las llamadas bases de Grupo III con características similares a las sintéticas.

Los aditivos tienen la función de mejorar las propiedades lubricantes del aceite base, y retardar su degradación química. Hay aditivos antioxidantes, detergentes, dispersantes, anticorrosivos, antidesgaste, de extrema presión, antiespumantes, depresores del punto de fluidez, mejoradores de índice de viscosidad, entre los principales.

Además de su función primaria de lubricar (reducir la fricción y el desgaste), los aceites lubricantes cumplen funciones adicionales, como: disipar calor, eliminar impurezas, proteger las superficies metálicas contra la corrosión y la herrumbre, transmisión de potencia, efecto de sello entre cilindros y pistones.

### 2.1. Parámetros de Aceites Lubricantes

Los principales parámetros físicos y químicos susceptibles de ser medidos en los aceites lubricantes, también llamados parámetros de condición, son los siguientes: Viscosidad, Índice de viscosidad, Punto de inflamación, Punto de fluidez, TBN, TAN, Contenido de cenizas sulfatadas, Peso específico, Demulsibilidad, Formación de espuma y Color. Estos parámetros se miden en aceites usados para compararse con los valores originales.

Durante su utilización los aceites están sujetos al deterioro químico de sus componentes. Esto se puede cuantificar mediante la medición de parámetros adicionales como: Oxidación, Nitración, Contenido de Aditivos, Sulfatación.

Además, en su funcionamiento, los aceites reciben y acarrean sustancias contaminantes de variado tipo como: Agua, Combustible, Hollín, Tierra, Partículas metálicas de desgaste, glicoles, entre otros, cuyo nivel puede también medirse. Los metales de desgaste y otros elementos presentes en el aceite se pueden medir con precisión con las modernas tecnologías de Espectrometría.

La medición de los parámetros de condición, del nivel de degradación y del nivel de contaminantes, provee información que está directamente relacionada con el estado de los aceites y la maquinaria en la cual estos funcionan.

### 2.2. Aplicaciones de Aceites Lubricantes

Los aceites lubricantes encuentran sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de equipos

- Motores de Combustión
- Turbinas
- Sistemas Hidráulicos
- Cajas de Engranajes
- Compresores
- Maquinaria Industrial

**Tabla 1.** Parámetros a Medirse

Tipos de Equipo	Análisis Recomendados
Motores de combustión interna	Viscosidad, TBN, oxidación, punto de inflamación, contenido de agua, espectrometría.
Sistemas Hidráulicos	Viscosidad, contenido de agua, conteo de partículas, oxidación, TAN.
Cajas de Engranajes	Viscosidad, contenido de agua, conteo de partículas, oxidación.
Turbinas	Viscosidad, contenido de agua, oxidación, TAN, espectrometría, conteo de partículas.
Compresores	Viscosidad, contenido de agua, oxidación, TAN, espectrometría.
Maquinaria Industrial (Sistemas centralizados de lubricación)	Viscosidad, contenido de agua, espectrometría, oxidación.

El aceite circula en todos estos equipos en contacto con sus componentes internos en movimiento. El tipo de equipos agrupado como Maquinaria Industrial hace

referencia a equipos tales como trenes de laminación, máquinas de papel, molinos de maza, molinos de bolas, y otros similares, provistos de un sistema centralizado que bombea el aceite a los puntos a ser lubricados, especialmente cojinetes, de los que retorna a un depósito. Los parámetros de los aceites en cada uno de estos tipos de equipos que proveen información más relevante sobre su estado se presentan en la Tabla 1.

### 3. Mantenimiento Predictivo y Análisis de Aceite

El mantenimiento mecánico históricamente ha operado basado en una de las siguientes estrategias:

1.- **Mantenimiento Correctivo:** Funcionar hasta que el equipo falle y luego repararlo o reemplazarlo. Es un método lógico cuando los equipos son baratos y sencillos de reparar y las rentabilidades son altas.

2.- **Mantenimiento Preventivo:** Prevenir la ocurrencia de fallas, actuando a intervalos establecidos mediante inspecciones y reemplazo de componentes. Estas acciones se programan en base a las recomendaciones del fabricante del equipo y a la experiencia proveniente de fallas ocurridas en el pasado. Partes, aceites y filtros son reemplazados en base a las horas de operaciones o distancia recorrida. Esta estrategia fue introducida en la naciente industria de la aviación, cuya seguridad de operación dependía del reemplazo de componentes a intervalos definidos, independientemente de su estado.

El mantenimiento preventivo puede ser una estrategia muy efectiva, aunque también muy costosa. Con frecuencia, equipos en buen estado, se paran y reconstruyen integralmente, o partes y aceites en buenas condiciones son descartados y reemplazados por el sólo hecho de que un cierto ciclo de servicio se ha completado. Y por otro lado, fallas prematuras debidas a factores no controlados, llegan a ocasionar sorpresivos y severos daños.

3.- **Mantenimiento Predictivo:** Detectar y predecir fallas en sus etapas iniciales y corregirlas oportunamente, antes de que ocurran daños y paros forzosos, es la estrategia de los programas de mantenimiento modernos. Las paradas para corregir fallas y reemplazar componentes se pueden programar con exactitud, afectando mínimamente las tareas de producción. Los aceites, filtros y partes, se cambian cuando han terminado su vida útil, y no antes.

En la Figura 1 se observa la relación entre tipo de mantenimiento y tiempo de falla. Los equipos con mantenimiento correctivo funcionan más tiempo antes de parar, pero cuando lo hacen se debe generalmente a una falla catastrófica, que exige su reemplazo o es muy costosa de remediarse. El mantenimiento predictivo permite periodos de parada más extendidos que el mantenimiento preventivo, pero lo que es más importante, las paradas en mantenimiento predictivo son programadas y generalmente menos costosas en

términos del valor de la reparación y de la pérdida de producción que las paradas en mantenimiento preventivo.



Figura 1. Tipo de mantenimiento vs tiempo de falla

Para un programa eficaz de mantenimiento predictivo se utiliza una combinación de varios tipos de monitoreo posibles: Análisis de Aceite, Análisis de Vibraciones, Monitoreo de Desempeño, Termografía, Ultrasonido.

A mayor cantidad de fuentes de información, mejor es el diagnóstico que se puede realizar, sin embargo en la práctica, debemos definir el tipo y cantidad de información relevante y suficiente en cada caso. Y eso depende de las características específicas de los equipos, sus condiciones de operación, y sus posibles modos de falla.

El monitoreo de vibraciones es funcional para equipos rotativos a regímenes estables. La variación anormal del espectro de vibraciones será el primer indicativo de un desbalance rotativo. Pero, por otro lado, una situación de desgaste abrasivo, con generación masiva de partículas de desgaste, se predice más temprano mediante el análisis del aceite. Sólo después de que una significativa cantidad de desgaste se haya producido, el problema empezará recién a ser detectado por el análisis de vibraciones.

El Monitoreo del Desempeño se refiere a medir una serie de parámetros operativos tales como presiones, temperaturas, caudales, consumo de aceite, etc. El monitoreo de desempeño nos puede indicar tempranamente que algún componente del equipo empezó a fallar, pero tal vez no aporte mayores datos sobre el tipo de falla y la inminencia o no de daños más severos. Este es otro momento en donde se evidencia la importancia del Análisis de Aceite.

El análisis de aceite como herramienta de mantenimiento, empieza en los años 50's, en la industria de los ferrocarriles. Al poco tiempo las Fuerzas Armadas de Estados Unidos lo adoptan y desarrollan como método para detectar tempranamente fallas en equipos complejos, como las turbinas de gas usadas en aviación. En los últimos veinte años, tanto el desarrollo de equipos de laboratorio, como la innovación en prácticas y conceptos de mantenimiento, han convertido al

análisis de aceites en un método imprescindible para muchísimos tipos de industrias, por los enormes beneficios que aporta.

En un moderno Programa de Mantenimiento Predictivo, el aceite lubricante se convierte en un valioso medio de diagnóstico de los equipos. La medición con espectrometría de las partículas de desgaste que acarrea el aceite provee importante información sobre el estado de las partes internas de una máquina o motor. Los datos obtenidos se comparan con mediciones previas y con los límites permitidos, para determinar si el equipo opera normalmente o si alguna situación anómala se ha hecho presente. Con esta alerta temprana se pueden tomar las acciones correctivas antes de que daños severos y costosos se produzcan. El análisis de aceite con espectrometría es muy útil en los equipos con sistemas cerrados de lubricación, tales como turbinas, motores de combustión interna, transmisiones, cajas de engranes, compresores y sistemas hidráulicos. Modos anormales de desgaste, tales como corrosión, abrasión, picaduras metálicas, causan un incremento acelerado en la concentración de los metales de desgaste en el aceite.

La medición de partículas funciona también para detectar elementos contaminantes como el silicio, proveniente del polvo, o el sodio de los fluidos refrigerantes, y además permite medir los elementos que conforman el paquete de aditivos del lubricante, pudiendo detectarse así, eventuales mezclas con aceites incorrectos o la degradación del aceite en uso.

El análisis de los parámetros físicos y químicos y de su degradación química y nivel de contaminación permite determinar además si el aceite debe cambiarse ó si está aún en condiciones de seguir funcionando.

En la práctica, una muestra de aceite es tomada del equipo a intervalos determinados y es enviada al laboratorio para su análisis. En base a las mediciones que realiza el laboratorio, se hace un reporte de diagnóstico y las correspondientes recomendaciones, para el personal responsable del equipo. El reporte puede indicar que la situación es normal, o alertar sobre un posible problema, o recomendar una acción específica de mantenimiento.

En un moderno programa de análisis de aceite, los datos medidos por el laboratorio también permiten elaborar sumarios periódicos de mantenimiento, que nos permiten establecer tendencias del desgaste de componentes, determinar la eficiencia del programa de mantenimiento, detectar problemas recurrentes, e incluso informar sobre el rendimiento de diferentes equipos, componentes o lubricantes.

## 4. Análisis de Oferta y Demanda

### 4.1. Oferta

El servicio de análisis de aceites usados en el país es provisto por los siguientes tipos de oferentes:

1. Laboratorios de Plantas fabricantes de lubricantes (4);
2. Laboratorios de Comercializadores de Equipos y Lubricantes (1);
3. Laboratorios Independientes, privados o institucionales (2);
4. Laboratorios del extranjero.

Se recolectan para su análisis unas 2200 muestras al mes de aceite usado. 400 de ellas son enviadas a laboratorios del extranjero. Los laboratorios locales procesan 1800 muestras al mes. Los 4 laboratorios de plantas fabricantes están enfocados en el control de calidad de su producción. Analizan unas 450 muestras de aceite usado al mes. Dos de ellos no cuentan con equipos de espectrometría operativos.

La empresa distribuidora de Caterpillar cuenta con un sofisticado laboratorio de aceites usados donde se procesan unas 800 muestras al mes. Está enfocado exclusivamente en muestras de aceite marca Caterpillar operando en equipos de esa misma marca.

Los dos laboratorios independientes tienen un enfoque restringido, el uno hacia los aceites dieléctricos y el otro, en el Oriente, a compañías petroleras para análisis de crudos y lodos de perforación.

### 4.2. Demanda

A partir de un Estudio de Mercado de Lubricantes Industriales en el Ecuador del año 2009[1], se elaboró la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Demanda por Sector de Análisis de Aceite

SECTOR DE ACTIVIDAD	NUMERO DE EMPRESAS	ONSUMO ACET Galones/Año	HACEN NALISIS ACET	% A/A
ACUACULTURA	28	128000	5	18%
AGROINDUSTRIA	143	466000	11	8%
CEMENTO	4	165000	3	75%
CONSTRUCCION	89	893000	31	35%
GENERACION DE ENERGIA	8	825000	8	100%
METALURGIA	35	246000	9	26%
MINERIA	28	289000	6	21%
PAPEL Y CARTON	12	86000	6	50%
PESCA INDUSTRIAL	26	438000	10	38%
PETROLEO	9	968000	7	78%
PLASTICO Y CAUCHO	46	158000	6	13%
TRANSPORTE MARITIMO	6	187000	4	67%
TRANSPORTE TERRESTRE	184	858000	8	4%
TOTAL	618	5'707.000	114	18%

Sólo 18% de las 618 empresas más grandes del país por su consumo de lubricantes, utilizan análisis de aceites para apoyar sus programas de mantenimiento. Este porcentaje es seguramente menor en empresas más pequeñas. En total en el país las empresas industriales y de transporte utilizan 16 millones de aceite lubricante cada año. Como se están recolectando 2200 muestras cada mes, o sea 26400 al año, en el país se recoge y analiza una muestra por cada 606 galones de aceite consumido. En países

desarrollados ese índice es de 1 muestra por cada 110 galones [2].

### 4.3. Factibilidad de Mercado

Con datos conservadores se puede afirmar que un nuevo laboratorio, certificado y acreditado, de aceites usados captaría inmediatamente unas 800 muestras al mes provenientes de tres fuentes. La primera es el número de muestras que se están enviando a laboratorios del extranjero. Un segundo rubro proviene de la preferencia de las empresas por un laboratorio independiente y certificado. Se asume que se atenderá al 10% de los análisis que actualmente se hacen en otros laboratorios. El tercer rubro proviene de la tendencia creciente de las empresas a utilizar programas de mantenimiento predictivo. Se asume que el número de muestras crece 10% cada año. Estos tres componentes se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Muestras Proyectadas

FACTOR A CONSIDERAR	PROYECCION DE MUESTRAS
Muestras actualmente enviadas al exterior	400/mes
Muestras a ganarse a de otros laboratorios	180/mes
Muestras provenientes del crecimiento de la demanda	220/mes
TOTAL PROYECTADO	800/mes

Se puede afirmar con certeza que el número de muestras indicado crecerá constante y aceleradamente, sobre todo si el laboratorio tiene su base en la ESPOL que por su trayectoria se ha convertido en un referente de alto nivel tecnológico y de aporte a la productividad y eficiencia de la industria del país.

## 5. Diseño del Laboratorio

El diseño del Laboratorio ha considerado un crecimiento razonable a partir de las 800 muestras/mes iniciales, y se ha hecho para una capacidad de procesamiento de 3000 muestras/mes.

### 5.1. Selección de Equipos

Los equipos seleccionados tienen uno de los siguientes regímenes de trabajo: 1. Equipos de uso intensivo (es decir los que se utilizarán para todas o casi todas las muestras). se dimensionarán para una capacidad mayor a 150 pruebas al día. 2. Equipos de uso medio (se aplican a la mitad de las muestras), se dimensionarán para más de 50 pruebas al día. 3. Equipos de uso especializado (a usarse en casos

específicos), tendrán una capacidad mínima de 20 pruebas al día.

A partir del objetivo del laboratorio, se han definido las pruebas que se deben ofertar, las cuales, junto a las unidades de medida, normas ASTM y los métodos a usarse, se indican en la Tabla 4.

Se incorporó al laboratorio equipos de última tecnología como un Espectrómetro de Emisión Atómica por Electrodo de Disco Rotativo, un Espectrómetro FTIR y un Contador de Partículas por Bloqueo de Imagen. Además se seleccionó un Viscosímetro de Baño de Aceite, un equipo Karl Fisher de Titulación Coulométrica, un equipo para prueba de espuma, una Copa Abierta de Cleveland, un Colorímetro y un Medidor de Demulsibilidad. Los equipos seleccionados cubren el rango de pruebas que se definió previamente.

Tabla 4. Pruebas y Equipos

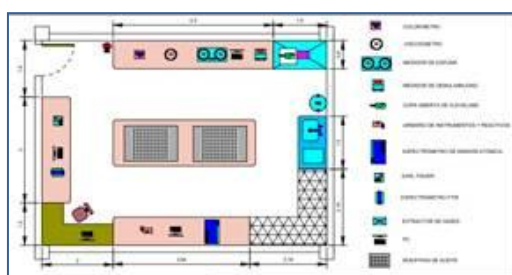
PRUEBA	Unidad de medida	NORMA	METODO
Color		ASTM D 1500	Colorímetro
Determinación de materiales de desgaste, contaminantes y aditivos	PPM	ASTM D 6595	Espectrómetro de emisión atómica
Degradación: Oxidación Nitración Sulfatación Contaminantes: Agua, Glicol, Comb., Hollín	Absorbancia /mm y concentración en %	ASTM E 2412	FTIR
Punto de inflamación y punto de combustión	°C	ASTM D 92	Copa abierta de Cleveland
Formación de espuma	MI	ASTM D 892	Medidor de Espuma
Demulsibilidad	MI aceite/ ml agua/ ml de emulsión	ASTM D1401 y D 2711	Desmulsibilidad
Determinación de agua	Ppm	ASTM D 6304	Karl Fisher
Viscosidad a 40°C y 100°C	CSt	ASTM D 445	Viscosímetro de Baño de aceite
TBN y TAN	Mg KOH/g	ASTM D 974	FTIR
Conteo de partículas	4µm/6µm/14µm	ISO 4406	Contador de partículas

### 5.2. Infraestructura y Local

El área de trabajo se determinó y distribuyó en base al espacio ocupado por cada equipo y el espacio requerido para actividades paralelas. El área total del laboratorio de 46.4 m<sup>2</sup> se basa en las recomendaciones de Cleapess School Scienc Service [3] y la norma INEN 2472.2000 [4].

La ubicación de los equipos se hizo de manera que se respete la secuencia de pruebas y se agrupen los equipos por tipos: Análisis de condición del lubricante, Análisis de Desgaste y Análisis de Contaminación.

Se hizo el cálculo del Acondicionamiento de Aire del laboratorio considerando las cargas térmicas. La ventilación se basó en la norma ASHRAE 62-2001, con la cual se dimensionó el extractor de aire. La campana de extracción de gases se seleccionó acorde con el equipo de Copa Abierta de Cleveland. La iluminación se diseño según la norma técnica DIN5053 [5] de 500 Lux, provistas por 15 lámparas fluorescentes dobles de 80 watts cada una. El diseño eléctrico consideró todas las cargas provenientes de equipos e iluminación, que totaliza 24.96 Kw.



**Figura 2. Diseño del Laboratorio**

En la Figura 2 se presenta una vista de la planta del laboratorio en donde se incluyen todos los equipos en su ubicación respectiva.

### 5.3. Certificación del Laboratorio

El laboratorio deberá plantearse inmediatamente con el inicio de su operación, la obtención de la certificación ISO 17025 [6], que es el reconocimiento formal de que el laboratorio es competente para cumplir con la precisión especificada todos los ensayos indicados en ella. Los aspectos considerados para esta acreditación son los siguientes: alcance, referencia de normas, términos y definiciones, solvencia administrativa y solvencia técnica.

## 6. Inversión Requerida

La inversión requerida para la implementación del proyecto comprende los rubros indicados en la Tabla 5, que totalizan \$ 238239,32 dólares.

**Tabla 5.** Inversión Requerida

Descripción	Total
Infraestructura	\$ 27.654
Equipos de laboratorio	\$ 198.875,32
Otros equipos y accesorios	\$ 11.710
<b>TOTAL</b>	<b>\$238.239,32</b>

## 7. Evaluación Ambiental

El diseño del laboratorio debe considerar el grado potencial de afectación al medio ambiente que la operación del laboratorio implica. Esto significa que se deben considerar los posibles riesgos ambientales y los riesgos para la salud y seguridad de los operadores del laboratorio, y señalar su manejo adecuado. Se debe considerar los riesgos provenientes de la operación en los siguientes aspectos: emisiones, muestras de aceite, reactivos químicos y desechos.

Además se debe contemplar un plan de contingencias para casos de derrames, fuego y explosiones.

## 8. Ubicación: ESPOL

La selección de la ESPOL como lugar de asiento del laboratorio empata con la tarea didáctica y tecnológica que conlleva incorporar en las empresas del país programas apropiados y eficaces de mantenimiento predictivo.

Se recomienda que el laboratorio diseñe con el aval de la ESPOL programas de difusión, servicios de auditoría técnica y acompañamiento a las empresas en sus procesos de implementación de mejores niveles de mantenimiento de sus equipos. Se recomienda también la creación de un Instituto de Mantenimiento Predictivo que se encargue de divulgar, dar asesoría e implementar nuevos y más altos estándares en el mantenimiento de la industria ecuatoriana.

## 9. Conclusiones

Laboratorios de este tipo son un requisito tecnológico indispensable para proyectos nacionales como el cambio de la matriz productiva y el incremento de valor agregado a la producción.

El laboratorio es totalmente viable en términos de mercado. El país tiene un déficit de laboratorios independientes y certificados de aceites lubricantes usados que brinden soporte a los programas de mantenimiento predictivo.

La investigación realizada para este trabajo pudo detectar que grandes plantas como las termoeléctricas, hidroeléctricas, refinerías y cementeras, ante la falta de oferta idónea, han empezado a invertir en sus propios laboratorios internos, pero estos no alcanzan a cubrir la gama completa de pruebas.. Empresas grandes de sectores como Azúcar y Pesca Industrial, requieren mejorar el nivel de sus programas de mantenimiento. Empresas industriales de menor tamaño y casi todas las compañías de transporte terrestre no incorporan prácticas modernas de mantenimiento.

El dimensionamiento del laboratorio se ha hecho para cubrir la demanda actual y proyectada, alcanzando un régimen de producción de 3000 muestras mensuales.

## 10. Referencias

- [1] Lubtechnology [www.lubtechnology.com]
- [2] Lubewatch, “Reliability-based Lubrication Practices for Increased Productivity and Optimal Equipment Performance” Technical Report CVLWBR\_02-12, Chevron lubricants, 2010 - 2012.
- [3] NTE INEN 2 247, “Accesibilidad de las personas al medio físico. edificios. corredores y pasillos”, 2000
- [4] Cleapess School Scienc Service Curless, “Designing and Planning Laboratories”, Cleapss, May 2009.
- [5] Din 5053, “Power Industry” Deutsches Institut für Normung1982-08.
- [6] Comité Europeo de Normalización. “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”. ISO 17025:1999