

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL EN BASE A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN PROVENIENTES DE MAQUINAS Y EQUIPOS DE USO INDUSTRIAL UTILIZANDO EL ANALIZADOR DE GASES TESTO 335 DEL LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DE LA ESPE.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

DUQUE ABALCO VIVIANA MARGARITA

JIMÉNEZ CAJAS ISMAEL ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. RAFAEL ESPINOZA

CODIRECTOR: ING. OSWALDO MARIÑO

Sangolquí, 2012-08

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**ANÁLISIS DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL EN BASE A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN PROVENIENTES DE MAQUINAS Y EQUIPOS DE USO INDUSTRIAL UTILIZANDO EL ANALIZADOR DE GASES TESTO 335 DEL LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DE LA ESPE**” fue realizado en su totalidad por los Señores Duque Abalco Viviana Margarita y Jiménez Cajas Ismael Alejandro, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingenieros Mecánicos.

Ing. Rafael Espinoza

Ing. Oswaldo Mariño

Sangolquí, 2012-08-31

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“ANÁLISIS DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL EN BASE
A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS GASES DE
COMBUSTIÓN PROVENIENTES DE MAQUINAS Y EQUIPOS
DE USO INDUSTRIAL UTILIZANDO EL ANALIZADOR DE
GASES TESTO 335 DEL LABORATORIO DE CONVERSIÓN
DE ENERGÍA DE LA ESPE”**

ELABORADO POR:

Viviana Duque Abalco

Ismael Jiménez Cajas

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Xavier Sánchez

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Sangolquí, 2012 - 09

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico con mucho afecto y reconocimiento a:

José, Carmen, Santiago, José Luis, Nancy, Fernando.

Viviana

Este trabajo se lo dedico a Dios que es mi guía en el trayecto de mi vida;

A toda mi familia en especial a mi madre que siempre está ahí aportando con su granito de arena y siempre está pendiente de las cosas que hago.

A mis hermanos por ser mis mejores amigos.

Ismael

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres por su permanente apoyo y preocupación de verme realizada;

A mi familia, +KΘ's y amigos por su constante estímulo moral a lo largo de toda mi carrera estudiantil y,

A los Ingenieros Ernesto Soria y Rafael Espinosa por sus orientaciones y sus sabias enseñanzas que siempre las tendré presente.

Viviana

Agradezco a Dios por toda la fortaleza, la salud y bendiciones que me ha dado durante el transcurso de mi vida estudiantil.

A mis padres por el apoyo incondicional que siempre me brindan en especial para el cumplimiento de este proyecto

A los Ingenieros Rafael Espinosa y Oswaldo Mariño por asesorarnos en el presente trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. Ernesto Soria, que en paz descanse, quien fue mentor, profesor, amigo y quien me apoyó no sólo con conocimientos específicos sino también con la motivación y ejemplo necesarios para culminar esta meta.

Ismael

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vi |
| RESUMEN | xiv |
| CAPITULO 1 | 1 |
| 1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3 OBJETIVOS | 2 |
| 1.4 ALCANCE | 3 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 3 |
| CAPITULO 2 | 4 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1 IMPACTO AMBIENTAL | 4 |
| 2.2 METODOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL | 7 |
| 2.3 COMBUSTIÓN | 14 |
| 2.4 AUDITORÍA ENERGÉTICA | 28 |
| 2.5 ANALIZADORES DE GASES DE TIPO INDUSTRIAL | 32 |
| CAPITULO 3 | 41 |
| 3. INFORMACIÓN TÉCNICA | 41 |
| 3.1 MANUAL DEL EQUIPO TESTO 335 | 41 |

| | | |
|------------|---|----|
| A. | MEASUREMENTS (MEDICIONES) | 45 |
| B. | MEMORY (MEMORIA)..... | 48 |
| C. | ANALYZER SET-UP (CONFIGURACIÓN DEL ANALIZADOR).. | 51 |
| D. | SENSOR SETTINGS (CONFIGURACIÓN DEL SENSOR)..... | 54 |
| E. | FUELS (COMBUSTIBLES)..... | 54 |
| F. | SELF DIAGNOSTICS (AUTO DIAGNÓSTICO)..... | 55 |
| 3.2 | PATRÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO TESTO 335 | 57 |
| 3.3 | PROCESO DE UTILIZACIÓN Y GUÍA DEL ENSAYO | 57 |
| CAPITULO 4 | | 62 |
| 4. | PROTOCOLO DE PRUEBAS | 62 |
| 4.1 | EJECUCIÓN DE PRUEBAS EN EL CALDERO DEL LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DE LA ESPE..... | 62 |
| 4.2 | PRUEBAS EN EMPRESAS DE LA LOCALIDAD | 68 |
| 4.3 | REGISTRO Y ELABORACIÓN DEL HISTÓRICO DE RESULTADOS | 77 |
| CAPÍTULO 5 | | 87 |
| 5. | ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 87 |
| 5.1 | APLICACIÓN DE NORMAS DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL | 87 |
| 5.2 | CUADRO COMPARATIVO DE LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES EMITIDAS POR LAS EMPRESAS SUJETAS A ENSAYO | 89 |
| 5.3 | ACCIONES E IMPLEMENTACIONES PARA MEJORAS EN EL USO Y MANEJO DE LA ENERGÍA PARA LOGRAR UN CONTROL DEL AMBIENTE LIMPIO..... | 91 |

| | | |
|-----------------|--------------------------------------|----|
| 5.4 | MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 92 |
| CAPITULO 6..... | | 98 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 98 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 98 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES | 99 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2. 1 Relación entre el producto nacional bruto, el consumo comercial de energía y la emisión anual de dióxido de carbono | 5 |
| Tabla 2. 2 Tipos de Impactos Genéricos con sus causas y receptores | 6 |
| Tabla 2. 3 Matriz de Leopold | 10 |
| Tabla 2. 4 Actividades Impactantes | 11 |
| Tabla 2. 5 Magnitudes de Afectación | 12 |
| Tabla 2. 6 Factores a ser considerados en la matriz | 13 |
| Tabla 2. 7 Clasificación de los combustibles | 16 |
| Tabla 2. 8 Composición del aire seco | 17 |
| Tabla 2. 9 Valores de típicos de exceso de Aire | 20 |
| Tabla 2. 10 Balance energético en un proceso industrial | 23 |
| Tabla 2. 11 Consecuencias en la salud humana por inhalación de CO | 25 |
| Tabla 2. 12 Efectos del SO ₂ sobre la salud humana | 26 |
| Tabla 2. 13 Gases que contribuyen al efecto invernadero | 27 |
| Tabla 2. 14 Tipos de sensores y sus principios de medición | 33 |
| Tabla 2. 15 Áreas y objetivos de aplicación del análisis de gases | 36 |
| Tabla 2. 16 Comparación de límites máximos permitidos de la norma ecuatoriana con guías de la OMS | 39 |
| | |
| Tabla 3. 1 Modelo de Cuadro Informativo | 58 |
| Tabla 3. 2 Modelo de Tabla de Resultados | 61 |
| | |
| Tabla 4. 1 Cuadro Informativo ESPE | 65 |
| Tabla 4. 2 Tabla de resultados ESPE | 68 |
| Tabla 4. 3 Cuadro Informativo ADELCA | 73 |
| Tabla 4. 4 Cuadro Informativo UNIVERSIDAD CENTRAL | 74 |
| Tabla 4. 5 Cuadro Informativo ANDEC | 75 |
| Tabla 4. 6 Cuadro Informativo ANDEC | 76 |
| Tabla 4. 7 Tabla de resultados ADELCA | 79 |
| Tabla 4. 8 Tabla de resultados UCE | 81 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4. 9 Tabla de resultados ANDEC | 84 |
| Tabla 4. 10 Tabla de resultados AIMS | 86 |
| | |
| Tabla 5. 1 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión | 87 |
| Tabla 5. 2 Conversión (ppm) - (mg/m ³) ESPE..... | 87 |
| Tabla 5. 3 Conversión (ppm) – (mg/m ³) ADELCA..... | 88 |
| Tabla 5. 4 Conversión (ppm) – (mg/m ³) UCE..... | 88 |
| Tabla 5. 5 Conversión (ppm) – (mg/m ³) ANDEC..... | 88 |
| Tabla 5. 6 Conversión (ppm) – (mg/m ³) AEIMS | 89 |
| Tabla 5. 7 Cuadro comparativo de Instituciones sujetas al ensayo en base a su contenido de NO _x | 90 |
| Tabla 5. 8 Cuadro comparativo de Instituciones sujetas al ensayo en base a su contenido de SO ₂ | 90 |
| Tabla 5. 9 Asignación de valores de Magnitud | 92 |
| Tabla 5. 10 Asignación de combinaciones para calificar la Magnitud de los resultados de ADELCA | 93 |
| Tabla 5. 11 Asignación de combinaciones para calificar la Magnitud de los resultados de ANDEC | 94 |
| Tabla 5. 12 Matriz de impacto ambiental de las mediciones de ADELCA | 95 |
| Tabla 5. 13 Matriz de impacto ambiental de las mediciones de ANDEC | 96 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1 Contenido de cada cuadrícula | 11 |
| Figura 2. 2 Triángulo de la Combustión | 14 |
| Figura 2. 3 Modelo de Combustión Ideal | 18 |
| Figura 2. 4 Combustión Completa | 18 |
| Figura 2. 5 Diagrama de combustión | 22 |
| Figura 2. 6 Fases de una auditoría energética | 30 |
| Figura 2. 7 Niveles de alcance de una Auditoría Energética | 31 |
| Figura 2. 8 Esquema de un sensor de oxígeno | 34 |
| Figura 2. 9 Esquema simplificado de una línea de gas en un analizador moderno..... | 35 |
| | |
| Figura 3. 1 Partes del analizador de gases testo 335..... | 41 |
| Figura 3. 2 Conexiones..... | 42 |
| Figura 3. 3 Interfaces | 43 |
| Figura 3. 4 Componentes | 43 |
| Figura 3. 5 Encabezado de pantalla | 44 |
| Figura 3. 6 Main menu | 45 |
| Figura 3. 7 Measurements | 45 |
| Figura 3. 8 Program | 46 |
| Figura 3. 9 Display Gas Flow Rate | 47 |
| Figura 3. 10 Display Oil Flow Rate..... | 47 |
| Figura 3. 11 Menú Memory | 48 |
| Figura 3. 12 Submenú New folder | 49 |
| Figura 3. 13 Site Number..... | 49 |
| Figura 3. 14 Carpeta guardada..... | 50 |
| Figura 3. 15 Menú Analyzer Set-Up..... | 52 |
| Figura 3. 16 Setup func keys | 53 |
| Figura 3. 17 Menú Sensor settings | 54 |
| Figura 3. 18 Menú Fuels | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 3. 19 Menú Self Diagnostics | 55 |
| Figura 3. 20 Alineación de la termocupla | 55 |
| Figura 3. 21 Correcta posición de la sonda | 56 |
| | |
| Figura 4. 1 Caldero del laboratorio de Termodinámica del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la ESPE..... | 62 |
| Figura 4. 2 Punto de medición 1 | 63 |
| Figura 4. 3 Tuberías de escape | 63 |
| Figura 4. 4 Punto de medición 2 | 64 |
| Figura 4. 5 Chimeneas de hornos de ADELCA | 70 |
| Figura 4. 6 Chimeneas ANDEC | 71 |
| Figura 4. 7 Incinerador del Aeropuerto Mariscal Sucre..... | 72 |

ANEXOS

- ANEXO 1** Normas de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, Libro VI Anexo 3 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambien
- ANEXO 2** Formulas y Ecuaciones utilizadas
- ANEXO 3** Certificado de calibración del analizador de gases testo 335
- ANEXO 4** Mediciones realizadas en el caldero de la ESPE
- ANEXO 5** Hoja de Excel para calculos

RESUMEN

El presente proyecto trata sobre el análisis de impacto y control ambiental con la utilización del analizador de gases TESTO 335 que adquirió el Laboratorio de Conversión de Energía de la Escuela Politécnica del Ejército.

Se elaboró una guía de procedimientos y un manual de usuario que describe todas las funciones necesarias para el funcionamiento y configuración.

Una vez familiarizados con el manejo total del equipo se elaboró un protocolo de pruebas que reúne todos los parámetros esenciales para una toma de datos que garantice la seguridad del operario y la veracidad de los resultados. Este protocolo se basa en documentos, normativas y experiencia de profesionales que trabajan en el ámbito de la eficiencia energética.

Las primeras pruebas se las realizó en el caldero del Laboratorio de Termodinámica del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Ejército, en donde se efectuaron mediciones durante 3 días en distintos puntos del conducto de salida de gases y variando el modo de operación. Después del análisis se concluyó que el caldero se encontraba en óptimas condiciones de funcionamiento.

Se realizaron las mediciones en la chimenea del caldero de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador en las empresas ADELCA S.A., ANDEC y en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre

Puesto que el analizador de gases sólo reporta información de O_2 , CO y CO_2 se seleccionaron las ecuaciones químicas y termodinámicas para la determinación de los valores de NO_x y SO_2 , necesarios para la comparación con las tablas descritas en el LIBRO VI ANEXO 3 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Edición Especial N° 2, 31/3/2003).

Se elaboró un cuadro comparativo para evaluar que equipos no cumplen con la norma ambiental del Ecuador y como resultado se apreció que el caldero de la Universidad Central tuvo un excedente del 33% de NO_x por encima del

límite permitido. Del análisis de gases de los otros equipos descritos se concluyó que están dentro del intervalo permitido.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La evaluación del impacto ambiental comienza a finales de los años 60 en EE.UU. y luego se estableció en otros países desarrollados con carácter de obligatorio. La evaluación introduce las primeras formas de control de las interacciones humanas con el ambiente.

El impacto ambiental es el principal instrumento preventivo para la gestión del ambiente con el cual se realizan estudios técnicos que conforman un campo de conocimiento al que ninguna actividad puede ser ajena, es por ello que su aplicación requiere mucha disciplina.

Hoy en día, la sociedad y el mundo industrializado mantienen un gran interés en temas relacionados con el ambiente y el control adecuado para evitar una acelerada degradación del planeta. (Paez, 2008)

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El rápido avance tecnológico trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles. La demanda sin precedentes debido al rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico, someten al ambiente a una acelerada reducción de su capacidad para sustentar la vida. (Paez, 2008)

En los años 90 muchos países empiezan a implementar normas propias para alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada. En el caso de Ecuador la norma que rige es el TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria). Las normas proveen métodos, procedimientos y valores máximos de contaminación para cada componente del ambiente natural: aire, agua, suelo.

Para cuantificar el nivel de contaminación que afecta exclusivamente a la calidad del aire existen varios métodos y uno de ellos es la medición con un analizador de gases portátil con celdas electroquímicas.

El Laboratorio de Conversión de Energía de la ESPE ha adquirido un analizador de gases TESTO 335, el cual permite tomar registros de la composición química de los gases de combustión emanados por diferentes máquinas y equipos de uso industrial como por ejemplo: calderos, hornos de combustión. Los registros posteriormente son evaluados para compararlos con la respectiva norma ambiental.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Determinar y cuantificar la concentración química de O₂, NO_x, CO₂, CO y SO₂ producidos por la combustión en equipos industriales para la generación de energía con el uso del analizador de gases testo 335, para luego analizar los resultados y evaluar el grado de contaminación que dichos gases pueden ocasionar al ambiente.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Adiestramiento en el uso y manejo del equipo testo 335.
- Realizar pruebas de ensayo en el caldero de la planta de vapor de laboratorio de termodinámica del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Ejército
- Utilizar el analizador de gases testo 335 en empresas que producen energía térmica a través de procesos de combustión en hornos y calderos.
- Ejecutar el protocolo de pruebas de medición de los gases de combustión.
- Elaborar un cuadro comparativo de impacto ambiental que ocasionan dichas empresas.

1.4 ALCANCE

Desarrollar un análisis de Impacto y Control Ambiental a través del diagnóstico de la composición química de los gases emanados en máquinas y equipos de uso industrial, a fin de recomendar acciones de control ambiental lo cual llevará a las empresas a hacer un uso adecuado y eficiente de la energía como así lo demanda el Plan Nacional del Buen Vivir planteado por el Gobierno Nacional.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Actualmente una de las necesidades imperiosas de las empresas que tienen procesos que manejan energía térmica es la mantención y optimización de sus equipos involucrados en estos procesos como: calderas, hornos de combustión, quemadores en general. Para lograr un funcionamiento óptimo, con los mínimos costos de uso y consumo de energía son necesarias las Auditorías Energéticas las cuales diagnostican el estado actual de los equipos y procesos energéticos para dar soluciones basadas en datos medibles y reales.

El analizador de gases permite realizar este tipo de diagnósticos y posterior solución a problemas de malos usos o consumos excesivos de energía. Con este analizador de gases es posible prestar servicios a todo tipo de empresa que utilicen energía térmica como fuente motriz y que deseen operar bajo las normas ambientales vigentes. El análisis de gases con este equipo oscila entre los 200 USD por ensayo.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPACTO AMBIENTAL

2.1.1 INTRODUCCIÓN

Los gases de efecto invernadero son los causantes del calentamiento global cuyo impacto ambiental en el Ecuador lo hace altamente vulnerable en cuestiones de cambio climático.

La producción de estos gases, en el Ecuador particularmente, se genera en las ciudades medianas y grandes debido al incremento del parque vehicular y sus emisiones, sin dejar de lado a las industrias: plantas cementeras, centrales de generación térmica, industrias del acero, que producen contaminantes por medio de sus fuentes fijas que son los hornos y calderos.

Dándole la importancia que merece este serio problema, varios países han adoptado normativas para la regulación de la contaminación y en Ecuador el Ministerio del Ambiente es el ente regulador, que a través del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) Libro VI Anexo 3 hace referencia a la calidad del aire y controla las emisiones de fuentes fijas. (Paez, 2008)

2.1.2 CONCEPTO

Se denomina impacto ambiental a las consecuencias provocadas por cualquier acción que modifique las condiciones de subsistencia o de sustentabilidad de un ecosistema, parte de él o de los individuos que lo componen. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

Las acciones son producidas generalmente porque el hombre en su búsqueda de alcanzar ciertos fines tales como los avances tecnológicos, guerras, crecimiento demográfico, dejan consecuencias secundarias mayormente negativas dentro del medio natural o social.

El desarrollo tecnológico es desigual en el planeta y puede establecerse que en la mayoría de los casos existe una relación directa entre la riqueza de un país, su consumo de energía y su contribución al problema de la contaminación (Paez, 2008).

Tabla 2. 1 Relación entre el producto nacional bruto, el consumo comercial de energía y la emisión anual de dióxido de carbono

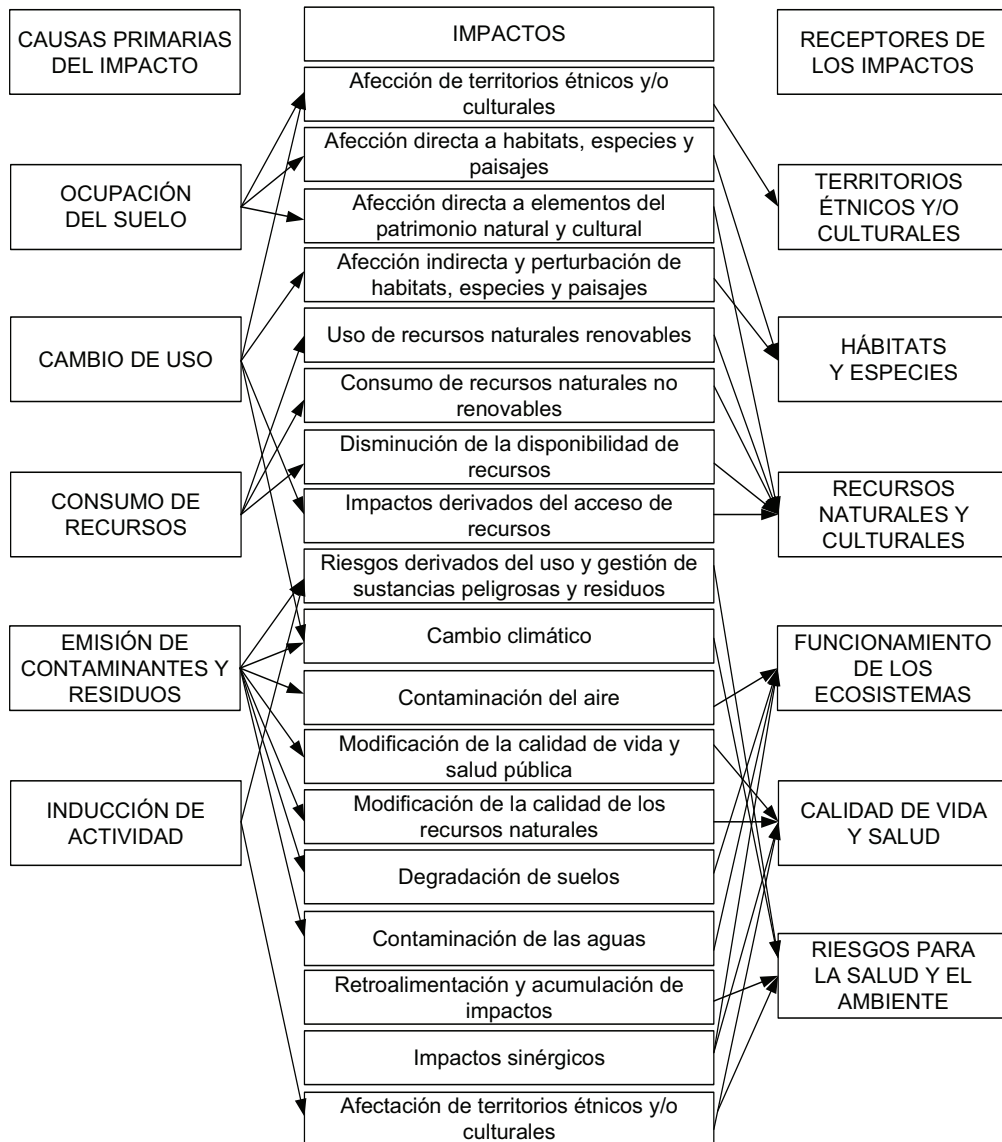
| PAÍS | INGRESO NACIONAL BRUTO / CÁPITA (USD) | USO ANUAL DE ENERGÍA / CÁPITA (KG EQ. EN PETRÓLEO) | EMISIÓN ANUAL DE CO₂/ CÁPITA (TON) |
|-------------------------|--|---|--|
| Haití | 450 | 270 | 0.2 |
| India | 730 | 520 | 1.2 |
| Bolivia | 1010 | 504 | 1.2 |
| Paraguay | 1040 | 679 | 0.7 |
| China | 1740 | 1094 | 2.7 |
| Colombia | 2290 | 642 | 1.3 |
| Ecuador | 2620 | 708 | 2.0 |
| Perú | 2650 | 442 | 1.0 |
| Brasil | 3550 | 1065 | 1.8 |
| Uruguay | 4360 | 738 | 1.2 |
| Rusia | 4460 | 4424 | 9.9 |
| Argentina | 4470 | 1575 | 3.5 |
| Venezuela | 4820 | 2112 | 4.3 |
| Chile | 5870 | 1647 | 3.6 |
| Promedio mundial | 7011 | 1734 | 8.9 |
| México | 7310 | 1564 | 3.8 |
| España | 25250 | 3240 | 7.4 |
| Francia | 34600 | 4519 | 6.2 |
| Japón | 38950 | 4053 | 9.4 |
| Estados Unidos | 43560 | 7843 | 20.2 |
| Suiza | 55320 | 3689 | 5.6 |

Fuente: Gestión de la Calidad del Aire

2.1.3 TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Se recomienda la utilización de la estructura presentada en la Tabla 2. 2 como apoyo para la tipificación de impactos genéricos con sus causas y receptoras.

Tabla 2. 2 Tipos de Impactos Genéricos con sus causas y receptores



Fuente: Gestión de la Calidad del Aire

Los impactos ambientales principalmente se originan por:

- El aprovechamiento de recursos naturales.- ya sean renovables como la pesca, agricultura, etc. o no renovables como la extracción del petróleo o del carbón.
- La contaminación.- ya que todos los proyectos producen algún residuo que son expulsados al ambiente.
- La ocupación del territorio.- pues se modifica las condiciones naturales por acciones como el desmonte, compactación del suelo.
(Paez, 2008)

2.2 METODOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

2.2.1 IMPORTANCIA

Estas metodologías dan el soporte y la ayuda para identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales de los proyectos a realizarse, se debe tomar en cuenta que no existe una metodología única pero se puede disponer de metodologías aplicables a la diversidad de actividades a evaluarse. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

Se toma en cuenta una clasificación general para agruparlas en las siguientes categorías:

Métodos de identificación de impactos

- Listas de chequeo de efectos
- Flujo gramas y redes causales

Métodos de valoración de impactos

- Sistema Batelle
- Matriz de Leopold

2.2.2 MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Listas de control

Es el método más simple y consiste en comprobar los impactos que tienen mayor probabilidad de producirse mediante listas preestablecidas. Se debe tener en cuenta que cada estudio es un caso concreto y que se pueden producir impactos que no constaran en estas listas.

La ventaja de esta metodología de estudio es la que se analiza de una forma sistemática el conjunto de impactos que se pueden producir con sus respectivos efectos, logrando una rapidez en la identificación de acciones que pueden afectar al ambiente, determinación de factores ambientales a ser evaluados y los posibles impactos ambientales que se tendrían. La desventaja es que son demasiado generales e incompletas, no ilustran las interacciones entre las acciones y los factores, existirán parámetros que no serán tomados en cuenta por ser listas predefinidas. (De la Maza, Estados, & Hernandez, 2007)

Diagramas de redes

Integran las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de interrelaciones que existen entre las acciones y los factores ambientales que reciben el impacto. Ayudan a presentar la información acerca de un impacto ambiental. La desventaja es la insuficiente información y alternativas para evaluar los impactos, además su representación grafica puede volverse compleja. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

2.2.3 MÉTODOS DE VALORACIÓN DE IMPACTOS

Sistema Batelle

Esta metodología de evaluación se basa en la consideración de indicadores de impacto. Los indicadores de impacto son medidas que se otorgan tomando en cuenta la importancia del factor ambiental que depende de la forma en que se afecta la calidad ambiental y la salud de las personas. Los parámetros analizados deben ser identificables y medibles, y responder a

las necesidades de predicción, interpretación y evaluación del proyecto. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

Matrices

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto. Su utilidad principal es proveer información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación.

2.2.4 MATRIZ DE LEOPOLD

El método de Leopold es el más utilizado y se basa en una matriz en la cual las columnas contienen las acciones del hombre que pueden alterar el ambiente y las filas son características del medio (o factores ambientales), los posibles aspectos e impactos ordenados según la categoría (ambiente físico-biológico, socioeconómico) que pueden ser alterados. Con las entradas en filas y columnas se definen las relaciones existentes.

Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar una acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Por otro lado es necesario recordar que no todas las acciones se aplican en todos los proyectos, y que no todos los factores ambientales afectables potencialmente son realmente susceptibles de ser modificados, al punto de permitir que la información que dé esta matriz sea manejable. Uno de los aspectos más atractivos de la matriz de Leopold es que el número de acciones puede aumentarse o disminuir del total.

La Tabla 2. 3 muestra un ejemplo. (Coronel & Graefling, 2002)

Tabla 2. 3 Matriz de Leopold

| TITULO | | ACCIONES Y/O ACTIVIDADES IMPACTANTES | | | | | | | | | | SUMA DE INTERACCIONES |
|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------|
| | | A 1 | A 2 | A 3 | A 4 | A 5 | A 6 | A 7 | A 8 | A 9 | A 10 | |
| MEDIO | ASPECTO AMBIENTAL | | | | | | | | | | | |
| FISICO BIOLOGICO | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| SOCIO ECONOMICO | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| SUMA DE INTERACCIONES | | | | | | | | | | | | |

Fuente Ciencia e Ingeniería Neogranadina

Un primer paso para la utilización de Matriz de Leopold consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual primero se consideran todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proyecto en cuestión. La Tabla 2. 4 describe las actividades más importantes para ser consideradas en la operación de un horno o caldera que utiliza combustibles fósiles. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

Tabla 2. 4 Actividades Impactantes

| ACTIVIDAD | |
|-----------|--|
| Operación | <ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos de energía - Manejo y disposición de residuos - Mantenimiento - Mano de obra - Emisiones a la atmosfera |

A continuación se requiere considerar todos aquellos factores ambientales de importancia (filas), trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez hecho esto para todas las acciones, se tendrán marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta. Después que se han marcado las cuadrículas que representen impactos posibles, se procede a una evaluación individual de los más importantes; así cada cuadrícula admite dos valores como se indica en la Figura 2. 1 (De la Maza, Estados, & Hernandez, 2007).

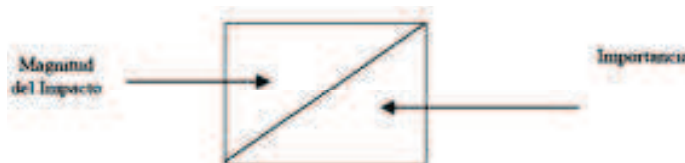


Figura 2. 1 Contenido de cada cuadrícula

Fuente Biodiversidad Manejo y Conservación de Recursos Forestales

2.2.4.1 Magnitud

Es la asignación de un valor numérico cualitativo de una interacción la cual se basa en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto. Para dicha valoración se toma en cuenta parámetros tales como:

1. **Carácter del impacto o Naturaleza.** Los impactos pueden ser beneficiosos o perjudiciales. Los primeros son caracterizados por el signo positivo, los segundos se los expresan como negativos.

2. **Persistencia.** Se refiere al tiempo que el efecto durará hasta que se retorne a la situación inicial en forma natural o a través de medidas correctoras. Un efecto considerado permanente puede ser reversible cuando finaliza la acción que causa este impacto o irreversible cuando por ejemplo se alteran las formas geográficas (suelo, paisaje).
3. **Magnitud/Intensidad.** Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto.
4. **Certidumbre del impacto** Se refiere a su probabilidad de ocurrencia y se estima mediante “juicio de expertos”.
5. **Reversibilidad.** La persistencia y la reversibilidad son independientes. Este atributo está referido a la posibilidad de recuperación del componente del medio o factor afectado por una determinada acción. Se considera únicamente aquella recuperación realizada en forma natural después de que la acción ha finalizado. Cuando un efecto es reversible, después de transcurrido el tiempo de permanencia, el factor retornará a la condición inicial. La Tabla 2. 5 indica un desglose de las magnitudes de afectación. (Conesa Fdez-Vitora, 2010)

Tabla 2. 5 Magnitudes de Afectación

| CARÁCTER | PERSISTENCIA | INTENSIDAD | CERTIDUMBRE | REVERSIBILIDAD |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Positivo = + Negativo = - | Temporal = T Permanente = P | Bajo = B Medio = M Alto = A | Cierto = C Probable = PR | Reversible = R Irreversible = I |

Fuente: Los Impactos Ambientales y su Evaluación

2.2.4.2 Importancia

Evidencia el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones. Está relacionada con las consecuencias probables del impacto previsto, la asignación de valor numérico de la importancia se basa en el juicio subjetivo de la persona, o del equipo que trabaja en el estudio, práctica que se denomina el método DELPHI¹: A continuación la Tabla 2. 6 cita los factores

¹ El método Delphi es una metodología de investigación multidisciplinar para la realización de pronósticos y predicciones.

que se van a tomar en cuenta en la matriz de Leopold. (Coronel & Graefling, 2002)

Tabla 2. 6 Factores a ser considerados en la matriz

| |
|-----------------------------|
| FACTORES AMBIENTALES |
| BIÓTICOS |
| Flora |
| Diversidad |
| Especies en peligro |
| Variedad |
| Fauna |
| Diversidad |
| Especies en peligro |
| Variedad |
| Aire |
| CO ₂ |
| NO _x |
| SO _x |
| SOCIO-ECONÓMICOS |
| Económicos |
| Pob. Urbana Trabajadora |
| Sociales |
| Salud |
| Culturales |
| Paisaje |

Fuente: Evaluación de Impactos Ambientales

La forma de como cada acción propuesta afecta a los parámetros ambientales analizados, se visualiza a través de los promedios positivos y promedios negativos para cada columna, los mismos que están representados por la suma cuadrículas marcadas con el signo positivo y negativo respectivamente. (De la Maza, Estados, & Hernandez, 2007)

2.2.5 PROCEDIMIENTO

En síntesis para elaborar la Matriz de Evaluación de Impactos Causa - Efecto (Leopold), se aplican los siguientes procedimientos:

- 1) Determinar el área a evaluar.
- 2) Determinar las acciones que ejercerá el proyecto sobre el área.
- 3) Determinar para cada acción, que elementos se afectan. Esto se logra mediante el rayado correspondiente a la cuadrícula de interacción.
- 4) Determinar la importancia de cada elemento en una escala de 1 a 10.
- 5) Determinar la magnitud de cada acción sobre cada elemento de en una escala de 1 a 10.
- 6) Determinar si la magnitud, es positiva o negativa.
- 7) Determinar cuantas acciones del proyecto afectan al ambiente, desglosándolas en positivo o negativas. (Coronel & Graefling, 2002)

2.3 COMBUSTIÓN

2.3.1 CONCEPTO

Es la reacción de oxidación entre el combustible y el comburente que incluye emisión de energía lo cual genera un desprendimiento de calor y luz.

Dentro de una cámara de combustión, a una temperatura elevada se produce este proceso en donde también se suministra el oxígeno necesario requerido para el proceso y depende del tipo de combustible se producirán residuos. La Figura 2. 2 representa el triángulo de la combustión. (Andrés & Barrio, 2011)

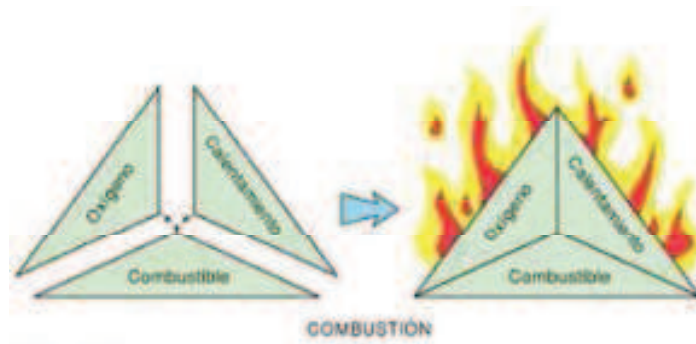
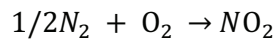
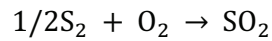
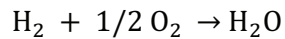
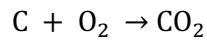


Figura 2. 2 Triángulo de la Combustión

Fuente: Física y Química 3º ESO

Principales reacciones químicas:



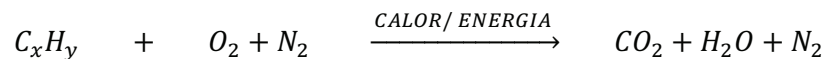
2.3.2 PRINCIPIO DE LA COMBUSTIÓN

Es la reacción química entre el combustible y el oxígeno la misma que produce una gran cantidad de luz y calor.



Durante este proceso se producen transformaciones y reacciones químicas que dependen de la composición del combustible y las condiciones en que se realice la combustión. Cuando se quema un hidrocarburo se tiene un modelo de ecuación química como el que se detalla a continuación:

COMBUSTIBLE **AIRE** **GASES** **DE**
COMBUSTIÓN



Elementos que intervienen en la combustión:

- Carbono
- Hidrógeno
- Oxígeno
- Nitrógeno

Los productos de una reacción de combustión son: CO₂, H₂O, NO_x y óxidos de cualquier otro elemento. (Andrés & Barrio, 2011)

2.3.3 COMBUSTIBLES

Combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.

En la Tabla 2. 7 se detalla su respectiva clasificación:

Tabla 2. 7 Clasificación de los combustibles

| | | | |
|-----------------|---|------------------------------|-----------|
| SÓLIDOS | NATURALES | Maderas y residuos vegetales | |
| | | Carbón | Turbas |
| | | | Lignitos |
| | | | Hullas |
| | | | Antracita |
| | ARTIFICIALES | Coques (Carbón y Petróleo) | |
| | | Aglomerados y briquetas | |
| Carbón vegetal | | | |
| LÍQUIDOS | ALCOHOLES | Naturales (fermentación) | |
| | | Artificiales | |
| | RESIDUALES | Lejías negras | |
| | DERIVADOS DEL PETRÓLEO | Gasóleos | |
| | | Fuelóleos | |
| GASEOSOS | RESIDUALES | Fuel – Gas | |
| | GAS NATURAL | Diferentes familias | |
| | GASES LICUADOS DE PETRÓLEO (GLP) | Propanos y butanos | |
| | ARTIFICIALES O ELABORADOS | Gas de alto horno | |
| | | Gas de coque | |
| | | Gas pobre | |
| | | Gas de agua | |
| Gas ciudad | | | |
| BIOGAS | | | |

Fuente: Energía.inf.cu

Tipos de combustible:

- Domésticos: Gas, Madera, Carbón vegetal
- Industriales: Carbón mineral, Gasoil, Petróleo, Gasolina

2.3.4 VALOR DEL AIRE DE COMBUSTIÓN

En algunos procesos se utiliza oxígeno puro o una mezcla de aire/oxígeno para la combustión. En la Tabla 2. 8 se detalla la composición volumétrica y en masa del aire seco:

Tabla 2. 8 Composición del aire seco

| COMPONENTE | FRACCIÓN MASA | FRACCIÓN VOLUMÉTRICA |
|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| Oxígeno | 0.23188 | 0.2099 |
| Nitrógeno | 0.75468 | 0.7803 |
| Argón | 0.01296 | 0.0094 |
| CO ₂ | 0.00046 | 0.0003 |
| Hidrógeno | 0.0001 | 0.0001 |
| Gases raros | 0.00001 | - |
| TOTAL | 1 | 1 |

Fuente: lmt-fi.blogspot.com

El oxígeno necesario para un proceso de combustión se suministra como parte del aire de combustión que consta de nitrógeno, oxígeno, mínimas cantidades de dióxido de carbono y otros gases (H₂, Ne, Ar, He). (Andrés & Barrio, 2011)

2.3.5 TIPOS DE COMBUSTIÓN

2.3.5.1 Combustión Ideal

También llamada combustión estequiométrica, en donde las sustancias combustibles reaccionan hasta el máximo grado posible de oxidación por lo

tanto no habrá sustancias combustibles en los productos o humos de la reacción. (Fernandez, 2006)

El proceso de combustión ideal que se esquematiza en la Figura 2. 3 indica que cuando se suministra oxígeno a la combustión, ésta es suficiente para quemar los combustibles. Ni combustibles ni oxígenos se liberan.



Figura 2. 3 Modelo de Combustión Ideal

Fuente: Testo, Tecnología de Medición en Calderas

La cantidad de aire necesaria para la combustión se la denomina Cantidad Teórica de Aire (λ) y que se la determina mediante el cálculo estequiométrico.

Esta combustión constituye el caso Límite Ideal irrealizable en la práctica, la misma que se toma como base de referencia. (testo, 2006)

2.3.5.2 Combustión Completa

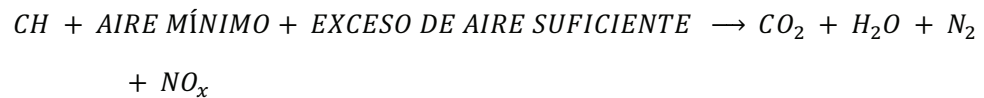
El aire en este tipo de combustión debe ser superior a la teórica o estequiométrica, la presencia de oxígeno en los gases de combustión es normal por lo tanto se utiliza un exceso de aire para hacer reaccionar en su totalidad el combustible que está disponible en el proceso. La Figura 2. 4 muestra el modelo de combustión con (λ) > 1. (Fernandez, 2006)



Figura 2. 4 Combustión Completa

Fuente: testo, Tecnología de Medición en Calderas

Los productos de una combustión completa está dada por:



Dónde:

$CO_2 + H_2O + N_2$ (combustión perfecta)

NO_x (debido al exceso de aire)

Aparece O_2 libre

La cantidad de vapor de agua aumenta en proporción a la cantidad de aire de combustión.

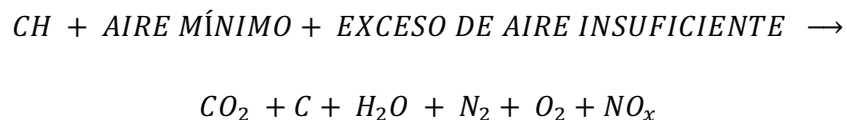
El exceso de aire al emplear debe ser el mínimo necesario de tal manera que la combustión sea completa y que las pérdidas térmicas por chimenea sean las mínimas posibles. (Fernandez, 2006)

2.3.5.3 Combustión Incompleta

En este tipo de combustión no se ha alcanzado el grado máximo de oxidación por lo tanto existe presencia de sustancias combustibles o llamados también inquemados. Por lo general estas sustancias son el carbono (hollín), CO , H_2 (Fernandez, 2006).

La combustión incompleta se produce cuando se aporta aire en cantidad insuficiente.

Esta combustión está dada por:



Dónde:

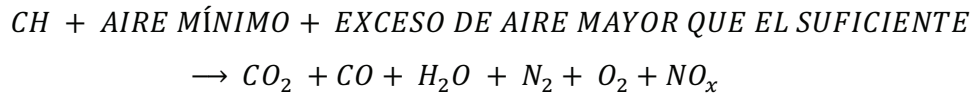
El % de CO_2 disminuye

En esta reacción se observa que aparecen inquemados gaseosos (CO)

2.3.5.4 Combustión Imperfecta

Es la combustión en la cual existe exceso de aire mayor que el suficiente.

Esta combustión está dada por:



Este tipo de combustión se da generalmente en la práctica y es consecuencia de las imperfecciones cualitativas del quemador y del sistema operativo de la instalación. (Fernandez, 2006)

2.3.6 IMPORTANCIA DEL EXCESO DE AIRE

En un proceso de combustión el exceso de aire es importante puesto que:

- A elevados volúmenes se reducen las temperaturas de combustión y de esta manera se aumenta la pérdida de energía con la consecuente pérdida del calor útil;
- Un pequeño exceso de aire sería la causa de que algunos componentes del combustible no se quemen. Esto significa un rendimiento de combustión reducido y un aumento de la contaminación del aire al emitir los componentes inquemados a la atmósfera. (testo, 2006)

La Tabla 2. 9 muestra varios rangos típicos de valores de exceso de aire de tipos específicos de procesos de combustión:

Tabla 2. 9 Valores de típicos de exceso de Aire

| PLANTA DE COMBUSTIÓN | RANGO DE EX. AIRE | EXCESO O ₂ |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Motores de combustión | 0,8-1,2 | 8...20% |
| Quemador de gas | 1,1-1,3 | 10...30% |
| Quemador de petróleo | 1,2-1,5 | 20...50% |
| Quemador de carbón en polvo | 1,1-1,3 | 10...30% |
| Tostador de carbón marrón | 1,3-1,7 | 30...70% |

Fuente: testo, Tecnología de Medición en Calderas

2.3.7 RESULTADOS DE LA COMBUSTIÓN EN CHIMENEAS

Los resultados más comunes de la combustión son humo, llama, calor y gases:

Humo.- Se obtiene de una combustión incompleta en la que sus pequeñas partículas se hacen visibles e impiden el paso de luz.

Si el humo es:

- Blanco o gris significa que arde libremente
- Negro o gris oscuro indica fuego caliente y falta de oxígeno
- Amarillo implica que hay gases que son tóxicos.

Llama.- Gas incandescente. Arderá siempre con llama los combustibles líquidos y gaseosos.

Calor.- Flujo de energía que se dan entre dos cuerpos que tienen diferentes temperaturas.

Gases.- Pueden ser tóxicos y dependen del tipo de combustible que se use.

Entre los gases comunes que se tiene:

CO₂.- Gas incoloro, inodoro que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera terrestre y este gas se produce en todos los procesos de combustión.

H₂O como vapor de agua.- Es el resultado del oxígeno con el hidrógeno que está contenido en el combustible.

N₂.- Gas en condiciones normales y principal constituyente de la atmósfera (79%) y no interviene directamente en el proceso de combustión ya que ingresa a la caldera, se calienta y sale por la chimenea.

O₂.- El oxígeno restante que no se utilizó en el proceso de combustión en el caso de utilizar aire en exceso aparece como componente de los gases de combustión y es una medida para el rendimiento de la combustión y además sirve para determinar las pérdidas por chimenea y el contenido de CO₂.

CO.- Gas inodoro, incoloro, es el producto de la combustión incompleta.

NO_x.- El nitrógeno presente en el combustible y en el aire del ambiente se unen con el oxígeno del aire para así crear el monóxido de nitrógeno y después de cierto tiempo este gas se oxida junto con el oxígeno para formar el dióxido de nitrógeno. El NO y el NO₂ son los llamados óxidos de nitrógeno NO_x.

SO₂.- El dióxido de azufre es un gas incoloro, tóxico y tiene un olor fuerte. Este óxido se forma a partir del azufre del combustible. (testo, 2007)

2.3.8 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCESO DE AIRE

Se determina a partir de las concentraciones de CO, CO₂ y O₂ en los gases de combustión.

Estas relaciones se muestran en la que indica Figura 2. 5. (testo, 2007)



Figura 2. 5 Diagrama de combustión

Fuente: testo, Tecnología de Medición en Calderas

En condiciones ideales de mezcla aire/combustible cada valor de CO₂ está relacionado con un cierto valor de CO (área con ex. aire<1) o un cierto valor de O₂ (área con ex. Aire>1). El valor de CO₂ por sí mismo no es definitivo porque la curva muestra un máximo.

En la práctica, un ligero exceso de aire resulta ideal para el funcionamiento de la planta, pero siempre se suministra más aire a la combustión que el teóricamente necesario, y producto de esto son las combustiones ineficientes que se generan. (testo, 2007)

2.3.9 RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN

Es un valor determinado por la energía de entrada y salida en un proceso de combustión en condiciones de funcionamiento constante. Un rendimiento total es la relación que se da entre la energía total suministrada en la cámara de combustión y la energía disponible en el proceso (testo, 2006). Las fórmulas que el analizador de gases Testo 335 utiliza en su software están incluidas en el ANEXO 2.

Cuando se tiene un funcionamiento constante, la suma de todas las energías que alimentan el proceso es igual a las energías distribuidas en el proceso. Un ejemplo se muestra en la Tabla 2. 10:

Tabla 2. 10 Balance energético en un proceso industrial

| Energías que alimentan un proceso | Energías distribuidas el proceso |
|--|--|
| Poder calorífico neto del combustible y la energía del combustible | Calor sensible y energía química de los componentes del gas de combustión (perdida de gases de combustión) |
| Calor de aire de combustión | Poderes caloríficos y calor de residuos en escombros y ceniza |
| Calor equivalente a la energía mecánica producida en la planta | Perdida de energía mediante de conducción térmica |
| Contenido de calor de hornos con alineación de combustibles | Contenido de calor del combustible liberado del horno |
| | Perdida de calor mediante fugas del horno |

Fuente: testo, Análisis de Gases de Combustión en la Industria

Para mejorar el rendimiento de la combustión tomar en cuenta la siguiente regla:

“La máxima eficacia de combustión sólo se consigue cuando la pérdida térmica por chimenea se encuentra en su nivel mínimo con poco exceso de aire”. (testo, 2006)

Con el uso del analizador de gases y la regulación del caldero u horno es posible;

- Maximizar la producción de CO₂.
- Minimizar el contenido de CO en los productos.

Es recomendable adaptar el quemador o la cámara de combustión a la capacidad térmica nominal del caldero, esto se lo realiza con los catálogos del caldero, además se debe regular la cantidad de combustible en el consumo para de esta forma lograr:

- Ajuste la concentración de CO₂
- Ajuste la temperatura del gas de combustión según especifique el fabricante.
- Optimice las concentraciones de CO.

Si la temperatura del equipo corresponde a las especificaciones del fabricante, entonces el sistema está, en la mayor parte de los casos, correctamente regulado. (testo, 2006)

2.3.10 APLICACIONES DE LA COMBUSTIÓN

- Calefacción (plantas de calefacción, calefacción general).
- Generación de energía eléctrica.
- Generación de vapor y agua caliente para uso en industrias de proceso.
- Fabricación de ciertos materiales (cemento, vidrio, cerámica).
- Tratamiento térmico de superficie de partes metálicas.
- Incineración de desperdicios y residuos.

2.3.11 IMPACTO AMBIENTAL DE LOS GASES PROVENIENTES DE LA COMBUSTIÓN INDUSTRIAL

Dióxido de carbono (CO₂)

Este gas contribuye considerablemente al efecto invernadero debido a su capacidad de filtrar la radiación de calor. Una de las manifestaciones es la disminución de las masas de hielo en las zonas polares con el consecuente aumento de la temperatura media del planeta. Concentraciones superiores a

15% en el ambiente, conlleva a una pérdida inmediata de conciencia. (testo, 2007)

Monóxido de carbono (CO)

El Monóxido de carbono es venenoso en espacios cerrados, el valor límite en lugares de trabajo es de 50 ppm.

En el organismo de los seres humanos, el CO se combina con la hemoglobina de la sangre y como resultado obstaculiza el transporte y provisión de oxígeno a los órganos internos.

A continuación la Tabla 2. 11 indica los valores de CO y su impacto. (testo, 2007)

Tabla 2. 11 Consecuencias en la salud humana por inhalación de CO

| CONCENTRACIÓN DE CO EN EL AIRE | | TIEMPO DE INHALACIÓN Y EFECTOS |
|---------------------------------------|---------|---|
| 30 ppm | 0.003 % | Valor límite umbral (concentración máx. que se puede respirar durante un período de 8 horas) |
| 200 ppm | 0.02 % | Dolor de cabeza leve en 2 ó 3 horas |
| 400 ppm | 0.04 % | Dolor de cabeza en el área de la frente en 1 ó 2 horas, que se extiende a toda el área de la cabeza |
| 800 ppm | 0.08 % | Mareo, náuseas y temblores en las piernas en 45 minutos. Pérdida de la conciencia en 2 horas |
| 1600 ppm | 0.16 % | Cefalea, náuseas y mareos en 20 minutos. Muerte en 2 horas |
| 3200 ppm | 0.32 % | Cefalea, náuseas y mareos en 5 ó 10 minutos. Muerte en 30 minutos |
| 6400 ppm | 0.64 % | Cefalea y mareos en 1 ó 2 minutos. Muerte en 10 ó 15 minutos |
| 12800 ppm | 1.28 % | Muerte en 1 ó 3 minutos |

Fuente: testo, Tecnología de Medición en Calderas

Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂, suman NO_x)

Son catalogados como responsables de causar disminución en las funciones pulmonares especialmente en personas con enfermedades respiratorias previas. (testo, 2006)

Dióxido de azufre (SO₂)

El valor límite en el lugar de trabajo es de 5 ppm. Junto con agua o condensados forma el ácido sulfúrico (H₂SO₄), los dos son bastante perjudiciales. Los óxidos de azufre producen también enfermedades respiratorias. (Paez, 2008)

En el organismo humano causa los siguientes efectos:

- Opacamiento de la córnea
- Inflamación de las vías respiratorias
- Irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas
- Alteraciones psíquicas
- Edema pulmonar
- Paro cardíaco
- Colapso circulatorio

En la Tabla 2. 12 se muestra los efectos por inhalación en la salud humana que depende de la concentración de SO₂.

Tabla 2. 12 Efectos del SO₂ sobre la salud humana

| CONCENTRACIÓN EN 24 HORAS (µg/m³) | EFEECTO OBSERVADO |
|---|--|
| 400 – 900 | Posible incremento de los trastornos respiratorios (tos, irritación de la garganta y silbidos en el pecho) en personas con asma |
| 500 – 1700 | Incremento de los trastornos respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas |
| 1700 – 2300 | Incremento significativo de los trastornos respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas |
| 2300 – 2900 | Trastornos respiratorios severos en personas con asma y riesgo serio de agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas |
| > 2900 | Cambios en la función pulmonar y trastornos respiratorios en individuos sanos |

Fuente: Gestión de la Calidad del Aire

Hidrocarburos (C_xH_y o HC)

Los C_xH_y son la base de la química orgánica; en la naturaleza se encuentran en el crudo de petróleo, gas natural y carbón. Las emisiones tienen lugar durante la producción de productos hidrocarbonatos así como durante su uso y quemado. Otros ejemplos son disolventes, plásticos, barnices, combustibles, de vehículos etc. Las fuentes de emisión de C_xH_y también se forman debido a un proceso de combustión incompleta, por ejemplo en incendios forestales. Las emisiones de hidrocarburos también contribuyen al efecto invernadero. (Paez, 2008)

Sólidos (polvo, hollín)

El material particulado es peligroso para los seres vivos porque produce afecciones respiratorias debido a las sustancias tóxicas y/o cancerígenas que se presentan en las partículas.

Efecto invernadero

Es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de la tierra debido a que determinados gases retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar y así aumentar la temperatura del globo terrestre.

La Tabla 2. 13 indica algunos valores de los gases de efecto invernadero (Paez, 2008).

Tabla 2. 13 Gases que contribuyen al efecto invernadero

| Tipo de Gas | Concentración Actual | Contribución (°C) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Vapor De Agua | 0 – 4 % | 20,6 |
| Dióxido De Carbono | 360 ppm | 7,2 |
| Ozono | 0,03 ppm | 2,4 |
| Óxido De Nitrógeno | 0,3 ppm | 1,4 |
| Metano | 1,7 ppm | 0,8 |
| Otros | 2 ppm | 0,8 |

Fuente: Ingeniería Ambiental

2.4 AUDITORÍA ENERGÉTICA

2.4.1 CONCEPTO

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida (Esquerra, 1988).

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de una empresa.
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

2.4.2 OBJETIVOS DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA

- Obtener un conocimiento fiable de los consumos energéticos.
- Optimizar el suministro de energía.
- Mejorar la contratación de la energía eléctrica y los combustibles.
- Identificar el coste energético.
- Detectar y evaluar las oportunidades de ahorro y de mejora de la eficiencia energética.
- Eliminar las pérdidas energéticas.
- Analizar la posibilidad de utilizar energías renovables.

2.4.3 BENEFICIOS

- Reducción de los costes energéticos mediante la optimización de los consumos energéticos.
- Aumento de la vida útil de los equipos.
- Aumento de la competitividad.
- Mejora de la imagen corporativa por la contribución al cuidado del ambiente.

- Acceso a ayudas públicas por la realización de Estudios Energéticos.

2.4.4 TIPOS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA

a. Auditoría Informática:

- Analizar el consumo de energía.
- Controlar la cantidad y el costo de energía eléctrica utilizada.
- Controlar y validar el pago de las facturas de energía eléctrica.
- Prever flujo de caja da facturas a recibir.
- Diagnosticar oportunidades de eficiencia.
- Evaluar los resultados de las acciones de eficiencia.

b. Auditoría Administrativa:

- Clasificación de las cuentas de energía.
- Regularización de la demanda contratada.
- Alteración de la estructura tarifaria.
- Desactivación de las instalaciones sin utilización.
- Entendimientos con las distribuidoras de energía para disminución de tarifas.

c. Auditoría Técnica:

- Corrección del factor de potencia.
- Alteración de la tensión de alimentación.
- Mejora del factor de carga en las instalaciones.
- Modificación de la altura geométrica.
- Disminución de la potencia de los equipamientos.
- Reducción de las pérdidas de carga en las turbulencias.
- Reducción del volumen de agua bombeada.
- Mejora en el rendimiento del conjunto motor bomba (Sancho, Miró, & Gallardo, 2006)

La Figura 2. 6 muestra las fases de una Auditoría Energética:

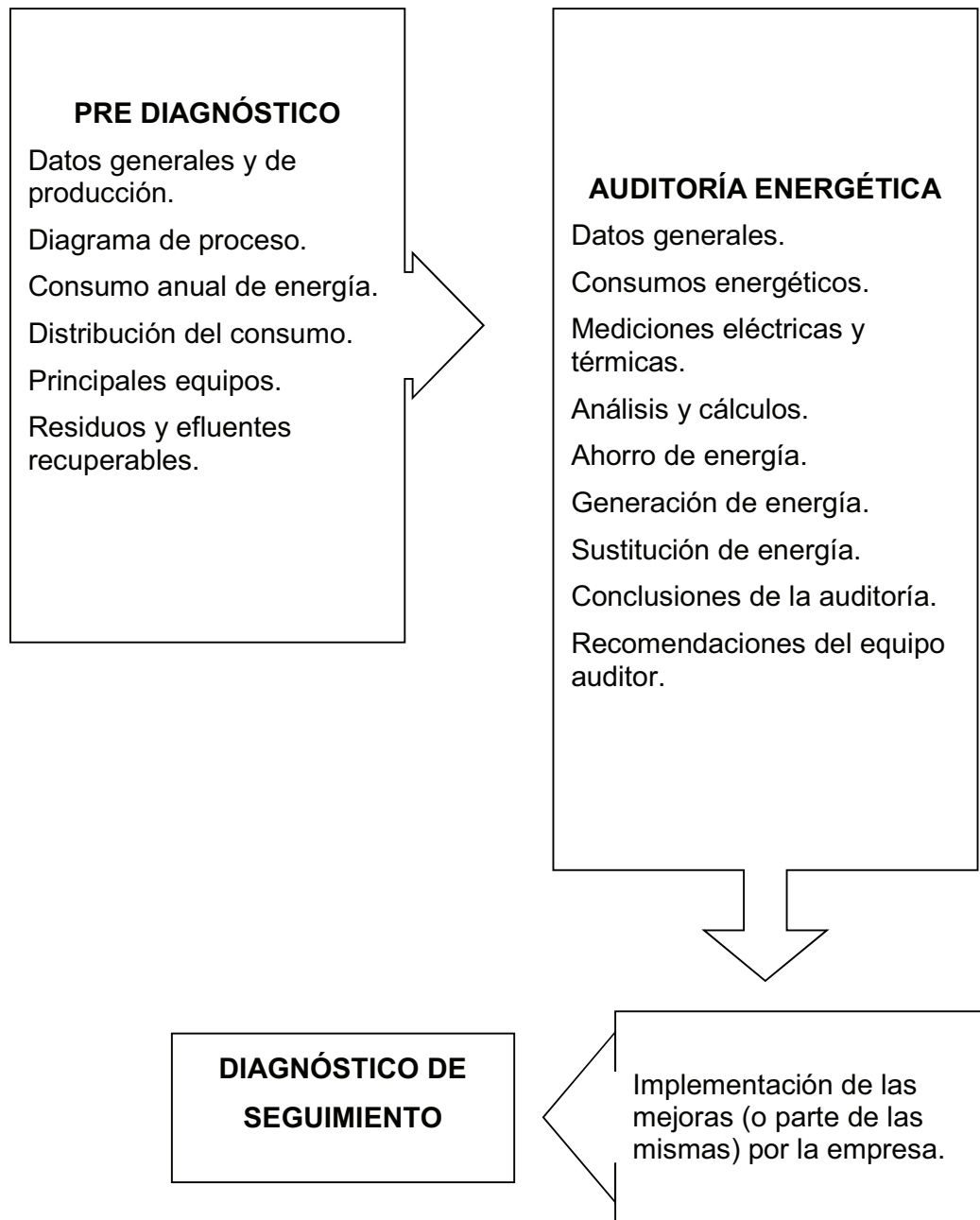


Figura 2. 6 Fases de una auditoría energética

En la Figura 2. 7 se detallan los niveles de una Auditoría Energética

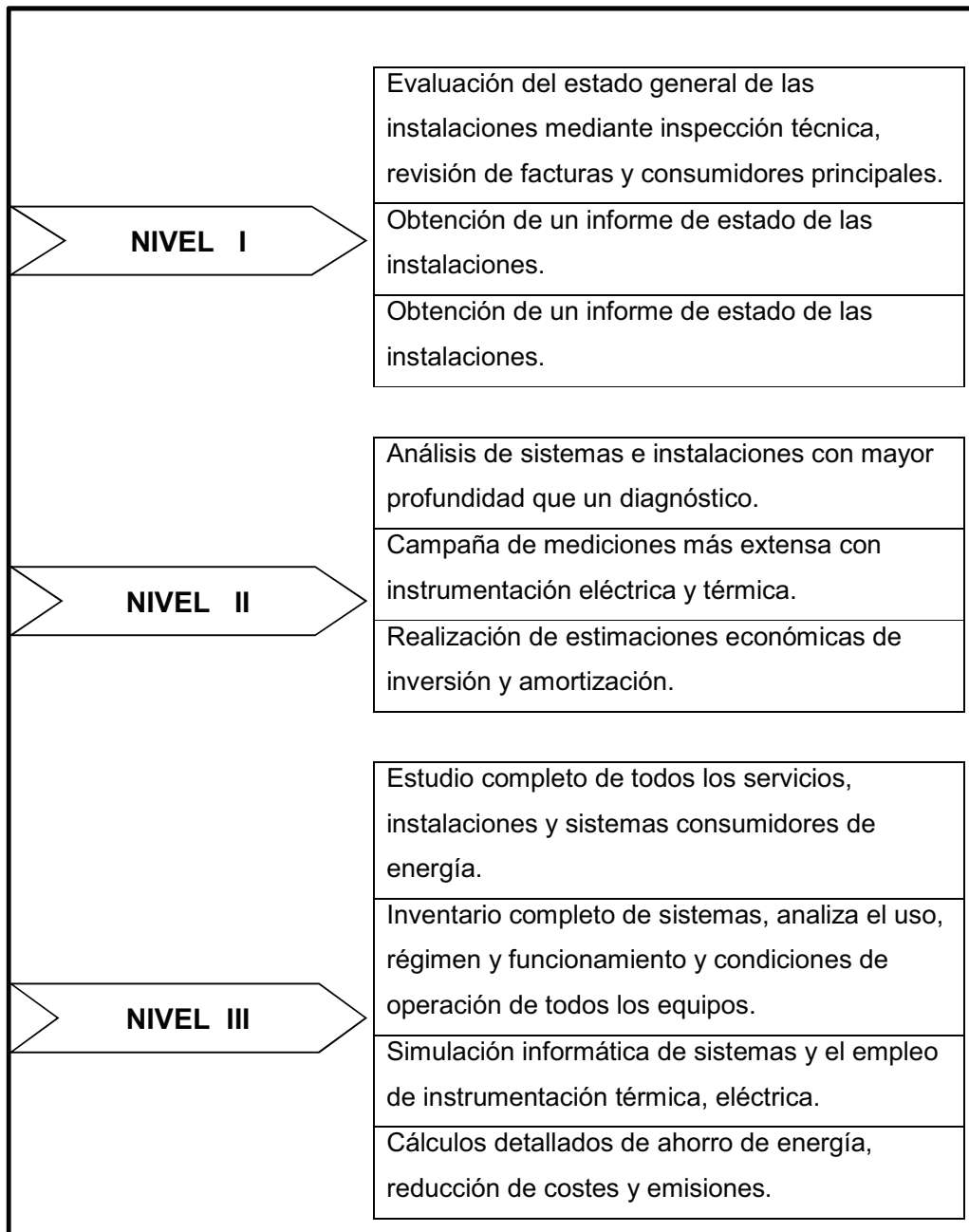


Figura 2. 7 Niveles de alcance de una Auditoría Energética

2.5 ANALIZADORES DE GASES DE TIPO INDUSTRIAL

Detectan gases en procesos químicos y metalúrgicos en el área de seguridad y control ambiental, sirven para tomar muestras de los gases que salen de chimeneas o conductos de humos a los que por medio de los sensores electroquímicos se pueden saber las concentraciones de sus componentes.

Estos analizadores de gases vienen provistos de una sonda termopar que toma la temperatura de los gases y tiene un conducto de aspiración de donde se toma la muestra de los gases inmediatamente una vez seleccionado el tipo de combustible.

El analizador de gases indica los resultados que el usuario necesita en su pantalla, entre estos pueden estar:

% CO₂ en volumen

% O₂ en volumen

CO ppm

% exceso de aire

Estos instrumentos son compactos, ligeros, transportables, de fácil uso, medición rápida, su consumo de energía y mantenimiento es mínimo, además se los puede certificar, calibrar, recalibrar para cumplir con normas internacionales (testo, 2006).

2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ANALIZADORES SEGÚN SU DISEÑO

- *Analizadores portátiles.*- aplicación móvil, se lo realiza en diferentes puntos y su medición es corta.
- *Analizadores para instalaciones fijas.*- mediciones continuas en puntos fijos durante meses y años.
- *Analizadores in-situ.*- Se instalan y operan directamente en el proceso.
- *Analizadores extractivos.*- Se instala fuera de la corriente del proceso y utiliza una sonda de muestreo.

Los sensores son la parte más importante en un analizador de gases que miden una cantidad física o un cambio en una cantidad física, como temperatura, presión, concentración. Un sensor está formado por el elemento sensor (*sensor elemental*) y un *transmisor*. El elemento sensor debe tener una característica (p.ej. conductividad, absorción de luz) que cambia con las variaciones del componente de medición. Entonces, el transmisor transforma esta “reacción” del elemento sensor en una señal de medición. (testo, 2006)

En la Tabla 2. 14 describe algunos de los grupos más utilizados:

Tabla 2. 14 Tipos de sensores y sus principios de medición

| SENSOR | PRINCIPIO DE MEDICIÓN |
|--------------------------|---|
| Sensor electrocatalítico | Conductividad eléctrica |
| Sensor polarográfico | Interacción entre la energía química y la energía eléctrica |
| Sensor óptico | Características ópticas |
| Sensor calorimétrico | Reacción al calor durante la interacción con ciertos gases |
| Sensor fotométrico | Absorción de la radiación, por ejemplo: infrarrojos o ultravioletas |
| Sensor paramagnético | Características paramagnéticas de oxígeno |

Fuente: testo, Análisis de gases de combustión en la industria

La Figura 2. 8 indica el funcionamiento de un sensor de oxígeno:

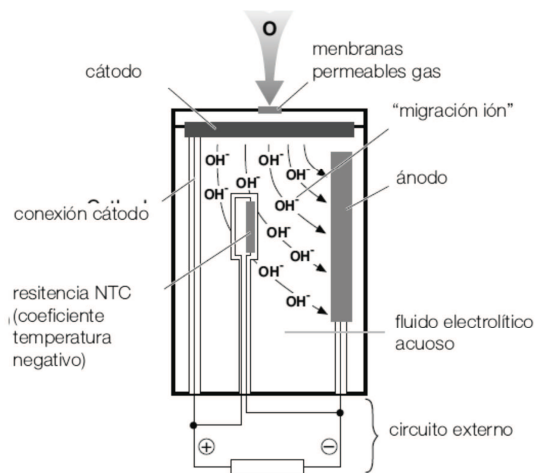


Figura 2. 8 Esquema de un sensor de oxígeno

Fuente: testo, Análisis de gases de combustión en la industria

- El gas de combustión respecto a las moléculas de oxígeno atraviesa la membrana y llega al cátodo del sensor. Debido a la composición del material del cátodo, tiene lugar una reacción química que provoca la liberación de iones OH^- (partículas cargadas).
- Los iones emigran a través del fluido electrolítico al ánodo del sensor.
- El movimiento de iones produce una corriente eléctrica en el circuito externo proporcional a la concentración de O_2 , esto significa que, a mayor concentración, mayor corriente eléctrica.
- Se mide la variación de voltaje en la resistencia y se procesa electrónicamente. (testo, 2007)

La vida en servicio de los sensores de oxígeno es de unos 2 años.

Para prevenir daños en las células de medición, deben evitarse los lugares en que puedan precipitar los condensados. Los analizadores modernos utilizan trampillas de condensados independientes para proteger el instrumento.

La Figura 2. 9 muestra, en forma simplificada, la disposición de la línea de gas.

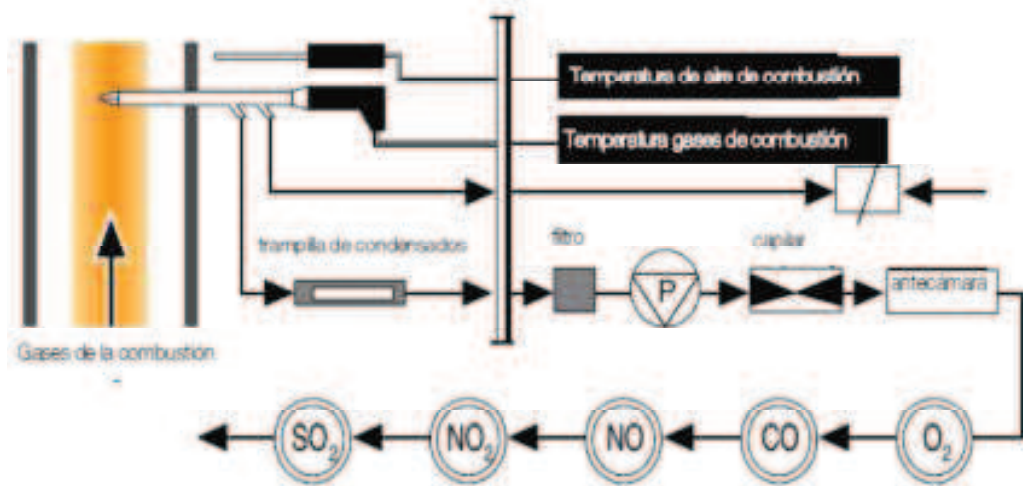


Figura 2. 9 Esquema simplificado de una línea de gas en un analizador moderno

Fuente: testo, Análisis de gases de combustión en la industria

La bomba P aspira los gases de la combustión hacia el tubo de muestreo y los envía a la trampilla de condensados. El termopar en la punta de la sonda mide la temperatura de los gases.

La trampilla de condensados y el filtro integral “secan” los gases de combustión y retienen las partículas de polvo u hollín. La muestra de gas pasa por la bomba P y se le fuerza a pasar por un capilar hasta llegar a una antecámara, luego el gas a medir fluye hasta las células de medición, que según el diseño- mide las concentraciones de O₂, CO, NO, NO₂ y SO₂.

La temperatura del aire de combustión la mide un sensor de temperatura conectado directamente al instrumento de medición. (testo, 2006)

2.5.2 ÁREAS DE APLICACIÓN

Los analizadores de gases tienen varias áreas de aplicación principales:

1. Optimización de la combustión Procesos de combustión con el objetivo de ahorrar energía, proteger la planta (extensión de vida de servicio) y minimizar las emisiones.

2. Control del proceso Control de una composición concreta de gas para controlar un proceso de elaboración con el fin de obtener ciertas especificaciones y cualidades del producto.

3. Control de emisiones Revisión de plantas de limpieza de gas para corregir la operación y controlar las concentraciones de contaminantes de gases de combustión para que cumplan el valor límite especificado. (testo, 2007)

La Tabla 2. 15 detalla las aplicaciones en las que se puede utilizar el analizador de gases.

Tabla 2. 15 Áreas y objetivos de aplicación del análisis de gases

| Aplicaciones y objetivos del análisis de gases | | | |
|---|---|--|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| | Optimización de la combustión | Control de una atmósfera de gas concreta | Control de filtro y control del gas de escape para que cumplan las especificaciones de emisiones límite |
| | Minimizar los costes operativos y la emisión de contaminantes | Generación y conservación de una calidad específica del producto | Cumplimiento de las normas de emisión |
| Utilización | Control de combustión | Control del proceso | Control de emisiones |
| Cemento, cal, cristal | X | X | X |
| Producción de metal | X | | X |
| Tratamiento de metal | X | X | X |
| Generación de calor | X | | X |
| Eliminación de desechos | X | | X |
| Investigación y desarrollo | X | X | X |
| Química, petroquímica | X | | X |

Fuente: testo, Análisis de Gases de Combustión en la Industria

2.5.3 NORMAS DE IMPACTO Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL NACIONALES E INTERNACIONALES.

Muchos países están obligados a cumplir regulaciones legales que estén relacionadas con emisiones de gases para de este modo garantizar que no sobrepase los valores límite establecidos, como por ejemplo en Alemania la encargada es “Bundesimmissions-Schutzgesetz” (BImSchG) o Decreto Federal de Control de Emisión Federal, en E.E.U.U. es el Decreto del Aire Limpio de la Agencia de Protección del Ambiente (Environmental Protection Agency (EPA)); en Europa o Asia todavía no existen regulaciones y es por eso que algunos países utilizan el BImSchG de Alemania o el Decreto de Aire Limpio de USA (Clear Air Act) como base para sus propias especificaciones. (testo, 2007)

NORMAS INTERNACIONALES

Fundamentos alemanes:

Decreto Federal de Control de Emisión *Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG)*.

Numerosas ordenanzas respecto a regulaciones para la implantación de la ley *Rechtsverordnungen (BimSchV)*.

Regulaciones específicas como el TA Luft (Technische Anleitung Luft) y la Instrucción Técnica del Aire (TI Air).

El TI Air es un documento administrativo en la ley de control (*BimSchG*), que comprende regulaciones desde la primera aplicación para una instalación hasta el control de funcionamiento rutinario e incluye especificaciones de valores de emisión límite de contaminantes.

Cuando se construye una nueva planta o se reconstruye existe una organización que realiza el primer ensayo y certifica dentro de los 3 – 12 meses después de la puesta en marcha y luego se realizan mediciones puntuales de 30 minutos cada 3 años de tal manera que estas mediciones se comparan con los valores límites especificados. (testo, 2007)

Fundamentos en E.E.U.U.

Agencia de Protección del Ambiente (US Environmental Protection Agency (EPA)). Esta agencia desarrolla métodos de ensayo y ordenan los controles de equipo para así reducir la contaminación de la salud humana y del ambiente. En E.E.U.U. cada estado es responsable de otras regulaciones específicas y estas pueden ser mucho más estrictas que los requisitos federales, también se establecen “áreas de logro” y son aquellas donde el aire ambiente es relativamente limpio; y, las llamadas “áreas de no logro” y son las que se encuentran alrededor de una ciudad y su área es muy contaminada.

Existen 2 métodos para la toma de gases en este país y son:

- Método de ensayo de fuente (ensayo de chimenea).- ensayo puntual y en otros casos los ensayos son anuales o cada 5 años.
- Método de sistemas de control de emisiones.- ensayo de chimenea cada año.

Con la finalidad de no contaminar el ambiente existen agencias de aplicación de regularizaciones las mismas que emiten multas civiles y/o acciones penales si no se cumplen las normas.

La US EPA y la Sociedad Americana han emitido métodos de ensayo de analizadores portátiles, los mismos que deben de cumplir estándares de control de calidad. (testo, 2007)

Normas Nacionales

El Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental tiene como principal objetivo preservar la salud de las personas y la calidad del aire que se encuentra en el ambiente.

En la realización de este proyecto se va a comparar los datos obtenidos con la **NORMA DE EMISIONES AL AIRE DESDE FUENTES FIJAS DE**

COMBUSTIÓN, que se encuentra en el LIBRO VI Anexo 3 de la ley anteriormente mencionada.

En Ecuador la gestión ambiental inició en 1976, sin embargo transcurrieron 15 años para que se establezca una norma de calidad del aire la cual fue aprobada mediante reglamento a la ley referida en julio de 1991. Esta norma se basa en guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyos parámetros se los puede comparar la Tabla 2. 16 (Paez, 2008).

Tabla 2. 16 Comparación de límites máximos permitidos de la norma ecuatoriana con guías de la OMS

| CONTAMINANTE | UNIDAD | NORMA ECUADOR | GUÍAS OMS |
|---|---------------------|---------------|-----------|
| Partículas sedimentables | mg cm ⁻³ | 1 | N/A |
| Material particulado (PM ₁₀) | µg m ⁻³ | 50 | 20 |
| | µg m ⁻³ | 150 | 50 |
| Material particulado (PM _{2,3}) | µg m ⁻³ | 15 | 10 |
| | µg m ⁻³ | 65 | 25 |
| Material particulado (PM _{2,3}) | µg m ⁻³ | 80 | N/A |
| | µg m ⁻³ | 350s | 20 |
| | µg m ⁻³ | N/A | 500 |
| Dióxido de azufre (SO ₂) | µg m ⁻³ | 10 | 10 |
| | µg m ⁻³ | 40 | 30 |
| | µg m ⁻³ | N/A | 60 |
| | µg m ⁻³ | N/A | 100 |
| Ozono (O ₃) | µg m ⁻³ | 120 | 100 |
| | µg m ⁻³ | 160 | N/A |
| Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | µg m ⁻³ | 100 | 40 |
| | µg m ⁻³ | 150 | N/A |

Fuente: Gestión de la Calidad del Aire

Esta norma es obligatoria y rige en todo nuestro país, y establece los límites permisibles de las emisiones al aire desde diferentes actividades; además provee de métodos, procedimientos y algunos criterios para la gestión e incluye acciones para episodios críticos de contaminación atmosférica.

Al realizar las diversas mediciones, éstas deberán demostrar cumplimiento con los valores máximos permisibles de emisiones al aire, definidos en la norma técnica según corresponda.

La Norma completa de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión se la incluye en el ANEXO 1.

2.5.4 RECOMENDACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE NORMAS

Al aplicar esta norma se debe definir si la fuente fija es significativa o no; para el primer caso se deberá demostrar el respetivo cumplimiento con los límites máximos permisibles de emisión al aire; por lo tanto, deberá efectuar mediciones de la tasa de emisiones de contaminantes; y para el segundo caso, estas fuentes no están obligadas a efectuar sus emisiones actuales con lo cual el operador o el propietario deberá tener los respectivos registros o certificados a fin de reportar a la Entidad Ambiental de Control cada año.

Todas las fuentes fijas de combustión deberán de tener su respectivo permiso que deberá ser renovado periódicamente por la Entidad Ambiental de Control.

En el Anexo 1 se mencionan las recomendaciones para el cumplimiento de la norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.

CAPITULO 3

3. INFORMACIÓN TÉCNICA

3.1 MANUAL DEL EQUIPO TESTO 335

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO









3.1.1.1 PARTES DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

La Figura 3. 1 esquematiza las partes del analizador de gases



Figura 3. 1 Partes del analizador de gases testo 335

Teclado:

-  Botón encendido apagado
-  Botones naranjas, tienen varias funciones que se muestran en el display y dependen del menú.
-  Desplaza hacia arriba, incrementa valores
-  Desplaza hacia abajo, disminuye valores
-  Atrás, cancela función
-  Abre el menú principal
-  Abre el diagnóstico del instrumento
-  Cambia la luz del display

Conexiones del Instrumento:

La Figura 3. 2 enumera las conexiones del analizador de gases:



Figura 3. 2
Conexiones

1. Conector del sensor
2. Conector para toma de gases de combustión
3. Conector para alimentación eléctrica principal
4. Conector para presión p+
5. Conector para presión p-

Interfaces:

La Figura 3. 3 describe las interfaces del analizador de gases:

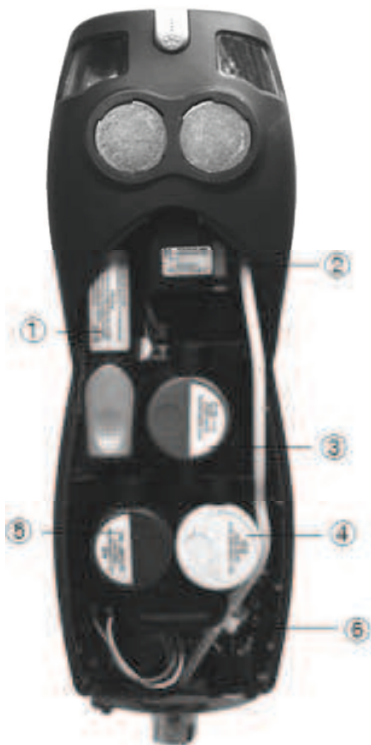


1. Interfaz para USB, para conexión con PC.
2. Interfaz para Infrarrojo, para conexión con impresoras adaptables

Figura 3. 3
Interfaces

Componentes:

La Figura 3. 4 enumera los componentes del analizador de gases:



1. Batería recargable
2. Bomba para medición de gases
3. Células para medición Slot2: CO, NO₂, SO₂
4. Células para medición Slot1: O₂
5. Células para medición Slot3: NO, SO₂
6. Filtro adicional

Figura 3. 4 Componentes

Encabezado

La Figura 3. 5 describe las partes del encabezado que aparece en la pantalla del analizador de gases:



Figura 3. 5 Encabezado de pantalla

④








1. Advertencia, indica si el instrumento tiene algún tipo de error.
2. Carpeta activo y localización
3. Nivel de batería
4. Contenido de la pantalla.

3.1.2 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO


Para acceder a los menús la Ruta Corta explica gráficamente el orden que se debe seguir para llegar a dicha posición, por ejemplo:



Significa:

1. Presionar el botón Menú Principal. 
2. Escoger con los botones  , seleccionar “*Memory*” y luego presionar  “OK”.
3. Escoger con los botones  , seleccionar “*New Folder*” y pulsar  “OK”.

Por configuración de fábrica después de encender el equipo se visualizará el menú *Measurements (Mediciones)*, que permite realizar las mediciones directamente en la carpeta activa.

Para configurar el equipo se debe presionar el botón de menú principal  y desplegará la pantalla como lo indica la Figura 3. 6:

Main menu:

- A. Measurements
- B. Memory
- C. Analyzer set-up
- D. Sensor settings
- E. Fuels
- F. Self diagnostics

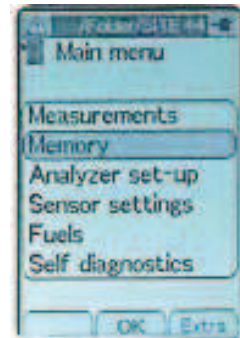


Figura 3. 6 Main menu

Detalle del contenido del Main Menu (Menú Principal):

A. MEASUREMENTS (MEDICIONES)



Este menú se realizan consta de las siguientes opciones de medición como indica la Figura 3. 7.

A. Measurements

- A.1. Flue gas test
- A.2. Program
- A.3. Gas flow rate
- A.4. Oil flow rate
- A.5. Burner controller

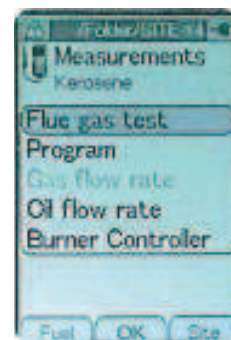
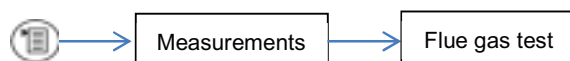


Figura 3. 7 Measurements

A.1. Flue gas test (Prueba de gas de combustión): Inicia la medición



A.2. Program (Programa) Se puede crear 5 diferentes programas para guardarlos y ejecutarlos como indica la Figura 3. 8.



Para crear o modificar un programa:

- 1) Escoger de la lista y presionar “Change”.
- 2) Data rate: cambia el tiempo de duración de la prueba de 1 – 3600 seg.
- 3) Sample time: cambia el tiempo de muestreo.
- 4) Name (12ch): cambia el nombre al programa.
- 5) Guardar con “Ok”, “save input”.



Figura 3. 8 Program

Para ejecutar el programa basta con seleccionar de la lista y presionar “Start”.

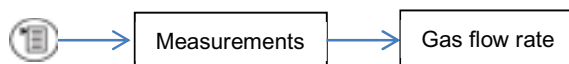
En la pantalla se visualiza:

- Start with zeroing: Almacena los datos del ambiente que son receptados por el sensor del analizador.
- Start without zeroing: Inicia sin ajustar valores

Escoger cualquier opción y presionar “Ok”.

NOTA: Por recomendación del proveedor del analizador de gases, el equipo no debe operar más de 5min seguidos pues la vida útil se acortaría significativamente.

A.3. Gas flow rate (Caudal de gas):



Se activa únicamente cuando el combustible seleccionado se presenta en estado gaseoso.

La Figura 3. 9 indica una pantalla de ejemplo

Para realizar el control de la tasa de flujo de gas:

- 1) Escoger un tiempo de prueba (Test time) los tiempos son 18, 36, 120, 180 segundos.
- 2) Iniciar la medición con “Start”.
- 3) Poner el valor del Flujo de gas (Gasflow).
- 4) Automáticamente los valores se calcularán.
- 5) Guardar con “Ok copy readings”.

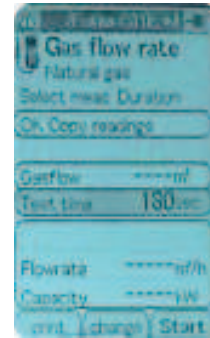
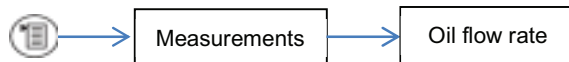


Figura 3. 9 Display Gas Flow Rate

A.4. Oil flow rate (Caudal de aceite):



Se activa únicamente cuando el combustible seleccionado se presenta en estado líquido.

La Figura 3. 10 indica un ejemplo.

Para realizar este control de la tasa de flujo de gas se debe:

- 1) Poner el valor de la tasa de flujo (Flowrate).
- 2) Poner el valor de la presión (Oil pressure).
- 3) Se calcularán automáticamente los valores.
- 4) Guardar con “Ok copy readings”.

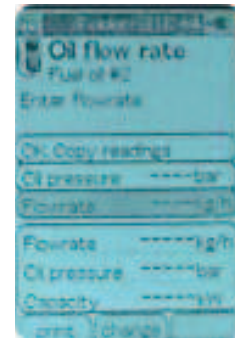
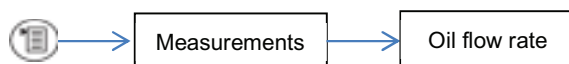


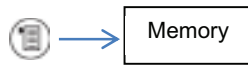
Figura 3. 10 Display Oil Flow Rate

A.5. Burner controller (Control del quemador):



Para activar esta función se necesita un adaptador 0554 1206.

B. MEMORY (MEMORIA)



Esta opción permite crear, revisar y eliminar los archivos que se guardan en el instrumento. La Figura 3. 11 muestra el contenido de la pantalla de este menú

B. Memory:

- B.1. New folder
- B.2. Sort list
- B.3. Restore list
- B.4. Lista de carpetas guardadas

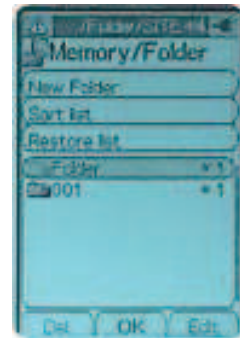


Figura 3. 11 Menú Memory

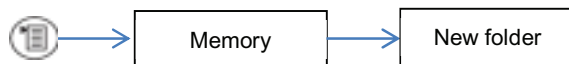
Detalle del menú *Memory:*

B.1. *New folder (Nueva Carpeta)*

Las carpetas cumplen la función de almacenar subdirectorios de manera ordenada.

Se pueden guardar hasta 100 carpetas en la memoria.

Procedimiento para crear una nueva carpeta:



Se desplegará en la pantalla una lista, como indica la Figura 3. 12:

B.1. New folder:

Return to mem/cust

B.1.1. Site number

B.1.2. Site name

B.1.3. Address (20)

B.1.4. Zip code

B.1.5. City/State

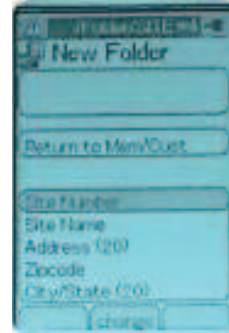
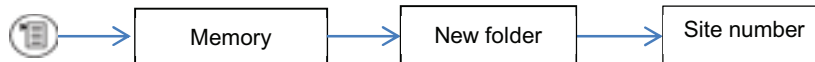


Figura 3. 12 Submenú New folder

Detalle del submenú *New Folder*:

B.1.1. *Site number (Numero del sitio)*



Aquí aparecerá una matriz alfanumérica para asignar un nombre, como indica la Figura 3. 13. Las letras y/o números se escogen y se presiona “Ok”. Debe tener máximo 20 caracteres.

Una vez asignado un nombre se lo debe guardar con “Ok, save input”.

Este procedimiento es el mismo para todas las opciones que se encuentran en este submenú, tener en cuenta que no es necesario llenar todos estos campos, pues basta con un nombre para guardar una nueva carpeta.

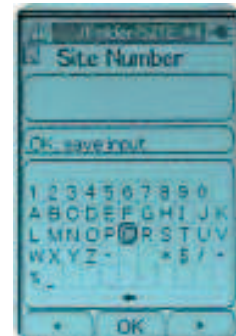
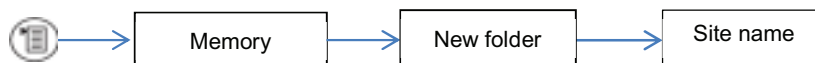
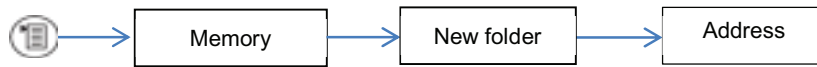


Figura 3. 13 Site Number

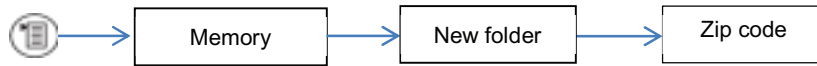
B.1.2. *Site name (Nombre del Sitio)*



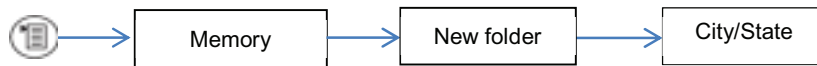
B.1.3. Address (20) (Dirección)



B.1.4. Zip code (Código Zip)



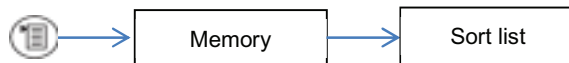
B.1.5. City/State (Ciudad país)



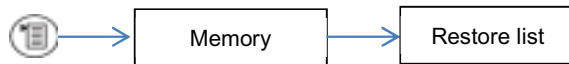
Para guardar y salir

Ok en Return to memcust

B.2. Sort list: Ordena la lista en orden alfabético



B.3. Restore list: Regresa al orden anterior



La carpeta aparecerá en la lista con el nombre que se le dio en Número del Sitio. Hacer "Ok" en la carpeta que se creó y aparecerá lo que muestra la Figura 3. 14:

B.4. Carpeta Guardada

B.4.1. New test site

B.4.2. Return to mem/cust

B.4.3. Sort list

B.4.4. Restore list

B.4.5. Espacio donde se guardan los sites

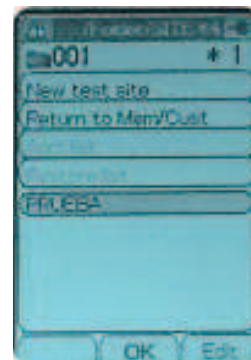


Figura 3. 14 Carpeta guardada

B.4.1. New test site (Nuevo sitio de prueba)



En este archivo, que se encuentra la carpeta creada, se guardarán las mediciones realizadas. Se pueden crear máximo 10 archivos dentro de una carpeta y se pueden guardar más de 1000 lecturas dentro de cada archivo.

Las lecturas de las mediciones se almacenan con la fecha y hora automáticamente.

El nombre se lo asigna de la misma manera que se realizó con la nueva carpeta.

Si se desea guardar dentro de este sitio o archivo la información, seleccionar “Ok”.

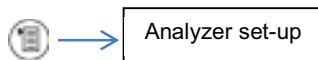
No se puede eliminar un archivo en uso, para hacerlo se debe escoger otro archivo y entonces proceder, en “Edit” hacer “Ok” en “Delete site with all data”, y se eliminará el sitio con todas las lecturas de las mediciones guardadas.

B.4.2. Return to mem/cust (Regresar a memoria): Regresa al menú de memoria

B.4.3. Sort list (Ordenar lista): Ordena la lista en orden alfabético, deben haber al menos 2 sitios de prueba.

B.4.4. Restore list (Restaurar lista): Regresa al anterior ordenamiento de la lista, deben haber al menos 2 sitios de prueba.

C. ANALYZER SET-UP (CONFIGURACIÓN DEL ANALIZADOR)



Configura la presentación tanto en pantalla como en impresión y algunas opciones dentro del instrumento, como indica la Figura 3. 15.

C. *Analyzer set-up*

- C.1. Display set-up
- C.2. Printer
- C.3. Setup func keys
- C.4. Auto off
- C.5. Date time
- C.6. Language

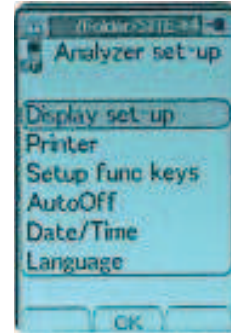
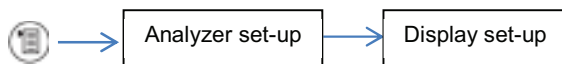


Figura 3. 15 Menú Analyzer Set-Up

Detalle del menú Analyzer Set-Up

C.1. Display set-up (Configuración de la pantalla)



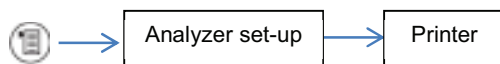
Para seleccionar la cantidad de parámetros de medición se pueden observar en la pantalla (máximo 32) se tiene las opciones en los siguientes botones:

C.1.1. Blank (En blanco): Aumenta

C.1.2. Change (Cambiar): Cambia

C.1.3. Del (Eliminar): Elimina

C.2. Printer (Impresora):

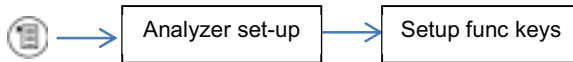


Se dispone de dos opciones:

C.2.1. Custom printout (Impresión personalizada): Edita el texto que va en las tres primeras líneas de encabezado y en la línea del pie de página.

C.2.2. Select printer (Seleccionar impresora): Seleccionar entre los modelos de impresora compatible testo.

C.3. Setup func keys (Ajustar funciones de las teclas)



Asigna teclas para realizar funciones de forma rápida para usarlas solo al instante que se enciende el equipo, la Figura 3. 16 da un ejemplo.

C.3. Setup func keys

C.3.1. Flue gas test

C.3.2. Program

C.3.3. Gas/oil flow rate

C.3.4. Burner controls

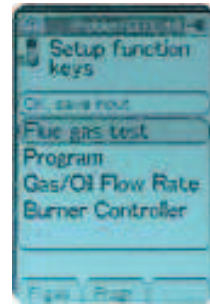



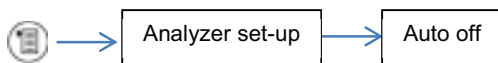


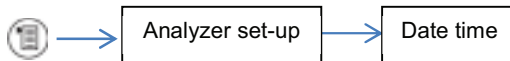
Figura 3. 16 Setup func keys

Solo hace falta escoger la función y presionar las teclas    que van a realizar esta función.

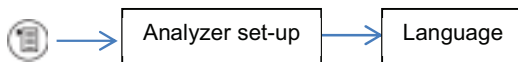
C.4. Auto off (Apagado automático): Se puede habilitar o deshabilitar la función y darle un tiempo entre 1 y 60 min para que se apague automáticamente el equipo cuando este inactivo.



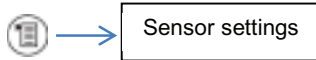
C.5. Date time (Hora y fecha): Cambia hora y fecha que se guarda del instrumento. Las mediciones se archivan con estos valores.



C.6. Language (Idioma): Cambia el idioma entre Inglés y Francés



D. SENSOR SETTINGS (CONFIGURACIÓN DEL SENSOR)



Esta opción es mejor no modificarla porque aquí se calibran los sensores, la Figura 3. 17 muestra el contenido que aparece.

D. Sensor settings

- D.1. NO₂ addition
- D.2. Sensor protect
- D.3. Calibration data
- D.4. Recalibration

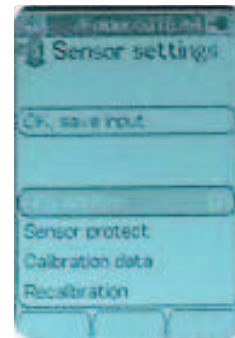


Figura 3. 17 Menú Sensor settings

D.1. NO₂ addition: Opción que se habilita cuando existe un sensor de NO₂.

D.2. Sensor protect: Sirve para proteger a los sensores de posibles sobrecargas y depende de las celdas que se utilice.

D.3. Calibration data: Se puede observar imprimir y ver una gráfica de los datos de calibración.

D.4. Recalibration: Recalibra los sensores

E. FUELS (COMBUSTIBLES)



Despliega una lista de 10 combustibles como muestra la Figura 3. 18.

Las opciones de fuel oil 4, 5 y 6 se utilizan para los diferentes tipos de diésel y el fuel oil 6 es para el más pesado.

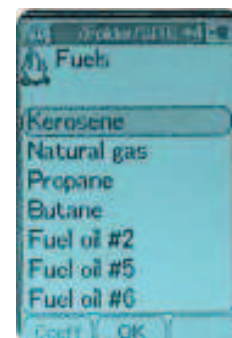
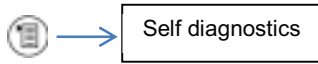


Figura 3. 18 Menú Fuels

NOTA: En caso de que la maquinaria industrial trabaje con una mezcla de combustible, se seleccionará el de mayor porcentaje. Ej. Si la mezcla es de 80% diesel y 20% bunker, el combustible elegido será el diesel.

F. SELF DIAGNOSTICS (AUTO DIAGNÓSTICO)



Realiza un diagnóstico rápido del equipo al indicar posibles fallas, la Figura 3. 19 muestra lo que aparece en la pantalla.

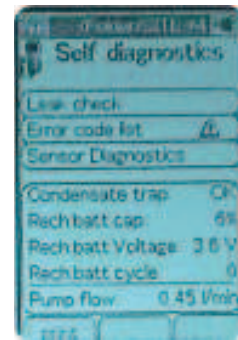


Figura 3. 19 Menú Self Diagnostics

3.1.3 MEDICIÓN

3.1.3.1 PREPARACIÓN PREVIA DEL EQUIPO

3.1.3.1.1 AJUSTAR VALORES INICIALES

Medición de la temperatura del aire del ambiente:

El equipo tiene un sensor opcional que monitorea la temperatura ambiente. En ausencia del sensor se usará el valor de la temperatura medida por la termocupla de la sonda de gases de combustión durante la fase de ajuste de valores iniciales..

3.1.3.1.2 RECOMENDACIONES ANTES DE LA TOMA DE DATOS

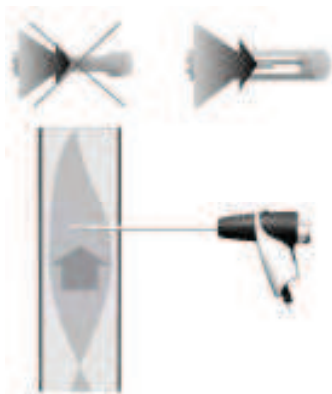
Ajustar la sonda modular de gases de combustión



Figura 3. 20 Alineación de la termocupla

Revisar la termocupla

Revisar el casquillo antes de utilizar para verificar que la termocupla no tope la pared de la sonda. Enderezar en caso de ser necesario.



Alinear la sonda de los gases de combustión

Alinee la sonda girándola de tal manera que permita que el gas de combustión fluya libremente por la termocupla.

La boquilla de la sonda debe estar en el centro del flujo del gas de combustión que es el área de más alta temperatura

Figura 3. 21 Correcta posición de la sonda

Configurar las lecturas en la pantalla:

Se visualizarán aquellos parámetros y unidades que fueron seleccionados en el **Display set-up (Configuración de la pantalla)** descrito en la página 52. Antes de comenzar las mediciones es necesario que configure estos parámetros previamente.

Escoger la localización en la memoria:

Es recomendable crear una carpeta para un nuevo grupo de mediciones y de esta manera se mantiene una base de datos ordenados.

3.1.4 CUIDADO Y MANTENIMIENTO

3.1.4.1 ANTES DEL USO

- Se debe cargar la batería hasta que llegue al máximo de su capacidad. Tener en cuenta que el analizador debe estar apagado para recargarse y el equipo no realiza mediciones cuando esta enchufado a un tomacorriente. Por otra parte se recomienda recargar la batería cuando esté completamente descargada con el fin de alargar la vida útil de la misma.
- Colocar el estuche para proteger el exterior del analizador de gases.
- Ensamblar correctamente la sonda al analizador de gases, para evitar que se desprenda durante la medición.

3.1.4.2 DURANTE EL USO

- Al ser un equipo portátil se recomienda no realizar mediciones con tiempos mayores de 4 o 5 minutos.
- Evitar colocarlo en superficies calientes y sucias.

3.1.4.3 DESPUÉS DEL USO

- Esperar que la sonda se enfríe, para luego limpiar los residuos de carbón productos de la combustión.
- Revisar que los filtros estén limpios para poder realizar nuevas mediciones

3.2 PATRÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO TESTO 335

Los analizadores que se utilizan para el control de emisiones son de igual diseño a los utilizados en otras áreas de análisis de proceso. No obstante, cumplen los requisitos determinados y en muchos países, superar las pruebas de idoneidad especializada para obtener la certificación de utilización en aplicaciones de control de emisiones.

Para el certificado de calibración se requiere que los analizadores sean de fácil calibración, correcto transporte y resultados reproducibles.

3.3 PROCESO DE UTILIZACIÓN Y GUÍA DEL ENSAYO

En este proyecto se va a utilizar un analizador portátil que opera con celdas electroquímicas, el cual tiene su respectivo certificado de calibración otorgado por el fabricante y cuenta con sus accesorios, los mismos que permiten el acondicionamiento de la muestra de los gases previo al ingreso de la misma a la sección de medición.

Llenar el siguiente cuadro informativo que a continuación se detalla en la Tabla 3. 1:

Tabla 3. 1 Modelo de Cuadro Informativo

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

| LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|--------------------------------------|--|--------------------------|--|
| EMPRESA | | FECHA DE MEDICIÓN | |
| CIUDAD | | No. REGISTRO | |
| DIRECCIÓN | | | |
| RESPONSABLE | | TELÉFONO | |

| | | | |
|----------------------------|--|---------------|--------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | | MODELO | |
| | | SERIE | |
| No. DE MEDICIONES | | MÉTODO | CELDA ELECTROQUÍMICAS |

| | | | |
|-------------------------|--|---------------------------|--|
| T AMB BULBO SECO | | T AMB BULBO HÚMEDO | |
|-------------------------|--|---------------------------|--|

Para la medición de la composición química de los gases provenientes de la combustión en hornos y calderas de uso industrial es necesario tener todo listo antes de proceder, pues cabe mencionar que las mediciones generalmente se realizan en la altura y se debe por lo tanto tratar de evitar los mayores contratiempos posibles ya que las chimeneas de hornos de uso industrial tienen dimensiones que llegan a 30 mts. de altura, es por esto que a más de la correcta configuración del analizador de gases, el uso de cierto equipo de protección personal es necesario:

- Casco
- Gafas
- Mascarilla
- Guantes
- Orejeras
- Mandil, overol o delantal
- Botas puntas de acero
- Arnés

Configuración del analizador de gases:

- a. Crear y/o seleccionar el archivo donde se guardaran los datos de las mediciones (folder, site number) explicado en el Capítulo 3.
- b. El analizador de gases solo incluye las celdas de CO y O₂ por lo que se debe escoger los valores a ser mostrados en la pantalla y guardados en el registro de datos de las mediciones. Tipos de gases que se desea analizar:

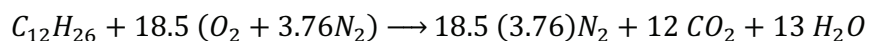
- O₂: Oxígeno en (%)
- CO: Monóxido de carbono en (ppm)
- Tamb: Temperatura de ambiente en (°C)
- CO₂: Dioxido de carbono en (%)
- EFF: Eficiencia de combustión en (%)
- Ex Air: Exceso de aire (%)
- Tstack: Temperatura de los gases de la chimenea (°C)

(Explicado en el Capítulo 3)

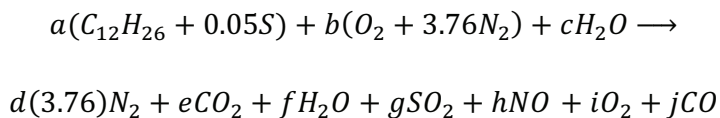
- c. Seleccionar el tipo de combustible,
- d. Crear y/o seleccionar el programa de medición, DATA RATE: 20 seg., SAMPLE RATE: 4 min. Por la recomendación que no se debe medir mas de 5 minutos para prolongar la vida útil del equipo.
- e. Ensamblar la sonda correctamente y revisar que la termocupla interna no este doblada.
- f. Iniciar la medición de prueba fuera de la chimenea para observar que todo funcione correctamente sobre todo el “zeroing”.
- g. Insertar la sonda en la chimenea y empezar la medición. Revisar la recomendación para la colocación de la sonda.
- h. Una vez finalizada la medición retirar la sonda, no tocarla pues estará caliente, y repetir en un intervalo de 30 minutos entre mediciones.
- i. Finalizado el procedimiento apagar el equipo, limpiarlo y guardarlo.

El analizador de gases almacenará una cantidad de datos durante cada medición y depende del programa que se haya creado, estos datos serán recolectados y procesados.

Para la comparación del nivel de contaminación que realiza el equipo industrial se necesitan los valores de los óxidos de nitrógeno (NO_2 , NO que juntos dan el valor del NO_x), el dióxido de azufre (SO_2), estos datos se deducen mediante la ecuación estequiométrica² del diesel. El cálculo de los coeficientes de esta ecuación está detallado en el ANEXO 2.



Al incluir el resto de productos de la reacción y al tomar en cuenta el aire húmedo, se tiene la ecuación real³:



Los datos suministrados por el analizador de gases que están expresados en ppm se deben transformar en % en peso.

² ANEXO 2 ecuación 2.9

³ ANEXO 2 ecuación 2.10

El azufre es una impureza presente en el diesel de acuerdo a reporte de Petroecuador es de 500ppm⁴

Para igualar las reacciones químicas detalladas en el Anexo 2 se utiliza el método matemático para de esta manera calcular todos los coeficientes:

Carbono: $12a = e + j$

Hidrógeno: $26a + 2c = 2f$

Azufre: $0.05a = g$

Oxígeno: $2b + 2c = 2e + f + 2g + h + 2i + j$

Nitrógeno: $2 * 3.76 * b = 2 * d + h$

Con la ecuación química igualada se procederá a llenar la Tabla 3. 2:

Tabla 3. 2 Modelo de Tabla de Resultados

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | |
| Oxígeno O ₂ (%) | |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | |
| Exceso de aire (%) | |

⁴ http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c0/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPlwMDdwtzA08DLy9jYxN3Q3c3Q_2CbEdFAANHFGY!/

CAPITULO 4

4. PROTOCOLO DE PRUEBAS

4.1 EJECUCIÓN DE PRUEBAS EN EL CALDERO DEL LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA DE LA ESPE.

Con la finalidad del adiestramiento en el uso del analizador de gases, se realizaron mediciones durante tres días, se insertó la sonda en dos puntos diferentes del ducto de salida y se varió la intensidad de desfogue de vapor. El registro de las mediciones se detalla en el **ANEXO 4**.



Figura 4. 1 Caldero del laboratorio de Termodinámica del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la ESPE

El primer punto de medición se lo ubicó a la salida del ducto de escape del caldero donde se desfogó los gases al exterior del laboratorio.



Figura 4. 2 Punto de medición 1

El segundo punto de medición se lo ubicó en la tubería de los gases de escape de combustión, dentro del cuarto de maquinas, en la parte posterior del caldero.



Figura 4. 3 Tuberías de escape



Figura 4. 4 Punto de medición 2

Tabla 4. 1 Cuadro Informativo ESPE

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

| LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|---|---|--------------------------|------------|
| EMPRESA | ESPE | FECHA DE MEDICIÓN | |
| CIUDAD | SANGOLQUÍ | No. REGISTRO | 001 |
| DIRECCIÓN | Av. Gral. Rumiñahui s/n Sangolquí – Ecuador | | |
| RESPONSABLE | Ing. Ernesto Soria | TELÉFONO | 02-3989400 |

| | | | |
|----------------------------|---------|---------------|--------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | DIESEL | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | CALDERO | | |
| No. DE MEDICIONES | 2 | MÉTODO | CELDA ELECTROQUÍMICAS |

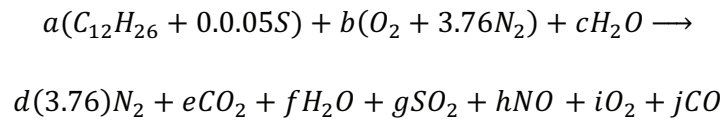
| | | | |
|-------------------------|------|---------------------------|------|
| T AMB BULBO SECO | 30°C | T AMB BULBO HÚMEDO | 27°C |
|-------------------------|------|---------------------------|------|

Los datos que fueron guardados en el analizador de gases, son analizados con la ayuda de Excel.

Datos obtenidos con el analizador (promedios):

| | | | |
|-----------------------|--------|-------|----------|
| O₂ | 16.9% | | |
| CO | 7ppm | ----- | 0.0007 % |
| CO₂ | 3.05% | | |
| Exc aire | 360.1% | | |

Humedad 0.0248kg/kg de aire seco



Utilizar las ecuaciones del ANEXO 2 para encontrar los coeficientes y completar la ecuación química:

Igualar carbonos:

$$12a = e + j$$

$$a = \frac{3.05 + 0.0007}{12} = 0.254$$

Contenido de azufre:

$$0.05a = g$$

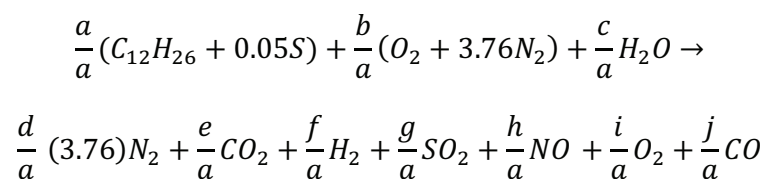
$$g = 0.05 * 0.254 = 0.0127$$

Del ANEXO 2 ecuación 2.7:

$$\frac{A/C_{real}}{14.94} = 4.601$$

$$A/C_{real} = 4.601 * 14.94 = 68.739$$

La relación A/C_{esteq} utiliza los valores de la ecuación estequiométrica y así tener en cuenta que el coeficiente del diesel es la unidad. Para la relación A/C_{real} se lo resuelve en forma similar por lo que se divide a toda la ecuación real para el coeficiente del diesel que en este caso es a, de la siguiente manera:



Despejar y encontrar b:

$$b = \frac{68.739 * 0.21 * 170 * 0.254}{28.84} = 21.632$$

Para el contenido del agua usar la humedad:

$$c = 21.632 * 0.0248 = 0.536$$

Para el hidrógeno:

$$26a + 2c = 2f$$

$$f = \frac{26 * 0.254 + 2 * 0.53647}{2} = 3.841$$

Para los óxidos de nitrógeno igualar los oxígenos:

$$2b + c = 2e + f + 2g + h + 2i + j$$

$$h = \frac{2 * 21.632 + 0.536 - 2 * 3.05 - 0.0007 - 3.841 - 2 * 0.0127 - 2 * 16.9}{16.9}$$

$$h = 0.0327$$

Finalmente se igualan los nitrógenos:

$$2 * 3.76 * b = 2 * d + h$$

$$d = \frac{2 * 3.76 * 21.6319 - 0.03269}{2 * 3.76} = 81.319$$

Ecuación química igualada:

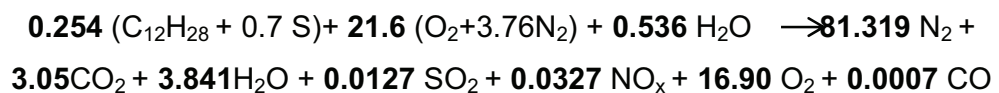


Tabla 4. 2 Tabla de resultados ESPE

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | 30.1 |
| Oxígeno O ₂ (%) | 16.9 |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | 7 |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | 3.05 |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 327 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 127 |
| Exceso de aire (%) | 360.1 |

4.2 PRUEBAS EN EMPRESAS DE LA LOCALIDAD

4.2.1 SELECCIÓN DE EMPRESAS

Para la ejecución de la toma de datos con el analizador de gases testo 335, se utilizó una sonda que se colocó en puntos de medición ubicados en las chimeneas de hornos y calderas, por lo que las empresas que poseen este tipo de maquinaria y equipo industrial, son las idóneas para realizar este estudio.

Se solicitó la autorización para realizar la medición de gases en chimeneas de las siguientes empresas:

- TESALIA SPRINGS COMPANY S.A., Sect. Machachi
- ADELCA, ACERÍA DEL ECUADOR C.A., Vía Alóag, Sto.domingo Km .1 1/2

- ECOFROZ S.A., Sect. Aloasí, Machachi
- NOVACERO S.A., localizada en Lasso, provincia de Cotopaxi
- HOLCIM ECUADOR S.A., Barrio San Rafael, vía a San Juan Latacunga.
- CEDAL, Sect. Latacunga

Las empresas guardan con mucho recelo la información pertinente de las emisiones de gases al aire, pues ser divulgada podría comprometer a sanciones por parte del Ministerio del Ambiente.

De las empresas anteriormente mencionadas, solamente se aceptó la solicitud en ADELCA.

Por medio del convenio vigente con la ESPE, fue posible realizar mediciones en el horno de ANDEC cuyas instalaciones están ubicadas en el sector de la Puntilla Guasmo Sur en la ciudad de Guayaquil.

Además se pudo concretar una visita al laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador, que forma parte de los laboratorios certificados para realizar estudios correspondientes a la medición de gases de combustión provenientes de equipos y maquinaria industrial.

Y gracias al departamento de Mantenimiento del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito, fue posible realizar mediciones en el incinerador.

4.2.2 SELECCIÓN DE PROCESOS, EQUIPOS Y MÁQUINAS SUJETAS A PRUEBAS CON EL ANALIZADOR DE GASES

ADELCA posee plantas de Laminado, Trefilado y Fundidora, cada una cuenta con hornos que tienen chimeneas que alcanzan los 36 mts. de altura ideales para realizar mediciones y aplicar todo el procedimiento.

La chimenea del horno de la NAVE T07 de laminados fue la que se autorizó para realizar las mediciones.

En este horno se calientan a unos 600°C, los lingotes de acero son el material directo para la elaboración de varillas de construcción, que es uno de los productos que se hacen en la fábrica.

La chimenea mide 30 mts de altura y 1.5 mts de diámetro.



Figura 4. 5 Chimeneas de hornos de ADELCA

En la planta industrial de acería y laminación de ANDEC existen varios hornos que trabajan con electricidad y con combustible industrial. Al ser una empresa que cumple normas internacionales y reglamentos internos, fue necesario el participar en una charla de inducción y observar material videográfico relacionado con la seguridad industrial.

La chimenea de ANDEC mide aproximadamente 36 mts de altura y esta equipada con una plataforma y un punto de medición como recomienda la norma TULAS.



Figura 4. 6 Chimeneas ANDEC

En la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador se hizo las pruebas en un caldero que los alumnos utilizan para realizar sus prácticas académicas de manera similar al caldero que existe en el laboratorio de energías de la ESPE.

En el Aeropuerto Mariscal Sucre se realizaron mediciones en la chimenea del incinerador cuya función es la quema de toda la basura proveniente de las instalaciones del aeropuerto, gracias a la autorización del jefe de mantenimiento fue posible acceder a este lugar.



Figura 4. 7 Incinerador del Aeropuerto Mariscal Sucre

4.2.3 EJECUCIÓN DE LA GUÍA DE PRUEBAS

Con la información proporcionada se llenan los cuadros que se detallan a continuación:

Tabla 4. 3 Cuadro Informativo ADELCA

| ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------|------------|
| EMPRESA | ADELCA | FECHA DE MEDICIÓN | 20/07/11 |
| CIUDAD | ALOAG | No. REGISTRO | 002 |
| DIRECCIÓN | Vía Alóag, Sto.domingo Km .1 1/2 | | |
| RESPONSABLE | Ing. Xavier Villalba | TELÉFONO | 02-3968100 |

| | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------|--------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | BUNKER, FUEL OIL #6 | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | HORNO | | |
| No. DE MEDICIONES | 1 | MÉTODO | CELDA ELECTROQUÍMICAS |

| | | | |
|-------------------------|------|---------------------------|------|
| T AMB BULBO SECO | 19°C | T AMB BULBO HÚMEDO | 13°C |
|-------------------------|------|---------------------------|------|

Tabla 4. 4 Cuadro Informativo UNIVERSIDAD CENTRAL

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

| LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|---|---------------------------------------|--------------------------|-----------|
| EMPRESA | UNIVERSIDAD CENTRAL | FECHA DE MEDICIÓN | 19/05/11 |
| CIUDAD | QUITO | No. REGISTRO | 003 |
| DIRECCIÓN | Ciudadela Universitaria. Av. América. | | |
| RESPONSABLE | Ing. Washington Ruiz | TELÉFONO | 084690239 |

| | | | |
|----------------------------|---------|---------------|--------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | DIESEL | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | CALDERO | | |
| No. DE MEDICIONES | 1 | MÉTODO | CELDA ELECTROQUÍMICAS |

| | | | |
|-------------------------|------|---------------------------|------|
| T AMB BULBO SECO | 17°C | T AMB BULBO HÚMEDO | 12°C |
|-------------------------|------|---------------------------|------|

Tabla 4. 5 Cuadro Informativo ANDEC

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

| LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|------------|
| EMPRESA | ANDEC | FECHA DE MEDICIÓN | 30/06/12 |
| CIUDAD | QUITO | No. REGISTRO | 004 |
| DIRECCIÓN | Guasmo Sur Av Raúl Clemente Huerta. | | |
| RESPONSABLE | Ing. Ángel Narváez | TELÉFONO | 04 2482833 |

| | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | BUNKER, FUEL OIL #6 | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | HORNO | | |
| No. DE MEDICIONES | 1 | MÉTODO | CELIDAS ELECTROQUÍMICAS |

| | | | |
|-------------------------|------|---------------------------|------|
| T AMB BULBO SECO | 28°C | T AMB BULBO HÚMEDO | 22°C |
|-------------------------|------|---------------------------|------|

Tabla 4. 6 Cuadro Informativo ANDEC

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

| LABORATORIO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|----------|
| EMPRESA | AEROPUERTO MARISCAL SUCRE | FECHA DE MEDICIÓN | 10/07/12 |
| CIUDAD | QUITO | No. REGISTRO | 005 |
| DIRECCIÓN | Avs. Amazonas y De la Prensa s/n | | |
| RESPONSABLE | | TELÉFONO | |

| | | | |
|----------------------------|-------------|---------------|--------------------------|
| TIPO DE COMBUSTIBLE | DIESEL | | |
| TIPO DE MAQUINARIA | INCINERADOR | | |
| No. DE MEDICIONES | 1 | MÉTODO | CELDA ELECTROQUÍMICAS |

| | | | |
|-------------------------|------|---------------------------|------|
| T AMB BULBO SECO | 17°C | T AMB BULBO HÚMEDO | 13°C |
|-------------------------|------|---------------------------|------|

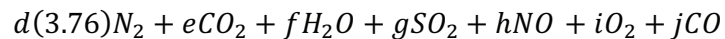
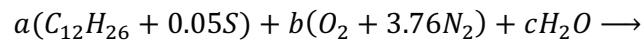
4.3 REGISTRO Y ELABORACIÓN DEL HISTÓRICO DE RESULTADOS

Para Horno de Adelca

CÁLCULOS

Datos obtenidos con el analizador (promedios):

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| O₂ | 18.75% |
| CO | 3ppm ----- 0.0003 % |
| CO₂ | 1.75% |
| Exc aire | 696% |
| Humedad | 0.0111kg/kg de aire seco |



Utilizar las ecuaciones del ANEXO 2 para encontrar los coeficientes y completar la ecuación química:

Igualar carbonos:

$$a = \frac{1.75 + 0.0003}{12} = 0.146$$

Contenido de azufre:

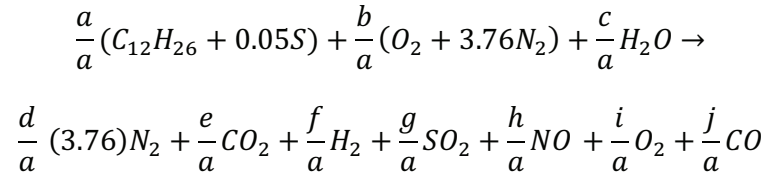
$$g = 0.05 * 0.146 = 0.0073$$

Del ANEXO 2 ecuación 2.7:

$$\frac{A/C_{\text{real}}}{14.94} = 7.960$$

$$A/C_{\text{real}} = 7.960 * 14.94 = 118.922$$

Utilizar la ecuación 2.6 descrita en el ANEXO 2 para calcular el coeficiente:



Despejar y encontrar b:

$$b = \frac{118.92 * 0.21 * 170 * 0.146}{28.84} = 21.472$$

Para el contenido del agua usar la humedad:

$$c = 21.472 * 0.0111 = 0.238$$

Para el hidrógeno:

$$f = \frac{26 * 0.146 + 2 * 0.23834}{2} = 2.134$$

Para los óxidos de nitrógeno igualar los oxígenos:

$$h = 2 * 21.472 + 0.238 - 2 * 1.75 - 0.0003$$

$$- 2.134 - 2 * 0.0073 - 2 * 18.75$$

$$h = 0.0325$$

Finalmente se igualan los nitrógenos:

$$d = \frac{2 * 3.76 * 21.4718 - 0.0325}{2 * 3.76} = 80.718$$

Ecuación química igualada:

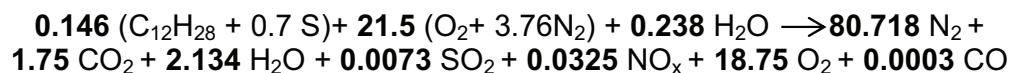


Tabla 4. 7 Tabla de resultados ADELCA

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | 19 |
| Oxigeno O ₂ (%) | 18.75 |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | 3 |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | 1.75 |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 325 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 73 |
| Exceso de aire (%) | 696 |

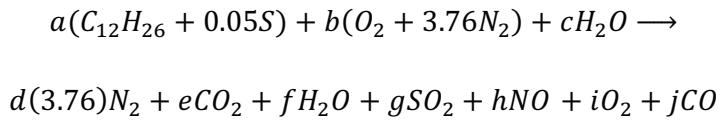
Para caldero de la UCE:

CÁLCULOS

Datos obtenidos con el analizador (promedios):

| | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------|----------|
| O₂ | 17.15% | | |
| CO | 813ppm | ----- | 0.0813 % |
| CO₂ | 2.72% | | |
| Exc aire | 397.4% | | |
| Humedad | 0.01126kg/kg de aire seco | | |

Utilizar las ecuaciones del ANEXO 2 para encontrar los coeficientes y completar la ecuación química:



Igualar carbonos:

$$a = \frac{2.72 + 0.0813}{12} = 0.233$$

Contenido de azufre:

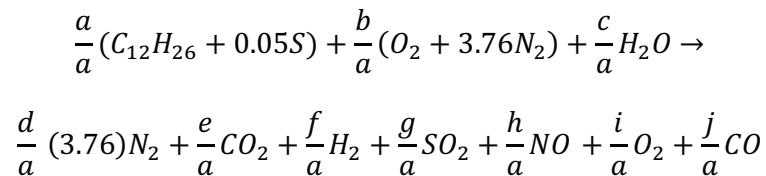
$$g = 0.05 * 0.233 = 0.0117$$

Del ANEXO 2 ecuación 2.7:

$$\frac{A/C_{\text{real}}}{14.94} = 4.974$$

$$A/C_{\text{real}} = 4.974 * 14.94 = 74.312$$

Utilizar la ecuación 2.6 descrita en el ANEXO 2 para calcular el coeficiente:



Despejar y encontrar b:

$$b = \frac{74.312 * 0.21 * 170 * 0.233}{28.84} = 21.474$$

Para el contenido del agua usar la humedad:

$$c = 21.474 * 0.0113 = 0.242$$

Para el hidrógeno:

$$f = \frac{26 * 0.233 + 2 * 0.24179}{2} = 3.277$$

Para los óxidos de nitrógeno igualar los oxígenos:

$$h = 2 * 21.474 + 0.242 - 2 * 2.72 - 0.0813 - 3.277 - 2 * 0.0117 - 2 * 17.15$$

$$h = 0.0681$$

Finalmente se igualan los nitrógenos:

$$d = \frac{2 * 3.76 * 21.4737 - 0.0681}{2 * 3.76} = 80.707$$

Ecuación química igualada:

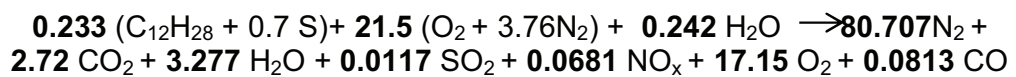


Tabla 4. 8 Tabla de resultados UCE

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | 23 |
| Oxígeno O ₂ (%) | 17.15 |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | 813 |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | 2.72 |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 681 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 117 |
| Exceso de aire (%) | 397.4 |

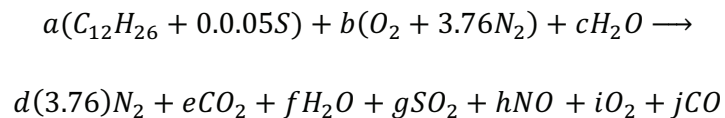
Para el horno de ANDEC:

CÁLCULOS

Datos obtenidos con el analizador (promedios):

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| O₂ | 17.16 % |
| CO | 27 ppm ----- 0.0027 % |
| CO₂ | 2.69 % |
| Exc aire | 414.1 % |
| Humedad | 0.0248 kg/kg de aire seco |

Utilizar las ecuaciones del ANEXO 2 para encontrar los coeficientes y completar la ecuación química:



Igualar carbonos:

$$a = \frac{2.69}{12} + \frac{0.0027}{12} = 0.224$$

Contenido de azufre:

$$g = 0.05 * 0.224 = 0.0112$$

Del ANEXO 2 ecuación 2.7:

$$\frac{A/ C_{real}}{14.94} = 5.141$$

$$A/ C_{real} = 5.141 * 14.94 = 76.807$$

Utilizar la ecuación 2.6 descrita en el ANEXO 2 para calcular el coeficiente:

$$\frac{a}{a}(C_{12}H_{26} + 0.05S) + \frac{b}{a}(O_2 + 3.76N_2) + \frac{c}{a}H_2O \rightarrow$$

$$\frac{d}{a}(3.76)N_2 + \frac{e}{a}CO_2 + \frac{f}{a}H_2 + \frac{g}{a}SO_2 + \frac{h}{a}NO + \frac{i}{a}O_2 + \frac{j}{a}CO$$

Despejar y encontrar b:

$$b = \frac{76.807 * 0.21 * 170 * 0.224}{28.84} = 21.334$$

Para el contenido del agua usar la humedad:

$$c = 21.334 * 0.0248 = 0.529$$

Para el hidrógeno:

$$f = \frac{26 * 0.224 + 2 * 0.52909}{2} = 3.446$$

Para los óxidos de nitrógeno igualar los oxígenos:

$$h = 2 * 21.334 + 0.529 - 2 * 2.69 - 0.0027 - 3.446 - 2 * 0.0112 - 2 * 17.16$$

$$h = 0.0263$$

Finalmente se igualan los nitrógenos:

$$d = \frac{2 * 3.76 * 21.3343 - 0.02632}{2 * 3.76} = 80.204$$

Ecuación química igualada:

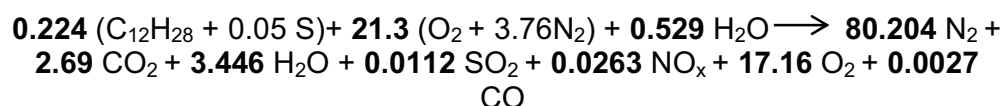


Tabla 4. 9 Tabla de resultados ANDEC

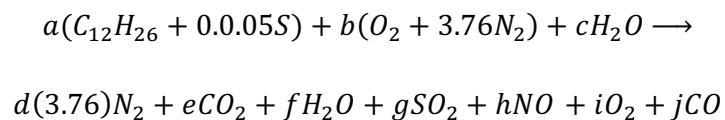
| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | 29.6 |
| Oxigeno O ₂ (%) | 17.16 |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | 27 |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | 2.69 |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 263 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 112 |
| Exceso de aire (%) | 414.1 |

Para el incinerador del Aeropuerto Mariscal Sucre:

CÁLCULOS

Datos obtenidos con el analizador (promedios):

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| O₂ | 16.54% |
| CO | 1ppm ----- 0.0001 % |
| CO₂ | 3.22% |
| Exc aire | 333.8% |
| Humedad | 0.0108kg/kg de aire seco |



Utilizar las ecuaciones del ANEXO 2 para encontrar los coeficientes y completar la ecuación química:

Igualar carbonos:

$$a = \frac{3.22 + 0.0001}{12} = 0.268$$

Contenido de azufre:

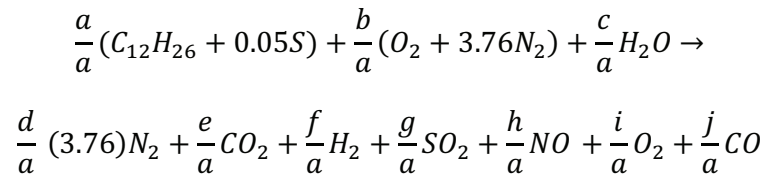
$$g = 0.05 * 0.268 = 0.0134$$

Del ANEXO 2 ecuación 2.7:

$$\frac{A/C_{\text{real}}}{14.94} = 4.338$$

$$A/C_{\text{real}} = 4.338 * 14.94 = 64.810$$

Utilizar la ecuación 2.6 descrita en el ANEXO 2 para calcular el coeficiente:



Despejar y encontrar b:

$$b = \frac{64.81 * 0.21 * 170 * 0.268}{28.84} = 21.528$$

Para el contenido del agua usar la humedad:

$$c = 21.528 * 0.0108 = 0.233$$

Para el hidrógeno:

$$f = \frac{26 * 0.268 + 2 * 0.2325}{2} = 3.721$$

Para los óxidos de nitrógeno igualar los oxígenos:

$$h = 2 * 21.528 + 0.233 - 2 * 3.22 - 0.0001 - 3.721 - 2 * 0.0134 - 2 * 16.54$$

$$h = 0.0204$$

Finalmente se igualan los nitrógenos:

$$d = \frac{2 * 3.76 * 21.5279 - 0.02038}{2 * 3.76} = 80.935$$

Ecuación química igualada:

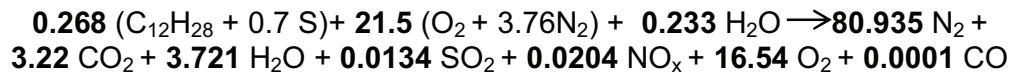


Tabla 4. 10 Tabla de resultados AIMS

| TABLA DE RESULTADOS | |
|---|-------------------|
| DETERMINACIONES | MEDICIONES |
| Temperatura ambiente (°C) | 18 |
| Oxígeno O ₂ (%) | 16.54 |
| Monóxido de carbono CO (ppm) | 1 |
| Dióxido de carbono CO ₂ (%) | 3.22 |
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 204 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 134 |
| Exceso de aire (%) | 333.8 |

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 APLICACIÓN DE NORMAS DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL

Para la aplicación de normas de impacto y control ambiental, en primer lugar se debe comparar los valores obtenidos con los permisibles:

Tabla 5. 1 Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión

| CONTAMINANTE EMITIDO | COMBUSTIBLE UTILIZADO | VALOR | UNIDADES ^[1] |
|----------------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| Partículas Totales | Sólido | 150 | mg/Nm ³ |
| | Líquido ^[2] | 150 | mg/Nm ³ |
| | Gaseoso | No Aplicable | No Aplicable |
| Óxidos de Nitrógeno | Sólido | 850 | mg/Nm ³ |
| | Líquido ^[2] | 550 | mg/Nm ³ |
| | Gaseoso | 400 | mg/Nm ³ |
| Dióxido de Azufre | Sólido | 1 650 | mg/Nm ³ |
| | Líquido ^[2] | 1 650 | mg/Nm ³ |
| | Gaseoso | No Aplicable | No Aplicable |

Notas:

^[1] mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

^[2] combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, bunker C, petróleo crudo, naftas.

FUENTE: TULAS Libro VI Anexo 3

Los resultados obtenidos en el caldero se muestran en la Tabla 5. 2

Tabla 5. 2 Conversion (ppm) - (mg/m3) ESPE

| | [ppm] | [mg/m ³] |
|---|-------|----------------------|
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 326.9 | 400.29 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 127 | 332.05 |

HORNO DE PRECALENTAMIENTO DE LINGOTES ADELCA:

Tabla 5. 3 Conversión (ppm) – (mg/m³) ADELCA

| | [ppm] | [mg/m ³] |
|---|-------|----------------------|
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 324.9 | 397.94 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 73 | 190.50 |

CALDERO UCE:

Tabla 5. 4 Conversión (ppm) – (mg/m³) UCE

| | [ppm] | [mg/m ³] |
|---|-------|----------------------|
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 680.9 | 833.83 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 117 | 304.93 |

HORNO ANDEC:

Tabla 5. 5 Conversión (ppm) – (mg/m³) ANDEC

| | [ppm] | [mg/m ³] |
|---|-------|----------------------|
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 263 | 322.27 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 112 | 293.08 |

INCINERADOR AEROPUERTO:

Tabla 5. 6 Conversión (ppm) – (mg/m³) AEIMS

| | [ppm] | [mg/m ³] |
|---|-------|----------------------|
| Óxidos nitrosos NO _x (ppm) | 203 | 249.55 |
| Dióxido de azufre SO ₂ (ppm) | 154 | 350.48 |

Se observa que el caldero de la ESPE por ser nuevo y estar en buen estado presenta valores bajos tanto en los NO_x y SO₂.

En ADELCA los valores se encuentran por debajo de la norma permisible y se constató que esta empresa tiene un buen equipo calibrado por ello que presenta valores bajos tanto en los NO_x y SO₂.

Se puede observar que el caldero de la UCE no cumple con la norma debido a que el valor del NO_x sobrepasa lo establecido en la norma.

Se puede observar que el horno de ANDEC esta dentro de los parámetros permisibles.

Las mediciones del incinerador del Aeropuerto Mariscal Sucre también se encuentran dentro del límite establecido por la norma ecuatoriana.

5.2 CUADRO COMPARATIVO DE LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES EMITIDAS POR LAS EMPRESAS SUJETAS A ENSAYO

A continuación se presentan dos cuadros con los valores obtenidos de las instituciones sujetas a ensayo, y se las compara con el límite establecido por el TULAS.

Tabla 5. 7 Cuadro comparativo de Instituciones sujetas al ensayo en base a su contenido de NO_x

| | [mg/m ³] | TULAS | EXCESO | CUMPLE |
|---------------|----------------------|----------------------|--------|--------|
| | | [mg/m ³] | % | |
| UCE | 833.83 | 550 | 39% | NO |
| ADELCA | 397.94 | | ----- | SI |
| ESPE | 400.29 | | ----- | SI |
| ANDEC | 322.27 | | ----- | SI |
| AIMS | 249.55 | | ----- | SI |

Tabla 5. 8 Cuadro comparativo de Instituciones sujetas al ensayo en base a su contenido de SO₂

| | [mg/m ³] | TULAS | EXCESO | CUMPLE |
|---------------|----------------------|----------------------|--------|--------|
| | | [mg/m ³] | % | |
| UCE | 304.93 | 1650 | ----- | SI |
| ADELCA | 190.50 | | ----- | SI |
| ESPE | 332.05 | | ----- | SI |
| ANDEC | 293.08 | | ----- | SI |
| AIMS | 350.48 | | ----- | SI |

Como se puede apreciar el caldero de la Universidad Central del Ecuador excede sus emisiones de NO_x en un 39%, es por ello que no cumple con la

norma descrita por el TULAS, y por lo tanto este caldero contamina el ambiente, particularmente el aire.

Este dato está acorde con la contaminación generada por el caldero que a simple vista se pudo apreciar, pues el humo que generaban los gases de combustión contenía partículas de carbón que flotaban en el aire, pero que no incomoda a esta institución debido a que el campus universitario es muy extenso y la chimenea del caldero está en un lugar bastante despejado.

Otra consideración es que solo utilizan este caldero para realizar prácticas de laboratorio de química, y solo se lo enciende pocas horas a la semana. Tal vez por esta razón la UCE no toma medidas en cuanto al funcionamiento de su caldero.

5.3 ACCIONES E IMPLEMENTACIONES PARA MEJORAS EN EL USO Y MANEJO DE LA ENERGÍA PARA LOGRAR UN CONTROL DEL AMBIENTE LIMPIO

Es necesario conseguir una aproximación a la combustión completa (combustión estequiométrica) del combustible. Un parámetro determinante para un funcionamiento óptimo entre otros, es la configuración del aire de combustión. Regular este parámetro resulta beneficioso tanto para el ahorro de combustible como para el control de emisiones de gases contaminantes.

El caldero de la Universidad Central presentó valores altos de monóxido de carbono, que aunque no existe una regulación en la norma, se debe cuidado debido a que es un gas dañino para los seres vivos y el ambiente.

Cuando un equipo presenta niveles altos de CO, de acuerdo a las recomendaciones de testo se procede de la siguiente manera:

CO mayor de 500 ppm: Mantenimiento del sistema

CO mayor de 1000 ppm: Cierre del suministro

En el caso del caldero de la Universidad Central, los valores de CO superan los 800 ppm la recomendación es dar mantenimiento y regular el exceso de aire

5.4 MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Con los datos obtenidos de las mediciones y luego de deducir las concentraciones de los gases faltantes, se procede con la elaboración de la matriz de impacto ambiental.

Las acciones y factores que se detallan en la matriz se los analiza en la fase de operación, debido a que las empresas se encontraban laborando normalmente.

Para otorgar valores de magnitud se realiza una combinación de los aspectos detallados en la página 11. El valor cualitativo está comprendido entre el 1 y el 10, en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado, y 1 la mínima. La Tabla 5. 9 indica los valores que se asignaron acorde a la combinación, por ejemplo para una combinación Permanente – Alta – Cierta – Irreversible (P.A.C.I.) tendrá un valor de 10 porque es la más intensa, por otro lado la combinación TEMPORAL – BAJO – PROBABLE – REVERSIBLE (T.B.PR.R), tendrá el valor de 1 por ser la menos intensa.

Tabla 5. 9 Asignación de valores de Magnitud

| INTENSIDAD | COMBINACION |
|-------------------|--|
| 1 | T.B.PR.R. |
| 2 | T.B.PR.I., T.B.C.R. |
| 3 | T.B.C.I. |
| 4 | T.M.PR.R. |
| 5 | T.M.C.R., T.M.PR.I., T.A.PR.R. |
| 6 | P.B.PR.R., T.M.C.I., T.A.C.R., T.A.PR.I. |
| 7 | P.B.C.R., P.B.PR.I., P.M.PR.R., T.A.C.I. |
| 8 | P.B.C.I., P.M.C.R., P.M.PR.I., P.A.PR.R. |
| 9 | P.M.C.I., P.A.C.R., P.A.PR.I. |
| 10 | P.A.C.I |

Se realiza el análisis con la supervisión y recomendaciones de un ingeniero ambiental para garantizar que el procedimiento es el adecuado.

En las Tabla 5. 10 y Tabla 5. 11 que se detallan a continuación, muestran las combinaciones que se asignaron para calificar la magnitud del impacto, no todos los cuadros de las matrices están llenos debido a que no aplicaban para la calificación.

Tabla 5. 10 Asignación de combinaciones para calificar la Magnitud de los resultados de ADELCA

| MEDIO | ASPECTO AMBIENTAL | OPERACIÓN | | | | | | | NÚMERO DE IMPACTOS | FACTORES BENEFICOS | MAYORES IMPACTOS |
|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------|-----------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | Requerimientos de Energía | Mano de obra | Fundición | Emissiones a la Atmosfera | Mantenimiento | Distribucion de productos terminados | Circulación vehicular | | | |
| FÍSICO - BIOLÓGICOS | Flora | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | TBCR | TAPRR | | TMCR | | | |
| | Variedad | | | | TMPRR | TBPRR | | TAPRR | | | |
| | Fauna | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | TMPRR | TAPRR | | TAPRR | | | |
| | Variedad | | | | PBPRR | TBPRR | | TAPRR | | | |
| | Aire | | | | | | | | | | |
| | CO ₂ | | | TBPRR | TMPRR | TACR | | TACR | | | |
| | NO _x | | | TBPRR | TMCR | TACR | | TACR | | | |
| | SO ₂ | | | TBPRR | TMCR | TACR | | TACR | | | |
| CO | | | TBPRR | TBCR | TACR | | TACR | | | | |
| SOCIO ECONÓMICOS | Económicos | | | | | | | | | | |
| | Pop. Trabajadora | TMPRI | TACI | | | TACR | TMCR | | | | |
| | Sociales | | | | | | | | | | |
| | Salud | TMPRR | TAPRR | TMPRR | TMCR | TMPRR | | PBPRI | | | |
| | Culturales | | | | | | | | | | |
| | Paisaje | TBPRR | | | TMCR | TACR | TBCR | TACR | | | |
| MAYOR MAGNITUD | | | | | | | | | | | |
| MAYOR IMPORTANCIA | | | | | | | | | | | |
| NUMERO DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | |

Tabla 5. 11 Asignación de combinaciones para calificar la Magnitud de los resultados de ANDEC

| MEDIO | ASPECTO AMBIENTAL | OPERACIÓN | | | | | | | NÚMERO DE IMPACTOS | FACTORES BENEFICOS | MAYORES IMPACTOS |
|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------|-----------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | Requerimientos de Energía | Mano de obra | Fundición | Emisiones a la Atmosfera | Mantenimiento | Distribución de productos terminados | Circulación vehicular | | | |
| FÍSICO - BIOLÓGICOS | Flora | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | TMPRR | TAPRR | | TMCR | | | |
| | Variedad | | | | TMPRR | TBPRR | | PMPRR | | | |
| | Fauna | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | TMPRI | TAPRR | | TBCI | | | |
| | Variedad | | | | TMCI | TBPRR | | TBCI | | | |
| | Aire | | | | | | | | | | |
| | CO ₂ | | | TBPRR | TMPRR | TACR | | TMCR | | | |
| | NO _x | | | TBPRR | TMCR | TACR | | TMCR | | | |
| | SO ₂ | | | TBPRR | TMCR | TACR | | TMCR | | | |
| | CO | | | TBPRR | TBCR | TACR | | TMCR | | | |
| SOCIO ECONÓMICOS | Económicos | | | | | | | | | | |
| | Pob. Trabajadora | TMPRI | TACI | | | TACR | TMCR | | | | |
| | Sociales | | | | | | | | | | |
| | Salud | TMPRR | TAPRR | TMPRR | TMCR | TMPRR | | PBPRI | | | |
| | Culturales | | | | | | | | | | |
| | Paisaje | TBPRR | | | TMCR | TACR | TBCR | TACR | | | |
| MAYOR MAGNITUD | | | | | | | | | | | |
| MAYOR IMPORTANCIA | | | | | | | | | | | |
| NUMERO DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | |

- Se utiliza la Tabla 5. 9 para asignar el valor numérico y se analiza el carácter para el signo respectivo. Finalmente se evalúa la importancia del impacto para completar cada celda de la matriz de impacto ambiental, cuyo resultado se muestra a continuación en la Tabla 5. 12 y la Tabla 5. 13.

Tabla 5. 12 Matriz de impacto ambiental de las mediciones de ADELCA

| MEDIO | ASPECTO AMBIENTAL | OPERACIÓN | | | | | | | NÚMERO DE IMPACTOS | FACTORES BENEFICOS | MAYORES IMPACTOS |
|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------|-----------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| | | Requerimientos de Energía | Mano de obra | Fundición | Emissiones a la Atmósfera | Mantenimiento | Distribución de productos terminados | Circulación vehicular | | | |
| FISCO - BIOLÓGICOS | Flora | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | -2 5 | +5 5 | | -5 4 | 3 | 1 | + - 5 |
| | Variedad | | | | -4 5 | +1 5 | | -7 5 | 3 | 1 | -7 |
| | Fauna | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | -4 5 | +5 4 | | -5 4 | 3 | 1 | + - 5 |
| | Variedad | | | | -5 5 | +1 3 | | -5 4 | 3 | 1 | -5 |
| | Aire | | | | | | | | | | |
| | CO ₂ | | | -1 2 | -4 4 | +6 8 | | -6 4 | 4 | 1 | + - 6 |
| | NO _x | | | -1 2 | -5 6 | +6 8 | | -6 4 | 4 | 1 | + - 6 |
| | SO ₂ | | | -1 2 | -5 5 | +6 8 | | -6 4 | 4 | 1 | + - 6 |
| CO | | | -1 4 | -2 3 | +6 8 | | -6 4 | 4 | 1 | + - 6 | |
| SOCIO ECONÓMICOS | Económicos | | | | | | | | | | |
| | Pob. Económica baja | +5 3 | +10 10 | | | -6 9 | -5 8 | | 4 | 2 | +10 |
| | Sociales | | | | | | | | | | |
| | Salud | -4 5 | +5 8 | -4 6 | -5 6 | +4 8 | | -7 6 | 6 | 2 | -7 |
| | Culturales | | | | | | | | | | |
| Paisaje | -1 6 | | | -5 4 | -6 7 | -2 8 | -6 4 | 5 | 0 | -6 | |
| MAYOR MAGNITUD | | +5 | +10 | -4 | -5 | + -6 | -5 | -7 | | | |
| MAYOR IMPORTANCIA | | 6 | 10 | 6 | 6 | 9 | 8 | 6 | | | |
| NUMERO DE IMPACTOS | | 3 | 2 | 5 | 10 | 11 | 2 | 10 | | | |

Para el análisis de los valores de los impactos de la matriz elaborada con los resultados de las mediciones realizadas en la chimenea de ADELCA, se tomó en cuenta que:

- El valor de +10/10 en mano de obra es debido a que la operación del horno contribuye significativamente al bienestar económico y social de las personas que habitan en los alrededores de la empresa, no solo por la fuente de empleo directa sino también por el giro comercial que favorece al sector.
- El valor de -5/6 es porque las emisiones están dentro de los límites establecidos por la norma. Se debe tener en cuenta que el horno trabaja todo el día en turnos rotativos los 365 días, a excepción cuando se lo apaga para realizar el mantenimiento respectivo.
- El mantenimiento tiene un + - 6/9 pues asegura el buen funcionamiento del horno ya que optimiza el proceso de combustión y

evita la emisión excesiva de contaminantes al ambiente. La paralización de las actividades en el horno durante el mantenimiento disminuye la producción de la empresa.

- Las emisiones vehiculares presentan concentraciones altas de gases contaminantes, pero son menos importantes debido a que el uso del vehículo dentro de las instalaciones de la empresa es restringido, es por ello que se le califica con un -7/6.

Tabla 5. 13 Matriz de impacto ambiental de las mediciones de ANDEC

| MEDIO | ASPECTO AMBIENTAL | OPERACIÓN | | | | | | | NÚMERO DE IMPACTOS | FACTORES BENEFICIOS | MAYORES IMPACTOS |
|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------|-----------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| | | Requerimientos de Energía | Mano de obra | Fundición | Emisiones a la Atmosfera | Mantenimiento | Distribución de productos terminados | Circulación vehicular | | | |
| FISCO - BIOLÓGICOS | Flora | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | -4 7 | +5 5 | | -5 4 | 3 | 1 | + - 5 |
| | Variedad | | | | -4 6 | +1 5 | | -7 5 | 3 | 1 | -7 |
| | Fauna | | | | | | | | | | |
| | Especies en peligro | | | | -5 5 | +5 4 | | -3 5 | 3 | 1 | + - 5 |
| | Variedad | | | | -6 5 | +1 3 | | -3 5 | 3 | 1 | -6 |
| | Aire | | | | | | | | | | |
| | CO ₂ | | | -1 2 | -4 4 | +6 8 | | -5 5 | 4 | 1 | +6 |
| | NO _x | | | -1 2 | -5 6 | +6 8 | | -5 5 | 4 | 1 | +6 |
| | SO ₂ | | | -1 2 | -5 5 | +6 8 | | -5 5 | 4 | 1 | +6 |
| | CO | | | -1 4 | -2 3 | +6 8 | | -5 5 | 4 | 1 | +6 |
| SOCIO ECONÓMICOS | Económicos | | | | | | | | | | |
| | Pob. Económica baja | +5 3 | +10 10 | | | -6 9 | -5 8 | | 4 | 1 | +10 |
| | Sociales | | | | | | | | | | |
| | Salud | -4 5 | +5 8 | -4 6 | -5 7 | +4 8 | | -7 5 | 6 | 2 | -7 |
| | Culturales | | | | | | | | | | |
| Paisaje | -1 6 | | | -5 4 | -6 7 | -2 8 | -6 6 | 5 | 0 | -6 | |
| MAYOR MAGNITUD | | +5 | -7 | -4 | -6 | + -6 | -5 | -7 | | | |
| MAYOR IMPORTANCIA | | 6 | 10 | 6 | 7 | 9 | 8 | 6 | | | |
| NUMERO DE IMPACTOS | | 3 | 2 | 5 | 10 | 11 | 2 | 10 | | | |

Para el análisis de los valores de los impactos de la matriz elaborada con los resultados de las mediciones realizadas en la chimenea de ANDEC, se tomó en cuenta que:

- El valor de +10/10 en mano de obra es debido a que la operación del horno contribuye significativamente al bienestar económico y social de las personas que habitan en los alrededores de la empresa, no solo

por la fuente de empleo directa sino también por el giro comercial que favorece al sector.

- El valor de -6/7 es porque las emisiones a la atmósfera están dentro de los límites establecidos por la norma. Se debe tener en cuenta que el horno trabaja todo el día en turnos rotativos los 365 días, a excepción cuando se lo apaga para realizar el mantenimiento respectivo.
- El mantenimiento tiene un + - 6/9 pues asegura el buen funcionamiento del horno ya que optimiza el proceso de combustión y evita la emisión excesiva de contaminantes al ambiente. La paralización de las actividades en el horno durante el mantenimiento disminuye la producción de la empresa.
- Las emisiones vehiculares presentan concentraciones altas de gases contaminantes, pero son menos importantes debido a que el uso del vehículo dentro de las instalaciones de la empresa es restringido, es por ello que se le califica con un -7/6.
- La empresa esta construida cerca al mar y en sus alrededores hay arboles y palmeras por lo que se da la importancia del caso.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El valor de +10/10 en mano de obra para ADELCA y ANDEC es debido a que la operación del horno contribuye significativamente al bienestar económico y social de las personas que habitan en los alrededores de la empresa.
- El valor de -5/6 ADELCA y de -6/7 en ANDEC que se obtuvo en las emisiones es porque están dentro de los límites establecidos por la norma. El impacto negativo por las emisiones de gases del horno de ANDEC es mayor al de ADELCA debido a que las instalaciones de la primera están construidas cerca al mar y rodeada de arboles y palmeras, lo que difiere de ADELCA que está en una zona industrial cercana a autopistas.
- Para ADELCA y ANDEC el mantenimiento tiene un valor de + - 6/9 pues asegura el buen funcionamiento del horno ya que optimiza el proceso de combustión y evita la emisión excesiva de contaminantes al ambiente.
- Las emisiones vehiculares presentan concentraciones altas de gases contaminantes, pero son menos importantes debido a que el uso del vehículo dentro de las instalaciones de la empresa es restringido, es por ello que se le califica con un -7/6.
- La norma TULAS recomienda que los NO_x no superen una concentración de 550 mg/m^3 dentro de las emisiones de gases, de los resultados obtenidos se puede concluir que están dentro de la norma el caldero de la ESPE (400.29 mg/m^3), el horno N-02 de ADELCA (397.94 mg/m^3), el horno de ANDEC (322.27 mg/m^3), el incinerador del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito (249.55 mg/m^3),

- Para el caldero de la UCE se obtuvo una medición de 833.83 mg/m³, no cumple la norma ya que está por encima del límite recomendado en un 39%.
- De los valores calculados de SO₂ se obtuvo para la ESPE 332.05 mg/m³, para ADELCA 190.50 mg/m³, para ANDEC 293.08 mg/m³, para el Aeropuerto Mariscal Sucre 350.48 mg/m³ y para la UCE 304.93 mg/m³ de lo que se concluye que las empresas e instituciones analizadas cumplen con la norma ya que se encuentran por debajo del límite recomendado que es 1650 mg/m³
- El analizador de gases testo 335 mostró una fácil utilización y programación para realizar mediciones de gases de combustión que se guardan automáticamente en la memoria interna para su posterior análisis.
- Por su tamaño y peso ligero es adecuado para realizar mediciones en una amplia variedad de chimeneas.
- La rápida detección de gases de combustión es una ventaja significativa.
- El análisis de impacto y control ambiental realizado en este proyecto beneficia a las empresas debido que evalúa si la calidad del aire en el ambiente dentro de la empresa es la adecuada para no comprometer la salud de los trabajadores, también evalúa si las concentraciones de contaminantes se encuentran en el rango que establece la norma para evitar sanciones que podrían llegar al cierre definitivo de la compañía.

6.2 RECOMENDACIONES

- Concientizar al gremio industrial sobre las ventajas preventivas de un control de emisiones de gases en equipos y máquinas y de esta manera continuar el estudio realizado en este proyecto con el análisis de combustibles sólidos y gaseosos.
- Para mantener un control en las emisiones se debe lograr que el aire sea suficiente para combustionar la mayor cantidad de carbono del

combustible y que no sea tan excesivo para evitar ineficiencia en la combustión.

- La concentración de SO_2 presente en las emisiones de gases de combustión es directamente proporcional al contenido de azufre que tiene como impureza el combustible, por ello se recomienda realizar periódicamente un análisis químico del combustible para controlar que el azufre se encuentre en niveles aceptables.
- Para utilizar el analizador de gases de una forma adecuada se debe utilizar el manual descrito y el video que se incluye
- La calibración del analizador de gases está certificada, sin embargo para obtener mediciones con un alto grado de certeza es necesario adquirir celdas electroquímicas de SO_2 y NO que son los gases a tomar en cuenta en la norma del TULAS.
- Para evitar errores al momento de analizar estadísticamente los datos, se recomienda adquirir el software y cable usb para conectarlo a un computador personal.
- Utilizar el archivo de Excel de este proyecto sirve para calcular los valores faltantes y los mismos que se comparan con la norma del TULAS.
- Implementar en la ESPE un laboratorio que realice estudios de impacto y control ambiental en conjunto con carreras afines.

ANEXO 1

**NORMAS DE EMISIONES AL AIRE DESDE
FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN, LIBRO
VI ANEXO 3 DEL TEXTO UNIFICADO DE
LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL
MINISTERIO DEL AMBIENTE**

ANEXO 2

FORMULAS

ANEXO 3

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL
ANALIZADOR DE GASES TESTO 335**

ANEXO 4

**MEDICIONES REALIZADAS EN EL
CALDERO DE LA ESPE**

ANEXO 5

HOJA DE EXCEL PARA CÁLCULOS

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Andrés, D. M., & Barrio, J. (2011). *Física y Química 3º ESO*. España: Editorial EDITEX.

Conesa Fdez-Vitora, V. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del impacto Ambiental* (4ta ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Coronel, J., & Graefling, W. (2002). Evaluación y Manejo Ambiental de una planta recicladora de plomo. Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

De la Maza, C., Estades, C., & Hernandez, J. (2007). *Biodiversidad Manejo Y Conservacion De Recursos Forestales*. Chile: Editorial Universitaria.

Esquerra, P. (1988). *Dispositivos y Sistemas para el Ahorro de Energía*. Barcelona: Marcombo, S.A.

Fernandez, J. (2006). Apuntes de clase. *Combustión Industrial*. Mendoza, Colombia.

Morales de Mosquera, Y. (1999). Los Impactos Ambientales y su Evaluación. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.

Paez, C. (2008). *Gestión de la Calidad del Aire*. Quito, Ecuador: S/E.

Sancho, J., Miró, R., & Gallardo, S. (2006). *Gestión de la Energía*. Valencia, España: Editorial de la UPV.

testo. (2006). *Tecnología de Medición en Calderas* (3ra ed.). Argentina.

testo. (2007). *Análisis de Gases de Combustión en la Industria* (2da ed.). Argentina.

Vargas , M. (1990). La corrosividad atmosférica sobre estructuras metálicas generada por fuentes estacionarias en Guayaquil. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

DIRECCIÓN DE INTERNET:

http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica

<http://www.ainyma.com/EFICIENCIA%20ENERGETICA/EE%20servicios%20auditorias.html>

<http://www.energia.inf.cu/iee->

<mep/SyT/CDG/Taller1BURE/COMBUSTION.PDF>

<http://www.ecocontrol.com.sv/archivos.combustion.html>

<http://www.ecocontrol.com.sv/archivos.php>

<http://www.cds.espol.edu.ec/documentos/Auditoria%20Energetica.pdf>

<http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/origen-clasificacion>