

2/4
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON**

**"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACION
PARA UN LABORATORIO DE EMISIONES
EN FUENTES FIJAS"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACION
P R E S E N T A
RICARDO MORALES GARCIA

ASESOR: ING. JUAN GASTALDI PEREZ.

SAN JUAN DE ARAGON, MEXICO.

AGOSTO, 1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

269026



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. JUAN GASTALDI PÉREZ
Jefe del Área de Ingeniería en Computación,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 27 de agosto del año en curso, por la que se comunica que el alumno RICARDO MORALES GARCÍA, de la carrera de ingeniero en Computación, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA UN LABORATORIO DE EMISIONES EN FUENTES FIJAS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 28 de agosto de 1998
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

AIR/MC/Vla.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas.

A mis profesores de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón por su dedicación y tiempo invertido al formarme como profesionista.

Quiero agradecer al asesor de esta Tesis Ing. Juan Gastaldi Pérez por su tiempo, dedicación y paciencia en la revisión de esta tesis. La culminación de este trabajo no hubiera sido posible sin su acertada dirección.

Al programa de apoyos económicos y becas para la formación de recursos humanos de la industria petrolera del Instituto Mexicano del Petróleo, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta tesis.

Al ingeniero Moisés Magdaleno Molina asesor interno del Instituto Mexicano del Petróleo, por que con su amplia experiencia en temas ambientales su participación en la revisión de esta tesis resultó fundamental.

Quiero agradecer el apoyo de todos los compañeros del Área de Combustión del Instituto Mexicano del Petróleo, especialmente a los ingenieros Isidro Mejía Centeno, Alfredo Sámano Molgado, Javier León Enriquez y Carlos Mandujano Mejía por sus comentarios y sugerencias



A mis padres por su infinito amor, por inculcarme valores tan firmes que me acompañarán por siempre a lo largo de mi vida personal y profesional, pero sobre todo por darme la herencia que creo más importante en mi vida: la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A mis hermanos Rodrigo, Rubén, Rolando, Rocio y Raquel por su cariño y solidaridad.

A mis abuelos, tíos y tías por darme siempre su apoyo.

A mis amigos y amigas por sus consejos y palabras de aliento.

Y a todos los que mi memoria omite y que colaboraron para que hoy pueda lograr esta meta gracias.



	Pág.
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Organización	3
1.2.1 Organización del área de combustión	3
1.3 Sistema Nacional de Refinación	5
1.4 Medición de Contaminantes	6
1.5 Medición de concentraciones en la fuente	7
1.5.1 Normatividad	7
1.6 Tecnología existente.	7
1.6.1 Equipos	9
1.6.1.1 Equipos analizadores	10
1.7 Análisis de la situación actual	14
1.8 Objetivo	15
1.9 Beneficios	15
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	16
2.1 Aire y Contaminación Atmosférica.	16
2.1.1 Contaminante del aire.	17
2.1.2 Clasificación general de los contaminantes del aire	19
2.1.3 Fuentes de Contaminación.	20
2.1.4 Efectos de la Contaminación del Aire	20
2.1.4.1 Efectos sobre los materiales.	22
2.1.4.2 Efectos sobre la vegetación.	23
2.1.4.3 Efectos sobre la salud humana.	24
2.2 Refinación del petróleo	27
2.3 Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994	29
2.3.1 Requisitos para cumplir con la norma	29
2.3.2 Sanciones	30
2.3.3 Condiciones para rebasar la Norma.	30
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA	32
3.1 Ciclo de vida de un sistema	33
3.1.1 Las siete etapas del desarrollo de sistemas.	33
3.1.1.1 Identificación de problemas, oportunidades y objetivos	33
3.1.1.2 Determinación de los requerimientos de información	34

	Pág.
3.1.1.3 Análisis de las necesidades del sistema	35
3.1.1.4 Diseño del sistema recomendado:	35
3.1.1.5 Desarrollo y documentación del software:	36
3.1.1.6 Prueba y mantenimiento del sistema.	37
3.1.1.7 Implantación y evaluación del sistema.	37
3.2 Las Técnicas Estructuradas.	38
3.2.1 Programación estructurada.	38
3.2.2 Diseño estructurado.	40
3.2.2.1 El diagrama de estructuras	41
3.2.3 Análisis estructurado	42
3.2.3.1 Diagramas de flujo de datos	43
3.2.4 Análisis estructurado moderno	44
3.2.5 Modelización de datos	45
3.2.6 Ingeniería de información.	46
3.3 Técnica del Desarrollo Conjunto de Aplicaciones (DCA)	49
3.4 Las Técnicas de Prototipos y Desarrollo Rápido de Aplicaciones (DRA).	50
3.5 Técnicas Orientadas a Objetos	52
3.6 Programación por eventos	52
3.6.1 Programación por Eventos utilizando Visual Basic.	53
3.6.2. Diferencias entre la programación por eventos y la programación orientada a objetos.	54
3.6.3 El uso de Bibliotecas de Ligado Dinámico (DLL)	55
 CAPITULO 4 DESARROLLO	 56
4.1 Identificación de problemas, oportunidades y objetivos	56
4.2 Determinación de los requerimientos del sistema	56
4.3 Definición de la arquitectura de la información	57
4.4 Análisis de las necesidades del sistema	58
4.4.1 Análisis de entidades	58
4.4.2 Análisis de interacciones	61
4.5 Diseño de la estructura de datos preliminar	62
4.6 Prototipo	66
4.7 Construcción del sistema	68
4.7.1 Pantalla Principal	71
4.7.2 Menús	73
4.7.3 Captura de datos	75
4.7.4 Visualización de datos y resultados	77
4.7.4.1 Pantalla de resultados	81
4.7.5 Manejo de archivos	83
4.7.6 Distribución de la aplicación	85

	Pág.
CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE CASO	86
5.1 Cálculos del Monitoreo Isocinético	87
5.1.1 Determinación del Peso Molecular base seca.	87
5.1.2 Exceso de aire	88
5.1.3 Volumen de agua como gas a condiciones estándar de presión y temperatura	89
5.1.4 Volumen de gas muestreado a condiciones estándar de presión y temperatura	92
5.1.5 Volumen de agua como gas a condiciones estándar de presión y temperatura	94
5.1.6 Contenido de humedad	94
5.1.7 Velocidad promedio de gases de chimenea	94
5.1.8 Flujo Volumétrico de gases secos a condiciones estándar	95
5.1.9 Concentración de partículas de gases de chimenea	96
5.1.10 Emisión de partículas de gases de chimenea	96
5.1.11 Flujo volumétrico de gases secos a condiciones actuales	96
5.1.12 Flujo volumétrico total a condiciones estándar	97
5.1.13 Flujo volumétrico total a condiciones actuales	97
5.1.14 Flujo volumétrico total a 60 °F	97
5.1.15 Porcentaje Isocinetismo	98
5.2 Resultados	100
5.3 Estudio costo-beneficio	102
5.3.1 Costo del sistema	104
CONCLUSIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106
GLOSARIO	108
ANEXO A	116

INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) fué creado en 1965, como un organismo descentralizado, de interés público, con carácter preponderantemente técnico, con personalidad jurídica y patrimonio propio con el objetivo de proporcionar a Petróleos Mexicanos el apoyo tecnológico necesario para coadyuvar en el suministro de los hidrocarburos y sus derivados requeridos para el desarrollo y expansión de la infraestructura industrial del país (IMP, 1997)

Durante la última década del milenio, la sensibilidad creciente de la opinión pública hacia los problemas de la protección ambiental, motivó que se diera mayor énfasis a la producción de combustibles cada vez más limpios, a las actividades de exploración y producción no contaminantes, tanto en tierra como en mar y al establecimiento de normas más estrictas sobre estas actividades.

Como consecuencia de la preocupación de Petróleos Mexicanos (PEMEX) hacia la protección del ambiente, el IMP ha dado prioridad al desarrollo de proyectos ambientales, colaborando con las subsidiarias de PEMEX en los estudios de control ambiental en la perforación de pozos, en el transporte de hidrocarburos y su procesamiento en las diferentes refinerías y complejos petroquímicos así como en el almacenamiento de los productos elaborados.

Respecto a la contaminación por las emisiones, problema que en nuestras ciudades ha llegado a alcanzar niveles alarmantes, desde hace más de dos décadas buena parte de los recursos materiales y humanos de la Institución se han dirigido a remediar esta situación, desarrollando para PEMEX y otras autoridades ambientales, proyectos de muy diversa índole.

El proyecto "Estudio integral para la evaluación y medición de emisiones e inmisiones en los 6 centros de refinación de PEMEX" contempla dentro de sus objetivos: a) el monitoreo de emisiones de fuentes fijas para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, en su artículo 17, fracción IV b) conocer cuantitativamente las emisiones generadas en sus fuentes fijas y en caso de exceder los niveles máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994, realizar acciones encaminadas a su control y minimización.

A fin de llevar a cabo los objetivos mencionados anteriormente, actualmente el Área de Combustión del IMP, hace uso de 4 laboratorios móviles equipados con equipos analizadores y sistemas de adquisición de datos que generan la información necesaria para la determinación y cuantificación de las emisiones provenientes de los equipos de combustión de los 6 centros de refinación de PEMEX. La información generada en el laboratorio permite conocer las concentraciones de los contaminantes emitidos, mismas que se comparan con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana.

Actualmente el intercambio y procesamiento de información es lento y en algunas de sus partes manual, esto hace necesario el desarrollo de un sistema de información que integre funciones de cálculo y procesamiento de datos.

El objetivo de esta tesis es presentar el desarrollo de un sistema de información que permita el manejo integral de los datos generados en el laboratorio, para ello:

El capítulo I muestra de manera general los aspectos que deben considerarse en el desarrollo de un sistema.

En el capítulo II se presentan algunos conceptos importantes que deben conocerse para entender las variables y el entorno del sistema.

El capítulo III muestra la metodología que nos permitirá el desarrollo del sistema de información

El capítulo IV está dedicado a explicar el desarrollo del sistema y su funcionamiento.

Finalmente el capítulo V muestra los resultados obtenidos para un estudio de caso, típico, para el cual fueron utilizados datos reales generados durante una campaña de monitoreo efectuada durante el año de 1997.

Con el fin de guardar la confidencialidad de nuestro cliente, en adelante adoptaremos las siguientes convenciones: a un centro de refinación le llamaremos refinería 1,2,3, del mismo modo se hará con las calderas, hornos o equipos listados en este trabajo.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES**1.1 Antecedentes**

Es importante establecer las definiciones del término, elementos y tipos de un sistema, con el fin de entender el objetivo del mismo. Establecer una definición precisa del término es una tarea difícil, debido principalmente a que existen diversas interpretaciones que dependen del campo de aplicación en el cual va a ser empleado. A continuación se presentan las definiciones que se consideran más adecuadas a ser adoptadas en el desarrollo de sistemas.

Un **sistema** es un conjunto de elementos o componentes que interactúan para alcanzar algún objetivo. Los sistemas son todo lo que rodea al ser humano; por ejemplo, se sienten sensaciones físicas originadas por un complejo sistema nervioso, un conjunto de partes que incluye al cerebro, espina dorsal, nervios y células sensitivas especiales debajo de la piel, que trabajan conjuntamente para hacer sentir calor, frío, comezón, etc. El hombre se comunica por medio del lenguaje, que es un sistema altamente desarrollado de palabras y símbolos que tienen significado; vive de acuerdo con un sistema económico en el cual los bienes y servicios se intercambian por otros de valor comparable.

Con frecuencia no se advierte pero un negocio también es un sistema. Sus partes tienen nombres como mercadotecnia, producción, ventas, investigación, embarque, contabilidad y personal. Estos componentes trabajan todos juntos para crear una utilidad que beneficie a los empleados y a los accionistas de la firma. Cada una de estas partes es un sistema en sí mismo.

Cuando se comienza a ver lo abundante que son los sistemas, no sorprende darse cuenta que cada sistema del negocio depende de una o más entidades abstractas llamadas **sistemas de información**.

Por medio de estos sistemas los datos pasan de una persona o departamento a otro y puede realizarse cualquier cosa, desde comunicaciones entre oficinas y comunicaciones telefónicas, hasta un sistema de computadora que genere informes periódicos para diferentes usuarios. Los sistemas de información, sirven a todos los sistemas de un negocio. Ellos son el lazo que mantiene unidos a diferentes componentes que pueden trabajar de manera efectiva hacia el mismo objetivo.

El objetivo de un sistema es la razón de su existencia. Por ejemplo, el sistema de arranque de un automóvil tiene un propósito claramente establecido: encender el combustible que puede transformarse en energía, que también utilizan otros sistemas del automóvil.

Tipos de sistemas:

Para cumplir sus propósitos, los sistemas interactúan con su medio, es decir, cualquier entidad que se sitúa fuera de los límites del sistema. Las fronteras separan al sistema de su medio ambiente.

Los sistemas que interactúan con su medio, reciben entrada y producen salida son **sistemas abiertos**, en contraste con los sistemas que no interactúan con sus alrededores y que se conocen como **sistemas cerrados**. Todos los sistemas en marcha son abiertos; por lo tanto, los sistemas cerrados existen solamente en forma conceptual.

El **elemento de control** se relaciona con la diferencia entre si los sistemas son abiertos o cerrados. Los sistemas trabajan mejor cuando operan dentro de niveles tolerables de rendimiento. Por ejemplo, la gente se siente mejor cuando la temperatura del cuerpo, medida por un termómetro, es 37°C. Una pequeña desviación de 37°C, por ejemplo 37.5°, probablemente no afectará mucho; sin embargo, la diferencia se puede notar. Ahora bien, una gran variación, como tener fiebre de 39.5°C, cambiará el funcionamiento corporal en forma drástica. El sistema descenderá y se volverá lento hasta que se corrija la condición. Si estas condiciones continúan por mucho tiempo, el resultado puede ser fatal: el sistema puede morir.

Existen niveles aceptables de rendimiento, llamados **estándares**. Los rendimientos reales se comparan contra los estándares. Las actividades que estén muy por encima o por debajo de estos estándares deben anotarse, de manera que se puedan estudiar y se hagan los ajustes necesarios. La información suministrada a través de la comparación de los resultados con los estándares y el informe de los elementos de control sobre las diferencias, se denomina **retroalimentación**.

Los sistemas utilizan un modelo de control básico que consiste en:

- Un estándar para rendimiento aceptable.
- Un método de medición de ese rendimiento real.
- Una forma para comparar el rendimiento real contra el estándar.
- Un método para retroalimentación.

Los sistemas que pueden ajustar sus actividades a niveles aceptables continúan funcionando; los que no pueden hacerlo, se detienen.

El concepto de interacción dentro de un medio que caracteriza a los sistemas abiertos es esencial para el control. Por medio de la recepción de la entrada y la evaluación de la misma, un sistema puede determinar qué tan bien está operando.

En contraste, los sistemas cerrados que no interactúan con el medio ambiente sostienen su operación solamente durante el tiempo que tengan información adecuada y no necesiten nada del medio. Dado que esta condición no puede existir por mucho tiempo, no hay sistemas cerrados; sin embargo, el concepto es importante, porque demuestra un objetivo del diseño de un sistema se deben construir sistemas que necesiten tan poca intervención externa como sea posible, para mantener un rendimiento aceptable. La autorregulación y el autoajuste, por lo tanto, son objetivos del diseño en todos los medios ambientes de sistemas.

1.2 Organización

Es necesario entender la organización de la empresa, las gerencias y el comportamiento de la organización, si deseamos crear un sistema de información práctico y funcional. Es importante conocer la estructura organizacional de la empresa para la cual se va a desarrollar el proyecto, ya que esto nos permitirá seleccionar la metodología que se empleará en la creación del Sistema.

Las organizaciones pequeñas pueden no requerir especialización pues basta con especificar claramente el trabajo que desempeñe una persona del que lleve a cabo otra. Sin embargo, en organizaciones que implican actividades más diversas y complejas, se requiere contar con una división de trabajos por departamentos

Es conveniente concebir a las organizaciones como sistemas diseñados para el cumplimiento de metas y objetivos específicos.

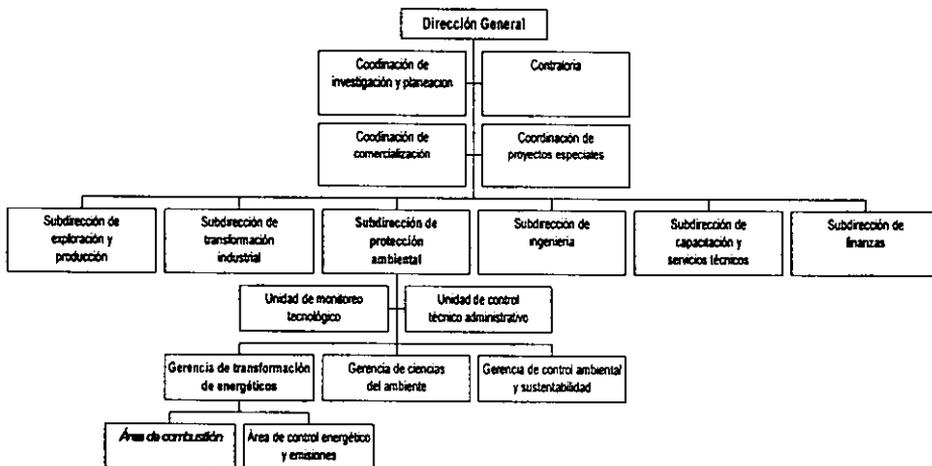
La organización funcional divide los departamentos de tal forma que cada uno de ellos contenga obligaciones y responsabilidades diferentes. Concentra las habilidades en forma efectiva al orientar a las personas hacia una actividad especial, ubica a los especialistas en un departamento

1.2.1 Organización del área de combustión del Instituto Mexicano del Petróleo.

En 1989 se crea la Gerencia de Protección Ambiental y Control Energético y se integra la División de Control Energético como respuesta a la creciente demanda de Petróleos Mexicanos en la evaluación de *emisiones en fuentes fijas* y ahorro de energía en sus centros de transformación industrial.

En 1995 ante los graves problemas que en materia ambiental ha venido sufriendo nuestro país, el Instituto Mexicano del Petróleo reestructura su organización creando la *Subdirección de Protección Ambiental* y con ella las *Gerencias de Protección Ambiental y Sustentabilidad, Ciencias del Ambiente y Transformación de Energéticos*. La División de Control Energético cambia de nombre al de *Área de Combustión* y se integra a la Gerencia de Transformación de Energéticos, con una organización funcional como la muestra la *figura 1.1*.

Figura 1.1 Ubicación del Área de Combustión en el Organigrama del Instituto Mexicano del Petróleo

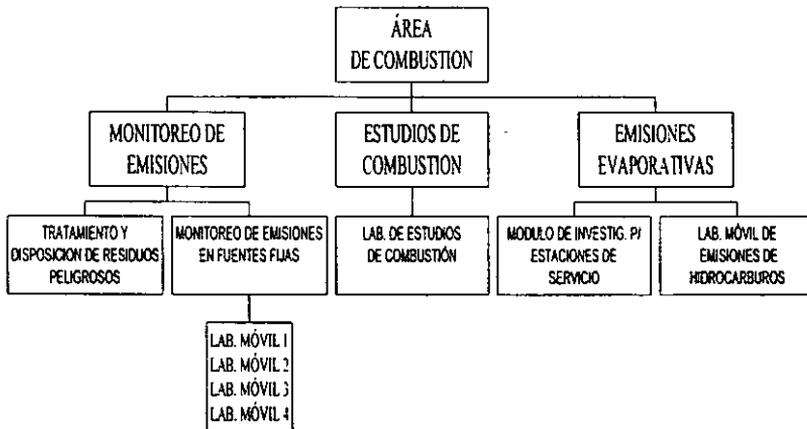


El Área de Combustión tiene como objetivos principales:

- Realizar servicios, proyectos e investigaciones relacionadas con las emisiones generadas por el uso de **combustibles fósiles**.
- Realizar auditorías energético-ambientales con el objeto de preservar y usar racionalmente los recursos energéticos.
- Realizar investigación y evaluación de equipos, accesorios y sistemas anticontaminantes y de recuperación de vapores para estaciones de servicio. (*Manual de Calidad Área de Combustión IMP, 1995*)

Como parte integral de la estructura orgánica del Área de Combustión se localizan los laboratorios móviles 1,2, 3 y 4 (*figura 1.2*) que son utilizados para realizar **monitoreos de emisiones** contaminantes en **fuentes fijas** las cuales tienen como fin el determinar la concentración y características de los **contaminantes**, así como la cantidad de gas que emiten las **chimeneas**.

Figura 1.2 Organigrama funcional del Área de Combustión



1.3 Sistema Nacional de Refinación

En nuestro país Petróleos Mexicanos cuenta con 6 Centros de Refinación (figura 1.3) "Miguel Hidalgo" en Tula; Hgo; "Francisco I. Madero" en Cd. Madero, Tamps; "Ing. Héctor Lara Sosa" en Cadereyta Nvo. León; "Ing. Antonio M. Amor" en Salamanca, Gto; "Gra. Lázaro Cárdenas" en Minatitlán, Ver; "Ing. Antonio Dovalí J." en Salina Cruz, Oax; los cuales integran el Sistema Nacional de Refinación de nuestro país con plantas cuya función es la de procesar y refinar el crudo para la producción de petrolíferos y materias básicas, garantizando su distribución y calidad.

Figura 1.3 Ubicación de los Centros de Refinación en la República Mexicana



1.4 Medición de Contaminantes

Mejorar o aún preservar la calidad del aire requiere de la medición de las concentraciones de los **contaminantes** en la atmósfera. Tal medición sirve para varias funciones vinculadas pero definibles:

1. La medición proporciona los datos necesarios sobre los cuales es posible determinar la relación de los efectos con los niveles de los contaminantes.
2. La medición provee un criterio cuantitativo sobre si los estándares de calidad del aire se están logrando o superando y en qué grado.
3. La medición es necesaria para determinar si algunos cambios nocivos en los niveles ambientales globales de los contaminantes están ocurriendo como resultado de las actividades del hombre.
4. La medición proporciona los datos para determinar el destino de los contaminantes en la **atmósfera** y, junto con la información meteorológica, es un auxilio para modelar y por consiguiente para predecir la relación entre concentraciones, emisiones y condiciones climáticas.
5. Las mediciones de la fuente proveen información acerca de las emisiones donde es aplicable, si el emisor está logrando el estándar regulador.

En cada una de estas circunstancias, serán diferentes los contaminantes por medir, la duración del programa de medición, la sensibilidad del método requerido y el período sobre el cual se promedia la **concentración**.

1.5 Medición de concentraciones en la fuente.

En el caso de algunas fuentes industriales de contaminación del aire, el registro de gases de desecho que se emiten continuamente es una parte importante del control del proceso, y ha sido una práctica estándar en las grandes plantas procesadoras durante muchos años porque la falta de control puede resultar en una pérdida de producto valiosa.

El éxito más grande con métodos de monitoreo continuo ha sido con instrumentación que mide alguna propiedad física del gas de interés, o una propiedad física de un producto de una reacción en fase gaseosa.

En general, el objetivo de la lucha contra la contaminación del aire consiste en alcanzar una serie de estándares de calidad del aire basados en efectos a la salud, así como, en factores estéticos y económicos.

1.5.1 Normatividad

El reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la contaminación de la Atmósfera en el Capítulo II "De la Emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes fijas", artículo 17 fracción IV, establece que los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal están obligados a medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta los registros, cuando así lo solicite [Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente]

El trabajo de monitoreo de emisiones en fuentes fijas realizado por el laboratorio móvil de emisiones en fuentes fijas está basado en los métodos y criterios establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994

1.6 Tecnología existente.

El laboratorio móvil para el cual se desarrolló el sistema de información es el *Laboratorio Móvil de Emisiones en Fuentes Fijas Número 3 (Figura 1.4)*. Este laboratorio está dotado de los equipos necesarios para realizar las mediciones de

emisiones y los equipos analizadores con los que cuenta cumplen con los principios de operación establecidos por la Norma NOM-085-ECOL-1994. Además este laboratorio se ha declarado competente por el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP) para efectuar las pruebas mencionadas en el cuadro 1.1

Cuadro 1.1 Relación de pruebas efectuadas por el laboratorio móvil

Prueba	Norma o Método
Determinación de flujo de gases en un conducto por medio de un tubo pitot.	NMX-AA-09-1973
Determinación de emisión de material particulado contenido en los gases que fluyen por un conducto.	NMX-AA-10-1974
Determinación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión.	NMX-AA-35-1978
Determinación de contenido de humedad en los gases que fluyen por un ducto.	NMX-AA-54-1978
Determinación de bióxido de azufre en gases que fluyen por un conducto.	NMX-AA-55-1979
Determinación de bióxido de azufre, trióxido de azufre y neblinas que fluyen por un conducto.	NOM-AA-56-1980
Determinación de ácido sulfhídrico en gases que fluyen por un conducto.	NMX-AA-69-1980
Determinación de cloro y/o cloruros en los gases que fluyen por un conducto.	NMX-AA-70-1980
Especificaciones y procedimientos de prueba para sistemas de monitoreo de emisiones continuas de SO ₂ y NO _x en fuentes estacionarias.	US EPA PERFORMANCE SPECIFICATION 2 CODE OF FEDERAL REGULATIONS
Determinación de concentración de oxígeno y bióxido de carbono en emisiones de fuentes estacionarias.	US EPA METHOD 3A CODE OF FEDERAL REGULATIONS
Determinación de emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de fuentes estacionarias.	US EPA METHOD 7E CODE OF FEDERAL REGULATIONS
Determinación de emisiones de monóxido de carbono provenientes de fuentes estacionarias.	US EPA METHOD 10 CODE OF FEDERAL REGULATIONS
Determinación de emisiones de hidrocarburos provenientes de fuentes estacionarias	US EPA METHOD 25 A CODE OF FEDERAL REGULATIONS

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Fuente: Manual de Calidad Área de Combustión IMP, 1995

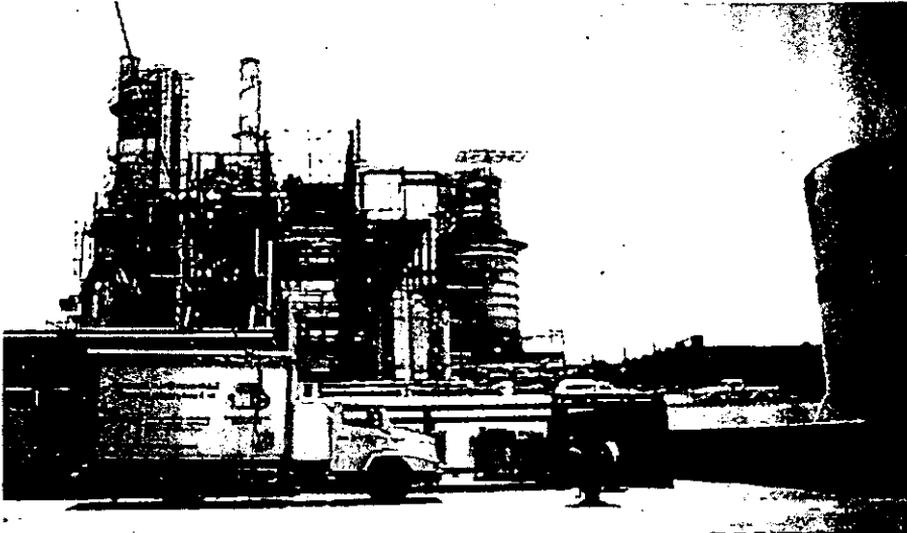


Figura 1.4 Laboratorio móvil de emisiones en fuentes fijas.

1.6.1 Equipos

En virtud de que el sistema a desarrollar procesa la información proveniente de los equipos analizadores instalados en el laboratorio móvil, a continuación describiremos brevemente dichos equipos.

El laboratorio móvil cuenta con equipos analizadores de monóxido de carbono, bióxido de carbono, bióxido de azufre, hidrocarburos totales y óxidos de nitrógeno que cumplen con los principios de operación establecidos por la Norma NOM-085-ECOL-1994.

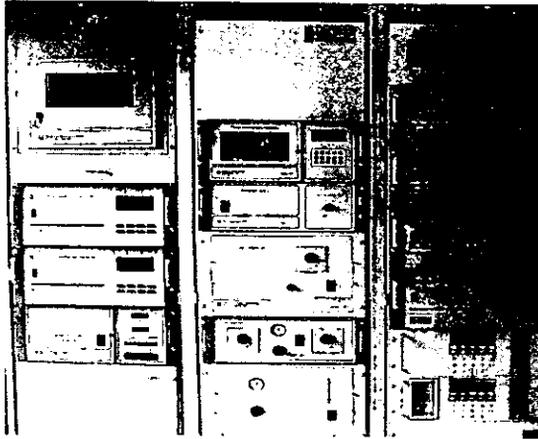


Figura 1.5 Analizadores del Laboratorio Móvil de Emisiones.

1.6.1.1 Equipos analizadores

a) Analizador de óxidos de nitrógeno

Este analizador ha sido diseñado para la medición de concentraciones de óxido nítrico, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno totales. El instrumento mide la intensidad luminosa y la reacción quimiluminiscente entre el óxido nítrico y el ozono.

Se genera luz cuando las moléculas de NO_2 excitadas electrónicamente emiten un fotón y pasan a un estado de menor energía. Se sabe que la intensidad luminosa generada es directamente proporcional a la concentración de óxido nítrico presente en la muestra de gas.

En primer lugar el analizador toma muestras de flujo de gas y mide la concentración de óxido nítrico, digitalizando varias muestras de la señal, procedente del tubo fotomultiplicador del instrumento. Después una válvula hace pasar el flujo de muestra a través de un convertidor de molibdeno calentado que reduce el dióxido de nitrógeno presente en la muestra de gas.

Después, el analizador mide la concentración de óxidos de nitrógenos totales, digitaliza la salida del tubo fotomultiplicador y mediante la substracción de los valores de óxido de nitrógeno totales y óxido nítrico, en el procesador interno de la parte electrónica se obtiene la concentración de dióxido de nitrógeno

b) Analizador de bióxido de azufre

El funcionamiento del analizador de bióxido de azufre, se basa en medir la fluorescencia del SO_2 debido a la absorción de energía de luz ultravioleta. El bióxido de azufre absorbe esta energía en la región de los 190-230 nm, sin que el aire cause inhibición y relativamente libre de otras interferencias. Las interferencias causadas por aromáticos polinucleares se reducen mediante un supresor o eliminador de hidrocarburos.

La lámpara de ultravioleta emite una radiación que atraviesa un filtro que deja pasar luz en una longitud de 240 nm, que al excitar las moléculas del bióxido de azufre produce una fluorescencia característica que es medida por un tubo fotomultiplicador. Antes de que la fluorescencia emitida por las moléculas de bióxido de azufre sea medida por el tubo fotomultiplicador, esta pasa a través de un filtro óptico de 250 a 390 nm.

Si la concentración de SO_2 es relativamente baja, la longitud del camino de la luz de excitación es corta y el fondo es aire, la radiación fluorescente que incide en el tubo fotomultiplicador es directamente proporcional a la concentración de bióxido de azufre. Este equipo cumple con el método 6C de la USEPA.

c) Analizador de monóxido de carbono.

La detección y medición del monóxido de carbono en este tipo de analizador esta basada en la absorción de radiación infrarroja por las moléculas de monóxido de carbono en longitudes de onda cercanas a los 4.7 μm . en la práctica estos analizadores utilizan un elemento calentado a alta energía para generar una banda ancha de luz infrarroja. Esta luz pasa a través de un filtro de gas rotativo (o también llamada rueda de correlación) que causa que el rayo pase alternativamente a través de una celda llena con un mezcla de monóxido de carbono balance nitrógeno (celda de referencia). Esta alternación ocurre a una proporción de un número de ciclos establecidos por segundo y provoca que el rayo sea modulado en pulsos de referencia y medida. Durante un pulso de referencia, el filtro de gas rotativo despoja efectivamente al rayo de toda energía infrarroja en longitudes de onda donde el monóxido de carbono puede ser absorbido. Esto resulta en un rayo que no es afectado por ninguna presencia de monóxido de carbono en la celda de muestra.

Durante el pulso de medida, el nitrógeno dentro del filtro rotativo no afecta al rayo que puede ser alterado en forma subsiguiente por cualquier monóxido de carbono presente en la celda de muestra. El filtro de gas rotativo también incorpora una marca óptica cortante que sobrepone una modulación de ciclos establecidos por

segundo y clara/oscuro en el rayo infrarrojo. Esta modulación de alta frecuencia es incluida para maximizar el desempeño del detector señal-ruido.

Después del filtro de gas rotativo el rayo infrarrojo ingresa a la celda de muestra multipaso. Esta celda de muestra utiliza ópticos plegables para generar una trayectoria de absorción de varios metros de longitud con la finalidad de alcanzar la máxima sensibilidad. Después de salir de la celda de muestra, el rayo pasa a través de un filtro de interferencia de bandas para limitar la luz a la longitud de onda de interés. Finalmente, el rayo golpea al detector que en la mayoría de los casos es un fotoconductor de estado sólido enfriado termoeléctricamente. La salida del detector es electrónicamente modulada para generar dos voltajes de corriente directa, medición de monóxido de carbono y referencia de monóxido de carbono. Estos voltajes son proporcionales a la intensidad de luz incidiendo en el detector durante el pulso de medición y el pulso de referencia respectivamente. Este equipo cumple con el método 10 de la USEPA.

d) Analizador de bióxido de carbono

El funcionamiento de este equipo es similar al anterior. Este equipo cumple con el método 3 A de la USEPA.

e) Analizador de oxígeno

En este método el material poroso de óxido de circonio recubierto con una capa delgada de platino funciona como un electrolito para transferir el oxígeno de un lado de la celda hacia el otro, en la celda la concentración de oxígeno en el lado de referencia se mantiene a 21%. Cuando se muestrean gases de combustión la concentración de oxígeno en el lado de la muestra deberá ser menor que en el lado de referencia. Cuando el óxido de circonio es calentado a 850° C, los iones de O₂ pueden emigrar a través del material. La película delgada de platino catalizará el proceso permitiendo pasar el oxígeno a través de la estructura como iones O²⁻ hasta alcanzar el otro lado. Esta penetración ocurre porque los iones de circonio forman un cristal relativamente perfecto en el material, no así los iones de oxígeno resultando ausencias en el material en la estructura. El calentamiento del óxido de circonio facilita las ausencias y los iones de O₂ se mueven sobre los iones de oxígeno emigran para el electrodo en el lado de muestra de la celda, liberando electrones para el electrodo, y emergen como moléculas de oxígeno.

Ese proceso continúa hasta que la concentración (o presión parcial de oxígeno) llega a ser la misma en ambos lados de la celda. En otras palabras, el proceso continúa hasta que el potencial químico llega a ser idéntico y el sistema llega al equilibrio. En la práctica, sin embargo, el lado de muestra de la celda es continuamente alimentado con muestras de gas, evitando que la concentración sea la misma. Como resultado

un flujo continuo de electrones cruzará la resistencia como iones O_2 a través del óxido de circonio hasta alcanzar un equilibrio.

Si la temperatura es estabilizada y la presión parcial del O_2 en el lado de referencia es conocido el porcentaje de O_2 en la muestra es fácilmente obtenido. Este fenómeno se usa en algunas celdas de combustible de alta temperatura, donde el O_2 en el lado de la muestra es mantenido a baja concentración durante la reacción con algún combustible. De este modo se produce una corriente eléctrica por combustión sin usar un generador electromecánico. Sin embargo, este punto tiene un problema con el método con el análisis de gas. Si se quema CO, hidrocarburos u otro material combustible a la temperatura deseada. Esto resultará de una baja concentración de O_2 en la celda de muestra y reportará menor que la lectura verdadera. Sin embargo, en algunas fuentes de combustión los gases están presentes en niveles de partes por millón, podrían ocasionar un error comparado con concentraciones de O_2 medido en una base de por ciento.

Este equipo cumple con el método 3 A de la USEPA

f) Equipo de acondicionamiento y dilución de muestra

Este equipo es utilizado para diluir y filtrar la muestra de los gases emitidos por la fuente fija que son transportados a través de una sonda a la cámara caliente del equipo en donde aire seco es mezclado con la muestra de gas para reducir su punto de rocío. De este modo se evita la formación de condensados y se asegura que una muestra limpia y seca sea suministrada a los distintos analizadores. Regula la presión, temperatura y flujos de operación para cada uno de los analizadores.

g) Muestreador Universal de Chimeneas

Este equipo es utilizado para la determinación de flujo volumétrico, partículas, humedad y temperatura de los gases de chimenea. Para la determinación de la concentración de partículas totales se emplean filtros de fibra de vidrio, la medición indirecta del flujo de gases emitidos se efectúa con un *tubo Pitot tipo "S"* y un manómetro inclinado de precisión. La determinación de humedad es por medio de la condensación del gas en impactores con baño de hielo, se emplea un termopar bimetalico para la medición de la temperatura de los gases de combustión. Este equipo cumple con el método 2 y 5 de la USEPA.

h) Equipo para la adquisición de datos

El laboratorio cuenta además con un equipo para la adquisición de datos al que están conectados los analizadores descritos anteriormente. Este equipo esta basado en un microprocesador diseñado específicamente para adquirir, procesar y almacenar datos ambientales. La unidad consta de un microprocesador Z180, multiplexor de entrada analógica , amplificador de ganancia programable, convertidor analógico a digital, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), fuente de poder y batería de respaldo para el reloj y el almacenamiento de datos. El equipo opcional comprende entradas/salidas digitales, salidas DAC, teclado/pantalla y terminal de impresión.

El equipo de computo instalado en el laboratorio consiste en una computadora personal con procesador pentium a una velocidad de 166 megahertz, 32 megabyte de memoria RAM y disco duro de 2 gigabytes. El sistema operativo utilizado es el MS-DOS versión 6.1. Un software adicional permite adquirir los datos provenientes de los analizadores a la computadora conectada al puerto serial y grabarlos en un archivo en código ASCII para posteriormente importarlos a una hoja de cálculo

1.7 Análisis de la situación actual

El Instituto Mexicano del Petróleo ha realizado desde el año de 1989 la medición de los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana en lo referente a las emisiones gaseosas generadas por los procesos de combustión al utilizar combustibles convencionales. El objetivo de controlar y evaluar el impacto provocado por los equipos de combustión en los centros de Refinación es el de cumplir con la legislación ambiental vigente en materia de Protección al Ambiente.

Para cumplir con dicho objetivo, las autoridades de PEMEX-Refinación han acordado con el IMP el llevar a cabo las campañas de monitoreo de emisiones de los equipos de combustión del Sistema Nacional de Refinación.

Para el desarrollo de estos trabajos, el IMP cuenta con 4 laboratorios móviles y el personal técnico especializado para operarlo. Durante una campaña en un centro de refinación se llegan a medir las emisiones de 30 chimeneas en promedio. Adicionalmente y dependiendo del tipo de fuente fija se realizará o no el muestreo isocinético. El primero debe de hacerse en un promedio de una hora y media como tiempo mínimo y el segundo se lleva a cabo en un promedio de 3 horas considerando el monitoreo preliminar que se debe realizar. A esto se le debe adicionar el tiempo que el personal emplea para montar el equipo en cada chimenea a alturas aproximadas de 30 metros, pesar muestras, filtros, y cambiar de puntos de muestreo.

La información generada durante estos dos tipos de monitoreo es procesada para integrar un informe final que es entregado a Pemex-Refinación y que le permitirá presentarlo ante las autoridades respectivas. Actualmente la entrega de este reporte sufre considerables retrasos debido principalmente al tiempo utilizado en la recopilación y procesamiento de datos. El procesar esta información involucra la elaboración de cálculos, tablas y gráficas para cada monitoreo, actualmente estos se elaboran de manera manual e independiente

lo que implica un gran esfuerzo para el usuario. El presente trabajo atiende este problema al integrar en un solo sistema la captura de datos, cálculos, generación de reportes de resultados y almacenamiento de información generada durante el monitoreo.

1.8 Objetivo

Desarrollar un sistema para el procesamiento de información de los datos provenientes del monitoreo isocinético del laboratorio móvil de emisiones en fuentes fijas.

1.9 Beneficios

- El sistema permitirá reducir considerablemente el tiempo de procesamiento de la información generada al realizar los cálculos de variables y la generación de reportes del monitoreo isocinético.
- El sistema permitirá de manera automática el almacenamiento de información en una base de datos, lo que permitirá llevar un registro histórico de la información generada.
- El personal del laboratorio de emisiones en fuentes fijas contará con una herramienta que le permitirá dedicar mayor tiempo al análisis de resultados.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Al desarrollar un sistema de información es importante el conocer el ambiente en que este funcionará, en el presente capítulo se podrán encontrar los conceptos teóricos que permitirán comprender las variables involucradas en el sistema así como la importancia del desarrollo del mismo.

2.1 Aire y Contaminación Atmosférica.

El aire es una mezcla de gases que rodean la Tierra. en una capa relativamente delgada. La mayor parte del aire (95%) se encuentra dentro de los primeros 20 kilómetros sobre el nivel del mar, por encima de los cuales disminuye en densidad hasta desvanecerse de manera gradual en el vacío del espacio, algunos cientos de kilómetros sobre la superficie de la Tierra. La parte más baja de dicha capa, tropósfera, tiene aproximadamente 8 kilómetros de espesor en los polos de la Tierra, y cerca del doble en el ecuador. En su mayor parte las actividades del hombre se realizan sobre la superficie de la Tierra dentro de los primeros 2 kilómetros de la atmósfera.

"La atmósfera se compone principalmente de nitrógeno, oxígeno y varios gases nobles, cuyas concentraciones han permanecido notablemente estables a lo largo del tiempo . Sin embargo un cierto número de gases está presente en cantidades relativamente pequeñas y a veces muy variable. El vapor de agua, el bióxido de carbono y el ozono, así como los contaminantes del aire urbano pertenecen a esta segunda categoría".

A pesar de su naturaleza aparentemente invariable, la atmósfera es en realidad un sistema dinámico, cuyos componentes gaseosos están continuamente siendo intercambiados con la vegetación, los océanos y los organismos vivos. Los llamados ciclos de los gases atmosféricos comprenden toda una serie de procesos físicos y químicos. Por una parte hay una producción de gases originada en la propia atmósfera por procesos químicos, por actividad biológica, por exhalación volcánica, por desintegración radioactiva y por las actividades industriales humanas. Por otra parte, los gases son eliminados de la atmósfera por reacciones químicas en la propia atmósfera, por actividad biológica, por procesos físicos en la atmósfera , tal como la formación de partículas y por sedimentación y asimilación en los océanos y la tierra

La mayoría de las especies consideradas como contaminantes atmosféricos (en una región donde su concentración supere ampliamente los niveles ambientales de fondo) provienen tanto de fuentes naturales como de fuentes artificiales,

Procesos naturales, como por ejemplo incendios forestales, descomposición de la vegetación, tormentas de polvo y erupciones volcánicas siempre han contaminado el aire. A pesar de que la producción mundial de muchos de los gases y partículas en suspensión reconocidos como contaminantes es mucho mayor cuando procede de fuentes naturales que de fuentes producidas por el hombre, la distribución y dispersión globales de dichos contaminantes resultan en concentraciones promedio de un bajo valor. Mediante la precipitación, oxidación y absorción en los océanos y el suelo, la atmósfera se puede limpiar por sí sola si se le da tiempo suficiente. Además los contaminantes producidos por el hombre se concentran por lo general en regiones geográficas de poca extensión; por tanto, la mayor parte de la contaminación del aire la provoca el hombre.

La causa principal de toda la contaminación del aire es la combustión, y ésta es esencial para el hombre. Cuando ocurre la combustión perfecta o teórica, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de azufre y vapor de agua. Sin embargo, las impurezas del combustible, una incorrecta relación entre el combustible y el aire o temperaturas de combustión demasiado altas o demasiado bajas son causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, cenizas finas e hidrocarburos no quemados, todos ellos son contaminantes del aire.

Wark define la Contaminación del aire como la presencia en la atmósfera exterior de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que sean o puedan afectar la vida humana, de animales, de plantas, o de la propiedad, que interfiera el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades. (Wark y Warner, 1994)

2.1.1 Contaminante del aire.

Un método para definir un contaminante del aire consiste primero en especificar la composición del aire atmosférico seco, "limpio" o "normal", y luego clasificar todos los otros materiales o las cantidades aumentadas de dichos materiales presentes en la composición del aire atmosférico, como contaminantes, si su presencia daña a personas, plantas, animales o materiales.

En el cuadro 2.1 se muestra la composición química del aire atmosférico seco, que se encuentra usualmente en áreas rurales y sobre el océano, lejos de las masas de terreno.

Cuadro 2.1 Composición química del aire atmosférico seco

Sustancia	Volumen (por ciento)	Concentración (ppm)*
Nitrógeno	78.084 ± 0.004	780,900
Oxígeno	20.946 ± 0.002	209,400
Argón	0.934 ± 0.001	9,300
Bióxido de carbono	0.033 ± 0.001	315
Neón		18
Helio		5.2
Metano		1.2
Kriptón		0.5
Hidrógeno		0.5
Xenón		0.08
Bióxido de nitrógeno		0.02
Ozono		0.01-0.04

Fuente: Wark, K. "Contaminación del aire. Origen y control", 1994

* es una abreviatura de partes por millón en volumen

El aire atmosférico contiene también de 1 a 3 por ciento en volumen de vapor de agua, y trazas de bióxido de azufre, formaldehído, yodo, cloruro de sodio, amoníaco, monóxido de carbono, metano y un poco de polvo y polen. Ahora bien, según la definición antes presentada, el monóxido de carbono, los vapores de los hidrocarburos, o el ozono en concentración mayor de 0.04 ppm, se considerarían como contaminantes del aire.

En la actualidad, ni el bióxido de carbono ni el vapor de agua no combinado se considera como contaminante. Esta situación podría cambiar, puesto que la descarga a la atmósfera de cualesquiera de estas sustancias en cantidades cada vez mayores, podría resultar en un cambio significativo de la temperatura atmosférica global. De igual manera ciertos olores que ahora se consideran molestias más bien que contaminantes pueden considerarse como contaminantes.

2.1.2 Clasificación general de los contaminantes del aire

1. Partículas.
2. Compuestos que contienen azufre.
3. Compuestos orgánicos.
4. Compuestos que contiene nitrógeno.
5. Monóxido de carbono.
6. Compuestos halogenados.
7. Compuestos radiactivos

Las partículas se dividen frecuentemente en subclases, que incluyen polvo fino (menor de 100 μm de diámetro), polvo grueso (más de 100 μm de diámetro), vapores (0.001-1 μm de diámetro) y neblinas (0.1-10 μm de diámetro). Los vapores, humo, neblina y niebla forman una clase más amplia llamada **aerosoles**.

Las materias 2 a la 6 de la lista general anterior se pueden agrupar en dos amplias clasificaciones : **contaminantes primarios** y **contaminantes secundarios**.

Los contaminantes primarios son los emitidos directamente por las fuentes, mientras que los secundarios son los que se forman en la atmósfera por reacciones químicas entre los contaminantes primarios y las especies químicas que se encuentran usualmente en la atmósfera

El **cuadro 2.2** presenta una lista de los contaminantes primarios y secundarios, el bióxido de carbono se ha colocado entre paréntesis debido a que no se considera un contaminante.

Cuadro 2.2
Clasificación general del los contaminantes gaseosos del aire

Clase	Contaminantes primarios	Contaminantes secundarios
Compuestos que contienen azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , MSO ₄ ^a
Compuestos orgánicos	Compuestos de C ₁ -C ₅	Cetonas, aldehidos, ácidos
Compuestos que contienen nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ , MNO ₃ ^a
Óxidos de carbono	CO, (CO ₂)	(Ninguno)
Halógeno	HCl, HF	(Ninguno)

^{a)}MSO₄ y MNO₃ denotan compuestos de sulfatos y nitratos, respectivamente.

Fuente: Wark, K. "Contaminación del aire. Origen y control", 1994.

2.1.3 Fuentes de Contaminación.

Existen 3 componentes básicos en el problema de la contaminación: fuentes de emisión, atmósfera y receptores. El origen de la contaminación del aire es la fuente de emisión.

Algunas fuentes de contaminación del aire son grandes y se encuentran concentradas: fábricas grandes, plantas químicas, refinerías de petróleo, industrias de recuperación y fundición de metales y estaciones de energía eléctrica; sin embargo estas contribuyen sólo en una tercera parte de la masa total de la carga de contaminación del aire. El transporte en los países desarrollados contribuye como fuente contaminante en cerca del 45%; además, la calefacción del medio, en particular durante el invierno en los países fríos de Europa y en el norte de Estados Unidos y Canadá, también efectúa una contribución significativa.

La incineración de desperdicios adiciona otro 5% a la carga contaminante total. Dentro de las ciudades, la multiplicidad de pequeñas fuentes, en particular los automóviles privados, son la causa principal de la degradación de la calidad del aire. Los grupos más importantes de fuentes contaminantes industriales son los de *refinación del petróleo*, los de *extracción de metales*, y los de *elaboración de productos químicos*. (Strauss y Mainwaring, 1990)

Éstas y algunas otras fuentes industriales de contaminación del aire se consideran por separado en cuanto a los sencillos sistemas de combustión que se utilizan en la producción de vapor para la industria y en la generación de energía eléctrica, y respecto a los motores de combustión interna que se usan para el transporte.

2.1.4 Efectos de la Contaminación del Aire

Los materiales formados de partículas y gases que se adicionan a la atmósfera mediante las actividades del hombre, se consideran contaminantes cuando sus concentraciones son suficientes para producir efectos nocivos. La mayor parte de las emisiones hacia la atmósfera también tienen origen natural y en muchos casos son mayores que las contaminantes, ya que el mundo se desarrolló en presencia de estos agentes químicos, no se pueden considerar nocivos a menos que produzcan efectos inaceptables a concentraciones superiores al nivel natural del medio. Así los efectos que preocupan son principalmente aquellos que afectan, o poseen la capacidad de afectar en el futuro, la salud y el bienestar del hombre, así como su deleite del mundo como lo conocemos sin la alteración indebida de los sistemas físicos o biológicos

La contaminación del aire afecta la salud de las personas y de los animales, daña la vegetación, ensucia y deteriora los materiales, afecta el clima, reduce la visibilidad, la radiación solar y perjudica los procesos de producción.

Cuadro 2.3 Fuentes de contaminación del aire

GAS	FUENTE		EMISIÓN MUNDIAL (x 10 ⁶ toneladas por año)	
	Principales fuentes contaminantes (fuentes antropogénicas)	Fuentes naturales	Contaminación	Natural
Bióxido de azufre (SO ₂)	Combustión de carbón y petróleo, cocido de minerales sulfurados	Volcanes	146	6-12
Acido Sulfhídrico (H ₂ S)	Procesos químicos, tratamiento de aguas negras	Volcanes, acción biológica de los pantanos	3	30-100
Monóxido de Carbono (CO)	Combustión, principalmente escapes de automóviles	Reacciones de terpenos en incendios forestales	300	> 3000
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Combustión	Acción bacteriana en suelos	50*	60-270*
Amoniaco (NH ₃)	Tratamiento de desechos	Descomposición biológica	4	100-200
Óxido nitroso (N ₂ O)	En forma indirecta por el uso de fertilizantes nitrogenados	Acción biológica en suelos	> 17	100-450
Hidrocarburos	Combustión, escapes, procesos químicos	Procesos biológicos	88	CH ₄ : 300-1 600, terpenos: 200
Bióxido de carbono (CO ₂)	Combustión	Descomposición biológica, liberación desde océanos	1.5 x 10 ⁴	15 x 10 ⁴

*Expresado como toneladas de NO₂

Fuente: Strauss y Mainwaring. "Contaminación del aire, causas efectos y soluciones", 1990

2.1.4.1 Efectos sobre los materiales.

Los contaminantes del aire tienen un efecto deteriorante sobre los materiales: piedra, pinturas, vidrio, teñido, materiales de fibras y otros. El efecto de ensuciamiento por partículas es obvio en ciudades industriales donde los edificios de piedras levemente coloreadas y los ladrillos pronto adquieren el característico color negro. La erosión de la mampostería sobre edificios de gran valor arquitectónico e histórico es realmente muy seria. Las ventanas de cristal teñido también sufren deterioro con la contaminación del aire.

Otras consecuencias de la contaminación del aire son el deterioro más rápido de la ropa, cortinas y madera, la corrosión de metales y el ensuciamiento y la ruptura consecuente de obras de pintura.

Un efecto claramente espectacular de contaminación del aire por ácido sulfhídrico, el cual puede surgir a partir de la degradación biológica de aguas de desecho estancadas procedentes de fuentes tales como matadero de res, es el ataque sobre pinturas blancas (plomo). El óxido de plomo blanco de esas pinturas se convierte en sulfato de plomo negro.

El rápido deterioro que el ozono hace del caucho se puede demostrar fácilmente en el laboratorio. En los Angeles se estimó que los elevados niveles de oxidante ambiental reducen la vida de las llantas de caucho en los automóviles en una cantidad considerable.

El ácido sulfhídrico y el bióxido de azufre opacan la plata más rápidamente en ciudades industriales.

Buena parte de los daños a los materiales debidos a la contaminación por SO_x, son ocasionados por el vapor del ácido sulfúrico altamente reactivo. Con relación a la corrosión de materiales Quadri y Sánchez (1992) mencionan que:

“Se han hallado las siguientes correlaciones en lo referente a la corrosión de los materiales:

- 1) Las crecientes tasas de corrosión se dan en áreas industriales.
- 2) Las tasas de corrosión son superiores en otoño e invierno, cuando los contaminantes particulados y los óxidos de azufre están más concentrados, debido a la combustión de los carburantes usados en la calefacción.

- 3) Estudios efectuados con paneles de acero expuestos a la intemperie en diversos puntos de Chicago, pusieron de manifiesto una correlación entre la tasa de corrosión (medida por la pérdida de peso) y las concentraciones de SO_2 (Quadri y Sánchez, 1992).

Los compuestos de azufre son capaces de atacar gran variedad de materiales de construcción incluyendo; caliza, mármol, pizarras de techo y mortero. Los textiles de nylon, especialmente las medias, presentan debilitamiento a causa del SO_2 o por un aerosol del ácido sulfúrico (Wark y Warner, 1994).

2.1.4.2 Efectos sobre la vegetación.

La contaminación del aire puede afectar a las plantas en diferentes grados. A los niveles más bajos, por ejemplo, debajo del umbral, no hay efectos tales como daño visible, efectos crónicos acumulativos, efectos genéticos o aun cambios graduales en la composición de la comunidad vegetal. Sin embargo, aun a este nivel los contaminantes se pueden almacenar en las plantas, introducir en la cadena alimenticia y afectar a los animales que se comen esas plantas.

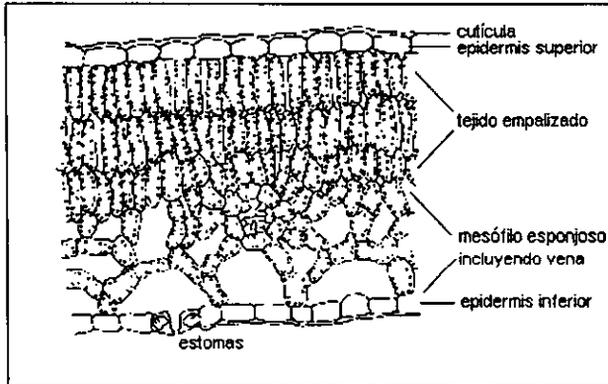
Las plantas adquieren los contaminantes ya sea directamente, a través de intercambio de gases con la atmósfera, o a través de la humedad absorbida del suelo. El suelo puede haber estado expuesto a los contaminantes del aire, los cuales entonces se habrán disuelto en el agua y el suelo. Los contaminantes ácidos del aire en particular se disuelven fácilmente en la humedad superficial o lluvia. Aun cuando la fuente de contaminación del aire se haya removido, los materiales pueden permanecer ahí para afectar el crecimiento de las plantas, aunque con el tiempo se diluyen y separan por lixiviación con la lluvia.

Las entrada de contaminantes gaseosos en las plantas es más directa a través de los estomas abiertos sobre el envés de las hojas de las plantas (figura 2.1). Los estomas son activos en el intercambio de gases -oxígeno, vapor de agua y bióxido de carbono- con la atmósfera circundante. Los contaminantes del aire en forma de gases, después de entrar en el tejido de la planta, se disuelven en el agua intercelular. El ácido resultante (si el contaminantes es ácido) ataca entonces a la estructura celular dentro de la hoja. Ésta es la razón de que los contaminantes del aire fácilmente solubles - bióxido de azufre, ácido clorhídrico - sean los más tóxicos.

Las partículas sólidas son menos tóxicas para la planta, ya que se depositan sobre la superficie superior cerosa y dura de las hojas; es ahí donde se deben disolver entonces, en la humedad depositada, para penetrar en el interior de las planta a través de los estomas o a través de las secciones dañadas de la superficie de la hoja. Algunos contaminantes sólidos se pueden disolver en la cera de la superficie y entrar en la planta. Así, los contaminantes sólidos del aire tienden a localizar su efecto y no dañan por completo la estructura de la hoja en la proporción en que lo

hacen los contaminantes gaseosos. Por supuesto, los contaminantes sólidos pueden entrar en la cadena alimenticia si sus acarreadores vegetales son consumidos por animales.

Figura 2.1 Corte transversal de una hoja



Si las plantas de ornato tienen hojas sensibles, entonces los depósitos de partículas pueden dañar seriamente su valor estético o comercial como sucede con las flores, aunque no pueden afectar la capacidad de la planta para subsistir y reproducirse.

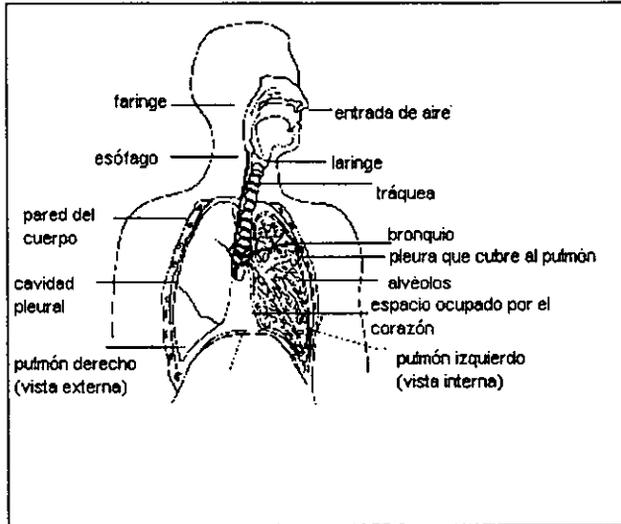
2.1.4.3 Efectos sobre la salud humana.

El hombre al vivir en comunidades desarrolladas y en consecuencia contaminadas, por lo general expone solo áreas limitadas de piel a la atmósfera; pero cada día inhala aproximadamente 7 500 litros de aire, de tal manera que sus pulmones y sistema respiratorio general están en contacto con ella y tiene la potencialidad de retener cualquier sustancia nociva que pueda estar contenida en ese aire. La nariz, la garganta y el sistema bronquial son los que con más frecuencia se ven afectados. Aún cuando el pulmón no sea el órgano blanco, sí provee la ruta a través de la cual el contaminante penetra en el sistema.

El aire se introduce en la nariz donde el vello fino filtra la mayor parte de las partículas más grandes que miden alrededor de diez micrómetros de diámetro; el aire se calienta y se humedece, y entonces se filtra a través de la tráquea, hacia el interior de los conductos bronquiales los cuales subdividen la corriente del aire al

introducirlo en los pulmones, donde hay una multiplicidad de sacos de aire (alveolos pulmonares); en esta sección del pulmón es donde el oxígeno (y los contaminantes del aire) se pueden absorber y transferir a la corriente sanguínea (figura 2.2).

Figura 2.2 El Sistema respiratorio humano



Los contaminantes del aire fácilmente solubles como bióxido de azufre gaseoso, se pueden absorber en las paredes húmedas del sistema superior respiratorio, pero las partículas finas y las gotas pequeñas -dentro del rango de 0.1 a 5 micrómetros de diámetro junto con algunos gases adsorbidos sobre éstas se pueden acarrear hacia el interior y depositar sobre la superficie del pulmón. Los peligros de algunas partículas pequeñas tales como sílice y asbestos las cuales son comunes en minas, excavaciones y algunas plantas industriales, son bien conocidos; guían a enfermedades laborales específicas.

El monóxido de carbono produce diversos efectos sobre la salud humana; está demostrado que la exposición del hombre a elevadas concentraciones de CO puede conducir a la muerte; como lo explica (Wark y Warner, 1994).

a) Efectos provocados por los NOx

Aún a bajas concentraciones, el NO₂ irrita los tejidos de los seres vivos. El bióxido de nitrógeno es más dañino que el NO a iguales concentraciones. Sin embargo, a concentraciones encontradas en la atmósfera, el NO₂ es sólo potencialmente irritante y está relacionado con la fibrosis pulmonar crónica. Se ha observado un aumento en la bronquitis de los niños a concentraciones por debajo de 0.01 ppm (Wark y Warner, 1994).

b) Efectos provocados por los SOx.

La mayor parte de los efectos del SO₂ están relacionados con la irritación del sistema respiratorio. Se conocen los efectos a largo plazo que resultan de una prolongada exposición a bajos niveles de SO₂. Los estudios muestran una clara correlación entre la incidencia de infecciones respiratorias entre los niños y el nivel de contaminación por SO₂ de su ambiente. La frecuencia de éstas y una disminución en las funciones respiratorias aumentan según el incremento del tiempo de residencia de un niño en una zona contaminada (Wark y Warner, 1994).

c) Efectos provocados por las PST.

Las partículas solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro para la salud. Entran al cuerpo por las vías respiratorias y más del 50% de entre 0.01 y 0.1µm se depositan en las cavidades pulmonares.

Las partículas pueden tener un efecto tóxico de una o más de las tres maneras siguientes:

- La partícula puede ser intrínsecamente tóxica debido a sus características inherentes químicas y/o físicas.
- La partícula puede interferir con uno o más de los mecanismos que despejan usualmente el aparato respiratorio.
- La partícula puede actuar como un conductor a una sustancia tóxica absorbida.

Ha sido necesario hasta la fecha tener que depender de los análisis estadísticos de datos tales como el aumento en los ingresos en hospitales y clínicas, ausencias del trabajo y las escuelas, y de la mortalidad, y además, de los datos limitados correspondientes a las concentraciones medidas de los contaminantes atmosféricos que prevalecían durante los períodos a que estuvo sometido el paciente. Estos datos

indican una relación entre los aumentos de la concentración de partículas y los aumentos en el número de visitas a las clínicas y hospitales debido a infecciones respiratorias, afecciones cardíacas, bronquitis, asma, pulmonía, enfisema y otras semejantes. Las defunciones de personas ancianas aquejadas de enfermedades respiratorias y afecciones cardíacas muestran también un aumento durante los períodos en que la concentración de partículas es extremadamente alta durante varios días. Un creciente volumen de evidencia indica que gran parte de las partículas en la atmósfera es de naturaleza carcinogénica, especialmente cuando se asocia con el tabaquismo.

d) Efectos provocados por los Hidrocarburos.

Los estudios de los efectos de las concentraciones de hidrocarburos gaseosos sobre el aire ambiente, no han demostrado la existencia de efectos adversos directos en la salud del hombre. Estudios de las propiedades carcinogénicas de ciertas clases de hidrocarburos sí indican que ciertas formas de cáncer parecen ser causadas por la exposición a hidrocarburos aromáticos que se encuentran en el hollín y los alquitranes. Los carcinógenos identificables arrastrados por el aire son en su mayoría hidrocarburos aromáticos polinucleares. Los hidrocarburos no quemados, en combinación con los óxidos de nitrógeno y en presencia de la luz solar, forman oxidantes fotoquímicos, componentes del neblumo fotoquímico, los que tienen efectos adversos a la salud del hombre y de las plantas.

2.2 Refinación del petróleo

En la actualidad, los principales combustibles se basan en el petróleo. El petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos que contiene como impurezas, del 1% al 4.5% o más de azufre, según la fuente, y un número de compuestos metálicos inorgánicos; por lo general se encuentra en reservas dentro de estructuras rocosas o varios miles de metros por debajo de la superficie de la tierra, y cada vez más por debajo de las aguas relativamente poco profundas de las plataformas continentales. El petróleo brota a través de tubos insertados en agujeros que perforan las estructuras rocosas subterráneas con el fin de liberarlo y entonces se puede conducir por tuberías o transferir, mediante grandes buques tanque, a una refinería donde el petróleo crudo se expone a una serie de procesos físicos y químicos que proporcionan diferentes combustibles y también materia prima para la industria petroquímica, la cual en cambio, produce una enorme variedad de productos: caucho sintético y derivados de carbono; fibras sintéticas; fertilizantes; plásticos; productos farmacéuticos y muchos otros.

El proceso inicial en la Refinería es la destilación del petróleo crudo para convertirlo en una cantidad de fracciones. Algunas de estas fracciones se pueden utilizar directamente, mientras que a otras se les debe dar un tratamiento posterior. La proporción de las fracciones que se obtienen en las etapas iniciales dependen de la fuente y la naturaleza del petróleo crudo, pero las proporciones relativas de los productos finales se pueden cambiar mediante el empleo de diferentes procesos químicos.

El producto sencillo más importante de una refinería es la fracción relativamente volátil (ligera) que se utiliza para los motores (gasolina). Algunas de las fracciones menos volátiles (más pesadas) se pueden convertir en energía mecánica por rompimiento catalítico de las moléculas. Otro proceso importante de conversión es la reformación, un proceso por medio del cual las fracciones de la columna de destilación inadecuadas para gasolina se reforman a temperatura y presión elevadas sobre un catalizador de platino para generar productos más apropiados.

La mayor parte del azufre del petróleo crudo permanece con las fracciones más pesadas; la menos volátil de éstas es el asfalto, el cual se utiliza como sellador en carreteras. Los siguientes productos en cuanto a volatilidad son los aceites combustibles o residuales, seguidos por el combustóleo que se usa en la industria petroquímica, el destilado automotriz (combustible para tractocamiones diesel y camionetas, y también petróleo para calefacción, la gasolina blanca y el queroseno. Las fracciones más ligeras, que incluyen la gasolina, se tratan para remover los últimos residuos de impurezas a base de compuestos de azufre, ya que éstos podrían propiciar una corrosión rápida en los motores y en otros sistemas en los cuales se utilizan.

Algunos aceites residuales se producen como consecuencia del funcionamiento de la refinería y se deben usar o eliminar de algún modo; en parte se queman en las calderas para aprovisionamiento de vapor dentro de la refinería, mientras que el resto se vende para combustión en grandes calderas industriales, para generar electricidad y para usarse en los barcos (petróleo para almacenamiento). Hay algunos procesos para eliminar el azufre de estos aceites residuales (procesos de hidrodesulfuración o de HDS), pero son costosos.

Las emisiones atmosféricas que proceden de las refinerías de petróleo son de cuatro tipos. Primero, hay vapores de hidrocarburos provenientes de algunas de las unidades de refinación que no están selladas por completo, de válvulas de escape, de tanques de almacenamiento y de una multiplicidad de otras fuentes. El segundo tipo de emisiones está constituido por gases de desperdicio que provienen de calentadores, calderas, hornos y quemadores usados en la refinería; éstos contienen bióxido de azufre que procede del azufre contenido en su combustible. Tercero, existen gases que contienen azufre, principalmente ácido sulfhídrico y bióxido de azufre, que proceden de las unidades en la refinería las cuales remueven los

compuestos de azufre a partir de los productos de destilación. En muchas refinerías estos gases se utilizan en una planta especial, la cual puede producir ya sea azufre o, si se requiere, ácido sulfúrico. Finalmente, hay partículas finas procedentes del horno catalizador de recuperación para rompimiento catalítico, el cual puede ser la fuente más grande de contaminación del aire por partículas en una refinería.

2.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-085-ECOL-1994

La Norma NOM-085-ECOL-1994, fué publicada el día 2 de diciembre de 1994 en el diario Oficial de la Federación y es aplicable para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles, sólidos, líquidos, gaseosos o cualquiera de sus combinaciones y que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, así como los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, asimismo, los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

Esta norma es de observancia obligatoria para el uso de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como para los equipos de generación eléctrica que utilizan la tecnología de ciclo combinado. Será obligatoria igualmente solo en emisiones de bióxido de azufre para el uso de los equipos de calentamiento directo por combustión.

Se exceptúan los equipos domésticos de calentamiento de agua, de calefacción y las estufas utilizadas en casa habitación, escuelas, hospitales y centros recreativos, en las industrias cuando estos equipos sean utilizados en las áreas de servicios al personal, sin embargo, se aplicará para el caso de industrias, comercios y servicios, cuando los equipos y sistemas de combustión en lo individual o la suma de varios rebasen los 10 caballos caldera (cc) de capacidad nominal en cada instalación.

También se exceptúan los quemadores industriales de campo, el sistema de regeneración de las plantas de desintegración catalítica, las plantas recuperadoras de azufre y los procesos de calentamiento directo que producen bióxido de azufre adicional al proveniente del combustible.

2.3.1 REQUISITOS PARA CUMPLIR CON LA NORMA NOM-085-ECOL-1994.

Los responsables de los equipos de combustión de las fuentes fijas referidas en la Norma Oficial Mexicana deben observar los siguientes requisitos:

1. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de combustión, medición y análisis de las emisiones y de los certificados de calidad del combustible empleado.
2. Instalar plataformas y puertos de muestreo de acuerdo al instructivo anexo
3. Realizar la medición y análisis de las emisiones con la frecuencia y métodos que se indican en las tablas del anexo.
4. No rebasar los Niveles Máximos Permisibles de Emisión a la Atmósfera establecidos en el anexo

2.3.2 SANCIONES

El incumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera y los demás ordenamientos jurídicos aplicables.

2.3.3 CONDICIONES PARA REBASAR LA NORMA NOM-085-ECOL-1994

Los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera se pueden rebasar en los siguientes casos:

- Operaciones de arranque del equipo de combustión, siempre que no excedan 15 minutos y la operación no se repita más de dos veces al día en equipos de capacidad menor a 43,000 MJ/H y 18 horas para alcanzar la máxima carga o capacidad en los equipos mayores de 43,000 MJ/H
- Cuando por las características de los procesos y/o equipos de combustión se justifique técnicamente que se requiere mayor tiempo para su arranque, lo deberán comunicar a la autoridad competente.
- Cuando se realicen operaciones de soplado en equipos de combustión de proceso continuo que utilicen combustibles sólidos o líquidos, la cual deberá efectuarse con una frecuencia de por lo menos una vez por turno o de acuerdo a las especificaciones del fabricante. El tiempo de soplado no deberá exceder de 25 minutos por soplador o deshollinador, cuando se trate de equipos con capacidad mayor a 43,000 MJ/H y de 10 minutos para los menores.

El cuadro 2.4 presenta un resumen de la frecuencia y tipo de mediciones que deberán ser efectuadas para las fuentes fijas de acuerdo a la capacidad nominal del equipo de combustión.

Cuadro 2.4

Medición y análisis de gases de combustión

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/H	PARÁMETRO	FRECUENCIA MÍNIMA DE MEDICIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE
HASTA 5,250	DENSIDAD DE HUMO	1 VEZ CADA 3 MESES	PUNTUAL (3 MUESTRAS) MANCHA DE HOLLÍN	LÍQUIDO Y GAS
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	1 VEZ CADA 3 MESES	PUNTUAL (3 MUESTRAS)	LÍQUIDO Y GAS
	SO ₂	1 VEZ CADA 3 MESES	MEDICIÓN INDIRECTA A TRAVÉS DE CERTIFICADOS DE CALIDAD	LÍQUIDO
DE 5,250 A 43,000	PST	UNA VEZ POR AÑO	ISOCINÉTICO (MÍNIMO 60 MIN.) 2 MUESTRAS DEFINITIVAS	LÍQUIDO
	NO _x	UNA VEZ POR AÑO	CONTINUO (b) QUIMILUMINISCENCIA O EQUIV.	LÍQUIDO Y GAS
	SO ₂	UNA VEZ POR AÑO	MEDICIÓN INDIRECTA A TRAVÉS DE CERTIFICADOS DE CALIDAD.	LÍQUIDO
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	DIARIO	PUNTUAL 3 MUESTRAS	LÍQUIDO Y GAS
DE 43,000 A 110,000	PST	UNA VEZ POR AÑO	ISOCINÉTICO (MÍNIMO 60 MIN.) 2 MUESTRAS DEFINITIVAS	LÍQUIDO
	NO _x	1 VEZ CADA 6 MESES	CONTINUO (b) QUIMILUMINISCENCIA O EQUIV.	LÍQUIDO Y GAS
	SO ₂	UNA VEZ POR AÑO	MEDICIÓN INDIRECTA A TRAVÉS DE CERTIFICADOS DE CALIDAD	LÍQUIDO
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	UNA VEZ POR TURNO	PUNTUAL 3 MUESTRAS	LÍQUIDO Y GAS
MAYOR DE 110,000	PST	1 VEZ CADA 6 MESES	ISOCINÉTICO (MÍNIMO 60 MIN.) 2 MUESTRAS DEFINITIVAS.	SÓLIDO, LÍQUIDO
	NO _x	PERMANENTE (a)	CONTINUO (b) QUIMILUMINISCENCIA O EQUIV.	SÓLIDO, LÍQUIDO Y GAS
	O ₂	PERMANENTE	CONTINUA: CAMPO MAGNÉTICO O EQUIVALENTE CON REGISTRADOR COMO MÍNIMO	LÍQUIDO Y GAS
	SO ₂	UNA VEZ POR AÑO	MEDICIÓN INDIRECTA A TRAVÉS DE CERTIFICADOS DE CALIDAD	SÓLIDO LÍQUIDO.

(a) El monitoreo continuo de NO_x será permanente en las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; con una duración de cuando menos 7 días una vez cada 3 meses en las zonas críticas y con una duración de cuando menos 7 días una vez cada seis meses en el resto del país.

(b) Monitoreo continuo: el que se realiza con equipo automático con un mínimo de 15 lecturas en un periodo no menor a 60 min. y no mayor a 360 min. El resultado del monitoreo es el promedio del período muestreado.

METODOLOGÍA

Hace más de dos décadas que la labor artesanal de hacer programas empezó a perder ese carácter. Distintas voces se alzaron para hacer de esta actividad un trabajo más de un ingeniero que de un artesano, planteando la necesidad de generar métodos de programación.

Los inconvenientes de un desarrollo artesanal de aplicaciones, desprovisto de normas y técnicas afecta directamente a la calidad del producto y a la calidad de su desarrollo, entendiéndose por lo último una carencia de etapas definidas, tanto en plazos como en costos.

Las principales consecuencias de este tipo de desarrollo son:

- Gran cantidad de errores y modificaciones, con fuertes incidencias en los costos.
- Frecuentes retrasos imprevistos, de magnitud no despreciable, en la implantación de las aplicaciones.
- Incremento en el número de horas necesarias para poner a punto los programas, dado que en múltiples ocasiones, los resultados eran inesperados y no se había previsto qué datos serían necesarios para efectuar una completa depuración de los mismos.
- Fracasos ante sistemas complejos, imposibilidad de evolución y mantenimiento de los programas
- Alta dependencia de los programas con las personas que los desarrollaron.

En respuesta a esto surgieron metodologías las cuales hacen uso de un conjunto de procedimientos, técnicas y herramientas con fin de de estandarizar y sistematizar el desarrollo y mantenimiento de sistemas. En este capítulo se presenta la metodología y las técnicas que servirán como base para el desarrollo del sistema de información propuesto.

Comenzaremos estableciendo los conceptos de metodología y técnica.

Metodología. Es una versión amplia y detallada de un ciclo de vida completo del desarrollo de sistemas que incluye: (1) Tareas paso a paso para cada fase, (2) funciones individuales y en grupo desempeñadas en cada tarea, (3) productos resultantes y normas de calidad para cada tarea y (4) técnicas de desarrollo.

Técnica. Es un método que aplica herramientas y reglas específicas para completar una o más fases del ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Las técnicas son en su mayoría, solo aplicables a una parte del ciclo de vida total. Por tanto no pueden, por sí mismas reemplazar al ciclo de vida. Algunas de las más conocidas técnicas de desarrollo de sistemas pretenden introducir en el ciclo de vida una precisión y un rigor propio de la ingeniería.

3.1 Ciclo de vida de un sistema.

Por ciclo de vida de un sistema de información se entiende el conjunto de fases y las tareas esenciales por las que pasa a lo largo del tiempo, desde la fase de estudio y concepción hasta la de realización, explotación y mantenimiento. Las fases o etapas de vida son definidas por las diversas metodologías y hay diferentes variantes de las mismas.

El ciclo de vida de un sistema define las fases y las tareas esenciales para el desarrollo de sistemas, sin importar el tipo o la amplitud del sistema que se intenta construir.

3.1.1 Las siete etapas del desarrollo de sistemas.

En términos generales, el desarrollo de un sistema de información cubre siete etapas, que son:

3.1.1.1 Identificación de problemas, oportunidades y objetivos.

Durante esta primera etapa el o los analistas concentrarán su atención en la identificación de los problemas (mediante análisis de necesidades) y objetivos a alcanzar con el sistema que se busca.

Esta etapa requiere de tiempo y dedicación tanto por parte del diseñador del sistema como por parte de quien solicita ese servicio ya que sabemos que si el problema no está bien claro y definido, se complicarán el resto de las etapas del proceso y muy posiblemente se obtenga al final un sistema que o bien cubre solo parcialmente los requerimientos de la empresa, o no es útil en absoluto a la misma.

En esta etapa se requiere que el analista observe detenidamente y de manera objetiva lo que ocurre en la empresa. Después, en conjunto con los demás miembros de la organización, hará notar los problemas. En este punto es muy importante lograr el interés de la alta dirección.

Se detectarán también las oportunidades, que serán aquellas situaciones que pueden ser realizadas o mejoradas mediante la aplicación de sistemas de cómputo. Al aprovechar estas oportunidades, la empresa seguramente logrará ventajas competitivas o podrá llegar a establecer un estándar industrial.

Es importante en esta primera etapa entender qué es lo que la empresa desea realizar, para poder después estar en condiciones de determinar si el uso de los sistemas computacionales son adecuados para apoyar a la empresa a alcanzar sus metas.

3.1.1.2 Determinación de los requerimientos de información.

En esta segunda etapa, se buscarán los requerimientos de información a partir de los usuarios finales del sistema, es decir, a partir de quienes resultan especialmente afectados por la existencia o carencia de la información. Nunca deberá hacerse esta etapa con base en las necesidades (reales o no) de la alta dirección, a menos de que esta alta dirección sea también uno de los usuarios finales.

Para identificar las necesidades de información dentro de una empresa se pueden emplear diversos instrumentos tales como: el muestreo, estudio de datos y formas usadas por la organización, la entrevista, cuestionarios, observación de la conducta de quien toma las decisiones, así como su ambiente.

Resulta muy útil en esta etapa el desarrollo de prototipos. Los prototipos son sistemas a escala que logran dos objetivos básicos. El primero es el empezar a probar el uso de las metodologías y equipos que conformarán al sistema final y poder detectar fallas u omisiones en dicho sistema. La segunda es empezar a poner en contacto a la gente de la organización con resultados visibles, dado que en la etapa anterior los miembros de la organización han sido encuestados, entrevistados por un analista, pero no han visto ningún cambio ni ningún resultado medible.

En esta etapa se hará todo lo posible por identificar qué información requiere el usuario para desempeñar sus tareas. Esta etapa también sirve para elaborar la imagen que el analista tiene de la organización y de sus objetivos.

3.1.1.3. Análisis de las necesidades del sistema.

En esta etapa se debe hacer uso de herramientas y técnicas específicas entre las que están: diagramas de flujo de datos, que cuenta con una técnica estructurada para representar en forma gráfica la entrada de datos a la empresa, los procesos que en ella se dan a estos datos y la salida que se obtiene de estos procesos. A partir de este análisis de datos se genera un diccionario que contendrá todos los elementos que usa el sistema, así como sus especificaciones.

Durante esta etapa, se investigan y analizan las decisiones estructuradas por realizar, con la finalidad de que sean incluidas en el sistema final.

En general existen tres métodos para el análisis de decisiones estructuradas, que son: el lenguaje estructurado; las tablas de decisiones y los árboles de decisiones.

Sabemos que no todas las decisiones en una organización son estructuradas. Las decisiones semiestructuradas (que se toman bajo riesgo) con frecuencia se pueden apoyar en los sistemas de toma de decisiones.

El análisis de decisiones no estructuradas también forma parte de esta etapa. En ella, se dispone de diversas técnicas para trabajar, entre las que destacan el proceso de intercambio y la aplicación de métodos de ponderación. Durante esta fase de análisis de decisiones no estructuradas, el analista trabajará en estrecha colaboración con la alta dirección.

3.1.1.4 Diseño del sistema recomendado.

Es en esta etapa cuando se elabora el diseño lógico del sistema de información. El analista diseña procedimientos precisos de captura de datos, con la finalidad de que los datos que se introducen al sistema sean los correctos.

Es también importante en este nivel el diseño de las interfaces al usuario. La interfase Hombre-Máquina debe de ser agradable a la vista, amigable, además de eficiente y eficaz. En la actualidad mucho del éxito de algunos sistemas computacionales dependen fundamentalmente de estas cualidades.

También se incluyen en esta etapa el diseño de los directorios y archivos en los que se guardará la información ya sea procesada o durante el proceso. Una base de datos bien organizada es fundamental para cualquier sistema de información.

El analista debe también preocuparse por las interfaces de salida, ya sea en pantalla o por medio de la impresora, de acuerdo con sus necesidades de información.

Resulta particularmente importante y en ocasiones también muy difícil, decidir en este momento quién o quiénes de la organización tendrán acceso a determinada información y cuál de esta información estará reservada sólo para ciertos niveles directivos.

3.1.1.5 Desarrollo y documentación del software.

El siguiente paso es el desarrollo de todos los programas y sistemas que actuarán en él. Este conjunto de programas puede ser extremadamente complejo y puede requerir de un tiempo considerable.

Por lo general, los desarrolladores trabajan una serie de prototipos que irán implementando en el sistema y probándolos con los usuarios finales. Este proceso requiere de ajustes, afinaciones y mejoras continuas que cristalizarán en la puesta a punto del sistema completo.

El analista deberá conocer a fondo la estructura organizacional y la forma de trabajo de la organización en la que desean implantar este sistema. Además de los programas y sistemas (software) que se requieren, es necesario que el equipo de analistas conozca el equipo computacional (hardware) de la organización, ya que tendrá que elaborar protocolos de entrada de datos, procesos, salida de los resultados, interfaces al usuario, etc, que sean compatibles con los equipos existentes en la organización y sobre todo, lo que en muchas ocasiones resulta más difícil, con los equipos de cómputo que serán adquiridos a corto y mediano plazo por la organización. En muchas ocasiones esto no será posible debido a que se desconoce cuáles serán dichos equipos, pero un buen analista siempre dejará preparados los sistemas para que puedan ser actualizados rápida y eficazmente de manera que se incorporen sin mayor problema los nuevos equipos y periféricos (impresoras, scanner, etc.) para que puedan actuar con eficiencia en el sistema.

Finalmente, pero no menos importante que el desarrollo del software esta su documentación. Este punto es crucial en el desarrollo de sistemas de información. Cada programador tiene su "estilo" propio y por consiguiente resulta prácticamente imposible para otro programador entender toda la lógica de un sistema complejo de programas si no cuenta con dos elementos indispensables para ello.

Estos elementos son:

a) Comentarios sobre el cuerpo del programa

Cuando un programador escribe un programa de cómputo, se recomienda que escriba algunas líneas que indiquen las operaciones o procesos que el programa está ejecutando en esa sección. De esta forma es posible para otro programador "seguir la pista" del programa y poder hacer posteriores modificaciones o adecuaciones si el sistema así lo requiere.

b) Manuales:

No sólo es necesario que el programador de sistemas incluya comentarios en el cuerpo de los programas que escribe, sino que además deberá entregar un amplio juego de manuales que explican paso a paso la lógica de los programas, que muestran los diagramas de flujo, las secuencias de acción de cada uno de los pasos principales del programa, etc.

3.1.1.6 Prueba y mantenimiento del sistema.

Todos los sistemas de información deberán de probarse antes de usarlos. A esto se le conoce técnicamente como "Pruebas de liberación". Por ejemplo, sistemas comerciales complejos como pueden ser Windows95 por ejemplo, son desarrollados por equipos de expertos, son probados por ellos mismos, pero aún así, antes de lanzarlos al mercado, aparecen lo que se denomina "versiones Beta", que son copias completas o prácticamente completas que se ponen a disposición del público para que, sin costo ninguno, sean probadas por ellos y se reporten así todos los pequeños (o grandes) defectos que los usuarios finales puedan encontrar en ellos. Una vez realizada esta "prueba final", los sistemas son corregidos y saldrán al mercado en su versión final.

En el caso de un sistema particular, contratado por una organización y para sus fines propios, las pruebas son desarrolladas tanto por el programador como por el analista. Se emplearán datos típicos de la empresa para poder verificar el funcionamiento de todos los sistemas y poder corroborar la veracidad y exactitud de las salidas que el sistema proporciona.

Una vez realizadas todas las correcciones, es el momento de implantar y evaluar el nuevo sistema.

3.1.1.7 Implantación y evaluación del sistema.

En esta última etapa del ciclo de desarrollo de un sistema, el analista ayuda a implantar el sistema de información. Esto incluye el adiestramiento y capacitación de los usuarios. Más aún, el analista necesita planear la transición que trae consigo el cambio de un sistema a otro.

Aunque la evaluación del sistema se plantea como parte integrante de la última etapa, en realidad es un proceso continuo que se inicia desde la primera o segunda etapa del ciclo de desarrollo de sistemas de información. Uno de los criterios fundamentales que debe satisfacerse es que el futuro usuario realmente utilice el sistema desarrollado. Es posible que si el diseño de las interfaces no es amigable, si las salidas no son correctas, si las operaciones realizadas no son rápidas y precisas, el usuario desista de trabajar con un sistema incómodo o impráctico.

Para evitar esto, se requiere de una perfecta coordinación entre cada una de las siete etapas que se han descrito previamente.

3.2 Las Técnicas Estructuradas.

Las técnicas son, en su mayoría sólo aplicables a una parte del ciclo de vida del sistema. Por tanto no pueden, por sí mismas, reemplazar al ciclo de vida. Algunas de las más conocidas técnicas de desarrollo de sistemas pretenden introducir en el ciclo de vida una precisión y un rigor propios de la ingeniería.

Las técnicas estructuradas son métodos formales de división de un problema de empresa en fragmentos y relaciones manejables, y la ulterior reunión de estos fragmentos y relaciones en una solución de empresa (e informática) útil para resolver el problema. La mayoría de las técnicas estructuradas de hoy en día se centran en dos visiones de los sistemas *actividades y datos*. Los bloques elementales *actividades* se basan en el concepto entrada-proceso-salida (EPS). Como el proceso es el núcleo de la transformación entrada-salida, estas técnicas reciben con frecuencia el nombre de técnicas orientadas a procesos. Las técnicas de procesos elaboran modelos de sistemas que se basan en el estudio de los procesos y/o sus entradas y salidas. Las técnicas orientadas a datos establecen modelos de sistemas que se basan en una organización y un acceso ideal a los datos del sistema, independientemente de como se utilicen estos datos para satisfacer las necesidades de información (salidas). A continuación se presentan las siguientes técnicas estructuradas:

- ⇒ Programación estructurada.
- ⇒ Diseño estructurado.
- ⇒ Análisis estructurado moderno
- ⇒ Modelización de datos.
- ⇒ Ingeniería de información.

3.2.1 Programación estructurada. La programación estructurada es una técnica orientada a procesos para el diseño y la escritura de programas con mayor claridad y consistencia. En esencia la programación estructurada sugiere que el esquema lógico de cualquier programa debería ser escrito con un conjunto limitado de estructuras de control.

La programación estructurada tiene que ver sólo con la lógica y la codificación de los programas. Propone que los programas deberían diseñarse de manera que pudieran leerse de principio a fin con un mínimo de ramificaciones. En particular los programas bien estructurados se escriben exclusivamente con diversas combinaciones de tres estructuras de control limitadas. Estas tres estructuras básicas son:

- ⇒ Una secuencia de instrucciones o grupo de instrucciones.
- ⇒ Una selección de instrucciones o grupo de instrucciones basadas en ciertos criterios de decisión.
- ⇒ Una iteración de instrucciones o grupo de instrucciones que se repite sobre la base ciertos criterios.

Estas construcciones pueden repetirse (o anidarse) en otras construcciones. Una característica importante de las estructuras es que cada construcción debe tener la propiedad de disponer de una sola entrada y una sola salida. Ello quiere decir que sólo puede haber un punto de entrada y un punto de salida en una estructura dada. El código estructurado se lee de arriba abajo, sin referencias hacia atrás. Ello hace que sea más fácil de leer, probar, depurar y mantener. En el diagrama de la **figura 3.1** se muestran las construcciones y las propiedades de la programación estructurada. Como técnica estructurada, la programación estructurada sólo da apoyo a algunas partes de las fases de diseño, implantación y soporte del ciclo de vida.

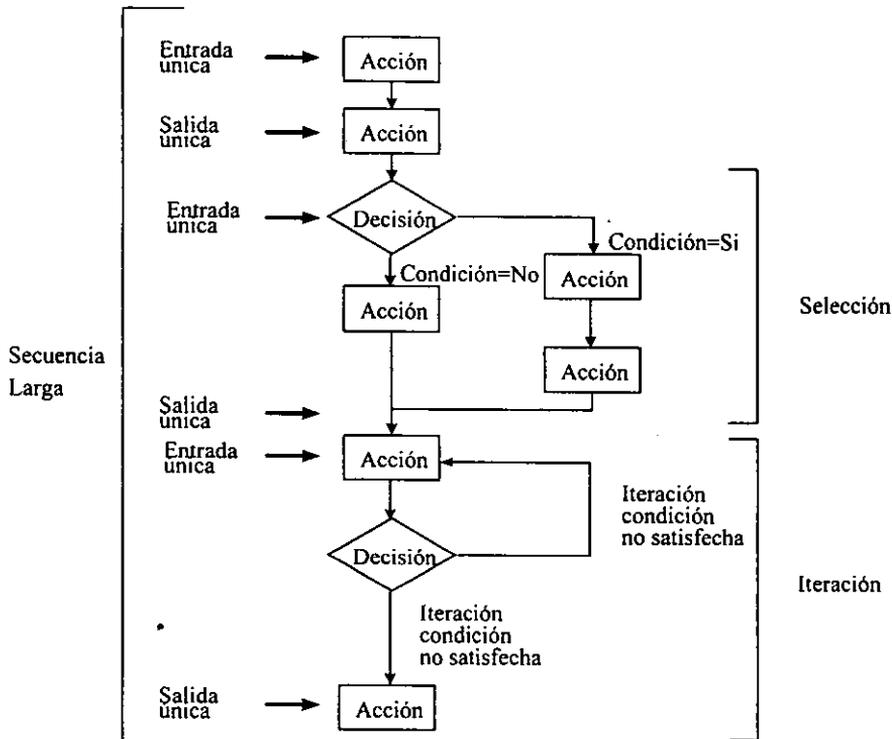


Figura 3.1 Conceptos de la programación estructurada

3.2.2 Diseño estructurado. El diseño estructurado es una técnica orientada a procesos, utilizada para fragmentar un programa grande en un conjunto jerarquizado de módulos y obtener un programa informático más fácil de implantar y mantener. La idea es simple. Diseñar un programa como una distribución jerárquica descendente de módulos. Un módulo es un grupo de instrucciones: un párrafo, un bloque, un subprograma o una subrutina. La estructura descendente de estos módulos se desarrolla conforme a diversas reglas y directrices de diseño.

En un caso ideal la lógica interna de cada módulo se escribiría por medio de técnicas de programación estructurada. Este tipo de técnicas puede usarse de forma combinada para mejorar la solución de problemas.

Diferentes escuelas del pensamiento han desarrollado su propia técnica para conseguir diseños bien estructurados. Entre estas escuelas se incluyen las siguientes:

Yourdon-Constantine. Esta técnica obtiene la estructura de software ideal por el estudio de flujo de datos a través de las funciones de programas necesarias. Esta técnica describe la estructura descendente de los módulos en forma de árbol invertido.

Warnier-Orr. Esta técnica obtiene la estructura de software ideal por el estudio del contenido de las salidas y las entradas. Esta técnica describe la disposición jerárquica descendente en forma de series de llaves de izquierda a derecha.

Jackson. Esta técnica también obtiene la estructura de software ideal por el estudio del contenido de las salidas y entradas. Esta técnica extendida en Europa, describe la disposición jerárquica descendente de los módulos en forma de un árbol invertido similar al de Yourdon-Constantine.

Todas estas técnicas se consideran técnicas de procesos, dado que su propósito es diseñar procesos y específicamente, procesos de software.

La técnica de Yourdon es la más conocida y practicada. El diseño estructurado de Yourdon pretende dividir un programa en un conjunto jerárquico de módulos en sentido descendente, dotados de las siguientes propiedades:

- ⇒ Los módulos deben tener una fuerte cohesión; es decir, cada módulo debería comportar una y sólo una función. Así los módulos serán reutilizables en futuros programas.
- ⇒ Los módulos deben estar débilmente acoplados; es decir, han de tener una dependencia mínima unos de otros. Ello reduce al mínimo el efecto que futuros cambios en un módulo pueden producir en otros módulos.

El modelo de software obtenido del diseño estructurado de Yourdon recibe el nombre de **diagrama de estructuras**.

3.2.2.1 El diagrama de estructuras (figura 3.2) se obtiene del estudio del flujo de datos a través del programa. El diseño estructurado se lleva a cabo durante la fase de diseño del ciclo de vida. No cubre todos los aspectos del diseño; por ejemplo, el diseño estructurado no servirá de ayuda para diseñar las entradas, las bases de datos o los archivos.

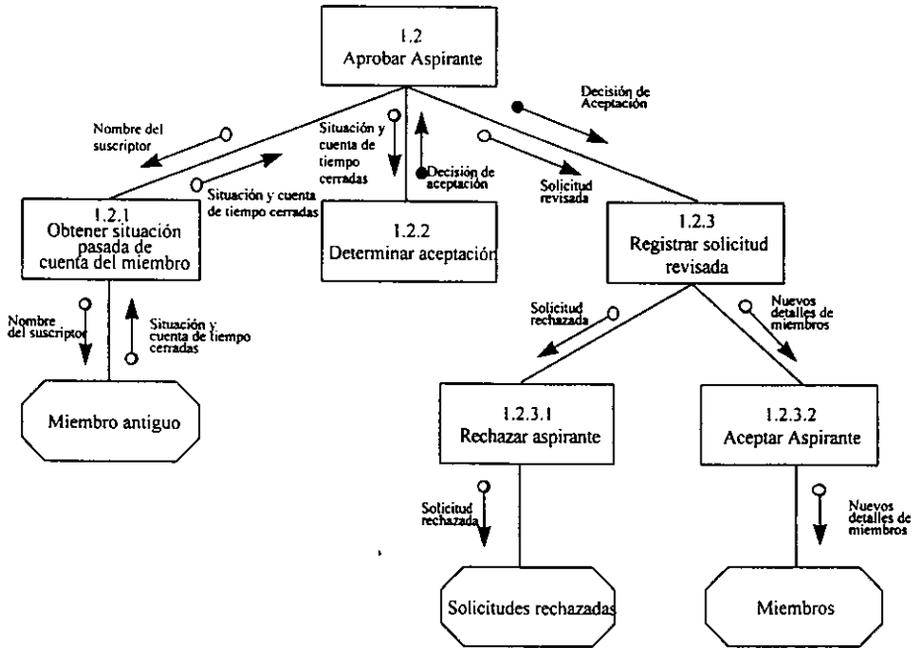


Fig. 3.2 Diagrama de estructuras

Las ventajas obtenidas del diseño estructurado son numerosas. En primer lugar, los programas que se desglosan conforme al diseño estructurado son más fáciles de leer y de probar por equipos de programadores múltiples, porque las interfaces entre los módulos también estarán bien definidas y limitadas por las reglas, los módulos cuya prueba sea correcta deberían funcionar igual de bien cuando se integraran en el sistema global. Las estructuras de programas en sentido descendente también reducen los esfuerzos de programación, ya que por sí mismas llevan a codificación en sentido descendente y a pruebas individuales. En segundo lugar, los sistemas y los programas desarrollados con diseño estructurado son más fáciles de mantener. En tercer lugar, una de las ventajas del diseño estructurado con frecuencia olvidado es que los módulos de programas desarrollados conforme a la técnica suelen ser reutilizables. Esto se debe a que han sido escritos con cohesión.

3.2.3 Análisis estructurado. Es una técnica centrada en los procesos que se utiliza para realizar modelos de las necesidades de usuario en un sistema. El análisis estructurado divide un sistema en procesos, entradas, salidas y archivos. Elabora modelos del tipo entrada-proceso-salida orientados a flujos para un problema o una solución de empresa.

La técnica de análisis estructurado es sencilla en su concepto. Un nuevo modelo del sistema evoluciona a partir de una serie de diagramas orientados a flujos denominados **diagramas de flujo de datos** (figura 3.3).

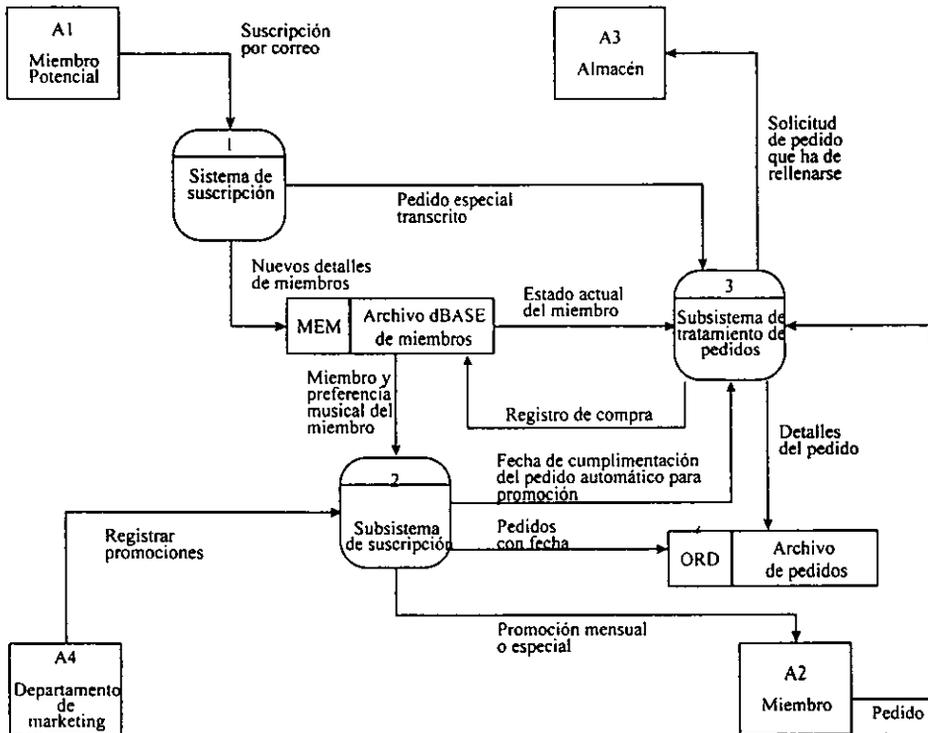


Figura 3.3 Diagrama de Flujo de Datos

3.2.3.1 Diagramas de flujo de datos. Muestran el flujo de datos, el almacenamiento de datos y los procesos que se producen como respuesta a datos o que cambian datos. Estos diagramas de flujo de datos pueden diferir en los que se refiere a:

- ⇒ Si el modelo corresponde al sistema actual o al sistema propuesto.
- ⇒ Si el modelo corresponde a los detalles de implantación del sistema (a veces denominado *sistema físico*) o a los fundamentos del sistema (lo que se llama en ocasiones, *sistema lógico*).

Sistema lógico. Fue creado por el análisis estructurado, para el cual es vital, exige al analista qué debería hacer el sistema antes de decidir como diseñarlo o implantarlo. Por tanto esta técnica obliga al analista considerar primero la solución de empresa y solo más tarde la solución técnica.

En los planteamientos de Gane y Sarson, por un lado, y de Marco, por otro, se obtienen cuatro conjuntos complementos de diagramas de flujo de datos:

1. Diagrama físico de flujo de datos del sistema actual (que muestran cómo trabaja el sistema actual).
2. Diagramas lógicos de flujo de datos del sistema actual (obtenidos del punto 1 anterior, para mostrar "qué" hace el sistema actual).
3. Diagramas lógicos de flujo de datos del nuevo sistema (añadidos, borrados y modificaciones al punto 2 anterior, para mostrar "qué" debe hacer el nuevo sistema).
4. Diagramas físicos de flujo del sistema objeto (que muestran "cómo" poner en práctica sus necesidades del nuevo sistema).

Recientemente, Ed Yourdon introdujo una versión mejorada del análisis estructurado denominada **análisis estructurado moderno**.

3.2.4 Análisis estructurado moderno. Este método elimina la modelización detallada del sistema actual (tanto lógica como física). En vez de ello requiere:

1. Un diagrama físico de flujo de datos muy sencillo del sistema propuesto, que muestre el contexto de los límites del sistema, con el nombre de *modelo del entorno*.
2. Un modelo lógico de datos.
3. Diagramas lógicos de flujo de datos, de abajo-arriba del nuevo sistema que muestran "qué" debe hacer el sistema como respuesta a determinados sucesos de empresa, así como las respuestas deseadas a dichos sucesos.
4. Diagramas lógicos de datos, de arriba abajo del nuevo sistema que muestren "qué" debe hacer el sistema, en realidad una redistribución de los DFD del punto 3 anterior.
5. Diagramas físicos de flujo de datos del nuevo sistema, que muestran "cómo" implantarán el nuevo sistema las necesidades del punto 4 anterior.

Se advierte que el interés central de todas las etapas se ha desplazado claramente hacia el nuevo sistema, prestándose escasa atención al sistema actual. Las diferentes variedades de análisis estructurado se encuadran o bien en el método original o bien en el método moderno.

El análisis estructurado y el diseño estructurado son técnicas integradas. El método de diseño estructurado de Yourdon proporciona estrategias formales para obtener diagramas de estructuras de programas a partir de diagramas de flujo de datos elaborados adecuadamente durante el análisis estructurado. En su conjunto, esta técnica se suele también llamar *ingeniería de software*.

3.2.5 Modelización de datos. Es una técnica orientada por los datos que representa un sistema en función de sus datos, independientemente de cómo se procesen dichos datos para producir información. Si se capturan los datos y se almacenan en estructuras flexibles de archivos y bases de datos, todas las necesidades actuales y futuras de información pueden satisfacerse por medio del uso de dichos datos. La modelización de datos ha evolucionado a partir de las técnicas utilizadas por los diseñadores de bases de datos.

Las técnicas de modelización de datos se describen brevemente del modo siguiente. Primero, identificar los "entes" de empresa (denominados entidades) en torno a los cuales captan datos las aplicaciones o la empresa. Estas entidades pueden ser:

- Cosas tangibles. (por ejemplo, materiales, suministros, máquinas, vehículos y productos).
- Funciones (como clientes, proveedores, empleados y accionistas).
- Sucesos (como pedidos devoluciones, contratos, viajes, accidentes o pagos).
- Lugares (como oficinas de venta o almacenes).

A continuación se identifican aquellos atributos que describen una presencia de cada entidad. Eventualmente, puede desearse almacenar estos atributos o campos, en un archivo o base de datos. También eventualmente, se diseñarían entradas para capturar estos atributos. Y podrían diseñarse numerosas variedades de salidas para resumir informaciones sobre estos y otros atributos. Después, identificar las actividades de empresa que tienen lugar entre las entidades. Normalmente, el analista compone una imagen o modelo de datos de estas entidades, relaciones y atributos (**figura 3.4**).

En algunos métodos de modelización de datos, el analista utiliza también técnicas formales para asegurar que el modelo de datos sea lo suficientemente flexible para adaptarse a las necesidades actuales y futuras que se basen en los mismos datos. Esta técnica se denomina **normalización**.

Las ventajas extraídas de la modelización de datos son importantes. Si los archivos y las bases de datos de los nuevos sistemas se construyen de acuerdo al modelo de datos, poseerán las siguientes propiedades:

- Contendrán datos actualizados y precisos.
- Satisfarán todas las necesidades actuales.
- Satisfarán los requisitos futuros sin necesidad de cambios drásticos en el sistema, ya que los datos ya se han añadido, o pueden añadirse fácilmente a las entidades apropiadas.

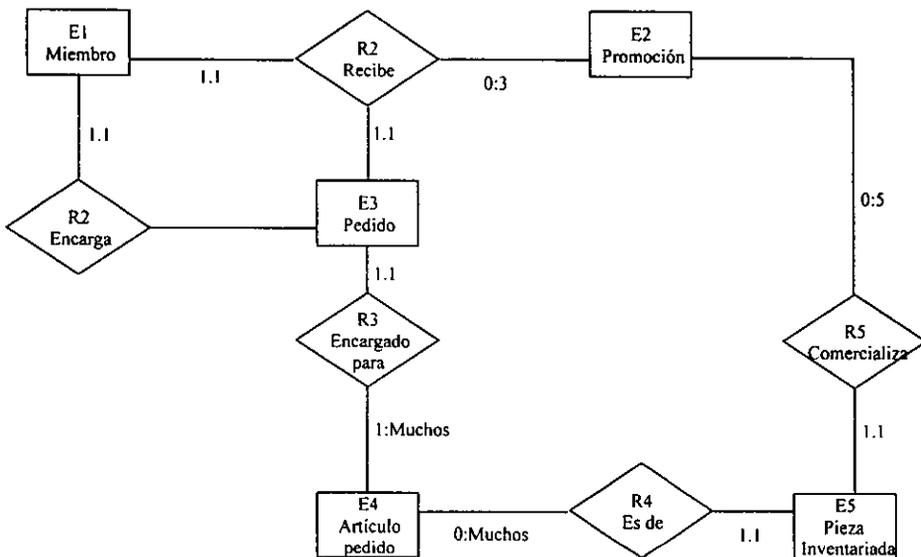


Figura 3.4 Diagrama de Entidades-Relaciones-Atributos (ERA)

3.2.6 Ingeniería de información.

Combina la modelización de datos y de procesos, y pone un especial énfasis en la importancia de la planificación de sistemas. Razonablemente, la ingeniería de información ha sustituido al análisis y al diseño estructurado en casi todas las técnicas populares que se usan en la práctica actual. La ingeniería de información incluye la mayoría de los conceptos, las herramientas y técnicas de análisis estructurado.

La ingeniería de información es una técnica basada en los datos, pero también sensible a los procesos, que se aplica a las organizaciones consideradas en su conjunto (o a grandes áreas de una organización) más que a proyectos circunstanciales concretos. Aunque la técnica propone un equilibrio entre los métodos orientados a datos y orientados a procesos, se basa claramente en los datos; primero se elaboran los modelo de datos y, después los de procesos.

Esta técnica cubre casi todo el ciclo de vida de un sistema, la única fase no incluida es el soporte de sistemas. La ingeniería de información define la planificación de sistemas como la mejor de una organización a través de la tecnología de información. Este método pretende identificar datos y funciones críticas en las misiones de empresa que deberían ser soportados e integrados por medio de la tecnología.

En la **figura 3.5** se ilustran las siguientes etapas de la ingeniería de información:

1. Los analistas se comprometen en la planificación estratégica de sistemas para la organización (o más comúnmente para una de sus áreas principales, como una división, una instalación, un laboratorio, etc.).
2. Sobre la base del plan estratégico resultante, los analistas diseñan subsistemas que la ingeniería de información denomina *áreas de empresa*.
3. Entonces, los analistas diseñan otro subsistema que represente una aplicación de alta prioridad (para el *área de empresa*) que se elaborará por medio de mayor nivel de análisis y diseño de aplicación (mediante técnicas estructuradas).
4. El analista implanta la aplicación diseñada.

Los siguientes proyectos se referirán a otras aplicaciones del mismo *área de empresa*, hasta el momento en que ésta llegue ha estar completamente soportada por un conjunto de aplicaciones integradas. Estas aplicaciones se integran en la base de datos del área de empresa.

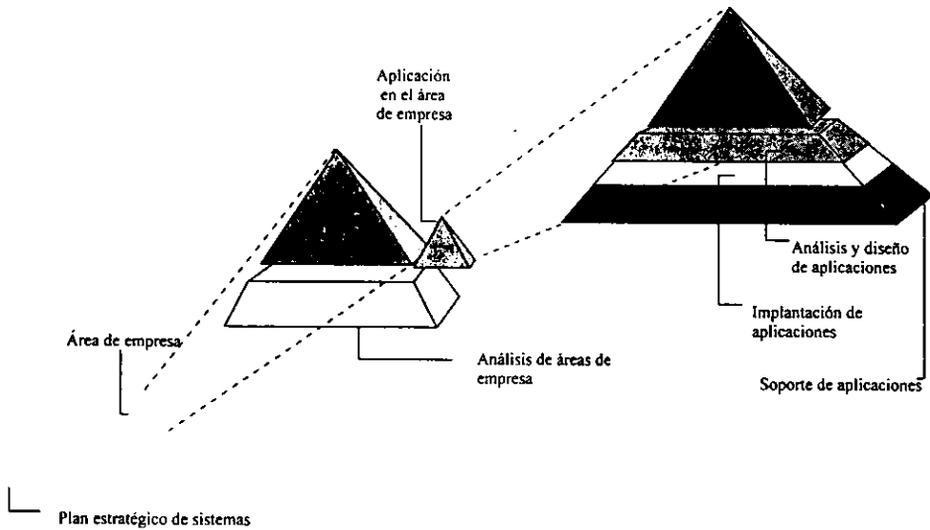


Figura 3.5 Modelo en pirámide que ilustra la técnica de la ingeniería de información.

En la ingeniería de información, el centro primordial son los datos almacenados (**figura 3.6**). Los analistas, los programadores y otros profesionales de la informática son responsables de diseñar todos los almacenes de datos y de asegurar que dichos datos sean capturados, almacenados y mantenidos adecuadamente. También diseñan e implantan las principales salidas de información del sistema. Los usuarios finales satisfacen muchas necesidades adicionales de información por medio del estudio y la aplicación de informes fáciles y agradables, y de lenguajes de consulta.

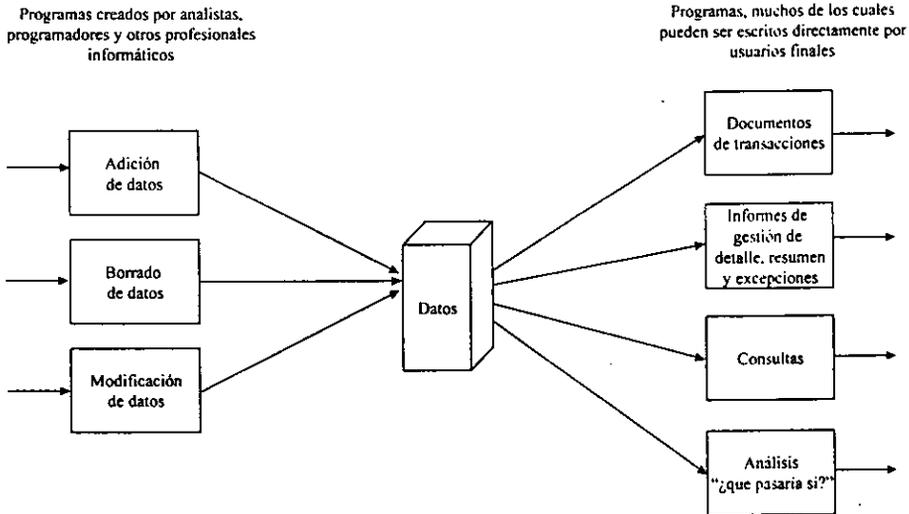


Fig. 3.6 La filosofía de la ingeniería de información

3.3 Técnica del Desarrollo Conjunto de Aplicaciones (DCA).

Esta técnica es una forma de trabajo altamente estructurada que lleva a los usuarios, los directivos y los especialistas en sistemas de información a definir y especificar conjuntamente las necesidades de los usuarios, las opciones técnicas y los diseños externos (entradas, salidas y pantallas).

El DCA intenta requerir mayor participación de los usuarios y los directivos en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Del aumento de esta participación pueden obtenerse las siguientes ventajas:

- El DCA suele mejorar la relación entre usuarios, directivos y profesionales en sistemas de información.
- El DCA suele ampliar la cultura informática de los usuarios y los directivos, así como la cultura en la empresa y sus aplicaciones, y de los especialistas en sistemas de información.
- El DCA sitúa la responsabilidad de la resolución de los conflictos donde corresponda (haciéndola recaer tanto en los usuarios como en los directivos).

- El DCA reduce por lo general el tiempo transcurrido en el desarrollo de sistemas gracias a la síntesis de entrevistas múltiples en el trabajo conjunto estructurado.
- El DCA reduce normalmente el costo del desarrollo de sistemas al conseguir definir las necesidades y establecer sus prioridades correctamente desde el principio.
- El DCA consigue, por lo general, sistemas de más valor y mejoras en la satisfacción de los usuarios y directivos. Hace aumentar la confianza de los usuarios y los directivos, y su apoyo al proyecto.
- El DCA consigue normalmente sistemas menos costosos de mantener, dado que su primera versión ya satisface las necesidades.

3.4 Las Técnicas de Prototipos y Desarrollo Rápido de Aplicaciones (DRA).

Es una popular técnica de ingeniería utilizada para desarrollar modelos a escala (o simulados) de un producto o de sus componentes. Cuando se aplica al desarrollo de sistemas de información, el diseño de prototipos implica la creación de un modelo o modelos iterativos de trabajo de un sistema o un subsistema.

La técnica de prototipos puede utilizarse en varias fases del ciclo de vida. Existen cuatro tipos de prototipos de sistemas de información:

Prototipos de viabilidad. Se utilizan para probar la viabilidad de una tecnología específica aplicable a un sistema de información.

Prototipos de necesidades. Se utilizan para descubrir las necesidades de los usuarios con respecto a la empresa. Pretenden simular la forma de pensar de los usuarios. Su base es sencilla : los usuarios reconocerán sus necesidades cuando las vean. Durante la elaboración de diseños de necesidades, el analista puede "pintar" pantallas o informes de muestra, y solicitar las opiniones del usuario con respecto a su contenido (pero no su formato).

Prototipos de diseño. Se utilizan para simular el diseño del sistema de información final , se centran en la forma y el funcionamiento del sistema deseado. Cuando el analista crea un prototipo de diseño, espera que los usuarios evalúen dicho prototipo como si formara parte del sistema final. Así los usuarios deberían evaluar la facilidad de aprendizaje y de manejo del sistema, así como aspectos de las pantallas y los informes y los procedimientos requeridos para utilizar el sistema. Estos prototipos pueden servir como especificaciones parciales de diseño o evolucionar hacia prototipos de implantación.

Prototipos de implantación. Constituyen una extensión de los prototipos de diseño donde el prototipo evoluciona directamente hacia el sistema de producción. En principio, los prototipos de implantación omiten normalmente detalles como la edición de datos, las seguridades y los mensajes de ayuda. Estos detalles pueden añadirse posteriormente, si se desea que el prototipo evolucione hacia un sistema de producción.

Las ventajas que se obtienen del uso de prototipos son:

- Los usuarios se hacen participantes más activos en el desarrollo de sistemas. Suelen mostrarse más interesados en los prototipos de trabajo que en las especificaciones de diseño en papel.
- La definición de necesidades se simplifica por el hecho de que muchos usuarios finales no comprenden o no son capaces de enunciar detalladamente sus necesidades hasta que ven un prototipo.
- La probabilidad de que los usuarios finales aprueben un diseño y luego rechacen su implantación se reducirá notablemente
- El diseño mediante prototipos reduce el tiempo de desarrollo; sin embargo, algunos expertos cuestionan esto.

Las desventajas del uso de prototipos son:

- Los prototipos suelen pasar a la fase de análisis y diseño con demasiada rapidez. Ello empuja al analista a pasar demasiado rápido a la codificación, sin haber comprendido bien las necesidades y los problemas.
- Los prototipos pueden desalentar la consideración de soluciones técnicas alternativas. El analista suele seguir adelante con el primer prototipo alternativo que suscita una reacción razonablemente favorable en los usuarios.
- Los sistemas implantados desde prototipos son con frecuencia poco flexibles para adaptarse a los cambios en las necesidades, ya que han sido desarrollados "por encima".
- No siempre es fácil cambiar los prototipos. Varios expertos han advertido un crecimiento en las bibliotecas de código L4G con deficiencias de diseño, no estructurado, imposible de leer e inadecuadamente documentado.
- Los prototipos rara vez se pulen: La tecnología utilizada puede impedir, en la práctica, su comprensión por el usuario y, en consecuencia, desalentar su participación.

Los prototipos deben de actuar de complemento a las técnicas de especificación apropiadas. Las técnicas de DRA es una combinación de diversas técnicas estructuradas con técnicas de prototipos y de desarrollo de conjunto de aplicaciones cuyo fin es acelerar el desarrollo de sistemas. Las técnicas DRA requieren el uso interactivo de técnicas estructuradas y prototipos para definir las necesidades de usuario y diseñar el sistema final. Por el uso de técnicas estructuradas, el equipo de desarrollo primero construye los modelos previos de datos y de procesos de las necesidades. Los prototipos ayudan entonces al analista y a los usuarios a verificar dichas necesidades y a pulir formalmente los modelos de procesos y de datos.

3.5 Técnicas Orientadas a Objetos

Las técnicas orientadas a objetos pueden verse como la combinación de las técnicas orientadas a datos y las técnicas orientadas a procesos. Los datos y los procesos se encapsulan en objetos. Un objeto contiene los datos y los procesos que emplean o actualizan dichos datos. Sólo los procesos (a veces llamados servicios) definidos para los datos de un objeto pueden usar o actualizar dicho objeto. Diferentes presencias y tipos de objetos interaccionan entre sí por el envío de "mensajes" que les ordenan ejecutar procesos específicos en un objeto.

Los objetos se definen desde lo abstracto a lo concreto. Una biblioteca de objetos bien definida, una vez implantada, contendrá objetos y códigos reutilizables. Los objetos estarán autocontenidos y serán por tanto, fáciles de mantener. Las técnicas orientadas a objetos prometen ofrecer las ventajas que buscaban las técnicas de diseño estructurado.

3.6 Programación por eventos.

La programación por eventos surge como una respuesta a las características de las nuevas tecnologías en las cuales la cantidad y complejidad de la información han aumentado considerablemente. De estas características surge el concepto de Visualización, que involucra el mejoramiento y aprovechamiento de los modos gráficos para obtener un mejor interfaz con el usuario. La programación por eventos es muy versátil y se presta sobre todo para el ambiente windows pues se aprovechan las bibliotecas existentes. Una de las ventajas es el ahorro de código manejado ya que no se considera intrínseco el manejo de gráficos, ratón, validación de entradas de datos, impresión, etc.

Una forma de ver en que radica el ahorro de código está por ejemplo en una ventana en la cual pueden existir varios eventos, sin necesidad de que estos se lleven a cabo. Además estos eventos no requieren de validaciones de datos ni manejo de coordenadas complejas, solo hay que definir los tipos de datos que se van a manejar o la tarea que se llevará a cabo después de la activación del ratón o de una tecla.

En el paradigma procedural el programa controla por sí mismo las partes del código que ejecuta. La ejecución comienza con la primera línea de código y sigue un camino definido a través del programa, llamando a los procedimientos cuando es necesario.

En los programas manejados por eventos, la acción realizada ya sea por el usuario o por el sistema tiene asociado un procedimiento que se ejecuta en respuesta a esta acción. De esta manera, el orden en el cual se ejecuta el código depende de la ocurrencia de los eventos, es decir de lo que está haciendo el usuario.

3.6.1 Programación por Eventos utilizando Visual Basic.

La programación por eventos en Visual Basic (VB) se lleva a cabo sobre objetos definidos. Está basada en el concepto de componentes u objetos que pueden ser formas o controles. En las formas se especifican las partes de un programa y los controles pueden ser cajas de texto, botones de comandos, etc.

Cuando un evento se presenta, es decir cuando se presenta cualquier acción que es reconocida por un control, entonces se ejecuta el código correspondiente en respuesta a dicho evento. Aunque los objetos en VB reconocen automáticamente un conjunto predefinido de eventos, el usuario determina si se responderá y como se responderá a ese evento en particular dependiendo del código asociado a dicho evento. Varios controles pueden reconocer el mismo evento, aunque no todos ejecuten el procedimiento-evento cuando el evento ocurre. Por ejemplo, un evento 'Click' ocurre cuando un usuario presiona un botón del ratón sobre un control. Si se presiona sobre un objeto Forma, el procedimiento-evento Forma_Click se ejecuta, si un usuario presiona un objeto botón de comando, llamado Botón1, el procedimiento-evento Botón_Click se ejecuta.

En VB se pueden crear programas atractivos que utilizan ampliamente la interfaz gráfica de usuario (GUI: Graphical User Interface) ya que proporciona herramientas para diferentes aspectos del desarrollo de la interfaz utilizando los objetos. Para definir la apariencia y funcionamiento de los objetos se colocan propiedades y se complementan escribiendo código que responde a los eventos que ocurren en la interfaz.

Utilizando VB se pueden crear aplicaciones poderosas con características que explotan las ventajas de Windows, incluyendo la interfaz de documento-múltiple (MDI multiple-document-interface), la vinculación e incrustado de objetos (OLE object linking and embedding), el intercambio dinámico de datos (DDE dynamic data exchange), gráficas y mucho más. VB puede extenderse al agregar controles personalizados y al llamar procedimientos o funciones de bibliotecas de ligado dinámico (DDL dynamic-link-libraries). El programa final es un archivo .EXE que utiliza DDLs al tiempo de ejecución.

La versión 3.0 de VB incluye una base de datos similar a Acces y que proporciona capacidades multiusuario, procesamiento de transacciones, y todos los beneficios del lenguaje estructurado de consultas (SQL), un lenguaje estándar con que trabajan bases de datos a gran escala. También permite intercambiar información con otros manejadores de bases de datos comerciales.

En un programa procedural se sigue una trayectoria definida. La trayectoria comienza en un estado inicial que representa los datos o la entrada y termina en un estado final

que representa la respuesta. Por otro lado en un programa por eventos, la secuencia típica de un programa sería la siguiente:

- 1.El Programa comienza cargando y desplegando automáticamente una forma inicial.
- 2.Una forma o control recibe un evento. El evento puede ser causado por el usuario (por ejemplo, la presión de una tecla), por el sistema (por ejemplo, un evento disparado por un cronómetro "timer"), o indirectamente por el código (por ejemplo, el evento de Cargar cuando el código accesa una Forma).
- 3.Si existe un procedimiento-evento correspondiente a ese evento, éste se ejecuta.
- 4.El programa espera el siguiente evento. Es decir en la programación por eventos se pueden considerar varios programas procedurales que trabajan en forma independiente, pero que al mismo tiempo presentan una cierta "conducta".

3.6.2. Diferencias entre la programación por eventos y la programación orientada a objetos.

Actualmente se pueden distinguir 3 tipos de lenguajes dentro de la tecnología orientada a objetos (TOO): los de programación orientados a objetos entre ellos figuran Smalltalk y Eiffel, los lenguajes para desarrollo orientado a objetos como C++, y lenguajes basados en objetos como VB.

La programación basada en objetos difiere de los otros lenguajes en el sentido que no soporta la creación de nuevas clases. Se hace uso únicamente de objetos ya construidos. Esta puede o no abarcar otra características de la TOO, tales como instanciación o contención. Enseguida se resumen las características de VB comparándolas con los conceptos de la programación orientada a objetos:

Característica	Soportada
Nuevas Clases	No
Encapsulación	Si
Herencia	Parcialmente
Polimorfismo	Si
Contención	No

Cabe mencionar que no existen estándares oficiales para TOO, aunque varios organismos -incluyendo comités ANSI- hacen esfuerzos para estandarizar los lenguajes orientados a objetos. Algunas personas interesadas y grupos de especialistas han propuesto ciertos estándares, pero el modelo orientado a objetos puede considerarse que se encuentra aún en estado de evolución . Esto explica la

gran variedad de modelos e implementaciones de conceptos orientados a objetos por diferentes creadores de software.

3.6.3 El uso de Bibliotecas de Ligado Dinámico (DLL)

Las bibliotecas de ligado dinámico son bibliotecas de procedimientos que las aplicaciones pueden ligar y usar al tiempo de ejecución a diferencia del ligado estático en el cual se ligan en el momento de la compilación. Esto significa que las bibliotecas se pueden actualizar independientemente de la aplicación y también muchas aplicaciones pueden compartir una DLL. De hecho windows está compuesto de varias DLLs que se conocen como API (application programming interface). Todas las aplicaciones se llaman al momento de ejecutarse, como por ejemplo el despliegue de gráficas, manejo de memoria, controladores de impresoras, etc.

Quando un programa es ligado estáticamente se utiliza una copia de cada una de las funciones de bibliotecas utilizadas. En un ambiente uni-tarea como DOS, esto no es un problema. Sin embargo en un ambiente multi-tarea como Windows, la cantidad de memoria RAM utilizada aumenta considerablemente. Además cualquier actualización que se haga de las funciones de biblioteca se requiere de un religado y recompilación de todos los archivos .EXEs.

Quando se usan DLLs se eliminan estos problemas, al no utilizar las referencias a funciones en tiempo de ejecución. Las DLLs se pueden cargar y descargar bajo el control del programa. Aún cuando varios programas utilicen concurrentemente las funciones de las DLLs, sólo un DLL se carga en memoria. También cuando se realicen revisiones de un DLL, éstas se reflejarán instantáneamente en los programas EXEs que utilicen estas DLLs sin necesidad de ser religados, ya que sólo se necesita distribuir la nueva versión de DLL. De esta manera, las actualizaciones son mucho más simples. Más aún, las DLLs no son específicas de un lenguaje; se podrá acceder cualquier DLL desde cualquier sistema de desarrollo compatible con Windows. Por todas estas razones, las DLLs son uno de los mayores perfeccionamientos de la tecnología tradicional sobre ligado estático.

En teoría, se puede construir una DLL en cualquier lenguaje que tenga un compilador compatible con Windows. Sin embargo los lenguajes más comúnmente utilizados son C o C++. En la mayoría de los Compiladores de C compatible con windows, para crear un DLL, se selecciona una opción del Ambiente de Desarrollo Integrado (IDE) o se llama al compilador con los comandos de línea apropiados.

VB utiliza un método muy sencillo para llamar rutinas desde una DLL, define la rutina que se quiere llamar en la sección de declaración de la Forma o proyecto y accesa la DLL como si fuera parte de VB. Si la rutina regresa un valor, se declara ésta como una función, de otra manera se declara como un sub-procedimiento.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO

4.1 Identificación de problemas, oportunidades y objetivos.

Haciendo uso de la metodología presentada en el capítulo anterior se procedió a la identificación del problema y a establecer el objetivo del sistema los cuales fueron presentados en los puntos 1.7 al 1.9 en donde el **objetivo** fué identificado como el siguiente:

Desarrollar un sistema para el procesamiento de información de los datos provenientes del monitoreo isocinético del laboratorio móvil de monitoreo de emisiones en fuentes fijas.

4.2 Determinación de los requerimientos del sistema.

Con el fin de determinar los requerimientos de información del sistema a desarrollar se planearon entrevistas en serie (**cuadro 4.1**) con el grupo de trabajo que realiza los monitoreos de emisiones en fuentes fijas y se realizó un análisis de los formatos utilizados como hojas de campo.

Cuadro 4.1 Planeación de actividades de recopilación de información

Fecha	Hora	Actividad
10 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el signatario No.1 autorizado ante el SINALP
12 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el signatario No. 2 autorizado ante el SINALP
13 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el coordinador de campaña de monitoreo
14 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el jefe del grupo1 de monitoreo de emisiones
17 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el jefe del grupo 2 de monitoreo de emisiones
19 de marzo, 1997	9:00 a.m.	Entrevista con el jefe del grupo 3 de monitoreo de emisiones

Los principales requerimientos establecidos por medio de estas entrevistas fueron los siguientes:

Procesamiento de datos del monitoreo isocinético

- Capturar datos de las hojas de campo
- Determinar el peso molecular promedio
- Determinar el flujo volumétrico de gases de chimenea
- Calcular resultados de acuerdo al método 5 de la EPA

Procesar datos del monitoreo de emisiones

- Capturar datos del análisis de gases
- Aplicar factores de emisión
- Corregir los promedios de las lecturas al 5% de oxígeno
- Generar reportes
- Constante actualización de datos

4.3 Definición de la arquitectura de la información.

Tomando como base los requerimientos determinados en el punto anterior se elaboró el diagrama de la figura 4.1, el cual muestra el proceso de cómo sigue la información en un monitoreo. A partir de este diagrama se procedió a identificar las **entidades** :

- datos generales
- análisis orsat
- peso de partículas
- humedad
- monitoreo isocinético
- tabla resumen resultados

La entidad *datos generales* hace referencia al centro de refinación que se monitorea y a la información que permite ubicar un monitoreo en el espacio y tiempo.

La entidad *análisis orsat* se refiere a información obtenida para este análisis el cual nos permite conocer la cantidad de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno presente en una muestra de gas de chimenea.

La entidad *peso de partículas* se refiere a los datos obtenidos al determinar las partículas provenientes de los gases emitidos por la fuente fija.

La entidad *humedad* hace referencia a los datos obtenidos durante el muestreo de volumen de agua y que permiten la determinación de la humedad.

La entidad *monitoreo isocinético* se refiere a la información generada por el monitoreo a través del equipo denominado muestreador universal.

La entidad *tabla resumen resultados* se refiere a la información resumida obtenida durante el monitoreo y los resultados obtenidos aplicando las fórmulas respectivas de acuerdo al Método 5 de la EPA.

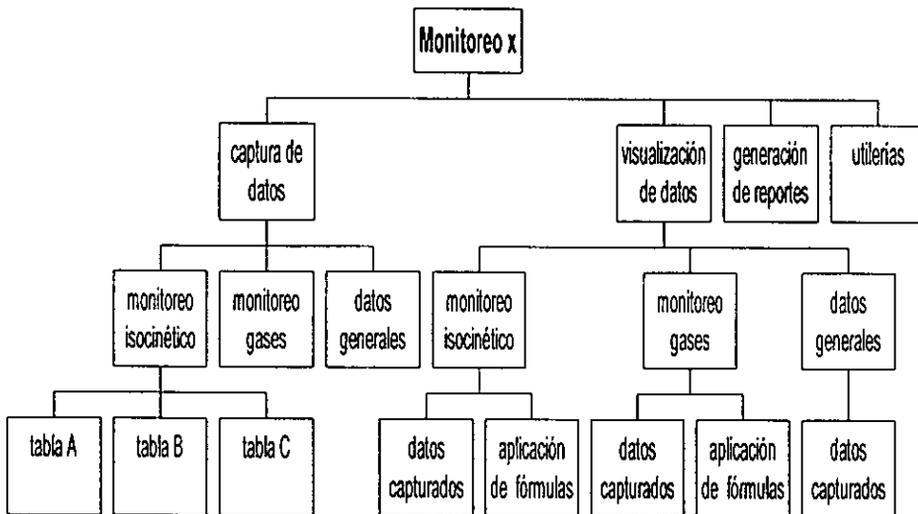


Figura 4.1 Diagrama de descomposición del proceso de información del monitoreo de emisiones en fuentes fijas

4.4 Análisis de las necesidades del sistema.

4.4.1 Análisis de entidades

En el análisis de entidades se definen los atributos de las entidades identificadas en el punto anterior. A continuación se listan los atributos asociados a cada una de ellas.

datos generales → centro de trabajo
datos generales → planta
datos generales → equipo monitoreado
datos generales → fecha de monitoreo
datos generales → localización del centro
datos generales → número de muestreo

análisis orsat → análisis de bióxido de carbono
análisis orsat → análisis de oxígeno
análisis orsat → análisis de monóxido de carbono
análisis orsat → análisis de nitrógeno
análisis orsat → peso molecular promedio
análisis orsat → peso molecular base seca

peso de partículas → peso inicial de muestreo
peso de partículas → peso final de muestreo
peso de partículas → peso inicial de lavado de sonda
peso de partículas → peso final de lavado de sonda
peso de partículas → peso inicial de lavado de ciclón y material
peso de partículas → peso final de lavado de ciclón y material

humedad → volumen inicial en el burbujeador
humedad → volumen final en el burbujeador
humedad → peso inicial de sílica gel
humedad → peso final de sílica gel
humedad → líquido inicial colectado
humedad → líquido final colectado

monitoreo isocinético → coeficiente del tubo pitot
monitoreo isocinético → coeficiente del medidor de orificio
monitoreo isocinético → lectura inicial del medidor
monitoreo isocinético → puntos muestreados
monitoreo isocinético → puntos validos para temperatura
monitoreo isocinético → diámetro de boquilla
monitoreo isocinético → volumen de gas muestreado
monitoreo isocinético → número de punto
monitoreo isocinético → tiempo de muestreo

monitoreo isocinético → presión estática
monitoreo isocinético → temperatura de chimenea
monitoreo isocinético → presión velocidad
monitoreo isocinético → presión diferencial
monitoreo isocinético → temperatura de entrada de la muestra
monitoreo isocinético → temperatura de salida de la muestra
monitoreo isocinético → temperatura del muestreador
monitoreo isocinético → temperatura en el último burbujeador
monitoreo isocinético → vacío en el tren de muestreo
monitoreo isocinético → raíz cuadrada de presión diferencial

tabla resumen resultados → presión barométrica
tabla resumen resultados → altura de chimenea
tabla resumen resultados → altura puerto de muestreo
tabla resumen resultados → diámetro de chimenea
tabla resumen resultados → área de chimenea
tabla resumen resultados → coeficiente del tubo pitot
tabla resumen resultados → coeficiente del medidor de orificio
tabla resumen resultados → exceso de aire
tabla resumen resultados → peso molecular base seca
tabla resumen resultados → peso molecular
tabla resumen resultados → contenido de humedad
tabla resumen resultados → volumen de agua muestreada
tabla resumen resultados → volumen de gas muestreado
tabla resumen resultados → presión en chimenea
tabla resumen resultados → temperatura de chimenea
tabla resumen resultados → velocidad de gas de chimenea
tabla resumen resultados → flujo volumétrico condiciones estándar
tabla resumen resultados → concentración de partículas
tabla resumen resultados → emisión de partículas
tabla resumen resultados → flujo volumétrico condiciones actuales
tabla resumen resultados → flujo volumétrico total condiciones estándar
tabla resumen resultados → flujo volumétrico total condiciones actuales
tabla resumen resultados → flujo volumétrico total a 60 grados Fahrenheit
tabla resumen resultados → porcentaje de isocinetismo

Como puede observarse a cada prueba efectuada se le asigna una identificación a través de la entidad *datos generales* que permitirá referenciar posteriormente a cada muestreo.

Los atributos de las entidades *análisis orsat*, *peso de partículas*, *humedad* y *monitoreo isocinético* permiten contar con la información necesaria para cada una de las etapas del monitoreo realizado y que son indispensables para la determinación de las variables asociadas a cada una de ellas.

Finalmente los atributos de la entidad *tabla resumen resultados* hacen posible obtener los datos finales requeridos de un monitoreo y representan los resultados que debemos de reportar de acuerdo al método.

4.4.2 Análisis de interacciones

En esta sección fueron analizadas las relaciones entre los procesos y los datos para lo cual se utilizó el diagrama de flujo de datos de la **figura 4.2** en el cual los procesos muestran cómo es que una o más entradas se transforman en salidas. Cada **proceso** se ha nombrado con una palabra o frase que intenta dar una primera aproximación de lo que hacen. El **flujo** se usa para describir el movimiento de bloques o paquetes de información de una parte del sistema a otra y tienen un nombre que representa el significado del paquete de información que se mueve a lo largo del flujo. El **almacén** se utiliza para modelar un conjunto de paquetes de datos en reposo. A menudo los almacenes de datos se implementan como archivos o bases de datos. El **terminador** representa las unidades externas con las cuales el sistema se comunica

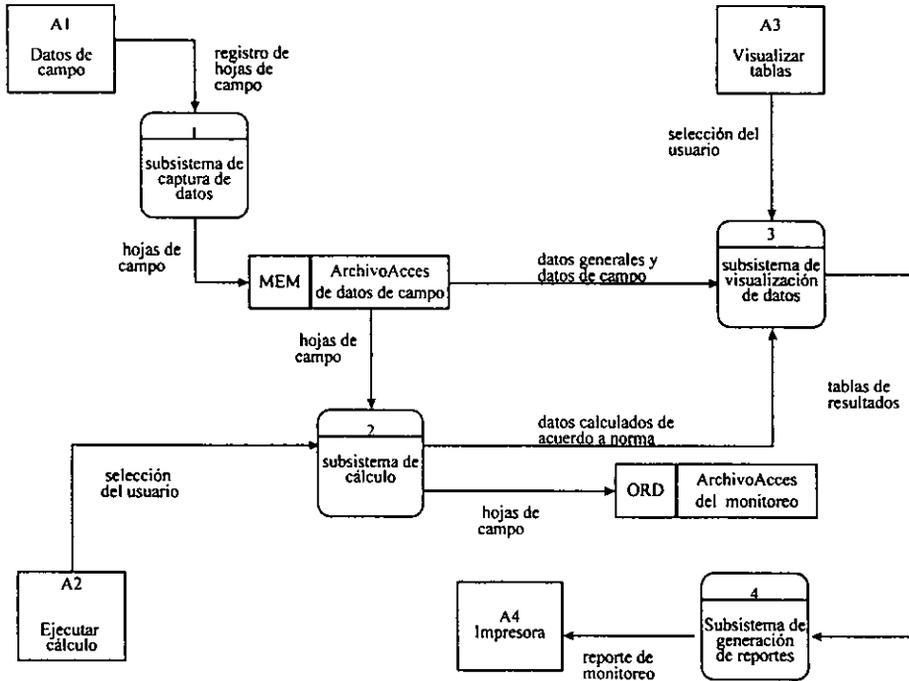


Figura 4.2 Diagrama de flujo de datos de los procesos identificados en la figura 4.1

4.5 Diseño de la estructura de datos preliminar

A partir del análisis realizado en la sección anterior se procedió a efectuar la estructura de la base de datos y el diccionario de datos. Las tablas fueron generadas considerando el diagrama de flujo de datos.

Nombre de la tabla: tdatgen

Contenido: datos generales que sirven para identificar a un monitoreo

Descripción de registros:

Campo	Tipo	Long.	Posición	Observaciones
centrab	Text	65	0	nombre de la refinería
planta	Text	25	1	planta monitoreada
eqpo	Text	25	2	equipo monitoreado
nomuest	Text	10	3	número de monitoreo
fechmon	Date		4	fecha del monitoreo
presbar	Currency	N/A	5	presión barométrica
altchim	Currency	N/A	6	altura de la chimenea
diamchim	Currency	N/A	7	diámetro de la chimenea
altpuert	Currency	N/A	8	altura del puerto de muestreo

Nombre de la tabla: tabla

Contenido: variables obtenidas durante el análisis orsat.

Descripción de registros:

Campo	Tipo	Long.	Posición	Observaciones
numregis	entero	N/A	1	número de registro
co2	currency	N/A	2	lectura de CO2
o2	currency	N/A	3	lectura de O2
co	currency	N/A	4	lectura de CO
no	currency	N/A	5	lectura de NO

Nombre de la tabla: *tablb*

Contenido: Variables obtenidas durante la **determinación de partículas** y las variables obtenidas durante la **determinación de humedad**.

Descripción de registros:

Campo	Tipo	Long.	Posición	Observaciones
pmuest1	Currency	N/A	0	peso inicial del filtro
pmuest2	Currency	N/A	1	peso final del filtro
plavs1	Currency	N/A	2	peso inicial del lavado de sonda
plavs2	Currency	N/A	3	peso final del lavado de sonda final
plavc1	Currency	N/A	4	peso inicial del lavado del ciclón
plavc2	Currency	N/A	5	peso final del lavado del ciclón
volb1	Currency	N/A	6	volumen inicial del burbujeador
volb2	Currency	N/A	7	volumen final del burbujeador
psgel1	Currency	N/A	8	peso inicial de sílica gel
psgel2	Currency	N/A	9	peso final de sílica gel

Nombre de la tabla: *tablc*

Contenido: Contiene las variables obtenidas durante el **monitoreo isocinético**

Descripción de registros:

Campo	Tipo	Long.	Posición	Observaciones
coeftp	Currency	N/A	0	coeficiente del tubo

				pitot
coefmo	Currency	N/A	1	coeficiente del medidor de orificio
lecmcd1	Currency	N/A	2	lectura inicial del medidor
lecmcd2	Currency	N/A	3	lectura final del medidor
noptsm	Currency	N/A	4	puntos muestreados
noptsvt	Currency	N/A	5	puntos válidos para temperatura
dimboq	Currency	N/A	6	diámetro de la boquilla
volgasm	Currency	N/A	7	volumen del gas muestreado

Nombre de la tabla: *tablc1*

Contenido: *Contiene las variables obtenidas durante el monitoreo isocinético*

Descripción de registros:

Campo	Tipo	Long.	Posición	Observaciones
tmuest	Entero	N/A	0	tiempo de muestreo
prest	Currency	N/A	1	presión estática
temch	Currency	N/A	2	temperatura de chimenea
prevel	Currency	N/A	3	presión velocidad
predif	Currency	N/A	4	presión diferencial
entr	Currency	N/A	5	temperatura de entrada
sald	Currency	N/A	6	temperatura de salida
temuest	Currency	N/A	7	temperatura del muestreador
temub	Currency	N/A	8	temperatura del último burbujeador
vtmuest	Currency	N/A	9	vacio en el tren de muestreo
nopunt	Entero	N/A	10	número de punto muestreado

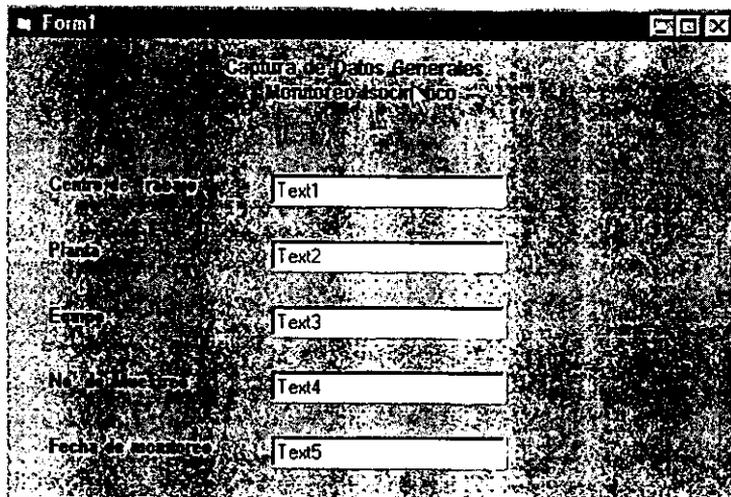
4.6 Prototipo.

Una vez estructurada la base de datos se continuó con el desarrollo del prototipo del sistema, el desarrollo de este prototipo permitió identificar con mayor rapidez y precisión los requerimientos particulares de información del usuario.

Existen diferentes tipos de prototipos, el prototipo utilizado en este caso se define como un modelo a escala no funcional, que permite evaluar aspectos del diseño como lo son la presentación de la información, estructura de los menües, etc.

En el prototipo presento los menües y pantallas que consideré más representativas para el desarrollo del sistema (**figuras 4.3** a la **4.5**). Las pantallas desarrolladas en Visual Basic son del tipo ventanas de windows con las mismas propiedades de minimizar, maximizar, etc. Además están diseñadas en forma de cuadro de diálogos en el que los usuarios podrán capturar los datos con facilidades para cortar, copiar o pegar información.

El prototipo fue revisado y analizado por el coordinador y los jefes de los grupos de monitoreo, los comentarios y sugerencias recopiladas fueron tomadas en cuenta para hacer mejoras y cambios, de forma tal que satisfagan de una forma más adecuada las necesidades de los usuarios.



The image shows a screenshot of a Windows-style application window titled 'Form1'. The main content area is titled 'Captura de Datos Generales' and contains a 'Mostrar/Esconder Icono' button. Below this, there are five data entry fields, each with a label on the left and a text box on the right. The labels are 'Concepto', 'Pais', 'Especie', 'Nombre', and 'Fecha de nacimiento'. The text boxes are labeled 'Text1', 'Text2', 'Text3', 'Text4', and 'Text5' respectively. The window has standard Windows window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Figura 4.3

Form2

Tabla A. Analisis Origen Determinacion

Gas	Primer	Segundo	Tercer
Bioxido de Carbono	Text1	Text4	Text7
Oxigeno	Text2	Text5	Text8
Monoxido de Carbono	Text3	Text6	Text9

Figura 4.4

Form5

Tabla B. Determinacion de los parametros de muestreo

No. de Punto	Tiempo de muestreo	Presion Estatica	Temp. de chimenea	Presion de chimenea	Presion de dieron	Temp. de chimenea				
1	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
2	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
3	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
4	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
5	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
6	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
7	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
8	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
9	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
10	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
11	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1
12	tmuest	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1	Text1

Figura 4.5

4.7 Construcción del sistema.

En esta fase se realiza la construcción de la parte computarizada del sistema, así como la generación de datos para prueba de los módulos.

Los programas se escribieron de lo general a lo particular. Se esbozó el código que más tarde se implementó por completo. Primero se realizó un esquema de los procedimientos de eventos y tareas a realizar. Después se refinó el esquema añadiendo los procedimientos de función y subprocedimientos para las tareas que deben realizar los procedimientos de eventos hasta que las piezas de código estuvieron delimitadas.

Se mantuvo un solo procedimiento por tarea para hacer más sencilla la depuración y la optimización del código.

Cuando el usuario ejecuta la aplicación desarrollada, normalmente se encontrará en primer lugar con el formulario que se diseñó. Cuando visual basic crea un formulario, inicialmente comprueba si se ha escrito un procedimiento de evento para inicializar el formulario. Este procedimiento de evento se denomina Form_Initialize. El empleo más común de este procedimiento es inicializar variables de nivel formulario y cambiar los valores por defecto de los controles.

El procedimiento Initialize es nuevo en la versión 4.

Justo después de procesar el procedimiento Initialize, visual basic llama al procedimiento Form_Load. Después llama a otros cuatro procedimientos de evento, si se ha escrito código para ellos. Este es el orden en que visual basic invoca estos eventos:

Procedimiento Form_Initialize

Procedimiento Form_Load

Procedimiento Form_Resize

Procedimiento Form_Activate

Procedimiento Form_GotFocus (sólo si los controles del formulario no están activados).

Procedimiento `Form_Paint` (sólo si la propiedad `AutoRedraw` está en `False`).

Evento `Form_Initialize` (Inicializar formulario). El evento `Initialize` se desencadena en primer lugar y sólo una vez; `visual basic` activa este evento cuando se crea el formulario. El evento `Initialize` tiene lugar antes del evento `Load`. Como su nombre sugiere, el evento `Initialize` es donde se coloca el código empleado para configurar inicialmente las propiedades del formulario.

Evento `Form_Load` (Cargar formulario). El evento `Load` se desencadena cuando se carga un formulario en memoria y tiene lugar después del evento `Initialize`. Normalmente tiene lugar una vez solamente, sin embargo mediante código es posible descargar y recargar un formulario. Cuando se inicia un programa con un solo formulario, normalmente se carga automáticamente, y por tanto se desencadena este evento.

El evento `Form_Resize` (Redimensionar formulario). Este evento es desencadenado por `visual basic` siempre que el usuario redimensiona un formulario, o lo minimiza y luego lo restaura. Por esta razón, el uso más común que se hace de este procedimiento es recalcular (y actualizar la escala si fuera preciso) el tamaño y posición de cualquier objeto del formulario.

Evento `Form_Activate` (Activar formulario). `Visual basic` desencadena el procedimiento `Form_Activate` siempre que un formulario se torne activo. Sin embargo, si se lleva a una aplicación diferente que se esté ejecutando bajo `windows` y luego regresa al formulario, `visual basic` no vuelve a llamar al procedimiento `Form_Activate`. Por esta razón este procedimiento sólo se usa normalmente en aplicaciones de formularios múltiples.

Evento `Form_GetFocus` (Obtener el foco). Después de que se desencadene `Activate`, `visual basic` desencadenará el evento `GetFocus` para el formulario sólo si todos los controles visibles están desactivados.

Evento `Form_Paint` (Pintar formulario). El procedimiento `Form_Paint` es donde se colocan los métodos `Print` cuando la propiedad `Auto_Redraw` está establecida en `False`. `Visual basic` llama a este evento siempre que se agrande, desplace o descubra el formulario. Sin embargo, cuando la propiedad `AutoRedraw` está configurada en `True`, este evento no es llamado y es preciso usar el método `Refresh` (Actualizar) directamente.

Después de procesar cualquier sentencia que afecte a la pantalla, visual basic llama a windows para que haga el trabajo. Windows por su parte, le dice al adaptador de pantalla cómo mostrar la imagen. Cuando se instala windows, el programa de instalación comprueba el hardware y el software disponible. Posteriormente el programa de instalación instala los controladores necesarios para la pantalla y la impresora.

Puesto que windows es un entorno gráfico, esto quiere decir que lo que se puede hacer con visual basic depende de los programas de control que emplee windows para controlar la pantalla y la impresora, pero el empleo de estos programas es automático. No hay que preocuparse sobre las posibles combinaciones de hardware que pueda tener el usuario. Esto difiere en relación a lo que están acostumbrados los programadores de MS-DOS. Para programar gráficos bajo DOS, parte del programa ha de comprobar que tipo de controlador de gráficos está instalado (o si es que hay alguno instalado) y ajustarse a él convenientemente. Se puede escribir el código para ajustar los formularios a diferentes resoluciones de pantalla.

A continuación se muestran las pantallas diseñadas para el sistema así como extractos de código programado en visualbasic versión 4.0 para windows 95 del sistema. Las pantallas y secciones de código seleccionadas son representativas de los procedimientos más usuales utilizados en la construcción del sistema, como son la presentación de menús, capturar y visualización de datos.

4.7.1 Pantalla Principal

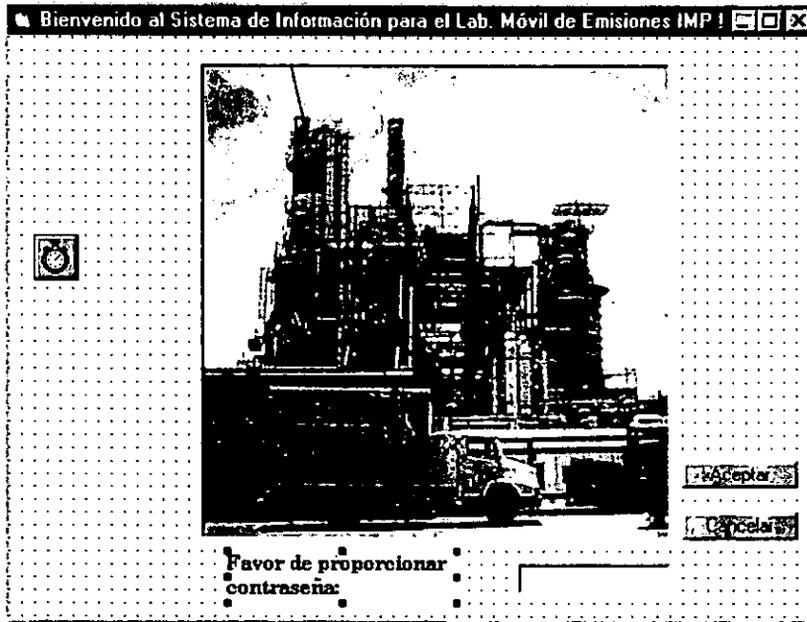


Figura 4.6 Pantalla inicial del sistema

El programa inicia con la presentación de la pantalla mostrada en la **figura 4.6** en ella se utilizó un control temporizador para mostrar dos imágenes del laboratorio móvil que aparecen periódicamente. Los temporizadores no son visibles para el usuario; el icono sólo aparece durante la fase de diseño. Por este motivo, la colocación y el tamaño del temporizador no son importantes. La función principal de esta pantalla además de ser la presentación del sistema es la de proporcionar acceso únicamente al usuario autorizado. Para ello el programa solicita una contraseña la cual debe ser proporcionada por el usuario en una caja de texto, cada vez que el usuario da un click sobre el botón **Aceptar** situado a la derecha del formulario el valor proporcionado es comparado con el valor de contraseña que ha sido asignado a la propiedad `txt.tag` de la caja de texto, en el caso de que el valor sea incorrecto aparecerá un mensaje indicándole al usuario que la contraseña no es válida y le permitirá hasta 3 intentos, después de esto aparecerá un mensaje indicándole que han sido demasiados intentos y el programa finalizará. En el caso de que la contraseña haya sido proporcionada satisfactoriamente el usuario podrá visualizar la siguiente pantalla. El botón **Cancelar** le permite al usuario salir del sistema. A continuación se presenta parte del programa utilizado en la pantalla mostrada por la **figura 4.6**

```
Private Sub Timer1_Timer()
If Picture1.Visible = True Then
    Picture2.Visible = False
    Picture1.Visible = False
    Picture2.Visible = True
Else
    Picture2.Visible = True
    Picture1.Visible = False
    Picture1.Visible = True
    Picture2.Visible = False
End If

End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Static intentos As Integer
    Dim espera As Long
    If UCase(txtp.Text) = txtp.Tag Then

        Refresh
        espera = Timer
        While espera + 1 > Timer
            Wend
        Form1.Show
        Unload Me
    Else
        intentos = intentos + 1

        If intentos = 3 Then
            MsgBox "lo siento, ... demasiados intentos", 16, "Acceso denegado"
        End

        Else
            MsgBox "Presione aceptar e intentar otra vez", 64, "Password incorrecto"
            txtp.SelStart = 0
            txtp.SelLength = Len(txtp)
            txtp.SetFocus
        End If
    End If

End Sub

Private Sub Command2_Click()
End
End Sub
```

4.7.2 Menús

Una vez proporcionada la contraseña correcta el sistema muestra la pantalla de menú (**figura 4.2**) la cual permite la selección al usuario de una serie de opciones, en esta pantalla se realizan los enlaces con los formularios que nos permitirán leer un archivo existente, crear nuevos archivos, capturar datos en las pantallas correspondientes, visualizar los datos y resultados o guardar datos en las bases de dato. Los menús fueron crados en visual basic mediante la utilización del Editor de menús disponible. El diseño de los menús adecuado hace que las aplicaciones sean muchos más amigables con el usuario. Visual Basic permite construir hasta seis niveles de menús y añadir menús desplegable. Los menús que contienen otros menús son denominados menús jerarquicos . El usuario sabe que un menú tiene un submenú cuando ve un símbolo ▶ a continuación del elemento del menú. Se puede abrir un submenú utilizando las convenciones estándar de windows: pulsar ENTER, hacer clic con el ratón en el elemento, o pulsar FLECHA IZQUIERDA. Las **figuras 4.7** a la **4.9** muestran algunas partes importantes del menú como son las opciones de captura de información y visualización de datos.



Figura 4.7 Menú principal del sistema

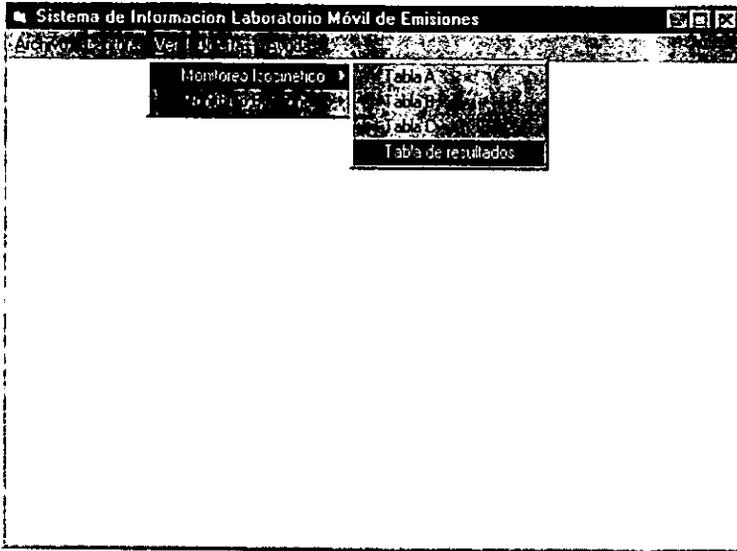


Figura 4.8 Menú de la opción de captura de datos

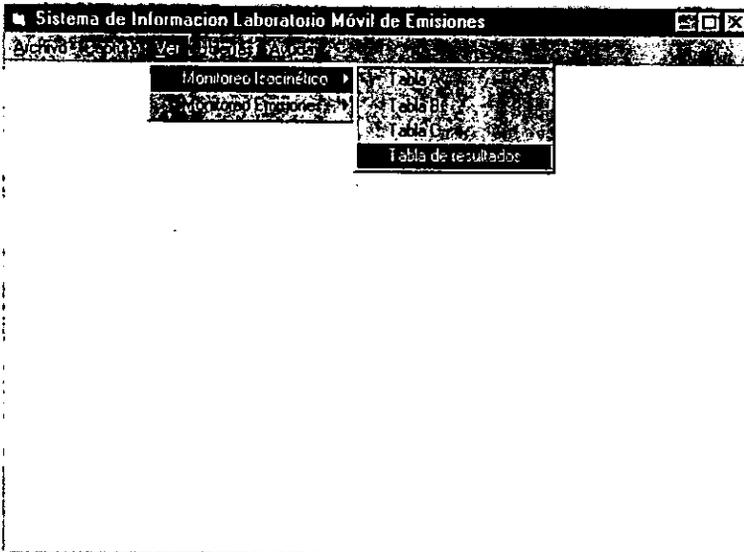


Figura 4.9 Menú de la opción visualización de datos

4.7.3 Captura de datos

Para llevar a cabo la captura de información se realizaron las pantallas correspondientes para cada una de las tablas especificadas en el diseño de datos, en estos formularios se utilizaron los elementos necesarios que nos permiten realizar el enlace con la base de datos correspondiente.

El **administrador de datos** es la única forma de crear una base de datos que se suministra con visual basic en su edición estándar. Esta disponible como una opción del menú Add-Ins en visual basic, pero realmente es una aplicación separada (DATAMGR.EXE) que puede ejecutarse independientemente de Visual Basic.

El administrador de datos permite examinar la estructura de una base de datos existente en formato Acces de Microsoft. El administrador de datos también puede crear una base de datos en formato Jet. El formato Jet suele tener una extensión .MDB en su nombre de archivo. Cuando se crea una base de datos es necesario construir todas las estructuras de todas las tablas utilizadas por la base de datos. Cuando se hace clic en Nueva base de datos, se abre un cuadro de diálogo que permite construir la estructura de la base de datos. El nombre de la tabla debe seguir las convenciones ordinarias de **visual basic** para el nombramiento de objetos. El siguiente paso fue llenar los nombres de los distintos campos. Se hace un campo cada vez. Para cada campo se necesita seleccionar el tipo de información que contendrá el mismo.

Cada tabla de la base de datos puede tener uno o más índices y se puede indexar cualquier campo de texto o numérico. Además de editar índices y crear bases de datos, el Administrador de datos permite agregar registros a las tablas y eliminarlos. El administrador de datos también permite añadir campos nuevos a las tablas existentes en la base de datos

El **control de datos** funciona así : al establecer propiedades del control de datos, se enlaza el control de datos a una base de datos específica y a una tabla dentro de ella. Se añaden controles a un formulario para mostrar los datos. El control de datos por sí mismo no presenta datos, tan sólo sirve como un conductor de información de dos sentidos entre el proyecto y la base de datos. Se utilizan los controles ordinarios de visual basic para presentar los datos.

Los controles que pueden trabajar con el control de datos para acceder a los datos se dice que son sensibles a datos (*data-aware*) y el proceso de unir un control sensible a datos con el control de datos se denomina atar (*binding*) el control sensible a datos. Entre los controles normales de visual basic, los únicos controles que son intrínsecamente sensibles a datos son los cuadros de texto, etiquetas, casillas de verificación, controles de imágenes, cuadros de listado, cuadros combo, Clientes OLE y cuadros de imágenes. Los controles sensibles a datos deben estar en el mismo formulario que el control de datos, pero no necesitan ser visibles para recoger la información. Una vez que estos controles recogen la enviada por el control de datos, la información se almacenará como los valores de propiedades de los controles.

El control de datos parece el panel de un reproductor de vídeo (VCR). Como se puede ver en la **figura 4.10** las flechas nos llevan al principio de la tabla, un registro hacia atrás un registro hacia adelante o al final de la tabla. Cada vez que se pulsa una de estas flechas los controles de límite se actualizan automáticamente.

La propiedad **DataBaseName** del control de datos determina la base de datos a la que el control se conectará. A continuación se necesita establecer la propiedad **RecordSource** a la tabla específica de la base de datos.

Ahora se necesita añadir los controles sensibles a datos en el formulario y vincularlos al control de datos. Para cada control sensible a datos, su propiedad **DataSource** debe ajustarse al nombre del control de datos. Sólo una vez ajustada la propiedad **DataSource** al nombre del control de datos, los controles sensibles a datos pueden mostrar datos de la base de datos.

A continuación se tiene que indicar a cada control sensible a datos el campo de la tabla del que debe obtener información. Esto se hace estableciendo la propiedad **DataField** del control sensible a datos con el nombre del campo.

Una vez hecho esto, el usuario puede examinar la base de datos con simples clics en las flechas del control de datos. El control de datos obtiene automáticamente la información necesaria de la base de datos y la pasa a los controles apropiados

Captura de datos

Tabla C. Determinación de flujo volumétrico de gases de chimenea

No. Punto	Tiempo de muestreo (min)	Presión Estática (pulg H ₂ O)	Temp. de chimenea (°C)	Presión Velocidad (pulg H ₂ O)	Presión diferencial (pulg H ₂ O)	Temp. muestra gas en medidor		Temp. del muestread.	Temp. último burbujeador	Vacio en el tren de muestreo
						Entrada (°F)	Salida (°F)	(°F)	(°F)	(pulg Hg)
1	4	0.21	6	4	5	6	76	8	9	10

4.10 Pantalla típica de captura de datos

4.7.4 Visualización de datos y resultados

Con el fin de poder consultar los datos capturados así como procesar los datos requeridos se construyeron las pantallas correspondientes a cada tabla capturada. En ellas se utilizaron los elementos que nos permiten visualizar los datos en el monitor así como la opción de imprimir esta información. Las figuras 4.11 y 4.12 son muestra de algunas de estas pantallas

Aunque se puede hacer muchas cosas con el control de datos sin necesidad de código, sólo el código permite utilizar todas las posibilidades que tiene. No obstante, y para el control de datos en particular, no es necesario preocuparse de establecer las propiedades en el momento de la ejecución. Esto es debido a que, aunque las propiedades del control de datos se pueden establecer en el momento de la ejecución, es más sencillo hacerlo en el momento del diseño.

El código para trabajar con el control de datos se basa en las propiedades del objeto **RecordSet** asociado al control de datos en lugar de trabajar con las propiedades del propio control.

Resultados

Tabla A. Análisis Orsat. Determinación de Peso Molecular

Gas	No. de Análisis %			Composición Promedio de Gas de Chimeneas	Peso Molecular Base Seca
	Primero	Segundo	Tercero		
Bióxido de Carbono	Label1	Label5	Label9	Label13	Label17
Oxígeno	Label2	Label6	Label10	Label14	Label18
Monóxido de Carbono	Label3	Label7	Label11	Label15	Label19
Nitrógeno	Label4	Label8	Label12	Label16	Label20
Exceso de aire			Peso Molecular Promedio		
Label21			Label22		

Ejecutar

Figura 4.11

Como se mencionó en este tipo de programación por eventos el usuario tendrá que desencadenar una acción para que se ejecute el subprocedimiento a efectuar. En este formulario los datos aparecerán en pantalla así como los cálculos asociados cuando el usuario de un click sobre el botón ejecutar del formulario.

A continuación se presenta extracto de la programación desarrollada para la pantalla mostrada en la figura 4.11

Resultados

Tabla B. Determinación de flujo volumétrico de gases de chimenea

No. Puesto	Tiempo de muestreo (min)	Presión Estática (Paig H2O)	Temp. de chimenea (°C)	Presión Velocidad (Paig H2O)	Presión diferencial (Paig H2O)	Temp. muestra gas en medidor Entrada (°F)	Temp. muestra gas en medidor Salida (°F)	Temp. del muestreo (°F)	Temp. último burbujeador (°F)	Vació en el tren de muestreo (Paig Hg)	Raíz cuadrada de presión de velocidad
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Prom.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Presión Velocidad Temperatura

Figura 4.12

Private Sub Command1_Click()

Set MyDB = OpenDatabase("C:\Usuarios\RicMor\trabajot\ArEx\moniso.mdb")

Dim MyTable As Recordset

Set MyTable = MyDB.OpenRecordset("tabla", dbOpenTable)

Dim nregistro, promco2, promo2, promco, promno As Variant

Dim sumco2, sumo2, sumco, sumno, pmco2, pmo2, pmco, pmno, exces As Variant

nregistro = promco2 = promo2 = promco = promno = sumo2 = sumco = sumno = sumco2 = 0

pmco2 = pmo2 = pmco = pmno = exces = 0

MyTable.MoveFirst

Do While Not MyTable.EOF

nregistro = MyTable.Fields("numregis")

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

```

sumo2 = sumo2 + MyTable.Fields("o2")
sumco = sumco + MyTable.Fields("co")
sumno = sumno + MyTable.Fields("no")
sumco2 = sumco2 + MyTable.Fields("co2")

```

Select Case nregistro

Case 1

```

co2p.Caption = MyTable.Fields("co2")
o2p.Caption = MyTable.Fields("o2")
cop.Caption = MyTable.Fields("co")
nop.Caption = MyTable.Fields("no")

```

Case 2

```

co2s.Caption = MyTable.Fields("co2")
o2s.Caption = MyTable.Fields("o2")
Cos.Caption = MyTable.Fields("co")
nos.Caption = MyTable.Fields("no")

```

Case 3

```

co2t.Caption = MyTable.Fields("co2")
o2t.Caption = MyTable.Fields("o2")
cot.Caption = MyTable.Fields("co")
noter.Caption = MyTable.Fields("no")

```

Case Else

MsgBox "hola2"

End Select

MyTable.MoveNext

Loop

```

promco2 = sumco2 / 3
promo2 = sumo2 / 3
promco = sumco / 3
promno = sumno / 3

```

```

pco2.Caption = promco2
po2.Caption = promo2
pco.Caption = promco
pno.Caption = promno

```

```

pmco2 = promco2 * 44 / 100
pmo2 = promo2 * 32 / 100
pmco = promco * 28 / 100
pmno = promno * 28 / 100

```

```

peso1.Caption = pmco2
peso2.Caption = pmo2
peso3.Caption = pmco

```

```
*peso4.Caption = pmno
```

```
pesomp.Caption = pmco2 + pmo2 + pmco + pmno
```

```
exces = (promo2 - (0.5 * promco)) / ((0.264 * promno) - (promo2 - (0.5 * promco)))
* 100
```

```
exceso.Caption = exces
```

```
End Sub
```

Uno de los elementos utilizados en la pantalla de la figura 4.11 fué el **objeto impresora**, Visual Basic emplea la impresora que se configure al instalar Microsoft Windows. Facilita el empleo de cualquier resolución, propiedades de tipo letra y demás que el controlador de la impresora pueda tomar de Windows. La mayoría de las órdenes de impresora en visual basic están orientadas a la página. Esto significa que visual basic calcula todos los caracteres que aparecerán en la página antes de enviar la información a la impresora. Esto permite tener un control total sobre el aspecto de la página impresa. La forma normal de enviar información a una impresora es el método Print aplicado al objeto Print.

4.7.4.1 Pantalla de resultados

En las **figuras 4.13 y 4.14** se muestran la pantallas desarrollada para mostrar los resultados obtenidos. La información presentada en esta pantalla se calcula a partir de los datos capturados y los calculados en las pantallas de visualización. Los resultados son calculados a partir de estos datos de acuerdo a lo establecido por el método y se presentan en dos tipos de unidades.

Resultados de acuerdo a método 5 EPA				
	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
Presión Barométrica	Text1	pulg.Hg	Text13	pulg.Hg
Altura de chimenea	Text2	pie	Text14	pie
Altura del puerto de muestreo	Text3	pie	Text15	pie
Diámetro de chimenea	Text4	pie	Text16	pie
Área de chimenea	Text5	pie ²	Text17	pie ²
Coefficiente de tubo pitot	Text6		Text18	
Coefficiente del medidor de orificio	Text7		Text19	
Exceso de aire	Text8		Text20	
Peso Molecular Base Seca	Text9	g/gmol	Text21	g/gmol
Peso Molecular	Text10	g/gmol	Text22	g/gmol
Contenido de humedad	Text11	%volumen	Text23	%volumen
Volumen de H2O muestreado	Text12	pie ³ estándar	Text24	pie ³ estándar

Figura 4.13

Resultados de acuerdo al método 5 EPA (continuación)				
	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
Volumen de Gas muestreado	Text13	pie ³ estándar	Text1	pie ³ estándar
Presión en chimenea	Text14	pulg.Hg	Text2	pulg.Hg
Temperatura de chimenea	Text15	°F	Text3	°F
Velocidad de gas de	Text16	pie/seg	Text4	pie/seg
Flujo Volumétrico de gases secos a condiciones	Text17	pie ³ /h	Text5	pie ³ /h
Concentración de partículas	Text18	granos/pie ³	Text6	granos/pie ³
Emisión de partículas	Text19	g/h	Text7	g/h
Flujo Volumétrico de gases secos condiciones	Text20	pie ³ /h	Text8	pie ³ /h
Flujo Volumétrico total condiciones estándar	Text21	pie ³ /h	Text9	pie ³ /h
Flujo Volumétrico total condiciones actuales	Text22	pie ³ /h	Text10	pie ³ /h
Flujo Volumétrico total a 60 grad. F	Text23	pie ³ /h	Text11	pie ³ /h
Porcentaje de isocinetismo	Text24		Text12	

Figura 4.14

4.7.5 Manejo de archivos

El menú de archivo permite leer un archivo existente, crear uno nuevo y guardar la información del archivo, para esto se programó utilizando los elementos de visual basic denominados **cuadro de listado de archivos**, **control de sistema de archivo**, **cuadro de listado de directorios** y **cuadro de listado de unidad**, los cuales fueron utilizados de la manera que se describe a continuación.

El **cuadro de listado de archivos** muestra los archivos del directorio actual. Como en cualquier cuadro de listados, se puede controlar la posición, tamaño, color y el tipo de letras en el momento del diseño o a través de código. La mayoría de las propiedades de un cuadro de listado de archivo son idénticas a las de los cuadros de listado ordinarios. Por ejemplo, como en los cuadros de listados, cuando el número de elementos no pueden acoplarse en el tamaño actual del control, Visual Basic añade automáticamente una barra de desplazamiento vertical. Esto permite al usuario desplazarse por todos los archivos utilizando la barra de desplazamiento. Se puede establecer el tamaño, la posición o las propiedades de tipo de letra en la ventana Propiedades o a través de código según se considere conveniente. De forma similar los cuadros de listado de archivos responden a todos los eventos que pueden detectar los cuadros de listados.

Las dos propiedades más importantes de los cuadros de listado de archivos son **Pattern** y **Path**. La propiedad **Pattern** determina los archivos que se muestran en el cuadro de listado de archivos. Esta propiedad acepta los comodines ordinarios. Por defecto se establece en *.* para mostrar todos los archivos. Cuando se cambia la propiedad Pattern, visual basic busca un procedimiento Pattern-Change para el cuadro de listado de archivos y si lo encuentra lo activa.

La propiedad Path establece o devuelve la vía de acceso actual del cuadro de listado de archivos, que no tiene por qué ser la misma que la del sistema operativo subyacente. Para indicar al sistema operativo que cambien la vía de acceso de la de visual basic se necesita la orden ChDir. Por otro lado, se puede necesitar simplemente acumular la información para ser utilizada por el programa sin tener que modificar la vía de acceso por defecto. Cuando se modifica la propiedad Path, visual basic busca un procedimiento PathChange.

Si se cambia la propiedad FileName, se activa el evento PathChange o el evento PatternChange (o ambos) dependiendo del modo en que se cambie la propiedad FileName.

Los **controles del sistema de archivos** permiten a los usuarios seleccionar una nueva unidad, ver la estructura jerárquica de directorios de un disco o ver los nombre de los archivos de un directorio dado.

Los controles del sistema de archivo están diseñados para trabajar juntos. El código comprueba lo que el usuario ha hecho en el cuadro de listado de unidades y pasa la información al cuadro de listado de directorios. Los cambios en el cuadro de listados de directorios se pasan al cuadro de listado de archivos.

Un **cuadro de listado de directorios** muestra la estructura de directorios de la unidad actual. El directorio actual se muestra como una carpeta abierta. Los subdirectorios del directorio actual se muestran como carpetas cerradas y los directorios superiores al actual se muestran como carpetas abiertas sin resaltar.

Cuando el usuario hace click, en un elemento o se mueve por el listado, el elemento se resalta. Cuando se hace click o doble click, visual basic actualiza automáticamente el cuadro de listado de directorios.

Para los cuadros de listado de directorios la propiedad Path especifica el directorio que se selecciona; en los cuadros de listado de archivos, la propiedad Path especifica el directorio donde buscar los archivos que debe mostrar.

A diferencia de los cuadros de listado de archivos y de directorios, los **cuadros de listado de unidades** son cuadros desplegable. Los cuadros de listado de unidades comienzan mostrando la unidad actual y cuando el usuario hace doble clic en la flecha, visual basic muestra un listado de las unidades disponibles.

La propiedad clave de un cuadro de listado de unidades es la propiedad Drive, que puede ser utilizada para saber o establecer la unidad actual.

Cuando se tiene los tres controles del sistema en un formulario, se tiene que comunicar los cambios entre ellos para que visual basic muestre al usuario lo que desea ver. Por ejemplo, si el usuario selecciona una unidad nueva, el procedimiento de evento Drive1_Change se activa. Entonces sucede lo siguiente:

El procedimiento de evento Change para el cuadro de unidad asigna la propiedad Drive a la propiedad Path del cuadro de directorio.

Esto cambia la presentación del cuadro del listado de directorio activando el procedimiento de evento Change para el cuadro de listado de directorios.

Dentro del procedimiento de evento Change, se asigna la propiedad Path a la propiedad Path del cuadro de listado de archivos. Esto actualiza el cuadro de listado de archivos.

4.7.6 Distribución de la aplicación

Una vez finalizada la construcción de los diferentes módulos del sistema se procedió a utilizar el asistente de instalación de visual basic para la distribución del sistema. Este nos permite distribuir en discos flexibles los programas desarrollados, de este modo los usuarios podrán instalar su aplicación introduciendo simplemente el primer disco de instalación en una unidad de disco y ejecutando, desde Windows el programa SETUP.EXE que contiene. El programa de configuración que el asistente creó sigue todas las reglas estándar de windows. Los usuarios pueden cambiar el directorio de instalación, se les mostrará el progreso de la instalación mediante barras y se les indicará cuando deben introducir los otros discos. (Se permitirá también la desinstalación mediante la propiedad Añadir/Eliminar de Windows 95.)

CAPÍTULO 5

ESTUDIO DE CASO

En este capítulo se presentan los cálculos efectuados durante el procesamiento de información a partir de datos reales obtenidos en dos refinerías durante las campañas de monitoreo del laboratorio móvil de 1997. Estos monitoreos fueron efectuados en las fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles líquidos, gaseosos o cualquiera de sus combinaciones de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana **NOM-085-ECOL-1994**.

En la tabla 5.1 se presentan un resumen de los equipos monitoreados cuyos datos se utilizaron para realizar las corridas de prueba.

Tabla 5.1

Equipo	Refinería	Capacidad Térmica (Mj/h)	Tipo de combustible	Fecha de monitoreo
CB-3	Refinería No. 1	618,200	Combustóleo	21/11/97
CB-5	Refinería No. 2	618,200	Combustóleo	24/11/97
VB-1/2	Refinería No. 3	239,000	Mezcla	29/11/97
CB-4	Refinería No. 4	618,200	Combustóleo	20/12/97

Con el fin de demostrar la manera en que se efectúan los cálculos más representativos del sistema a continuación procedemos a presentar un ejemplo tomando los datos del equipo CB-3. En este ejemplo se realiza el cálculo paso a paso de las ecuaciones utilizadas y se muestran las pantallas del sistema en las que son ejecutados. Para cada ecuación se listan los datos de entrada así como las variables que intervienen en cada caso. Posteriormente se compararon los resultados obtenidos para todos los equipos listados en la tabla 5.1. de esta manera se establece un porcentaje de error en cada cálculo.

5.1 Cálculos del Monitoreo Isocinético

En este punto se presenta un ejemplo de cálculo para la determinación de las variables asociadas al monitoreo isocinético y las fórmulas utilizadas de acuerdo a lo indicado por el Método.5 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) y las normas mexicanas equivalentes: NMX-AA-09 Determinación de flujo de gases en un conducto por medio de un tubo pitot, NMX-AA-10 Determinación de emisión de material particulado contenido en los gases que fluyen por un conducto, NMX-AA-35 Determinación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión, NMX-AA-54 Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un conducto.

5.1.1 Determinación del Peso Molecular base seca.

La tabla 5.2 muestra los datos de entrada para el cálculo de esta variable

Tabla 5.2

Número de Análisis	Primero	Segundo	Tercero	Promedio
Gas	%	%	%	%
Bióxido de Carbono	13.45	13.45	13.45	13.45
Oxígeno	2.6	2.6	2.6	2.6
Monóxido de Carbono	0	0	0	0
Nitrógeno	84.9	84.9	84.9	84.9

$$Md = 0.44(\%CO_2) + 0.28(\%CO) + 0.32(\%O_2) + 0.28(\%N_2) \quad (1)$$

Sustituyendo los datos promedio para CO₂, O₂, CO y N en la fórmula (1) se obtiene:

$$Md = 0.44*(13.45)+0.28(0)+0.32(2.6)+0.28(84.9)$$

$$\underline{Md = 30.522 \text{ lb / lbmol}}$$

5.1.2 Exceso de aire.

El exceso de aire se obtiene de la fórmula

$$\%EA = \frac{\%O_2 - 0.5 * (\%CO)}{(0.264 * \%N_2) - (\%O_2 - 0.5 * \%CO)} * 100 \quad (2)$$

Sustituyendo los datos promedio para CO₂, O₂, CO y N en la fórmula (2) se obtiene:

$$\%EA = \frac{(2.6) - 0.5*(13.45)}{(0.264 * 84.9) - (2.6 - 0.5*0)} * 100$$

$$\underline{\%EA = 13.122}$$

En el sistema estos datos pueden calcularse en la pantalla de la figura 5.1 dando un click al botón de ejecutar. La pantalla muestra el resultado de esta acción para los datos de entrada anteriores.

Resultados					
Tabla A. Análisis Orsat. Determinación de Peso Molecular					
Gas	No. de Análisis %			Composición Promedio de Gas de Chimenea	Peso Molecular Base Seca
	Primero	Segundo	Tercero		
Dióxido de Carbono	13.450	13.450	13.450	13.450	05.918
Oxígeno	02.600	02.600	02.600	02.600	00.832
Monóxido de Carbono	00.000	00.000	00.000	00.000	00.000
Nitrógeno	84.900	84.900	84.900	84.900	23.772
		Exceso de aire		Peso Molecular Promedio	
		13.122		30.522	

Figura 5.1 Cálculo del exceso de aire y peso molecular

5.1.3 Volumen de agua como gas a condiciones estándar de presión y temperatura.

Para la determinación de este parámetro los datos de entrada utilizados son los obtenidos de las lecturas del volumen de agua contenida en el último burbujeador del tren de muestreo y el peso absorbido por la sílica gel desecante (Tabla 5.3).

Tabla 5.3

	Vol. en el burbujeador	Peso de Sílica Gel
	ml	g
Inicial	200.00	591.40
Final	298.00	596.80
Líquido colectado	98.00	5.40

A partir de estos datos se obtiene el volumen total de agua colectada sumando el líquido colectado en el *burbujeador* y el líquido colectado en la *silica gel*.

$$V_{H_2O}=98.0+5.40$$

$$V_{H_2O}= 103.4 \text{ ml}$$

De manera similar se obtiene el peso de partículas presentes en el gas muestreado.

Tabla 5.4

	Peso Inicial g	Peso Final g
Filtro	0.4635	0.9314
Lavado de Sonda	0.4568	0.7128
Lavado de Ciclón y Material	0.0000	0.0000

De donde

Mf = masa de partículas colectadas en el filtro

Mf = peso final filtro - peso inicial filtro

$$Mf = 0.9314 - 0.4635$$

$$Mf = 0.4679 \text{ g}$$

De manera similar obtenemos

MI = masa de partículas colectadas por el lavado de sonda

MI = peso final filtro - peso inicial filtro

$$MI = 0.7128 - 0.4568$$

$$MI = 0.256 \text{ g}$$

Mcm = masa de partículas colectadas por el lavado del ciclón y material

Mcm = peso final filtro - peso inicial filtro

$$Mcm = 0 \text{ g}$$

La suma de los valores obtenidos anteriormente da como resultado la masa total de partículas

$$M_s = M_f + M_l + M_{cm}$$

$$M_s = M_f + M_l + M_{cm}$$

$$M_s = 0.4679 + 0.256 + 0$$

$$M_s = 0.7239 \text{ g}$$

En la figura 5.2 se muestra la pantalla en la que estos resultados son obtenidos.

Tabla B. Determinación de Datos Analíticos			
Peso de partículas			
	Peso inicial	Peso final	Ganancia
Muestreo	00.464	00.931	00.468
Lavado de Sonda	00.457	00.713	00.256
Lavado de Ciclón y material	00.000	00.000	00.000
		Total	00.724
Volumen de Agua			
	Vol. en el burbujeador	Peso de Sílica Gel	
Inicial	200.000	591.400	
Final	298.000	596.800	
Líquido Colectado	98.000	05.400	
	Volumen Total	103.400	

Figura 5.2

5.1.4 Volumen de gas muestreado a condiciones estándar de presión y temperatura.

En la tabla 5.5 se muestran los datos de entrada que serán requeridos en los próximos cálculos. Estos datos provienen de las lecturas obtenidas para cada uno de los puntos muestreados de acuerdo a la norma por el equipo denominado *muestreador universal de chimeneas*.

Tabla 5.5

No. de punto	Tiempo de muestreo ϕ minutos	Presión estática pulg. H ₂ O	Temp. de chimenea T _s °C	Presión velocidad pulg. H ₂ O	Presión Diferencial Δ pulg. H ₂ O	Temp. de la muestra de gas en el medidor		Temp. del muestreador °F	
						Entrada °F	Salida °F		
1	5	0.015	377.0	0.600	2.371	101.9	100.6	201.0	
2	5	0.015	372.5	0.640	2.484	101.8	101.3	231.0	
3	5	0.015	385.2	0.650	2.480	101.7	101.9	231.0	
4	5	0.015	402.4	0.630	2.400	101.8	102.3	234.0	
5	5	0.015	390.5	0.610	2.385	101.9	102.7	234.0	
6	5	0.015	380.8	0.590	2.351	101.7	103.0	234.5	
7	5	0.015	376.7	0.570	2.292	101.4	103.2	235.0	
8	5	0.015	376.7	0.560	2.274	101.6	103.5	235.0	
9	5	0.015	382.1	0.560	2.226	101.5	103.6	245.0	
10	5	0.015	392.5	0.530	2.181	101.5	103.7	240.0	
11	5	0.015	383.7	0.520	2.150	101.5	103.7	241.0	
12	5	0.015	381.6	0.530	2.176	101.5	103.7	241.0	
Total	60	0.18	4601.7	6.99	27.77	1219.8	1233.2	2802.5	
Prom.	5.00	0.02	383.48	0.58	2.31	101.65	102.77	233.54	
						Temp. Prom. °R (T _m)		562.21	

En el sistema estos datos son capturados en la pantalla mostrada por la figura 5.3 en la cual se realizan los promedios para los puntos muestreados y se calcula el promedio de la temperatura

Resultados

Tabla C2. Determinación de flujo volumétrico de gases de

No. Puntos	Tiempo de muestreo (min)	Presión Estática (pulg H ₂ O)	Temp. de cámara (°C)	Presión Velocidad (pulg H ₂ O)	Presión diferencial (pulg H ₂ O)	Temp. muestra gas en Medidor Entrada (°F)	Temp. muestra gas en Medidor Salida (°F)	Temp. del muestreador (°F)	Temp. ultimo inyector (°F)	Vacío en el tren de muestreo (pulg Hg)	Raíz cuadrada de presión de velocidad
1	05.0	00.015	377.00	00.60	02.371	101.9	100.2	120.0	165.0	0.02	00.775
2	05.0	00.015	372.50	00.64	02.484	101.6	101.2	123.0	164.4	0.02	00.800
3	05.0	00.015	385.20	00.65	02.480	101.8	100.8	122.0	167.8	0.02	00.806
4	05.0	00.015	340.40	00.63	02.400	102.6	101.2	120.0	160.2	0.02	00.854
5	05.0	00.015	390.50	00.61	02.585	102.9	102.2	122.0	161.9	0.02	00.831
6	05.0	00.015	380.80	00.59	02.351	101.2	100.9	123.0	158.9	0.02	00.866
7	05.0	00.015	376.70	00.57	02.252	101.4	100.8	123.0	160.3	0.02	00.843
8	05.0	00.015	376.70	00.56	02.274	101.2	100.8	123.0	162.3	0.02	00.848
9	05.0	00.015	382.10	00.56	02.224	101.8	100.8	123.0	164.7	0.02	00.848
10	05.0	00.015	392.50	00.53	02.381	101.5	101.2	123.0	163.8	0.02	00.822
11	05.0	00.015	383.70	00.52	02.380	101.8	100.8	121.0	164.6	0.02	00.821
12	05.0	00.015	381.60	00.53	02.376	101.5	100.8	123.0	165.6	0.02	00.825
Total	60.0	00.180	4,601.7	06.99	27.8	1,219.8	1,233.2	2,802.5	768.8	27.5	09.152
Prom.	05.00	00.015	383.47	00.58	02.314	101.65	102.77	233.54	64.07	02.29	00.763
Temperatura Promedio (°R)						562.208					

Figura 5.3

$$V_{mc} = 17.65 V_m \left(\frac{P_b + \frac{\Delta P_{prom}}{13.6}}{T_m} \right) \quad (3)$$

en donde:

V_m = Volumen del gas muestreado = 42.335 pie³

P_b = presión barométrica = 29.92 pulg Hg

$\Delta P_{prom.}$ = Promedio de la presión diferencial = 2.31 pulg H₂O

T_m = Temperatura promedio de la muestra de gas en el medidor en = 562.21 °R

Sustituyendo los valores anteriores en (3) se obtiene

$$V_{mc} = 17.65 * 42.335 \left(\frac{29.92 + \frac{2.31}{13.6}}{562.21} \right)$$

$$\underline{V_{mc}} = 39.992 \text{ pie}^3 \text{ estándar}$$

5.1.5 Volumen de agua como gas a condiciones estándar de presión y temperatura.

$$\boxed{V_{wc} = 0.0472 * V_{H_2O}} \quad (4)$$

$$V_{wc} = 0.0472 * 103.4$$

$$\underline{V_{wc}} = 4.867 \text{ pie}^3 \text{ estándar}$$

5.1.6 Contenido de humedad

$$\boxed{Bws = \frac{V_{wc}}{V_{wc} + V_{mc}} (100)} \quad (5)$$

Sustituyendo los valores obtenidos al calcular (3) y (4)

$$Bws = \frac{4.867}{4.867 + 39.992} (100) \%$$

$$\underline{Bws} = 10.850 \%$$

5.1.7 Velocidad promedio de gases de chimenea.

$$\boxed{(Vs)_{prom} = 85.48 C_p (\sqrt{\Delta P})_{prom} \sqrt{\frac{T_s + 460}{P_s M_s}}} \quad (6)$$

En donde

C_p = Constante del tubo pitot = 0.84

P_s = Presión de chimenea = 29.910 pulg. Hg

De la tabla 5.4 obtenemos los valores promedio para

T_s = Temperatura de chimenea = 383.475 °F

M_s = Peso molecular de gases de chimenea = 28.926 lb/lbmol

$(\sqrt{\Delta P})_{prom}$ se obtiene aplicando la raíz cuadrada a cada uno de los valores de la presión velocidad (ΔP) y realizando el promedio de estos valores. La figura 5.3 muestra la pantalla en la cual se ha calculado este valor en el sistema. De donde

$$(\sqrt{\Delta P})_{prom} = 0.76 \sqrt{pu \lg H_2O}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (6)

$$(Vs)_{prom} = 85.48 * 0.84 * 0.76 * \sqrt{\frac{383.475 + 460}{29.91 * 28.926}}$$

$$(Vs)_{prom} = 54.073 \text{ pie/s}$$

5.1.8 Flujo Volumétrico de gases secos a condiciones estándar.

$$Q_s = \left(1 - \left(\frac{Bws}{100}\right)\right) * (Vs)_{prom} * A * \left[\frac{525}{Ts + 460}\right] * \left[\frac{Ps}{29.92}\right] * 3600 \quad (7)$$

Ps=Presión de chimenea=29.910 pulg. Hg

Ts=Temperatura de chimenea=383.475 °F

A= Área de chimenea= $(\pi D_s^2)/4 = 77.615 \text{ pie}^2$

donde:

Ds=diámetro del ducto= 9.941 pie

Sustituyendo valores Ps, Ts, A, además de los valores obtenidos en la ecuaciones 5 y 6 en la ecuación 7 se tiene que:

$$Q_s = \left(1 - \left(\frac{10.850}{100}\right)\right) * 54.073 * 77.615 * \left[\frac{525}{383.475 + 460}\right] * \left[\frac{29.910}{29.92}\right] * 3600$$

$$Q_s = 8380984.02 \text{ pie}^3/\text{h}$$

5.1.9 Concentración de partículas de gases de chimenea.

$$C_s = 15.43 \frac{M_s}{V_{mc}} \quad (8)$$

donde:

$$M_s = 0.7239 \text{ g}$$

$$V_{mc} = 39.992 \text{ pie}^3 \text{ estándar}$$

$$C_s = 15.43 \frac{0.7239}{39.992}$$

$$C_s = 0.2788 \text{ granos/s pie}^3$$

5.1.10 Emisión de partículas de gases de chimenea.

$$E_{part} = 0.0648 C_s Q_s \quad (9)$$

Sustituyendo (7) y (8) en (9)

$$E_{part} = 0.0648 * 0.2788 * 8380984.02$$

$$E_{part} = 151390.225 \text{ g/h}$$

5.1.11 Flujo volumétrico de gases secos a condiciones actuales.

$$Q_a = Q_s \left(\frac{29.92}{P_s} \right) \left(\frac{T_s + 460}{528} \right) \quad (10)$$

en donde:

Q_s = flujo volumétrico de gases secos a condiciones estándar

$$Q_s = 8380984.02 \text{ pie}^3/\text{h}$$

P_s = Presión de chimenea = 29.910 pulg. Hg

T_s = Temperatura de chimenea = 383.475 °F

Sustituyendo en (10)

$$Q_a = 8380984.02 * \left(\frac{29.92}{29.910} \right) \left(\frac{383.475 + 460}{528} \right)$$

$$Q_a = 13393018.88 \text{ pie}^3/\text{h}$$

5.1.12 Flujo volumétrico total a condiciones estándar.

$$Q_{ts} = \frac{Q_s}{\left(1 - \left(\frac{Bws}{100}\right)\right)} \quad (11)$$

Sustituyendo (5) y (7) en (11) se obtiene:

$$Q_{ts} = \frac{8380984.02}{\left(1 - \left(\frac{10.850}{100}\right)\right)}$$

$$\underline{Q_{ts} = 9400956.057 \text{ pie}^3/\text{h}}$$

5.1.13 Flujo volumétrico total a condiciones actuales.

$$Q_{ta} = \frac{Q_a}{\left(1 - \left(\frac{Bws}{100}\right)\right)} \quad (12)$$

Sustituyendo (5) y (7) en (11) se obtiene:

$$Q_{ta} = \frac{13393018.88}{\left(1 - \left(\frac{10.850}{100}\right)\right)}$$

$$\underline{Q_{ta} = 15022959.319 \text{ pie}^3/\text{h}}$$

5.1. 14 Flujo volumétrico total a 60°F.

$$Q_{tf} = \frac{(Vs_{prom} * A * P_s * 3600 * 520)}{((T_s + 460) * 29.92)} \quad (13)$$

P_s = Presión de chimenea = 29.910 pulg. Hg

T_s = Temperatura de chimenea = 383.475 °F

A = Área de chimenea = 77.615 pie²

$(V_s)_{prom}$ = 54.073 pie/s

$$Q_{tf} = \frac{(54.073 * 77.615 * 29.910 * 3600 * 520)}{((383.475 + 460) * 29.92)}$$

$$Q_{tf} = 9311423.142$$

5.1.15 Porcentaje Isocinetismo.

$$I = \left(\frac{1731 * (T_s + 460) * V_{mc}}{\phi t * (V_s)_{prom} * P_s * (D_a)^2 + (100 - B_{ws})} \right) \quad (14)$$

ϕt = tiempo total de muestreo =

P_s = Presión de chimenea = 29.910 pulg. Hg

T_s = Temperatura de chimenea = 383.475 °F

$(V_s)_{prom}$ = velocidad promedio de gas de chimenea = 54.073 pie/s

B_{ws} = contenido de humedad = 10.850 %

D_a = diámetro de la boquilla del tubo pitot utilizada = 0.25

V_{mc} = 39.992 pie³ estándar

sustituyendo valores

$$I = \left(\frac{1731 * (383.475 + 460) * 39.992}{60 * 54.073 * 29.910 * (0.25)^2 + (100 - 10.850)} \right)$$

$$I = 96.327 \%$$

Tomando como base las ecuaciones anteriores se programaron las pantallas mostradas por las figuras 5.4 y 5.5, en las cuales observamos los resultados obtenidos en las ecuaciones anteriores.

Resultados de acuerdo a método 5 EPA		Sistema Inglés	Sistema Métrico
Presión Barométrica	29.920	puig.Hg	101423.728 Pa
Altura de chimenea	100.394	pie	30.600 m
Altura del puerto de muestreo	82.677	pie	25.200 m
Diámetro de chimenea	03.941	pie	03.030 m
Área de chimenea	77.615	pie2	07.211 m2
Coefficiente de tubo pitot	00.840		00.840
Coefficiente del medidor de orificio	01.000		01.000
Exceso de aire	16.922		16.922
Peso Molecular Base Seca	30.522	g/gmol	30.522 lb/lbmol
Peso Molecular	29.164	g/gmol	29.164 lb/lbmol
Contenido de humedad	10.845	%vol	10.845 %vol
Volumen de H2O muestreado	10.867	pie3 est.	00.36 m3
Volumen de Gas muestreado	10.011	pie3 est.	00.36 m3

Figura 5.4 Resultados de los cálculos del monitoreo isocinético

Resultados de acuerdo al método 5 EPA (continuación)		Sistema Inglés	Sistema Métrico
Presión en chimenea	28.910	puig.Hg	101.389.831 Pa
Temperatura de chimenea	383.475	F	195.264 °C
Velocidad de gas de chimenea	23.852	pie/seg	16.414 m/seg
Flujo Volumétrico de gases secos a condiciones est.	347.0791	pie3/h	236.545.553 m3/h
Concentración de partículas	00.279	gr/pie3	637.696 mg/m3
Emisión de partículas	331.557	g/h	150.707.639 g/h
Flujo Volumétrico gases secos cond. actuales	338.949.354	pie3/h	378.007.218 m3/h
Flujo Volumétrico total condiciones est.	352.513.972	pie3/h	265.320.586 m3/h
Flujo Volumétrico total condiciones actuales	4961.527.920	pie3/h	423.980.831 m3/h
Flujo Volumétrico total a 60 grad. F	273.417.291	pie3/h	262.795.710 m3/h
Porcentaje de isocinismo	108.480	%	108.480 %

Figura 5.5 Continuación de resultados

5.2 Resultados.

Finalmente y con el fin de garantizar la acertividad de los programas realizados, se ejecutaron las corridas de prueba al sistema, utilizando los datos reales de los equipos mencionados en la **tabla 5.1**. Los datos obtenidos en las corridas fueron comparados con cálculos realizados en una hoja de excel (**anexo A**), las **tablas 5.6 y 5.7** nos muestran un resumen de los resultados obtenidos por el cálculo y la corrida del sistema para 14 variables representativas del sistema, así como la diferencia existente entre ambos datos, adicionalmente un porcentaje de error fué calculado, a partir de esta diferencia.

Tabla 5.6 Comparación de resultados obtenidos

Variable	Cálculo	Corrida del Sistema	Diferencia	% Error
Equipo				
1. Peso molecular base seca (Md)				
CB-3	30.522	30.522	0.000	0.000
CB-5	30.522	30.522	0.000	0.000
VB-1/2	29.437	29.437	0.000	0.000
CB-4	30.050	30.05	0.000	0.001
2. Exceso de aire (%EA)				
CB-3	13.122	13.122	0.000	0.000
CB-5	2.738	2.738	0.000	0.000
VB-1/2	49.007	49.007	0.000	0.000
CB-4	4.102	4.102	0.000	0.000
3. Volumen de gas muestreado (Vmc)				
CB-3	39.992	40.011	0.019	0.048
CB-5	40.039	40.058	0.019	0.047
VB-1/2	40.452	40.452	0.000	0.000
CB-4	31.699	31.699	0.000	0.000
4. Volumen de H2O muestreado (Vwc)				
CB-3	4.867	4.867	0.000	0.000
CB-5	4.867	4.867	0.000	0.000
VB-1/2	6.481	6.481	0.000	0.000
CB-4	4.999	4.999	0.000	0.000
5. Contenido de humedad (Bws)				
CB-3	10.850	10.845	0.005	0.043
CB-5	10.838	10.834	0.004	0.039
VB-1/2	13.809	13.809	0.000	0.000
CB-4	13.622	13.622	0.000	0.000
6. Velocidad promedio de gas de chimenea (Vsprom)				
CB-3	53.853	53.852	0.001	0.002
CB-5	53.508	53.703	0.195	0.364
VB-1/2	39.297	39.297	0.000	0.000
CB-4	43.306	43.306	0.000	0.000

Tabla 5.7 Continuación

Variable	Cálculo	Corrida del Sistema	Diferencia	% Error
Equipo				
7. Flujo volumétrico de gases secos a condiciones estándar (Qs)				
CB-3	8346839.814	8347148.791	308.977	0.004
CB-5	8908361.443	8941274.946	32913.503	0.369
VB-1/2	6222638.849	6222629.986	8.863	0.000
CB-4	6822707.744	6822753.255	45.511	0.001
8. Concentración de partículas (Cs)				
CB-3	0.279	0.279	0.000	0.087
CB-5	0.278	0.278	0.000	0.000
VB-1/2	0.105	0.105	0.000	0.000
CB-4	0.181	0.181	0.000	0.000
9. Emisión de partículas (Epart)				
CB-3	331.702	331.557	0.145	0.044
CB-5	353.598	354.737	1.139	0.322
VB-1/2	92.770	92.77	0.000	0.000
CB-4	176.350	176.352	0.002	0.001
10. Flujo volumétrico de gases secos a condiciones actuales (Qa)				
CB-3	13338455.600	13338949.354	493.754	0.004
CB-5	13254774.124	13303746.209	48972.085	0.369
VB-1/2	13880554.233	13880538.393	15.840	0.000
CB-4	10392596.617	10392665.94	69.325	0.001
11. Flujo volumétrico total a condiciones estándar (Qts)				
CB-3	9362656.480	9362513.972	142.508	0.002
CB-5	9991234.438	10027626.649	36392.211	0.364
VB-1/2	7219580.419	7219573.648	6.771	0.000
CB-4	7898640.891	7898686.545	45.654	0.001
12. Flujo volumétrico total a condiciones actuales (Qta)				
CB-3	14961755.651	14961527.920	227.731	0.002
CB-5	14865983.664	14920131.729	54148.065	0.364
VB-1/2	16104385.933	16104375.469	10.464	0.000
CB-4	12031497.125	12031556.67	59.541	0.000
13. Flujo volumétrico total a 60 °F (Qtf)				
CB-3	9273488.323	9273417.291	71.032	0.001
CB-5	9896079.824	9932082.761	36002.937	0.364
VB-1/2	7150822.510	7150837.809	15.299	0.000
CB-4	7823415.740	7823432.758	17.018	0.000
14. Porcentaje de isocinetismo (I)				
CB-3	108.433	108.48	0.047	0.044
CB-5	101.718	101.392	0.326	0.321
VB-1/2	96.452	96.452	0.000	0.000
CB-4	105.146	105.146	0.000	0.000

5.3 Estudio Costo-Beneficio.

Durante la fase de análisis se llevó a cabo un estudio de paquetería que permitiera satisfacer los requerimientos de los encargados de los sistemas, para ello se hizo uso de los catálogos de ventas de software y hardware que se ofrecen en el mercado.

Se realizó una minuciosa búsqueda en cada uno de estos catálogos sin encontrar algún producto que contara con algunas de las características necesarias para cubrir las necesidades. Después de realizar la búsqueda, sin obtener resultados, se llegó a la conclusión de diseñar y construir totalmente el Sistema de Información.

El diseño y desarrollo de este sistema brindará la posibilidad de hacerlo interactuar con otros sistemas de la institución y modificarlo añadiéndole nuevos módulos o ampliando los existentes, de tal forma que permita satisfacer futuras necesidades.

Los beneficios que se obtiene al realizar este sistema dependen directamente de los beneficios y costos asociados al desarrollo de los monitoreos los cuales son los siguientes:

En los equipos que se encuentran fuera de norma en Exceso de aire, es necesario ponerlos a punto. Esto es, hacer los ajustes necesarios para que el equipo cumpla con el límite establecido para este parámetro.

Lo anterior implica que el consumo de combustible y la emisión de contaminantes a la atmósfera sea menor. Obteniéndose un beneficio económico y protección al medio ambiente.

Los datos presentados corresponden a los monitoreos realizados en 1997 en las 6 refinerías del país.

En el caso de la Refinería número cuatro en la primera campaña de 1997 no se logró poner a punto ningún equipo.

En las tablas 5.8 y 5.9 se presenta el cálculo del costo-beneficio obtenido por el ahorro del combustible al poner a punto equipos que se encontraban fuera de norma.

Estos datos se presentan en ahorro monetario diario y ahorro potencial estimado a 6 meses y un año.

Para el cálculo de los costos del combustible se consideró el precio de \$1.152/m³ para el gas natural industrial y \$ 1.001/litro para el combustible pesado

Tabla 5.8
Beneficios cuantificables del monitoreo de emisiones en fuentes fijas

Refinería	Costo	Beneficio real M\$			Recup. Inver. Días	VPN
		M/S	Diario	Total		
Refinería No. 1	2,631,950	10,462	3,818,667	1.45	252	1,094,051
Refinería No. 2	1,918,510	12,514	4,567,595	2.38	153	2,442,229
Refinería No. 3	3,618,620	59,884	21,857,721	6.04	60	16,814,881
Refinería No. 4	2,760,920	2,215	808,600	0.29	1246	-1,799,871
Refinería No. 5	2,631,910	29,514	10,772,852	4.09	89	7,504,999

Tabla 5.9
Beneficios no cuantificables del monitoreo de emisiones en fuentes fijas

Descripción	Tipo de Beneficio						
	A	B	C	D	E	F	G
1. Contribuir a mejorar la calidad del aire.				X			
2. Disminución de la lluvia ácida.			X		X	X	
3. Disminución del deterioro en construcciones.	X		X			X	
4. Disminución de la corrosión en el deterioro de las plataformas.						X	X
5. Mejora de la imagen de la empresa.				X		X	
6. Menores riesgos de enfermedades respiratorias de trabajadores y empleados dentro de los complejos						X	

A = Estratégico

C = Social

E = Flexibilidad Operativa

B = Industrial

D = Ecológico

F = Seguridad Industrial

G = Imagen

5.3.1 Costo del sistema

El costo del sistema se estimó de acuerdo al procedimiento establecido por la Unidad de Control Técnico Administrativa de la Subdirección de Protección Ambiental del IMP, en él se involucran costos por horas-hombre de acuerdo a un tabulador institucional, viáticos, materiales, servicios y equipo empleados en el desarrollo del un proyecto, el resultado de esta estimación se presenta en la tabla 5.10

Tabla 5.10 Estimación del costo del sistema

1) Pagos a personal				
Nivel	No.personas	Horas-Hombre	Costo H-H	Costo/persona
			\$	\$
C-16	1	900.65	44.28	39,880.78
2) Materiales				
20.39% sobre pagos a personal				8,131.69
3) Gastos diversos				
14.57% sobre pagos a personal				5,810.63
4) Costo directo (1+2+3)				
				53,823.10
5) Costo indirecto				
83 % sobre costo directo				44,673.18
6) Precio de venta (4+5)				
				98,496.28

CONCLUSIONES

Evaluar una fuente en lo referente a su emisión de contaminantes , requiere del conocimiento de diferentes parámetros y del procesamiento de información de manera clara y oportuna , al no contar con una herramienta de computo que pudiera ser utilizada para agilizar este procesamiento se determinó el desarrollo de un sistema de información para atender esta necesidad. Al desarrollar este sistema se encontró que es importante estar familiarizados con las técnicas y metodologías más conocidas para el desarrollo de sistemas. En la metodología utilizada se trato de integrar los nuevos y los viejos métodos escogiendo las ventajas de cada uno de ellos. Las técnicas y las metodologías del desarrollo de sistemas imponen rigor, detalle y precisión al ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Cuando un sistema de información se desarrolla en base a una metodología y las técnicas asociadas a ella , su creación se simplifica y agiliza notablemente

La participación de los usuarios finales a lo largo del desarrollo del sistema es indispensable, ya que permite satisfacer de la forma más óptima sus requerimientos, asegurando con ello el éxito del funcionamiento del sistema. El sistema desarrollado satisface todos los requerimientos de un problema específico que con algún programa existente en el mercado no se hubiera logrado.

Al concluirse este sistema se obtiene una herramienta que permitirá a los usuarios agilizar el procesamiento de información y estandarizar la presentación de resultados . Asi mismo se garantiza que los cálculos asociados al monitoreo de emisiones en fuentes fijas sean realizados con mayor precisión y exactitud. Con ello se tendrán datos oportunos y confiables que permitirán la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Code of federal regulations*
Protection of environment No. 40
Parts 53 to 60
July 1, 1990
National archives and records administration
2. *Continuos Air Pollution*
Source Monitoring Systems
EPA Handbook, June 1979
Technology Transfer
Cincinnati Oh., 45468
3. Jiménez Cruz Joel, Anaya Brambila Francisco
Programación por eventos con Visual Basic,
Symposium Internacional de Computación
Centro Nacional de Cálculo
IPN, Noviembre 1995
4. Gary Cornell
Manual de Visual Basic 4 para Windows 95
Editorial McGraw-Hill, 1996
5. Instituto Mexicano del Petróleo
Información General
Protección Ambiental
Referencia internet: <http://www.imp.mx/ambiental.html>
6. Kenneth Wark y Cecil F. Warner
Contaminación del aire, Origen y control
Editorial Limusa, 1994

7. *Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.*
Capítulos I,II,III,IV y V
Cuarta edición
Editorial Porrúa, S.A.
1991

8. *Manual de Calidad Área de Combustión*
Instituto Mexicano del Petróleo
Subdirección de Protección Ambiental
Gerencia de Transformación de Energéticos
Área de Combustión, 1995

9. Quadri G. y Sánchez R.
La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica
Editorial Limusa, 1992

10. Rivera Nava Francisco, Lacy Tamayo Rodolfo
Curso: Instrumentación, mantenimiento y calibración de analizadores automáticos de la calidad del aire
Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

11. W.Strauss y S.J.Mainwaring
Contaminación del aire, causas efectos y soluciones
Editorial Trillas, 1990

12. Whitten L. Jeffrey, Bentley Lonnie
Análisis y Diseño de Sistemas de Información
Editorial Irwin, 1996

GLOSARIO

Abatimiento de contaminantes. Reducción o disminución de un tipo de descarga o contaminante.

Adsorción. Fenómeno por el cual moléculas de un gas o de un líquido se fijan dentro de una fina capa superficial de determinadas sustancias sólidas como el carbón y arcillas activadas.

Aerosol. Suspensión en un medio gaseoso de partículas sólidas, líquidas o ambas con velocidad de caída despreciable.

Altura efectiva de la chimenea. Altura comprendida desde el nivel del suelo, hasta el punto en que la pluma de humo pierde su verticalidad.

Ambiente. Conjunto de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre, físicos, químicos y biológicos que propician la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos.

Atmósfera. Masa total de gases que rodea la tierra y que está compuesta principalmente de oxígeno y nitrógeno.

Bruma. Dispersión de microgotas en la atmósfera con una concentración tal que la visibilidad está comprendida entre 1 y 2 kilómetros.

Calentamiento directo. La transferencia de calor por flama, gases de combustión o por ambos, al entrar en contacto directo con los materiales del proceso.

Calentamiento indirecto. La transferencia de calor por gases de combustión que no entran en contacto directo con los materiales del proceso.

Calibración. Ajuste de un instrumento comprobando su precisión comparándolo con gas patrón.

Calidad del aire. Suma de las características relacionadas entre sí del estado del aire exterior y se califica generalmente como buena o mala.

Caloría. La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua a 15 ° C, un grado °C.

Cancerígeno. Sustancia o energía capaz de inducir crecimientos malignos en los seres vivos.

Capacidad nominal. La potencia térmica de diseño de un equipo de combustión indicada por el fabricante.

Ceniza. Residuo sólido de la contaminación y puede contener combustible parcialmente quemado.

Certificado de emisión. El documento expedido por la Secretaría de Desarrollo Social que acredita la cantidad de contaminantes a la atmósfera que puede emitir una fuente fija en un año de acuerdo a su capacidad nominal y al nivel regional de emisiones.

Ciclo combinado. Proceso para la obtención de calor en dos etapas que incluye en la primera, la generación de gases de combustión y la expansión de los mismos y en la segunda, transferencia y recuperación del calor con propósito de generación de energía eléctrica.

Ciclón. Equipo que utiliza la fuerza centrífuga para colectar partículas contenidas en flujo gaseoso.

Combustión a cielo abierto. La quema de cualquier material combustible en la que los productos de la combustión se emiten directamente a la atmósfera sin pasar a través de una chimenea.

Combustibles fósiles sólidos, líquidos y gaseosos. Los combustibles sólidos se refieren a las variedades de carbón mineral cuyo contenido fijo de carbono varía desde 10% hasta 90% en peso y al coque de petróleo. Los combustibles fósiles líquidos o gaseosos son los derivados del petróleo y gas natural tales como petróleo diáfano, diesel, combustóleo, gasóleo, gas L.P., butano, propano, metano, isobutano, propileno, butileno o cualquiera de sus combinaciones.

Concentración de contaminantes. El cociente de la cantidad de contaminantes entre la cantidad total del gas considerado indicando las unidades.

Contaminación atmosférica. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos que perjudique o resulte nocivo a la vida, la flora o la fauna o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Contaminante. Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

Contaminante atmosférico. Toda materia o sustancia, ó sus combinaciones o compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios y cualesquiera otros que al incorporarse o adicionarse a la atmósfera, puedan alterar ó modificar sus características naturales; así como toda forma de energía, como calor radiactividad, ruidos, que al operar sobre la atmósfera, altera su estado normal.

Contaminantes en suspensión. Todas las partículas contaminantes (generalmente menores de un micrómetro) capaces de permanecer en la atmósfera por periodos prolongados debido a su pequeño tamaño, baja densidad y velocidad de caída insignificante.

Consumo energético horario. Es la cantidad empleada de un combustible por hora multiplicada por su poder calorífico y se expresa en MJ/h.

Contaminante secundario. Contaminante que puede ser producido en la atmósfera por procesos físicos o químicos de contaminantes u otras sustancias presentes como resultado de emisiones de fuentes fijas o móviles.

Chimenea. Ducto vertical que permite la salida a la atmósfera de gases provenientes de un proceso, dichos gases pueden contener partículas.

Densidad de humo. La concentración de partículas sólidas o líquidas transportadas por la corriente de gases producto de una combustión incompleta.

Desulfuración. Eliminación de azufre o sus compuestos de un combustible o de gases de combustión.

Dispersión. Mezcla de partículas de un componente gaseoso que puede ser la atmósfera. La fase dispersa tiene un tamaño tal que su velocidad de asentamiento es nula o pequeña.

Dosis de inmisión. Flujo de inmisión acumulado en el receptor durante un tiempo de exposición.

Ecología. Estudio de la interrelación de organismos vivos y su ambiente.

Ecosistema. Unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí sobre el ambiente en un espacio determinado.

Eficiencia de colección. Relación expresada en por ciento de la cantidad de una sustancia colectada por un dispositivo o equipo de colección y la cantidad total de partículas que entra en él.

Emisión. Descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia o energía incluyendo, pero no limitándose, a olores, partículas, vapores, gases o cualquiera de sus combinaciones.

Equipo de combustión. Aquellos aparatos o mecanismos relacionados con la quema de combustibles, incluyendo incineradores de todos los tipos, calderas y hornos y que emiten gases como productos de combustión.

Equipo de combustión existente. El instalado y/o el proyectado y aprobado para su instalación por la autoridad competente antes de la publicación de la presente Norma Oficial Mexicana.

Equipo de combustión nuevo. El instalado por primera vez, por sustitución de un equipo existente o aprobado por la autoridad competente, en fecha posterior a la publicación de la presente Norma Oficial Mexicana.

Equipo de control. Cualquier aditamento o dispositivo que prevenga, reduzca o anule las emisiones de acuerdo a los límites establecidos por las normas.

Fotoquímica. Parte de la química que estudia la acción de la luz sobre los procesos y compuestos químicos.

Fuente emisora. Sitio o área donde se efectúa la descarga de contaminantes.

Fuente Fija. La instalación o conjunto de instalaciones pertenecientes a una sola persona física o moral, ubicadas en una poligonal cerrada que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Hollín. Partículas finas de carbón formadas en combustiones incompletas y depositadas antes de la emisión.

Humo. Aerosol de partículas que resulta generalmente de la combustión compuesto por carbón, ceniza y otros materiales.

Impacto ambiental. La alteración del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza.

Impactor. Dispositivo usado para la colección y separación simultánea de partículas en una gama de tamaños.

Índice de la contaminación del aire. Combinación matemática de la concentración de los contaminantes del aire que da un número único para describir la calidad del aire ambiental.

IMECA. Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, señala valores entre 0 y 500 de acuerdo a los cuales las autoridades pueden recomendar u ordenar acciones para proteger a la población.

Inmisión. Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un receptor.

Inversión atmosférica. Fenómeno meteorológico consistente en que a determinada altura se invierte el gradiente térmico.

Límite de emisión ponderada. El promedio permisible de descarga de un contaminante a la atmósfera, aplicable a cada fuente fija.

Materia suspendida. Toda partícula que se mantiene en la atmósfera o en una corriente de gases de combustión por periodos prolongados de tiempo. Debido a que su tamaño es tan pequeño que su velocidad de caída es insignificante.

Microgota. Una pequeña partícula de líquido de tamaño y densidad tal que cae en condiciones de calma, pero puede permanecer suspendida bajo condiciones turbulentas en tamaño menores a 200 μm .

Monitoreo. Muestreo y mediciones repetidas para determinar los cambios de niveles o concentraciones de contaminantes en un periodo y sitio determinado. En el sentido restringido, es el muestreo y la medición regular de los niveles de contaminación en relación a una norma o para juzgar la efectividad de un sistema de control.

Monitoreo continuo. El que se realiza con equipo automático con un mínimo de 15 lecturas en un periodo no menor a 60 min. y no mayor a 360 min. El resultado del monitoreo es el promedio del periodo muestreado.

Movimiento Browniano. Movimiento de las partículas pequeñas o coloidales visibles al ultramicroscopio producido por el choque con otras moléculas.

Muestreo. El análisis de aire o gases, la separación de una porción de la atmósfera con o sin aislamiento simultáneo de los componentes seleccionados.

Muestreo isocinético. Es el efectuado a un flujo tal que la velocidad promedio del gas que entra en la boquilla muestreadora es la misma que la del gas en el punto de muestreo.

Neblumo. Término derivado de humo y niebla: contaminación atmosférica extensa proveniente en parte de procesos naturales y parcialmente de actividades humanas.

Neblumo fotoquímico. Resultado de reacciones en la atmósfera entre óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos y oxidantes bajo la influencia de la luz solar que conducen a la formación de compuestos oxidantes que eventualmente causan la reducción de la visibilidad, irritación ocular o daño a los materiales o vegetación cuando la concentración es suficiente.

Niebla. Término aplicado a la suspensión de microgotas en un gas resultando una visibilidad menor a un kilómetro.

Nivel regional de emisión. El promedio permisible de descarga de un contaminante a la atmósfera, aplicable a un conjunto de fuentes fijas localizadas en una zona crítica.

Número de mancha. El valor numérico que se obtiene al comparar la mancha producto del paso de un cierto volumen de gas de combustión por un papel filtro con las tonalidades de la escala patrón equivalente.

Opacidad. Propiedad de impedir el paso de la luz aplicado a la atmósfera. Implica reducción de visibilidad.

Operación de arranque del equipo de combustión. El inicio de operación de los procesos de combustión.

Operación de soplado. La limpieza de hollín de los tubos de una caldera mediante la inyección de aire, vapor u otro fluido a presión.

Partícula. Masa pequeña de materia sólida o líquida.

Pluma. Forma visible que adquiere la emisión de una chimenea debida a polvo, vapor, gases o humo. También se llama penacho.

Polvo. Pequeñas partículas de sustancia sólida convencionalmente de hasta 100 μm que se originan en procesos naturales o provocados por el hombre o ambos y que pueden permanecer suspendidas en un gas por cierto tiempo o depositarse por sedimentación.

Polvo respirable. Partículas menores de 5 μm susceptibles de penetrar a los alveólos pulmonares.

Proceso contaminante. Cualquier acción, operación o tratamiento que incluya factores químicos, industriales o de manufactura; así como los métodos o formas de manufactura o procesamiento que puedan producir humos, partículas sólidas, gases o cualquier otro contaminante.

Reacción fotoquímica. Una reacción cuando ciertas sustancias pueden ser expuestas a radiaciones solares.

Región. Se consideran regiones a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y cada una de las zonas críticas.

Resto del país. Es toda la extensión territorial nacional excluyendo la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, (ZMCM) y las Zonas Críticas.

Sonda. Dispositivo (tubo, tallo o varilla) con el que se muestrea o se mide a distancia de un sitio determinado.

Tubo de Pitot. Elemento primario para la medición de las presiones del fluido en movimiento.

Visibilidad. Habilidad expresada en unidades de longitud determinada por las condiciones atmosféricas para ver e identificar objetos prominentes no alumbrados durante el día y alumbrados en la noche.

Zonas Críticas. Se consideran Zonas Críticas (ZC): las zonas metropolitanas de Monterrey y Guadalajara; los centros de población de: Coatzacoalcos-Minatitlán (municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, Ixhuatlán del Sureste, Cosoleacaque y Nanchital), en el Estado de Veracruz; Irapuato-Celaya-Salamanca (municipios de Celaya, Irapuato, Salamanca y Villagrán), en el Estado de Guanajuato; Tula-Vito- Apasco (municipios de Tula de Allende, Tepeji de Ocampo, Tlahuelilpan, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tlaxoapan y Apaxco) en los estados de Hidalgo y de México; corredor industrial de Tampico-Madero-Altamira (municipios de Tampico, Altamira y Cd. Madero, en el Estado de Tamaulipas; el Municipio de Tijuana, en el Estado de Baja California y el Municipio de C. Juárez, en el Estado de Chihuahua.

Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara. El área integrada por los siguientes municipios del Estado de Jalisco: Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Tlaquepaque, Tonalá, Zapotlanejo y Zapopan.

Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). El área integrada por las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y los siguientes 17 municipios del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Cuautitlán Izcalli, Chalco de Covarrubias, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan de Juárez, Nezahualcoyotl, San Vicente Chicoloapan, Nicolás Romero, Tecámac, Tlalnepantla y Tultitlán.

Zona Metropolitana de la Ciudad de Monterrey. El área integrada por los siguientes municipios del Estado de Nuevo León: Monterrey, Apodaca, General Escobedo, Guadalupe, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García, Santa Catarina y Juárez.

A NEXO A

Tabla A. Analisis Orsel. Determinacion de Peso Molecular
 Centro de Trabajo/Planta: Refineria No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: CB-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localizacion: Ciudad 2, Estado 2
 No. de Muestras: 2

Número de Analisis	Peso Molecular Base Sacca (lit/turno)			
	Primero	Segundo	Tercero	Promedio
Gas	%	%	%	%
Borxido de Carbono	14.13	14.13	14.13	14.13
Orxigeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	0.6	0.6	0.6	0.6
Monóxido de Carbono (lectura de CO menos lectura de O2)	0	0	0	0
Nitrogeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	85.27	85.27	85.27	85.27
Exceso de Aires:	2.738			
			Peso Molecular Promedio	30.285

Composicion promedio de gas de chimenea	
Gas	
Borxido de Carbono	14.13
Oxigeno	0.6
Monóxido de Carbono	0
Nitrogeno	85.27

Tabla B. Determinacion de flujo volumetrico de gases de chimenea
 Planta: Refineria No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: CB-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localizacion: Ciudad 2, Estado 2
 No. de Muestras: 2

Peso de Particulas			
	Peso Inicial	Peso Final	Ganancia
Filtro	0.4635	0.9314	0.4679
Lavado de Sonda	0.4568	0.7128	0.256
Lavado de Caden y Material	0	0	0
		Total	0.7239

Humedad		
	Voluman de agua	
	Vol. en el burbujeador	
	Silice Gel	
	ml	
	g	
Inicial	200.00	531.40
Final	298.00	596.80
Liquido colectado	98.00	5.40
Voluman Total	103.40	

Tabla C. Determinación de flujo volumétrico de gases de Chimenea. Muestreo Isocinético

Planta: Refinería No. 4/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: Caldera CB4
 Fecha: 20/12/1997
 Localización: Ciudad 4, Estado 4
 No. de Muestreo: 4
 Coeficiente del tubo pitot: 0.84
 Coeficiente del medidor de orificio: 1
 Lectura inicial del medidor: 0
 No. Puntos Muestreados: 12
 No. Puntos Válidos p/Temperatura: 12
 Diámetro de Boquilla utilizada: 0.25

Lectura final del medidor: 33.12
 Volumen de gas muestreado: 33.12

Numero de punto	Tempo de muestreo (min)	Presión estática pulg. H ₂ O	Tempo de chimenea T _a °F	Presión velocidad pulg. H ₂ O	Presión diferencial pulg. H ₂ O	Temperatura de gas en el medidor Entrada °F	Temperatura de la muestra de gas en el medidor Salida °F	Tempo del muestreo °F	Tempo en el último burbujeador °F	Vacio en el tubo de muestreo pulgadas Hg	Rat. cuadro de presión velocidad
1	5	0.02	341.0	0.310	0.744	91.00	91.3	199.0	95.0	2.40	0.5588
2	5	0.02	343.0	0.390	0.864	91.50	92.1	199.0	95.0	2.40	0.6000
3	5	0.02	344.0	0.380	0.812	91.80	92.3	215.0	96.0	3.42	0.6194
4	5	0.02	349.0	0.410	0.894	91.90	92.4	225.0	96.0	3.42	0.6403
5	5	0.02	348.0	0.410	0.884	92.00	92.5	225.0	99.0	3.00	0.6403
6	5	0.02	340.0	0.400	0.890	92.10	92.6	226.0	99.0	2.50	0.6325
7	5	0.02	342.0	0.390	0.835	92.10	93	228.0	99.0	2.50	0.6245
8	5	0.02	347.0	0.410	0.904	93.10	93.6	230.0	70.0	2.50	0.6403
9	5	0.02	348.0	0.410	0.980	93.40	94.1	235.0	71.0	3.00	0.6403
10	5	0.02	344.0	0.400	0.960	94.20	94.5	240.0	71.0	3.40	0.6325
11	5	0.02	342.0	0.390	0.912	94.50	95.6	240.0	99.0	3.00	0.6194
12	5	0.02	340.0	0.380	0.884	95.10	96	241.0	99.0	3.40	0.6090
Total	60	0.24	4128	4.92	11.084	1112.50	1120	2703.0	831.0	34.9	7.44
Promedio	5.00	0.02	344.00	0.39	0.92	92.71	93.33	225.25	84.42	2.91	0.62
										T _g (T _m)	553.02

Tabla A. Analisis Orstal. Determinacion de Peso Molecular
 Centro de Trabajo/Planta: Refineria No. 4/ Servicios Auxiliares II
 Caldes CB-4
 Equipo: 20/12/1997
 Fecha: 20/12/1997
 Localizacion: Ciudad 4, Estado 4
 No. de Muestra: 4

Numero de Analisis	Primero	Segundo	Tercero	Promedio	Peso Molecular Base Secca (libbmon)
Gas	%	%	%	%	
Dióxido de Carbono	12.590	12.590	12.590	12.590	5.540
Óxigeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	0.900	0.900	0.900	0.900	0.288
Monóxido de Carbono (lectura de CO menos lectura de O2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nitrogeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	86.510	86.510	86.510	86.510	24.223
Exceso de Aire:	4.102				
Composicion promedio de gas de chimeneas					Peso Molecular Promedio
Gas					30.050
Dióxido de Carbono	12.590				
Oxígeno	0.900				
Monóxido de Carbono	0.000				
Nitrogeno	86.510				

Tabla B. Determinacion de flujo volumetrico de gases de chimeneas
 Planta: Refineria No. 4/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: Caldes CB-4
 Fecha: 20/12/1997
 Localizacion: Ciudad 4, Estado 4
 No. de Muestra: 4

	Peso Inicial	Peso Final	Ganancia
Filtro	1.4621	1.826	0.3639
Lavado de Sonda	0.4402	0.4495	0.0093
Lavado de Cielon y Material	0	0	0
		Totol	0.3732

Humedad	Volumen de agua Vol. en el burbujeador	Peso de Silica Gal
	ml	g
Inicial	200.000	131.600
Final	301.000	136.800
Liquido coleccionado	101.000	5.200
Volumen Total	106.200	

Tabla D. Datos generales y resultados de acuerdo al método 5 de la EPA

Planta:	Refinería No. 3/ Alto Yacilo II
Equipo:	Horno VBA-1/2
Fecha:	29/1/1987
Localización:	Ciudad 3, Estado 3

	Sistema Inglés	Sistema Internacional
	Unidades	Unidades
Presión Barométrica (PB)	29.92 pulg. Hg	101423.729 Pa
Altura de chimenea	201.115 pie	61.3 m
Altura puerto de muestreo	161.220 pie	49.14 m
Diámetro de chimenea (Ds)	12.073 pie	3.68 m
Área de chimenea (A)	114.487 pie ²	10.636 m ²
Coefficiente de tubo pilot (Cp)	0.84	0.84
Coefficiente del medidor de orificio	1.00	1.00
Exceso de aire (EA)	49.007	49.007
Peso Molecular Base Secca (Mds)	29.437 lb/lbmol	29.437 g/gmol
Peso Molecular de gases de chimenea (Ms)	27.857 lb/lbmol	27.857 g/gmol
Contenido de humedad (Bwa)	13.809 % volumen	13.809 % volumen
Volumen de H ₂ O muestreado (Vwc)	6.481 pie ³ estándar	0.18366177 m ³
Volumen de Gas muestreado (Vmc)	40.452 pulg. Hg	1,14636693 m ³
Presión en chimenea (Pa)	29.910 pulg. Hg	101389.831 Pa
Temperatura de chimenea (Ta)	717.392 °F	380.773 °C
Velocidad promedio de gas de chimenea (Vg)prom	39.297 pies/seg	11.977614 m/s
Filjo Vol. de gases secos condiciones estándar (Qs)	6222638.85 pie ³ /h	176340.905 m ³ /h
Concentración de partículas (Epart)	0.1046 gr/pie ³	239.308219 mg/m ³
Filjo Vol. de gases secos condiciones actuales (Qa)	13880554.23 pie ³ /h	393355.545 m ³ /h
Filjo Vol. total condiciones estándar (Qts)	7219690.419 pie ³ /h	204592.838 m ³ /h
Filjo Vol. total condiciones actuales (Qta)	16104385.833 pie ³ /h	456375.833 m ³ /h
FiljoVol. total a 60 grad. F (Qth)	7150922.51 pie ³ /h	202644.335 m ³ /h
Porcentaje de isocinetaismo (I)	96.452	

*Condiciones estándar de P=29.92 pulg. de Hg, T=530 °R = 70 °F

Tabla C. Determinación de flujo volumétrico de gases de Chimenas. Muestreo Isocórico

Planta: Refinería No. 3/ Alto Vaco II
 Equipo: Hornos VBA-1/2
 Fecha: 28/11/1987
 Localización: Ciudad 3, Estado 3
 No. de Muestreo: 3
 Coeficiente del tubo pitot: 0.84
 Lectura final del medidor de orificio: 1
 Lectura inicial del medidor: 0
 No. Puntos Muestreos: 12
 No. Puntos Valores p/Temperatura: 12
 Diámetro de Boquilla utilizada: 0.375

Lectura final del medidor: 43.285
 Volumen de gas muestreado: 43.285

Número de punto	Tiempo de muestreo (min)	Presión estática pulg. H ₂ O	Temp. de chimenea T _e °F	Presión velocidad pulg. H ₂ O	Presión Diferencial pulg. H ₂ O	Temperatura de la muestra de gas en el medidor		Temp. del muestreador °F	Temp. en el orificio de muestreo °F	Vacio en el tubo de muestreo pulgadas Hg	Rat. cuando de presión velocidad
						Entrada °F	Salida °F				
1	5	0.02	707.0	0.190	1.836	107.20	108.3	243.0	68.0	2.60	0.4358
2	5	0.02	713.4	0.190	2.246	107.00	108.7	243.0	68.0	3.40	0.4358
3	5	0.02	716.0	0.190	2.288	107.00	108.7	243.0	68.0	3.30	0.4358
4	5	0.02	717.0	0.190	2.218	107.30	108.7	245.0	68.0	3.40	0.4358
5	5	0.02	717.8	0.190	2.026	107.80	108.8	245.0	68.0	3.30	0.4358
6	5	0.02	717.2	0.190	2.026	107.80	108.7	245.0	70.0	3.50	0.4358
7	5	0.02	718.1	0.190	2.172	107.90	108.8	246.0	70.0	3.50	0.4358
8	5	0.02	717.7	0.190	2.209	107.00	108.8	246.0	70.0	3.50	0.4358
9	5	0.02	717.7	0.190	2.021	107.00	108.8	246.0	74.0	3.50	0.4358
10	5	0.02	718.0	0.190	2.220	107.00	108.8	246.0	74.0	3.50	0.4358
11	5	0.02	719.2	0.190	2.187	107.00	108.8	245.0	74.0	3.50	0.4358
12	5	0.02	720.1	0.190	2.175	107.00	108.7	245.0	74.0	3.50	0.4358
Total	60	0.24	8008.7	2.03	23.941	1287.00	1306.5	2917.0	843.0	40.5	5.52
Promedio	5.00	0.02	717.30	0.22	2.13	107.25	108.79	243.08	70.25	3.38	0.48
						Temp Promedio	598.02				
						Temp (T _m)					

Tabla A. Analisis Orsat, Determinacion de Peso Molecular Centro de Trabajo/Planta: Refineria No. 3/ Alto Vacho II
 Equipo: Horno VBA-1/2
 Fecha: 29/11/1997
 Localización: Ciudad 3, Estado 3
 No. de Muestra: 3

Numero de Analisis	Primero	Segundo	Tercero	Promedio	Peso Molecular Base Secca (libbmoel)
Gas	%	%	%	%	
Dióxido de Carbono	7.100	7.170	7.100	7.123	3.134
Óxigeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	7.420	7.420	7.420	7.420	2.374
Monóxido de Carbono (lectura de CO menos lectura de O2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nitrógeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	85.480	85.410	85.480	85.457	23.928
Excena de Aire:	49.007				Peso Molecular Promedio 29.437

Composición promedio de gas de chimenea	
Gas	
Dióxido de Carbono	7.123
Óxigeno	7.420
Monóxido de Carbono	0.000
Nitrógeno	85.457

Tabla B. Determinación de flujo volumétrico de gases de chimenea
 Planta: Refineria No. 3/ Alto Vacho II
 Equipo: Horno VBA-1/2
 Fecha: 29/11/1997
 Localización: Ciudad 3, Estado 3
 No. de Muestra: 3

	Peso de Partículas		
	Peso Inicial	Peso Final	Ganancia
Filtro	3.4248	3.695	0.2702
Lavado de Sonda	0.4956	0.5001	0.0045
Lavado de Cifden y Material	0	0	0
		Totál	0.2747

Humedad	Volúmen de agua	
	Vol. en el burbujeador	Peso de Sílica Gel
	ml	g
Inicial	200.000	111.700
Final	333.000	116.388
Líquido colectado	133.000	4.688
Volúmen Total	137.688	

Tabla D. Datos generales y resultados de acuerdo al método 5 de la EPA

Planta: Refinería No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: CB-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localización: Ciudad 2, Estado 2

	Sistema Inglés	Sistema Internacional
	Unidades	Unidades
Presión Barométrica (PB)	29.92 pulg. Hg	101423.729 Pa
Altura de chimenea	100.394 pie	30.61 m
Altura puerto de muestreo	82.677 pie	25.21 m
Diámetro de chimenea (Da)	9.941 pie	3.03 m
Área de chimenea (A)	77.615 pie ²	7.211 m ²
Coefficiente de tubo pitot (Cp)	0.84	0.84
Coefficiente del medidor de orificio	1.00	1.00
Exceso de aire (EA)	2.738	2.738
Peso Molecular Base Seca (M _d)	30.522 lb/lbmol	30.522 g/mol
Peso Molecular de gases de chimenea(M _g)	29.165 lb/lbmol	29.165 g/mol
Contenido de humedad (Bws)	10.838 % volumen	10.838 % volumen
Volumen de H ₂ O muestreado (Bwc)	4.867 pie ³ estándar	0.13792507 m ³
Volumen de Gas muestreado (V _{mc})	40.039 pie ³ estándar	1.13465417 m ³
Presión en chimenea (P _s)	29.910 pulg. Hg	101389.831 Pa
Temperatura de chimenea (T _s)	325.350 °F	162.972 °C
Velocidad promedio de gas de chimenea (V _{aprom})	53.508 pie/seg	16.3099074 m/s
Flujo Vol. de gases secos condiciones estándar (Q _{gs})	8908361.44 pie ³ /h	252450.537 m ³ /h
Concentración de partículas (C _s)	0.2784 gr/pie ³	837.144105 mg/m ³
Emisión de partículas (E _{part})	353.598 lb/h	160392.042 g/h
Flujo Vol. de gases secos condiciones actuales (Q _a)	13285474.12 pie ³ /h	375621.809 m ³ /h
Flujo Vol. total condiciones estándar (Q _{ts})	9991724.438 pie ³ /h	283137.647 m ³ /h
Flujo Vol. total condiciones actuales (Q _{ta})	14865963.664 pie ³ /h	421281.24 m ³ /h
Flujo Vol. total a 60 grad. F (Q ₆₀)	9896079.824 pie ³ /h	280441.098 m ³ /h
Porcentaje de inactivismo (I)	101.718	

*Condiciones estándar de P=29.92 pulg. de Hg, T=530 °R = 70 °F

Tabla C: Determinación de flujo volumétrico de Gases de Chimenea: Muestreo Isocinético

Planta: Refinería No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: CB-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localización: Ciudad 2, Estado 2
 No. de Muestreo: 2
 Coeficiente del tubo piloto: 0.94
 Coeficiente del medidor de orificio: 1
 Lectura inicial del medidor: 0
 No. Puntos Muestreados: 12
 No. Puntos Válidos p/Temperatura: 12
 Diámetro de Boquilla utilizada: 0.25

Lectura final del medidor: 42.335
 Volumen de gas muestreado: 42.335

Número de punto	Tiempo de muestreo Δ (min)	Presión estática pulg H ₂ O	Temp. de chimenea T _a °F	Presión velocidad pulg H ₂ O	Presión diferencial pulg H ₂ O	Temperatura de la muestra de gas en el medidor		Temp. del muestreador °F	Temp. en el último burbujeador °F	Vacio en el tran de muestreo pulgada Hg	Raíz cuadrada de presión velocidad
						Entrada °F	Salida °F				
1	5	0.02	355.8	0.620	2.462	100.2	101.2	225.0	71.0	3.20	0.7874
2	5	0.02	356.4	0.620	2.267	101.2	102.0	223.0	71.0	2.90	0.7874
3	5	0.02	337.2	0.640	2.575	100.6	102.6	225.0	72.0	3.40	0.8000
4	5	0.02	323.3	0.680	2.712	100.5	103.5	223.0	72.0	3.70	0.8246
5	5	0.02	319.9	0.690	2.598	100.4	103.4	226.0	72.0	3.80	0.8124
6	5	0.02	318.8	0.690	2.500	100.5	103.2	228.0	73.0	3.40	0.7746
7	5	0.02	318.4	0.580	2.459	100.4	103.5	228.0	73.0	3.40	0.7881
8	5	0.02	314.5	0.620	2.554	100.0	103.5	228.0	73.0	3.40	0.7874
9	5	0.02	317.0	0.640	2.580	100.5	103.6	228.0	73.0	3.70	0.8000
10	5	0.02	317.7	0.630	2.623	100.4	103.6	225.0	75.0	3.80	0.8062
11	5	0.02	314.6	0.540	2.332	100.6	103.7	229.0	63.0	3.30	0.7348
12	5	0.02	310.6	0.550	2.374	100.5	103.5	235.0	63.0	3.40	0.7416
Total	80	0.24	3904.2	7.41	30.046	1205.8	1237.5	2724.0	852.0	41.3	9.42
Promedio	5.00	0.02	325.35	0.62	2.50	100.48	103.13	227.00	71.00	3.44	0.79
						Temp. Promedio	101.90				
						Temp. Promedio	101.90				

Tabla A. Analisis Oreat. Determinación de Peso Molecular
 Centro de Trabajo/Planta: Refinería No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: C8-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localización: Ciudad Z. Estado Z
 No. de Muestreo: 2

Numero de Analisis	Primero	Segundo	Tercero	Promedio	Peso Molecular Base Secca (librinos)
Gas	%	%	%	%	
Dióxido de Carbono	14.13	14.13	14.13	14.13	6.22
Oxígeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.19
Monóxido de Carbono (lectura de CO menos lectura de O2)	0	0	0	0	0
Nitrogeno (lectura de O2 menos lectura de CO2)	85.27	85.27	85.27	85.27	23.88
				Peso Molecular Promedio	30.285
Exceso de Aire:	2.738				

Composición promedio de gas de chimenea	
Gas	
Dióxido de Carbono	14.13
Oxígeno	0.6
Monóxido de Carbono	0
Nitrogeno	85.27

Tabla B. Determinación de flujo volumétrico de gases de chimenea
 Refinería No. 2/ Servicios Auxiliares II
 Equipo: C8-5
 Fecha: 24/11/1997
 Localización: Ciudad Z. Estado Z
 No. de Muestreo: 2

	Peso de Partículas		
	Peso Inicial	Peso Final	Ganancia
Filtro	0.4635	0.5314	0.4679
Lavado de Sonda	0.4568	0.7128	0.256
Lavado de Ciclon y Material	0	0	0
		Total	0.7239

Humedad	Volumen de agua Vol. en el burbulizador	Peso de Silica Gel	B
Inicial	200.00	591.40	
Final	298.00	598.80	
Líquido colectado	98.00	5.40	
Volumen Total	103.40		