

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

FACULTAD DE QUIMICA



MUESTREO Y ANALISIS DE LOS GASES CONTAMINANTES EN LA CHIMENEA DE PLANTAS TERMoeLECTRICAS DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

T E S I S
Q U E P R E S E N T A
HERIBERTO SALAS CORTES
PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O Q U I M I C O

México, D. F.

322

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

LAB. Tesis
NO. 1975
FECHA 1975
PROC. Mt 305



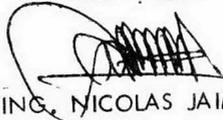
PRESIDENTE PROF. RAMON VILCHIS ZIMBRON
VOCAL PROF. NICOLAS JAIMES VILLAFANA

Jurado asignado originalmente.

SECRETARIO PROF. JORGE MENCARINI PENICHE
1er. SUPLENTE PROF. VICTOR M. CORONADO B.
2do. SUPLENTE PROF. RAMON ARNAUD HUERTA

Sitio donde se desarrolló el tema: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

SUSTENTANTE 
HERIBERTO SALAS CORTÉS

ASESOR 
ING. NICOLAS JAIMES VILLAFANA

SUPERVISOR 
ING. JORGE MENCARINI PENICHE.

A MIS PADRES:

Tomás Salas M.

y

Amelia Cortés Y.

A MI HERMANO

Eduardo Salas C.

A MIS TÍOS

y

DEMÁS PARIENTES

Con Respeto y Admiración a la Facultad
de Ciencias Químicas de la U.N.A.M.

A MIS MAESTROS:

Con gratitud y Recono
cimiento.

A MIS COMPAÑEROS

Y

AMIGOS

Al C. Ings. Jorge Mencarini Peniche

Nicolás Jaimes Villafaña

Por su valiosa orientación
y acertada dirección para-
el desarrollo del presente
trabajo.

Doy las gracias de
antemano al Honorable
Jurado.

S U M A R I O

CAPITULO 1	OBJETO
CAPITULO 2	CONTAMINACION ATMOSFERICA
CAPITULO 3	MEDIDAS TECNICAS DE PREVENCION AMBIENTAL .
CAPITULO 4	MUESTREO DE CONTAMINANTES AMBIENTALES .
CAPITULO 5	ANALISIS DE CONTAMINANTES AMBIENTALES .
	5.1 EMISION DE PARTICULAS DE FUENTE ESTACIONARIA .
	5.2 DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE - Y OXIDOS DE NITROGENO EN CHIMENEAS .
	5.3 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN LAS CALDERAS - DE LAS PLANTAS TERMOELECTRICAS .
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFIA	

Uno de los problemas mundiales en el que toman parte todos los sectores es la contaminación ambiental. El sector eléctrico, no pudiendo quedarse al margen de este problema, actualiza a su personal técnico con seminarios, conferencias y documentación, también estudia la localización; y la capacidad más adecuada de sus plantas e instalaciones, ya que cuenta con diferentes tipos de plantas de generación: termoeléctricas de vapor, plantas diesel, turbinas de gas, plantas geotérmicas, nucleares e hidráulicas. Esta localización, por su efecto en el medio ambiente, está asociada a la materia prima que se utiliza en la combustión para el proceso de generación eléctrica, por las características de los combustibles y comburentes.

Para lo anterior, se están adaptando diferentes medidas técnicas y se están estudiando las implicaciones económicas que puedan tener. Estos estudios están basados en las reglamentaciones nacionales y extranjeras, así como del conocimiento actual de la situación del sector eléctrico y del análisis del avance tecnológico alcanzado en materia de protección ambiental.

El sector eléctrico como una contribución para restituir las condiciones ecológicas en la cuenca del valle de México, donó al comité coordinador promejoramiento ambiental, un millón de arbolitos de pino, la oficina de rehabilitación de cuencas del sector proporcionará la ayuda económica a la escuela de agricultura para el adecuado cultivo de estos arbolitos. Colabora el sector eléctrico para sostener en las cuencas hidrológicas las cualidades ambientales para el buen funcionamiento de sus plantas, al tiempo que contribuye al mejoramiento social. Su programa comprende conservación del suelo y agua, agricultura, ganadería, fruticultura, forestación y piscicultura.

La evidencia del envenenamiento de la atmósfera ha hecho que en todos los países se hayan tomado medidas, elaborando leyes y reglamentos para reducir el problema.

En México ha sido creado una Subsecretaría de Mejoramiento Ambiental, que - -

depende de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

A tal punto es la preocupación mundial este problema, que en Estocolmo fué convocada la primera reunión mundial de estudio de la contaminación ambiental y en ella nuestro país presentó un proyecto para luchar contra ella. La contaminación atmosférica ha hecho que el Valle de México, no sólo haya causado un desequilibrio en el clima normal, sino que ha provocado la desaparición de muchas especies animales principalmente colibríes, aves acuáticas, venado, etc.

En estudios realizados por especialistas en la materia, se aportan datos como los siguientes: Los desperdicios sólidos producidos por actividades domésticas, industriales o comerciales alcanzan en el Valle un total de 8,000 toneladas diarias; existen alrededor de 50,000 unidades industriales; 4,000 calderas; más de un millar de hornos de tabique y el consumo diario de gas natural es de 13,600 toneladas, el de combustóleo de 3,670 toneladas; el de gasolina de 5,600 toneladas y el de gas licuado de 1,700 toneladas. Los efectos del "smog" se traduce en una disminución de la visibilidad en el Valle que va de los 12 Km., existentes en 1940 a menos de 2 Km., calculados actualmente.

1.- Termoeléctricas de Vapor.

El Sector Eléctrico de Servicio Público cuenta con 26 plantas termoeléctricas alimentadas con combustóleo y 13 plantas termoeléctricas alimentadas por gas.

La operación fundamental de estas plantas es la combustión, reacción química de alta velocidad entre los elementos oxidables del combustible y el oxígeno del aire utilizado como comburente. Esta reacción química es altamente exotérmica, por lo cual la energía desprendida se utiliza, para la obtención de vapor que mueve los grupos turbogeneradores.

Los elementos químicos oxidables que se encuentran en los combustibles más --

usuales de las plantas termoeléctricas, son el hidrógeno, el carbono y el azufre. Durante la combustión, el hidrógeno reacciona formando agua, el carbono formando anhídrido carbónico y el azufre formando anhídrido sulfuroso y sulfúrico. Estos dos últimos, en conjunción con los óxidos de nitrógeno, producidos por la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno del aire, causados por las altas temperaturas de combustión, son las sustancias químicas que unidas a las cenizas contenidas en el combustible y a las materias carbonosas (hollín) arrastradas por los gases de desecho, forman el efluente gaseoso contaminante de las plantas termoeléctricas.

De una manera esquemática, el proceso de la combustión puede dividirse en tres subprocesos:

- a).- Preparación del combustible
- b).- Realización de la combustión
- c).- Eliminación de los productos de combustión.

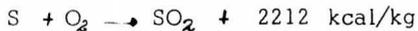
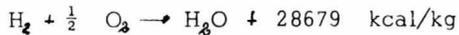
La preparación del combustible dependerá del estado físico en que se encuentre (sólido, líquido o gaseoso).

En el caso de los combustibles sólidos (carbón), se requiere una limpieza inicial para eliminar impurezas como las partículas de pizarra o arcilla, que incrementan la cantidad de cenizas, para posteriormente molerlo o pulverizarlo, dependiendo del sistema de combustión que se utilice (de carga de inyección o ciclónico).

La preparación de los combustibles líquidos consiste básicamente en el precalentamiento, con objeto de lograr que el combustible llegue a los quemadores en las óptimas condiciones para ser atomizado.

Los combustibles gaseosos encontrándose en el estado físico ideal para una rápida reacción, como en la combustión, generalmente no requieren de un tratamiento previo, ya que la eliminación de polvos y de la mayor parte del ácido sulfhídrico se hace en la refinería.

La combustión propiamente dicha, se realiza en el hogar de la caldera, donde la inyección simultánea de combustible y comburente, aunada a una temperatura suficientemente elevada para producir la ignición, provoca las reacciones de combustión, que de un modo general podemos esquematizar como:



La inyección combustible y comburente es similar para los diversos tipos de combustible, exceptuando el sistema de carga que sólo es utilizable con carbón, y consiste en quemadores que pueden clasificarse en tres grupos básicos:

Circulares, de multitubos o ciclónicos.

Para el uso de carbón en los quemadores circulares o de multitubos, se requiere - su pulverización previa para que, arrastrado por el aire sea atomizado a la salida de los mismos y se logre su combustión.

En el caso de combustóleo se necesita su atomización por inyección a presión - o inyección conjunta de aire o vapor.

Con objeto de lograr una buena atomización, y por lo mismo una buena combustión, conviene mantener los quemadores lo más posible libres de materia carbonosa, -

con lo cual, al mejorarse la combustión se disminuye la emisión de contaminantes.

En los quemadores ciclónicos, se mezcla el combustible con una corriente tangencial de aire, para proporcionarle un movimiento centrífugo, el cual es incrementado con una segunda inyección de aire a alta velocidad lográndose una combustión casi completa y manteniéndose la escoria fundida formando una capa superficial - en la cámara de combustión.

La eliminación de los productos de combustión, calor, gases quemados, cenizas y escoria, se realiza en el sistema tubular de la caldera y en la chimenea de escape de la misma.

El calor, producto aprovechable, es transmitido al agua para formar vapor, pudiendo efectuarse esta transferencia haciendo pasar los gases calientes por el interior de los tubos (tubos de humo) o por el exterior, pasando el agua por el interior - de los mismos (tubos de agua).

Los gases quemados son enviados a la chimenea pasando por las secciones de precalentamiento de aire, arrastrando parte de las cenizas formadas y del combustible sin quemar.

Para disminuir la cantidad de cenizas arrastradas en las calderas que queman carbón, se puede incluir antes de la chimenea un precipitador ciclónico o electrostático, y con el objeto de disminuir los gases contaminantes se pueden incluir sistemas de absorción, de lavado o de simple reacción con dolomita.

Las escorias y cenizas que se forman se extraen tanto en forma continua en las calderas que queman carbón, así como durante los períodos de mantenimiento - de las calderas que queman combustibles líquidos.

Contaminación Atmosférica.

El Dióxido de Carbono, el más abundante producto de combustión, ya que toma parte en los procesos biológicos fundamentales y por la misma razón no se discute en este reporte. El efecto de los cambios en el contenido de CO_2 en el aire ha sido materia de gran discusión científica, sin embargo, hasta el momento se considera que su contribución no es perjudicial.

El Monóxido de Carbono, aunque es considerado como contaminante se produce primordialmente en los motores de combustión interna y la contribución por la Industria Eléctrica es despreciable.

Aunque un alto porcentaje de los óxidos de nitrógeno son originados en transporte e industria, la Industria Eléctrica comparte la responsabilidad, aminorando el problema de sus emisiones a través de la altura de las chimeneas.

Medidas Técnicas.

Varias medidas técnicas son utilizadas por la Industria Eléctrica en un sin número de países para minimizar la emisión de contaminantes a la vez que para reducir sus efectos.

Esas medidas incluyen:

a).- Difusión.

Para disminuir las altas concentraciones a nivel de piso la técnica más generalizada es la de emplear chimeneas altas, para con ello dispersar y diluir a los

contaminantes en el aire. Aunque teóricamente se desplaza la contaminación a puntos más distantes, se tiene la oportunidad de que otros constituyentes atmosféricos y la radiación ejerzan su influencia degenerativa sobre los contaminantes antes de que éstos alcancen el nivel de piso.

b).- Remoción de Partículas.

En las plantas modernas de generación son ampliamente utilizados los ciclones y los precipitadores electrostáticos, principalmente en aquéllas que utilizan carbón como combustible básico, pues la magnitud de las emisiones hace su uso indispensable.

c).- Producción de contaminantes:

El perfeccionamiento de quemadores y hogares, y de los sistemas de control de la operación, permiten una combustión más completa con la reducción en la producción de sustancias nocivas tales como monóxido de carbono, trióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

Con relación a los dióxidos de azufre, además de recurrir a la dispersión, se estudian varias posibilidades.

d).- Desulfurización de los residuos de petróleo.

En varios países la hidrosulfurización del destilado medio y/o del aceite residual, es práctica comercial para producir combustibles de bajo contenido de azufre. Aunque es aún costoso, se prevé un importante desarrollo tecnológico.

e).- Sustitución del combustible.

En áreas de alta contaminación el uso de combustibles de bajo contenido de azufre cada vez es más generalizado, en ocasiones, en forma temporal y en condiciones adversas, emergencias o en condiciones meteorológicas poco favorables.

Aspecto económico.

Todas las medidas tendientes a reducir la contaminación atmosférica y los efectos teóricos son siempre no-productivos e involucran gastos; por ello la instalación y operación de equipos de control, la sustitución de combustibles, cambios de localización de las plantas, investigación y desarrollo, dan lugar a un incremento de los costos de la energía.

En países industrializados, las inversiones asociadas al control de contaminación alcanzan del 2 al 11% del costo total de construcción de las termoeléctricas modernas. Este costo eventualmente es absorbido por la comunidad y debe ser ella quien decida el precio que está dispuesta a pagar por un mejor medio ambiente. El disminuir una incomodidad es un servicio social y su valor social varía de lugar a lugar con el tiempo.

Como en tantos otros campos, de ser encontrado el óptimo, la sociedad requiere energía barata y abundante como condición necesaria para el desarrollo económico. Pero también requiere un ambiente en el que pueda disfrutar ese progreso.

No sólo la actividad industrial sino cualquiera otra forma de actividad humana, y aun animal, produce constantemente desechos gaseosos o en forma de polvo fino, los cuales son proyectados a la atmósfera, que es un inmenso mar que nos rodea y en cuyo fondo vivimos sumergidos. El hombre se había acostumbrado a vaciar sus residuos en los cursos de agua, los cuales parecían ser innagotables hasta que el aumento de la población y la concentración en grandes ciudades motivó una contaminación creciente que hizo crisis a comienzos del presente siglo. El hombre se dió cuenta que, si quería seguir disponiendo del agua que le era indispensable para la vida, era necesario controlar los desechos que en ella se vaciaban. Se instalaron, así, grandes plantas de tratamiento de agua con objeto de mantener la contaminación dentro de límites prudentes. En igual forma, en el curso de las dos últimas décadas, el hombre se ha ido dando cuenta de que la atmósfera no es tampoco inagotable. Y en el caso del aire el problema es más grave. Mientras podemos prescindir del agua durante algunas horas, y aún algunos días, y mientras podemos seleccionar el tipo de agua que consumimos y esperar a que sea purificada, no es posible hacer lo mismo con el aire. Tenemos que consumirlo constantemente, día y noche, en todo momento, y consumirlo en la forma en que lo encontramos. Y el aire, al menos el aire puro, ha comenzado a escasear, Ya son numerosas las personas que en distintas ciudades de la tierra sufren las consecuencias de la mala calidad del aire que están respirando.

Definición.

Entenderemos por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias proyectadas allí por la actividad humana en tal calidad y concentración que puedan interferir con la salud y el bienestar del hombre, los animales o las plantas, o que puedan impedir el pleno uso y disfrute de la propiedad,

Esta definición intenta separar la contaminación producida por la actividad humana de la contaminación natural que siempre ha existido. El aire no es nunca una

mezcla pura de oxígeno y nitrógeno. Siempre encontraremos en él otras sustancias como bióxido de carbono, anhídrido sulfuroso, ácido sulfhídrico, polvo, granos - de polen, etc., productos de combustiones y putrefacciones de residuos vegeta - les, mismas que estarán presentes aun cuando no haya actividad humana alguna. - Por consideraciones similares, sólo se considera como contaminación atmosférica la existencia de sustancias en concentraciones capaces de interferir con la salud o el bienestar de las personas, los animales o las plantas.

Antecedentes históricos.

La contaminación de la atmósfera ha existido desde épocas muy remotas, y el - hombre, desde los comienzos de la civilización, ha mostrado preocupación por - ella. Ya en el Derecho Romano encontramos algunas referencias y ciertas normas - referentes a la cantidad de sustancias que cada vecino podía quemar dentro de su predio. Sin embargo, el problema sólo comenzó a hacerse agudo cuando el creci - miento de la especie humana, al convertirla en un grupo dominante sobre las de - más especies animales y vegetales, rompiendo el equilibrio ecológico, trajo como consecuencia el agotamiento de los vegetales que el hombre utilizaba como combus - tible. La escasez de los bosques lo obligó a buscar otras fuentes de energía, mis - mas que encontró, en el segundo milenio de nuestra era en el carbón de piedra. - Sin embargo, no es posible quemar el carbón mineral en el aire en condiciones sa - tisfactorias. Se producirá siempre un exceso de humo debido al enfriamiento por - las corrientes de aire, impidiendo que se alcance la temperatura adecuada para - una combustión total. Ya en el año 1283, la historia registra en Inglaterra algunos casos de contaminación. En ese año la reina de Inglaterra se vió obligada a aban - donar la ciudad de Nottingham debido a la cantidad de humo y dictó leyes prohi - biendo el consumo de carbón de piedra. Inclusive en los archivos ingleses se en - cuentra el caso de un hombre que fue decapitado por haber roto este edicto real.

Pero ni siquiera medidas tan drásticas podían impedir el empleo del carbón de pie - dra, único combustible del que entonces se disponía en cantidades adecuadas.

El uso de combustible en forma inapropiada y concentraciones urbanas cada vez mayores hizo de todas las ciudades europeas lugares donde el aire nunca era puro. A fines del siglo pasado, la contaminación atmosférica llegó a adquirir carácter de problema cuando hizo crisis la concentración humana, junto con la concentración industrial, que había comenzado en el siglo XVIII con la Revolución Industrial. La preocupación por la calidad del aire llegó a ser aguda cuando ocurrieron algunos hechos que ocasionaron varias muertes. El primero se produjo en Bélgica, en el Valle de Mosa, del 1º al 5 de diciembre de 1930. Una niebla espesa cubrió esta zona industrial y al término de ella se pudo apreciar que se habían producido 23 muertes y cientos de personas enfermas, todo ello atribuible al exceso de anhídrido sulfuroso y de halógenos en el aire. En 1948, entre el 27 y el 31 de octubre, la ciudad de Donora, en Pennsylvania, sufrió un fenómeno similar. Se produjeron allí 20 muertes y 7,000 enfermos dentro de una población de sólo 12,000 personas, las que se vieron obligadas a evacuar la ciudad. •

El caso más grave de todos, sin embargo, no tuvo estos caracteres tan dramáticos. En el año 1952, entre el 5 y el 8 de diciembre, durante cuatro días, la ciudad de Londres, en Inglaterra, se vió cubierta de una niebla más espesa y oscura que lo habitual, la que se recuerda todavía como la "Niebla Negra".

No ocurrió nada notable. Los londinenses sufrieron algunas molestias, especialmente los enfermos del corazón y del aparato respiratorio, y sólo después de terminada la niebla los funcionarios del Registro Civil pudieron apreciar, al estudiar las curvas de mortalidad, que en la semana siguiente al fenómeno se habían producido 4,000 muertes más que las esperadas y que en los dos meses siguientes; hasta que la curva de mortalidad se normalizó, todavía hubo otras 8,000 muertes en exceso a lo esperado. fig. 1

Aparte de estos graves sucesos, se hizo evidente, simultáneamente, la contaminación del aire en gran parte de las ciudades norteamericanas y europeas. - -

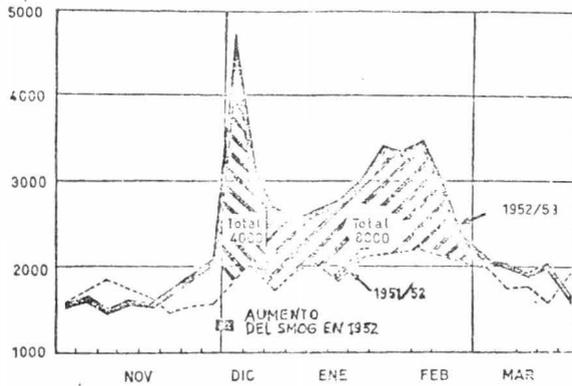


FIGURA Nº 1
LONDRES, 1952-1953 -
— Curva de Mortalidad 1952/1953
- - - " " " " 1951/1952

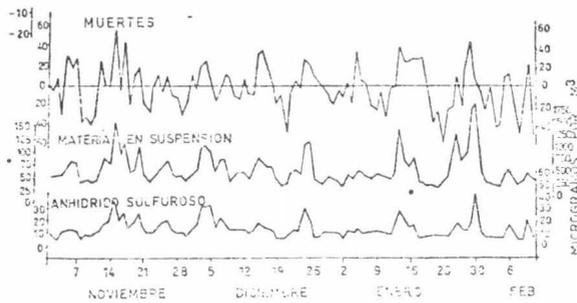


FIGURA Nº 2
LONDRES, 1952/53

Notorios son los casos de Pittsburgh y, especialmente, el de los Angeles, donde cada vez era mayor el número de días durante los cuales la población sufría de irritación en los ojos y de dificultades para la respiración. Estos fenómenos provocaron un estudio intenso de la contaminación atmosférica y se lograron algunos éxitos. Así, la ciudad de Pittsburgh pudo librarse totalmente de grave problema que la aquejaba y la mayor parte de las grandes ciudades del mundo han podido, mediante un programa activo y vigoroso, evitar parcialmente el problema.

Causas de Contaminación.

Distinguimos tres causas fundamentales de contaminación:

- a).- La actividad industrial;
- b).- La actividad doméstica;
- c).- El transporte.

La actividad industrial, como ya lo hemos dicho, significa el vaciamiento en el aire de gran cantidad de gases y polvos de toda especie, especialmente de los subproductos de la combustión, con una gran proyección de anhídrido sulfuroso, aparte de humos e hidrocarburos pesados.

La actividad doméstica produce también anhídrido sulfuroso debido a las combustiones en los sistemas de calefacción y de agua caliente de los edificios y otros productos como consecuencia de la incineración de basuras, ya sea que ésta la efectúen los servicios municipales o los incineradores particulares de los edificios de departamentos o de las casas aisladas. En algunas ciudades, y durante algunas épocas del año, aumenta además la carga de contaminantes por la combustión de hojas secas, habitual en la época de otoño.

Finalmente, los transportes arrojan por los tubos de escape de los vehículos de

combustión interna una cantidad bastante alta de monóxido de carbono, algunos compuestos de plomo resultantes de los aditivos agregados a la gasolina, parte de gasolina no quemada o transformada debido al cracking que sufre por la alta temperatura, y algo de hollín, especialmente cuando los motores no funcionan en buenas condiciones.

Sin embargo, no basta proyectar estas sustancias en la atmósfera para producir un problema de contaminación atmosférica. Es necesario además que lleguen a adquirir una concentración suficiente. Para ello se necesita: primero que la cantidad de sustancias que se produzcan sea suficientemente alta, y segundo, que permanezcan en la atmósfera durante tiempo suficiente. En esto tienen importancia fundamental las condiciones geográficas y las condiciones meteorológicas, mismas que en parte están determinadas por las anteriores. Las ciudades ubicadas en valles más o menos cerrados suelen carecer de vientos capaces de esparcir los contaminantes. Si a esto se agrega la escasez de lluvia, la única posibilidad para eliminar la contaminación de la atmósfera es la acción de las corrientes ascendentes normales en el aire.

En efecto, el aire en las cercanías de la tierra se calienta debido a la radiación que ésta produce al absorber los rayos solares. Contribuyen a ello la propia actividad humana e industrial, y por tanto, el aire en las cercanías de la corteza terrestre está normalmente a una temperatura mayor que en las capas más elevadas de la atmósfera. Dado que una mayor temperatura significa una menor densidad, se producen corrientes ascendentes que arrastran los contaminantes y purifican el aire. Sin embargo, son habituales las llamadas inversiones de temperatura que consisten en la formación, a diversas alturas, de capas de aire más caliente que en las capas inferiores. Estas últimas, al ascender, se encuentran con otras menos densas que les impiden continuar hacia arriba. En estas condiciones se produce un verdadero encerramiento de los contaminantes, el cual, si dura tiempo suficiente, puede llegar a ocasionar una concentración relativamente elevada. Las ciudades que presentan habitualmente este fenómeno son las que

padecen los casos más serios de contaminación atmosférica.

Tipos de contaminación.

Existen fundamentalmente dos tipos de contaminación. El primero, la contaminación primaria, causada directamente por las diversas sustancias que se proyectan en la atmósfera. Entre ellas se cuentan principalmente hollín, cenizas finas, óxidos de carbono, anhídrido sulfuroso, fluoruros, cloruros, óxidos de plomo, etc.

La contaminación secundaria es la que se produce por la interacción entre las diversas sustancias vaciadas en la atmósfera, interacción, a menudo, catalizada por la radiación solar. La contaminación secundaria, por tanto, no corresponde a productos proyectados en la atmósfera, sino a subproductos originados dentro de ella. Los principales causantes de la contaminación secundaria son los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos no quemados. O parcialmente transformados, debido a las temperaturas que sufren en los motores de combustión interna. Los óxidos de nitrógeno, debido a la radiación solar, sufren una fotólisis con la siguiente reacción:



El oxígeno naciente reacciona con otras moléculas de oxígeno para formar ozono:



El ozono, a su vez, es capaz de reaccionar con los hidrocarburos, especialmente con las olefinas originadas por el cracking de la gasolina, y formar productos oxidados que son determinantes de las cualidades tóxicas de la contaminación secundaria. Algunos producen una neblina permanente y para designarla se acuñó la palabra "smog", contracción de las palabras "smoke" y "fog". En castellano-

se ha propuesto traducir "smog" por "brumo" como contracción de "bruma" y "humo".

El término "smog", que en su primitiva acepción sólo debería aplicarse a la contaminación secundaria, ha ido ampliándose y actualmente en los Estados Unidos se acostumbra a denominar por "smog" cualquier fenómeno de contaminación atmosférica. Aceptaremos, también, la palabra brumo para referirnos a cualquier tipo de contaminación del aire.

Consecuencias para la salud.

Ya hemos visto que el brumo, en determinadas circunstancias, es capaz de causar enfermedades y muertes. Sin embargo, los episodios narrados corresponden a casos excepcionales. Mucho más interesante resulta saber si el brumo, en las condiciones en que normalmente se le encuentra, en la mayor parte de las grandes ciudades del mundo, es capaz de producir daño a la salud de las personas. No ha resultado fácil llegar a una decisión al respecto; aun cuando se han desarrollado investigaciones intensas, hasta ahora los científicos no están definitivamente de acuerdo en cuanto a las consecuencias del brumo, pero si parece estar completamente demostrado que hay una relación estrecha entre el aumento de la contaminación atmosférica y el número de muertes por enfermedades cardíacas y del aparato respiratorio. Las investigaciones realizadas en Londres desde 1956 han demostrado, en forma clara (como se reproduce en la figura número dos), que a cada aumento de la contaminación del aire por partículas sólidas y por anhídrido sulfuroso, los que marchan a la par, (como puede verse en las dos curvas inferiores) corresponde igualmente un ligero aumento de la mortalidad.

De acuerdo a los autores del trabajo cuya figura se reproduce, mueren aproximadamente 20 personas más de las esperadas cada día en que la concentración de -

brumo en Londres sobrepasa a lo normal. Se ha encontrado, además, una relación clara entre el número de enfermos de cáncer de pulmón y la concentración del brumo en las ciudades; el agente causante en este caso, es el 1-3 benzopireno, uno de los compuestos que resultan de la combustión incompleta de los hidrocarburos en los motores de combustión interna. Es agente cancerígeno muy conocido. Igualmente se han realizado estudios para determinar la forma en que afecta a las personas enfermas del aparato respiratorio el vivir en una ciudad donde la contaminación atmosférica alcanza niveles altos.

A este respecto existen enormes campos todavía inexplorados. Si bien sabemos en forma más o menos fidedigna que la concentración ambiental máxima permisible para el monóxido de carbono en el interior de una industria, durante ocho horas de trabajo y cinco días a la semana, debe alcanzar como máximo 100 ppm, nada sabemos del efecto que al estar respirando constantemente, veinticuatro horas al día y siete días a la semana, una concentración mayor de monóxido de carbono puede tener sobre la salud de las personas. En efecto, uno de los fundamentos teóricos del concepto mismo de concentración ambiental máxima permisible es que el organismo debe estar expuesto a ella solamente durante ocho horas al día, de otras dieciséis horas desintoxicarse, además, los fines de semana de dos días completos más para completar la desintoxicación. El efecto que puede tener una acumulación permanente, aun de concentraciones bastante menores, sigue siendo un misterio. Más aún: cabría agregar aquí al hacer una comparación entre las tablas de concentraciones ambientales máximas permisibles, elaboradas por la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales, la más difundida en toda América, con las tablas elaboradas por la U.R.S.S., o por algunos otros países europeos, que estos son muy inferiores, ya que se estima que los contaminantes, al combinarse entre sí, tienen un efecto de multiplicación, de tal manera que el daño que pueden hacer es mucho mayor. Esta consideración abre nuevos caminos de investigación sobre el problema de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades. No sabemos cuánto contribuya a acortar la duración de la

vida humana el respirar aire contaminado constantemente.

Si a las consecuencias directas para la salud agregamos los perjuicios al bienestar de las personas, veremos que éstos son igualmente considerables. El caso de Los Angeles es especialmente notorio. Pese a los esfuerzos realizados para evitarlo, aún es habitual que el brumo ocasione irritación en los ojos, acompañada de una sensación de ahogo, especialmente en personas enfermas del corazón o del aparato respiratorio. Cosa similar suele ocurrir en muchas otras ciudades del mundo, aunque en un nivel generalmente inferior. Debemos considerar, además, lo que representa el aumento de la suciedad a consecuencias del polvo y hollín que se sedimentan sobre las paredes, calles, muebles, cocinas, etc.; los mayores costos de lavado, menor duración de la ropa debido a lavados más continuos, costo de la limpieza de edificios, etc. En las ciudades europeas se han presentado problemas en edificios y monumentos antiguos, construídos de piedra caliza, la cual es atacada por el anhídrido sulfuroso, con formación de sulfato de calcio, que poco a poco se va disolviendo, dejándolas carcomidas.

CONTAMINACION RADIOACTIVA.

Debería agregarse, como un capítulo especial, el problema de la contaminación radioactiva. Desde siempre la tierra se ha visto bombardeada por partículas y radiaciones ionizantes desde el espacio exterior o que provenían de la tierra misma debido a la presencia de sustancias radioactivas. Esto ha adquirido un incremento considerable después de las experiencias atómicas realizadas por las grandes potencias mundiales. Cada una de estas experiencias trae como consecuencia la presencia en la atmósfera de gran número de partículas radioactivas, que se elevan hasta las capas más altas de la atmósfera, se difunden alrededor de todo el globo terrestre y luego van cayendo en forma lenta. De ellas debemos distinguir las que tienen vida media larga de las de vida media intermedia y las de vida media corta. Las últimas, debido precisamente a su vida media muy corta, de sólo -

algunos días, no son capaces de producir un daño considerable, ya que, generalmente, cuando llegan a la tierra han perdido su radioactividad o sólo la tienen en cantidad muy pequeña. La de vida muy larga no producen suficiente desintegración como para llegar a significar un problema serio. Aquellas cuya vida media está comprendida entre algunas semanas hasta veinte o treinta años, son las más peligrosas. Si son asimiladas por el organismo permanecerán dentro de él emitiendo constantemente radiación en forma relativamente intensa y afectando al hombre a lo largo de toda su vida. Afortunadamente la contaminación radioactiva todavía no alcanza a niveles demasiado altos y sólo representa alrededor del 1% de la contaminación natural a la cual el hombre está permanentemente sometido; incluso existen en la tierra algunas ciudades cuyos niveles de contaminación son, de por sí, bastante más altos que los que se encuentran en el resto del mundo debido al conjunto de la contaminación natural, más la contaminación artificial ocasionada por las investigaciones atómicas. Este es un problema que debe estudiarse con cuidado por las consecuencias a largo plazo que puede tener, incluyendo las de tipo genético.

Medición del brumo.

La medición del brumo debe efectuarse en sus dos aspectos, el de contaminación primaria y secundaria. La medición de la contaminación primaria significa el estudio de, por lo menos, las siguientes sustancias:

Polvo en suspensión en el aire

Polvos sedimentales

Anhídrido sulfuroso

Monóxido de carbono

Compuestos de plomo.

A éstas deberán agregarse todas las que por la índole de las industrias de la ciudad pueden significar un problema más o menos serio. Incluyen cualquier tipo - -

de sustancias y tendrá que estudiarse con cuidado las consecuencias que pudieran tener para la salud.

La medición del polvo en suspensión en el aire se hace mediante aparatos muestreadores, de alto volumen, capaces de recoger, a través de un filtro, los aerosoles contenidos hasta en 50 a 100 m³ de aire por hora. Si consideramos que ya existe un problema de contaminación atmosférica cuando el polvo en suspensión en el aire alcanza aproximadamente a unos 100 microgramos por cada m³, comprendemos la necesidad de muestrear una cantidad considerable que permita hacer una determinación gravimétrica. Habitualmente estos muestreadores se hacen funcionar durante veinticuatro horas seguidas, recogiendo el polvo en un filtro previamente tarado, el cual es pesado después en el laboratorio. Los mismos filtros pueden servir para hacer posteriormente una extracción con un solvente apropiado, generalmente benzol, lo que permite distinguir entre la materia orgánica soluble en benzol y el resto que se considera como materia mineral. Se puede realizar, además, otros análisis para determinar las sustancias que interesen especialmente.

Otro método habitual para la medición del polvo en suspensión en el aire consiste en la recolección de una muestra pequeña sobre una cinta de papel filtro que se va moviendo a intervalos regulares. Estos muestreadores contínuos, que recogen muestras instantáneas, permiten obtener una curva a lo largo del tiempo sin necesidad de recoger gran volumen de aire. Dada la pequeña cantidad de material obtenido la única manera de hacer el análisis, es comparando mediante un desitómetro, la mayor o menor intensidad de la mancha oscura ocasionada por el polvo depositado en la cinta.

Para el polvo sedimentable se utilizan recipientes apropiados que recogen el polvo que se deposita por gravedad. Se han hecho diversos diseños y se puede decir que cada departamento de control de brumo tiene uno diferente. Los estudios realizados al respecto parecen mostrar que no tiene importancia el recipiente -

en que se recoja. Mucho más importante es la ubicación, alejada de paredes y techos que pudieran alterar la muestra, ya sea porque recojan en forma inadecuada el polvo o por que produzcan corrientes que no son normales. En forma similar pueden afectarlo las cercanías de árboles, las sombras proyectadas por otros edificios, etc. Dependiendo de la concentración de la contaminación y de la cantidad de polvo que se sedimente, estos frascos serán recogidos cada quince días o una vez al mes, lavándoles cuidadosamente en una cápsula tarada, la cual luego se evapora a sequedad y se pesa. En los lugares donde hay mucha lluvia y donde, por otra parte, rara vez hay problema de contaminación atmosférica, es necesario asegurarse de que el recipiente tenga la altura suficiente para que no se rebase.

La determinación del anhídrido sulfuroso significa un problema bastante serio si no se dispone de instrumental automático, pero éste tiene el inconveniente de ser relativamente caro. Su precio oscila entre 4,000 y 8,000 dólares. Estos aparatos son los únicos que pueden permitir una muestra continuada a lo largo del tiempo que permita determinar curvas de concentración. Este contaminante es uno de los más importantes, ya que es capaz de oxidarse a ácido sulfúrico y es factor fundamental en la corrosión ocasionada por el brumo.

Los demás compuestos que forman la contaminación deberán ser analizados según métodos adecuados a cada caso y que escapen al alcance.

Agregaremos solamente que las mismas muestras que se utilizan para la recolección de polvo en suspensión en el aire pueden utilizarse también para hacer un recuento de radioactividad mediante la utilización de instrumentos capaces de determinar tanto la contaminación debida a partículas alfa o beta como a radiaciones gamma.

La determinación de la contaminación secundaria es un problema más serio. Es fundamental, en este caso, la determinación del ozono y los óxidos de nitrógeno los que por encontrarse en cantidades sumamente pequeñas, del orden de una parte por mil millones, exigen métodos precisos. El más adecuado para la determinación de ozono es mediante la forma en que su presencia afecta a la elasticidad de los hilos de goma. Para los óxidos de nitrógeno se dispone de algunos micro-métodos, capaces de dar resultados adecuados. Igualmente se han diseñado aparatos automáticos, similares a los utilizados para la determinación del anhídrido sulfuroso, los que suelen dar los mejores resultados.

La medición de la contaminación atmosférica no puede ser completa sin una determinación de las condiciones meteorológicas del lugar afectado. La correlación entre las mediciones de concentración del brumo y las condiciones meteorológicas, unida a la ubicación de los diferentes establecimientos industriales, edificios, vías de comunicación con mayor tráfico, etc., permiten hacer un estudio completo del problema y determinar cuáles son las causas fundamentales del mismo.

Soluciones posibles.

En las ciudades en las cuales el brumo es un problema, normalmente ocurre también que las condiciones meteorológicas son tales que por ausencia de vientos y de lluvias, y por la presencia de inversiones de temperatura, los contaminantes no pueden ser eliminados en forma natural. Por otra parte no existen métodos que permitan limpiar el aire una vez que éste ha sido contaminado. Será muy difícil que alguna vez lleguemos a disponer de ellos, dadas las enormes masas de aire que sería necesario tratar, cosa que hace punto menos que imposible este tipo de solución.

Por este motivo la única posibilidad de terminar con el problema de la contaminación

es atacar la fuente misma, es decir, el origen de los contaminantes, impidiendo que éstos salgan a la atmósfera. Los propietarios de industrias, edificios y medios de transporte deben comprender que no deben vaciar sus residuos en el aire, propiedad común de todos los ciudadanos, quienes tienen derecho a respirarlo en forma pura. Esto amerita generalmente, una reglamentación adecuada que prohíba las combustiones con gran producción de humo, los vehículos motorizados que eliminan cantidades elevadas de contaminantes, la incineración de basuras y, en fin, cualquier otro causante de la contaminación atmosférica. Es fundamental reglamentar la cantidad de sustancias que las industrias pueden lanzar al aire. Desde el punto de vista del industrial, éste debe preocuparse de que todo su equipo funcione en tales condiciones y que el proceso que utilice en la elaboración de sus productos impida el lanzamiento al aire de cantidades demasiado elevadas de contaminantes. Toda industria antes de instalarse debería hacer un estudio de las condiciones de contaminación atmosférica en el lugar elegido y de los productos con que ella contribuirá a aumentarlo e iniciar su funcionamiento con un sistema adecuado de control. Especial atención debe prestarse a cualquier combustión la que debe realizarse con el equipo adecuado y con personal suficientemente entrenado para manejar bien los equipos a su cargo, y conseguir que el combustible que se emplee se queme en forma integral dentro del hogar de la caldera y que por la chimenea salga sólo el anhídrido carbónico de la combustión. Todo industrial debe tener presente que el humo que escapa por la chimenea es combustible no quemado y, por tanto, dinero que está tirando sin ningún provecho para él y ocasionando, en cambio, un serio perjuicio al resto de la comunidad.

En igual forma debe preocuparse por algunos residuos gaseosos que, sin tener valor económico, pueden significar, por sus cualidades tóxicas o por su olor, un problema serio de contaminación. Las fábricas que utilizan anhídrido sulfuroso, ácido sulfhídrico, sulfuro de carbono y otros productos similares deben prestar especial cuidado, ya que una cantidad pequeña puede representar un problema serio de malos olores.

Las autoridades sanitarias deben preocuparse por obtener el apoyo de toda la comunidad mediante una campaña de divulgación que muestre la existencia del problema de la contaminación atmosférica y que el brumo puede y debe ser evitado. Para ello es necesario la colaboración de todos y cada uno de los habitantes de la comunidad. Las amas de casa deben comprender que no es posible incinerar al aire libre la basura y las hojas secas de su jardín. Deben estar alertas para mantener los equipos de calefacción en buenas condiciones y para denunciar a las industrias o particular que estén contribuyendo al problema. La campaña no puede ni debe ser de tipo policiaco, sino que debe estar encaminada al convencimiento de toda la comunidad de que el aire puro es un derecho de todos ellos y, al mismo tiempo, la responsabilidad de mantenerlo en estas condiciones recae sobre todos sus miembros. En la solución de todo problema de contaminación atmosférica deben colaborar ingenieros, químicos y meteorólogos. Un programa de estudio y de control puede ser bastante caro y en él deben participar no sólo las autoridades gubernamentales, sino también la industria y todos los que puedan contribuir a una solución adecuada.

Se ha tratado de los métodos y técnicas empleadas para determinar la amplitud - de los riesgos en la industria; contando con el conocimiento de esos métodos y - técnicas, y con informes sobre la toxicidad de los materiales que se emplean, el ingeniero está capacitado para implantar métodos y equipo para el control del riesgo.

No hay reglas definidas sobre la protección mecánica que se debe establecer a - fin de intentar el control de los riesgos sanitarios industriales; las condiciones específicas de cada planta determinan el tipo de protección que se debe emplear. Sin embargo, hay algunos principios básicos para reducir la intensidad de las - exposiciones industriales, que son: 1, sustitución; 2, cambio del procedimiento o sistema de operación; 3, confinamiento; 4, aislamiento; 5, dilución; 6, ven-tilación local por extracción; 7, equipo personal de protección y 8, programa de control del equipo.

Sustitución.

Cualquier material puede usarse en condiciones de seguridad, prescindiendo del riesgo que represente, y es prueba concluyente de esto el funcionamiento seguro de las plantas dedicadas al desarrollo de la energía atómica. Sin embargo, cuando es factible, el método más recomendable y simple para eliminar un riesgo es sustituir una sustancia tóxica por una atóxica a menos tóxica.

Aunque este método no se puede emplear con mucha frecuencia, la posibilidad de una sustitución debe ser el primer principio de control que se tome en cuenta; con mucha frecuencia se omite esta posibilidad y se instalan medidas de control más elaboradas e innecesariamente costosas.

Cuando se emplean disolventes orgánicos hay oportunidad de sustituirlos por materiales menos tóxicos. Es bien sabido que el benzol se usa mucho en la industria por sus excelentes propiedades disolventes; pero, por su alta toxicidad, en algunos casos obliga a medidas de control tan costosas que resulta más barato usar un sustituto menos tóxico, aunque sea menos eficiente, como toluol, gasolina u otros derivados del petróleo.

Los compuestos de titanio y de zinc han sustituido con éxito a los pigmentos de plomo, eliminando los riesgos del plomo en los trabajos de pintura.

El uso de abrasivos de acero, en sustitución de la arena en la limpieza a chorro con abrasivos, ha conducido a una reducción importante en la exposición a polvos de sílice en las fundiciones. Esta misma industria se ha beneficiado sustituyendo, en los compuestos para la separación de los moldes, los productos de alto contenido de sílice por sustancias sin sílice.

Cambio del procedimiento.

Si un riesgo no puede controlarse por la sustitución de los materiales, puede ser posible lograr ese objetivo cambiando el procedimiento o el sistema de operación. La sustitución de métodos manuales por métodos mecanizados puede dar como resultado la eliminación de un riesgo; ya se mencionó que, en la industria de las baterías eléctricas, se redujo la exposición al plomo cuando la aplicación de la pasta de óxido de zinc a las rejillas de plomo se realizó con máquina, desechando el procedimiento original de aplicación manual.

Sin embargo, es necesario hacer una seria advertencia al respecto, pues hay casos en que mecanización puede agravar una condición peligrosa. Por ejemplo, el polvo que se crea en la conducción mecánica de materiales es, por lo general,

mucho más intenso que el que se produce por métodos manuales y, en igual forma, la vibración mecánica de los vaciados de fundiciones produce mucho más polvo que la vibración manual.

La mecanización no es la única forma por la cual se puede cambiar o modificar un proceso. Un cambio, muy efectivo para el control de los polvos, es el uso de métodos húmedos, y esta medida se ha empleado en las minas, con singular éxito, en las operaciones de perforación; una pequeña corriente de agua, aplicada a la cantera o roca a través de la barrena, da lugar a una reducción apreciable en la cantidad de polvo.

La trituración bajo el agua es otro ejemplo de un método húmedo para el control del polvo, aunque debe saberse que las gotitas que se expulsan al aire pueden contener polvos y, por tanto, deben practicarse observaciones para tener seguridad de que se ha logrado un control adecuado. El rociado de los pisos y de los materiales polvosos es otro método húmedo muy simple que puede usarse con frecuencia.

Al cambiar un método de manufactura, la eliminación de un riesgo puede implicar la creación de otro. Así, el empleo de la soldadura en lugar de los remaches eliminó los ruidos, pero dió lugar a la exposición a gases tóxicos. Por tanto, cuando se recomienda la sustitución de un procedimiento, debe prestarse atención a la posibilidad de que aparezcan nuevos riesgos.

Confinamiento.

El confinamiento es un principio de control muy importante y muy útil. Muchas operaciones pueden confinarse o encerrarse, impidiendo, por tanto, el escape de los contaminantes.

La trituración y la molienda son buenos ejemplos de operaciones polvosas, susceptibles de confinarse; asimismo, se pueden encerrar los conductores de materiales, aunque esto resulte algunas veces muy costoso. La limpieza a chorro con abrasivos es otra operación susceptible de encerrarse.

Aunque, por su manejo o manipulación, no puedan cubrirse algunos tanques, muchos de ellos podrían estar tapados la mayor parte del tiempo, si no la totalidad; esto no se aplica exclusivamente a los grandes tanques, sino también a los recipientes pequeños, como barriles, cubetas o latas. Muchos disolventes orgánicos son bastante volátiles y pueden formar rápidamente concentraciones peligrosas como, por ejemplo, el bisulfuro de carbono o el tetracloruro de carbono, cuando están en recipientes pequeños, destapados.

El confinamiento no se usa con la frecuencia que debiera, en particular por errores de diseño o proyecto. Cuando se emplean tapas movilizadas debe considerarse el elemento humano, pues, por indiferencia, pereza o falta de entendimiento, no puede tenerse la seguridad de que se vuelvan a colocar las tapas; se puede lograr mucho en este aspecto mediante la instalación de cubiertas autosellantes o dispositivos similares.

Aislamiento.

Si una operación no puede confinarse, muchas veces es posible emplear el principio análogo del aislamiento. En este caso la operación se sitúa en un lugar donde los trabajadores no queden expuestos al contaminante.

Por ejemplo, con frecuencia se puede instalar una trituradora en un edificio separado o en un piso diferente de aquel en donde trabajan los obreros; en esa forma -

no se expone a nadie al polvo excepto al obrero encargado de comprobar la operación, quien tendrá exposiciones breves e intermitentes.

Aunque en los casos en que las operaciones tengan que vigilarse constantemente, el aislamiento del proceso limita el número de obreros expuestos, mismos a los que puede protegerse con medidas suplementarias, de las cuales se tratará más adelante.

Es efectivo el principio del aislamiento cuando se verifican, fuera de turno, algunas operaciones excesivamente polvosas; se tiene un buen ejemplo de esta práctica en las fundiciones, en las que la vibración de los vaciados se lleva a cabo en las noches, y son muy pocos trabajadores a quienes se les expone al polvo. Se tiene otro ejemplo en los trabajos de minas o túneles, en los que se provocan las explosiones de los barrenos al terminar el turno, cuando los trabajadores han dejado el trabajo y no regresarán hasta el día siguiente, con lo que se dispone de tiempo suficiente para la disipación de los gases de las explosiones.

Dilución.

La dilución es el siguiente principio de control a tratar. Se entiende por dilución la ventilación general en suficiente cantidad para diluir el contaminante atmosférico a una concentración segura.

Posiblemente la dilución sea el método más simple y más común empleado para el control de los riesgos; si el aire de un salón está lleno de humo y se abren las ventanas, se intenta diluir el humo hasta el punto que no se llegue a apreciar. Prácticamente, la ventilación general juega un papel, intencionado o no, en cada local de trabajo, y, en la mayoría de los casos, es la única medida de control que se aplica.

Aunque, con frecuencia, todo lo que se necesita es una ventilación general, se puede tener como regla general que, cuando la ventilación se realiza por medios naturales, el control afortunado de riesgos importantes es sólo un accidente fortuito. Por desgracia también se presenta cuando la ventilación se realiza por medios mecánicos; las deficiencias en el diseño, más los informes incompletos sobre lo que constituye un riesgo, más la incapacidad para prever los cambios en la operación son factores que se juntan, en muchos casos, en instalaciones hechas al azar.

Cuando se instala ventilación mecánica, el diseño se basa con frecuencia en un cierto número de cambios por hora, sean cuatro o cinco o quizá el doble de este número. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, por las diferencias en la toxicidad de los distintos disolventes, varían enormemente las demandas de aire para el control de sus vapores; por ejemplo, se ha calculado que, con una distribución perfecta del aire, se necesitan 700 metros cúbicos de aire para diluir, a un nivel seguro, los vapores de un galón de nafta de petróleo y que, para diluir los vapores de un galón de benzol, a la concentración segura, se necesitan 20,000 metros cúbicos de aire, o sea, 28 veces más. Como en algunas operaciones un **disolvente**, puede sustituir al otro, es evidente la dificultad para decidir sobre el volumen de aire que se deba suministrar y, más aún, la dilución no es, por necesidad, el método de control más económico, pues además de la inversión inicial y de los costos de operación del equipo, el calentamiento de grandes volúmenes de aire durante el invierno puede ser prohibitivo y significar un derroche de combustible y, también, el desplazamiento de grandes volúmenes de aire puede crear corrientes inconvenientes.

Ventilación local por extracción.

Como consecuencia de lo anterior, se recurre con frecuencia a la ventilación local por extracción, con preferencia a la dilución; el principio que se aplica es el de la eliminación del contaminante antes de que se esparza por la atmósfera - -

general del local, cosa que se logra aplicando la succión en el punto en que se libera el contaminante.

El volumen de aire que se desplace y la velocidad del aire en la admisión de la succión dependen de la operación y de la proximidad permisible de la succión al punto de escape del contaminante; si a través de ese punto se obtiene una corriente de aire hacia la succión a una velocidad mayor que la de cualquier otra corriente, aún la de la sustancia en particular, se evita el escape del contaminante.

Los primeros intentos de ventilación local por extracción se limitaron a colocar una campana sobre el punto en que se ejecutaba la operación peligrosa; los errores de diseño y el desconocimiento de los principios básicos que intervienen hacían que a menudo se instalaran campanas que servían para muy poco, excepto como decoración.

Esencialmente, un sistema de ventilación local por extracción consiste de cuatro partes: 1, campanas o confinamientos parciales; 2, ductos de aire; 3, colector, y 4, aspirador.

El éxito depende de la corrección del diseño y la construcción de las campanas y del sistema de extracción; todo el conjunto debe ser instalado por ingenieros competentes, y ha de mantenerse con gran cuidado.

En los últimos años se ha acumulado una gran cantidad de datos básicos de ingeniería sobre este tipo de control, y también se cuenta con datos sobre la cantidad de aire que debe extraerse para controlar los riesgos y las molestias, lo mismo que sobre la velocidad de entrada a las campanas de ciertas dimensiones y características de forma.

Sin embargo, antes de diseñar una campana eficiente es preciso tener conocimiento completo de las leyes físicas aplicables al flujo del aire en las bocas de succión y de las propiedades físicoquímicas de los distintos contaminantes atmosféricos. Se entiende que una campana es eficiente cuando recoge efectivamente al contaminante con el mínimo de extracción de aire y sin interferir en la operación del procedimiento o de la herramienta.

Las velocidades mínimas del aire necesarias para la captura de los materiales que se desprenden en ciertos procesos varían dentro de límites muy amplios y oscilan de 23 a 30 metros por minuto cuando los materiales se desprenden sin crear corrientes apreciables, como en la evaporación de disolventes, en operaciones de desengrasado, hasta velocidades tan altas como 600 metros o más por minuto, cuando los materiales se desprenden con gran fuerza, como en la trituración o en la limpieza con abrasivos.

Los ductos de aire de las líneas de extracción conducen el aire contaminado al colector y al extractor; el diámetro de esas tuberías está regulado por el volumen de aire que debe moverse y por las velocidades mínimas y máximas de control; la velocidad mínima debe ser superior a la que permita la sedimentación de las partículas sólidas en el sistema de ductos, mientras que la velocidad máxima debe ser inferior a la que produzca desgaste de las tuberías o ruidos excesivos. Las economías que pueden lograrse al reducir la velocidad, para ahorrar fuerza motriz y desgaste de las tuberías, se pueden compensar parcialmente con la necesidad de aumentar el diámetro de los ductos y las erogaciones por limpiezas periódicas; Alden recomienda velocidades mínimas de conducción que varían de 600 m. por min. para vapores y gases de 1,500 m. por min. o más para partículas grandes de materiales pesados, como polvo de plomo.

No todos los sistemas de ventilación por extracción requieren de colectores o purificadores de aire, pero está indicado el uso de estos dispositivos cuando el

material recogido tiene valor, cuando se puede dañar el extractor por las características abrasivas o corrosivas del material o cuando el aire no purificado constituye una molestia o un riesgo sanitario. Si no se instalan purificadores de aire, las chimeneas de descarga de los sistemas de extracción deben localizarse en un punto y evitarse que el aire contaminado vuelva a penetrar en cualquier edificio ocupado.

Entre los tipos de purificadores o colectores de aire, de uso común, hay que mencionar los filtros de tela, los precipitadores electrostáticos, los lavadores de aire y los ciclones; siempre es recomendable que estos colectores o purificadores se sitúen delante del extractor, para evitar acciones abrasivas, explosiones o corrosiones.

El extractor origina el movimiento del aire en las campanas y a través de los ductos y del colector; aunque los ventiladores son el tipo más común de extractor, se ha comprobado que son muy prácticos los eyectores operados por aire, vapor o agua, y resultan particularmente aplicables en la manufactura de explosivos. En sistemas de baja velocidad son satisfactorios los ventiladores de tipo de hélice, pero en los sistemas de alta resistencia y alta velocidad son necesarios ventiladores del tipo centrífugo.

La ventilación local por extracción es, posiblemente, el medio más valioso de que se dispone para controlar los contaminantes del aire y se usa en gran número de operaciones, tales como en casetas para pintar por atomización, tanques de electro deposición, vibración de vaciados, soldadura, trituración, perforación de rocas y muchas otras.

Equipo de protección personal.

La mayoría de los riesgos industriales de salud pueden controlarse por los - -

principios ya enumerados, pero en algunos casos no pueden aplicarse o son insuficientes por si mismos o en combinación, por lo que se recurre al empleo del equipo de protección personal.

El equipo protector se puede clasificar en los tipos siguientes:

Vestuario protector

Cremas o ungüentos protectores

Protectores visuales

Protectores auditivos

Protectores respiratorios.

El vestuario protector se usa para resguardar al individuo de los materiales que pueden producir quemaduras o dermatitis, o para protegerlo contra efectos abrasivos o golpes, se incluyen dentro de este grupo los guantes, mandiles, mangas o manguitos, guardas de las piernas, zapatos y cascos o yelmos resistentes.

Estos artículos se manufacturan de diversos materiales, según el riesgo contra el cual tengan que proteger; por ejemplo, los guantes pueden ser de algodón, hule (natural o sintético), asbesto o lona. En algunas ocasiones el material de los guantes produce dermatitis en individuos sensibles y se le achaca este efecto al material que se maneja, en lugar de imputárselo al guante.

El equipo de protección visual comprende gafas, lentes de seguridad y pantallas faciales. Las gafas oscuras o de color pueden usarse para la protección contra rayos dañinos o iluminación intensa, como la que se tiene en la soldadura al arco que, por otro lado, constituye un buen ejemplo de una tarea en la que se necesita un equipo de protección personal, además de la ventilación; los soldadores necesitan guantes y ropa especial para protegerse contra chispas y metales

candentes, yelmos y gafas para la protección visual.

El equipo de protección auditiva toma la forma de tipos especiales de tapones para los oídos.

El equipo para protección respiratoria se clasifica en dos tipos generales:

1. Equipo que elimina el contaminante, y
2. Equipo que suministra aire u oxígeno de una fuente distinta del ambiente inmediato.

El primer tipo se divide en dos grupos:

- A. Respiradores, y
- B. Mascarillas de gas.

El U.S. Bureau of Mines lleva a cabo un programa de pruebas para determinar la efectividad del equipo de protección respiratoria; el equipo que satisface las rigi das pruebas de eficiencia, comodidad, facilidad de respiración y duración en el-servicio recibe un número final de aprobación. Cuando se usa equipo respiratorio, se recomienda que lleve la aprobación del Bureau of Mines, para el riesgo espe- cífico de que se trata, pues debe tenerse en cuenta que las aprobaciones se con- ceden precisamente para riesgos específicos, tales como polvos tóxicos, humos- metálicos, rocíos y vapores orgánicos.

Para la exposición a muy altas concentraciones de gases o vapores deben usarse mascarillas de gas o respiradores de alimentación de aire. Las mascarillas contra gases se aprueban para un gran número de gases, y vapores y se ha sugerido un sistema de colores para que, por medio del color de la mascarilla, se conozca -

de inmediato contra qué gas específico protegen; estas máscaras antigás no se usan, por lo común, en operaciones industriales normales, pero pueden necesitarse para situaciones de emergencia, tales como la reparación de tuberías rotas o con fugas, cuando éstas conducen cloro o gases similares.

El segundo tipo general de equipo de protección respiratoria es el que suministra aire fresco u oxígeno, incluyendo las máscaras alimentadas por mangueras o los aparatos autónomos de respiración, en los cuales el individuo lleva un cilindro o tanque de aire u oxígeno comprimidos. Este equipo, lo mismo que las máscaras antigás, se usan generalmente para emergencias o en exposiciones extrapeligrosas, como operaciones en tanques saturados de vapores.

Este tipo también incluye los respiradores de línea de aire, que se usan con mayor frecuencia en operaciones normales, como en la aplicación de pinturas por atomizador.

Orden y limpieza.

Debe mencionarse otro principio, el del orden y limpieza de la planta, que es una parte fundamental de cualquier programa de seguridad y es esencial en la operación eficiente de la planta.

Esto es de especial importancia en el control de los riesgos de polvos y en muchas plantas. Con presupuesto muy reducido, pueden obtenerse, sobre una base de costos, mejores resultados que casi con cualquier otro sistema.

El buen orden y limpieza es mucho más que el barrido de los pisos e incluye el almacenamiento cuidadoso del equipo, la buena conservación de la maquinaria para impedir vibraciones innecesarias o escapes del material, la disposición de las operaciones en una forma que se pueda limitar el número de trabajadores expuestos a un riesgo, la prevención de acumulaciones innecesarias de polvos y desperdicios sobre ventanas, dispositivos de iluminación, vigas, etc., y la aplicación de métodos de limpieza que, por sí mismos, no provoquen la agitación de

grandes concentraciones de polvo.

La ejecución de un programa de orden y limpieza de la planta requiere una acción cuidadosa y un esfuerzo contínuo y regular, unido a actividades educativas para lograr la cooperación de cada trabajador. No pueden clasificarse como medidas de control las campañas transitorias de limpieza, desarrolladas en forma esporádica y, en cambio, un programa bien organizado y ejecutado regularmente reduce, de manera definitiva, los riesgos de polvos.

Programa de control del equipo.

La compra y la instalación de buen equipo de control, cuidadosamente diseñado, sólo es el primer paso en un programa de control efectivo; aún el mejor equipo llega a trabajar deficientemente, en muy corto tiempo, si no se tiene cuidado de mantenerlo en buenas condiciones de trabajo y, aun más, un equipo de control que no se conserve debidamente puede ser peor que la falta absoluta de equipo, pues conduce a una falsa sensación de seguridad que evita que se adopten métodos eficientes de control.

La conservación del equipo es una obligación conjunta del patrón y del trabajador; el patrón debe proporcionar personal adiestrado para la inspección, limpieza, lubricación y reparación normal de todo el equipo de control; el trabajador debe aprender a manejar debidamente este equipo y debe dar cuenta a la administración de cualquier signo de desgaste o descompostura. Para lograr los mejores resultados, el trabajador debe conocer las razones de la necesidad del equipo y la forma de usarlo; como regla general, esta educación no debe dejarse a cargo de un capataz, sino que debe formar parte de un programa general de educación sanitaria.

Primeramente se efectúa una visita en el ambiente de trabajo para evaluar por medio de los sentidos; y/o siguiendo las etapas de cada proceso, se determinan los riesgos por la presencia de agentes, físicos, químicos, biológicos, así como medidas de control y su efectividad, así, Vgr: Notaremos las operaciones más peligrosas, (aunque no sean las más peligrosas, la presencia de sustancias aromáticas o hediondas como el H_2S , CCl_4 . Fuentes de calor radiante, humedades anormales, temperatura, reflejos de rayos X, rayos gamma) ruido, etc..., polvo en suspensión, polvo sedimentable, medidas de control existentes, pantallas reflectores, y/o aislantes de calor, y radiaciones, sistemas de ventilación, equipos de protección personal.

Condiciones generales de muestreo.

Después de la observación preliminar, es necesario aclarar situaciones de magnitud o presencia si es obvio o que es conveniente conocer el comportamiento o eficiencia de métodos de control, por lo que es indispensable efectuar mediciones o muestreos que requieren métodos o términos especiales, ya que ningún resultado puede ser más preciso que la exactitud misma del método o de medición o muestreo utilizado, es decir, las muestras deben ser representativas en condiciones normales reales, es necesario saber:

- a).- Cuantas muestras se necesitan recolectar
- b).- Durante cuánto tiempo
- c).- Con qué equipo.

El número de muestras dependerá de la naturaleza de las operaciones, de su localización, condiciones climatológicas, grado de continuidad del contaminante, utilización generalizada en centros de trabajo de los instrumentos de **Medición y Evaluación**.

El control de riesgos ocupacionales, en nuestro caso del polvo, se logra básicamente actuando sobre las fuentes de riesgo y sobre el personal expuesto. Siempre es preferible actuar sobre la (s) fuente (s) de los riesgos.

Si son inminentes o severos el control del personal por sí sólo no previene en -
fermedades y accidentes ocupacionales. Si se controla el riesgo no requiere vigi
lancia especial el personal. Para el control de riesgos se sigue una secuencia:-
Conocerlos, reconocerlos, medirlos, evaluarlos y controlarlos.

Concentrando la atención en medición y evaluación. Se puede evaluar un riesgo -
y generalmente un ambiente, utilizando los 5 sentidos. Aunque en casos a la falta
de precisión o de patrones de comparación, la evaluación individual no es sufi -
ciente, por lo que se hace necesaria una evaluación cuantitativa y además compa
rar las cantidades medidas que son patrones preestablecidos (concentración -
máxima permisible).

El propósito es señalar principios generales para medición, muestreo y evaluación
de riesgos (de polvo) en ambientes de trabajo después de una investigación cui
dadosa se llega a decidir basándose en esta y en experiencias previas y el sen
tido común.

Además de la evaluación de riesgos mediante sentidos e instrumentos de muestreo,
conviene correlacionar los datos obtenidos con perfil de signos y síntomas deri -
vados de un estudio médico sobre personal expuesto que deberá efectuarse si - -
multáneamente.

Número de muestras.

Si el contaminante (polvo) se produce constante dentro de ciertos límites, es ó
se puede ser suficiente con 3 o 5 muestras por ciclo de operación, y para cálcu
lo de exposición diaria balanceada es necesario tomar mayor número de muestras,
cuyo valor óptimo lo fija el criterio del Higienista.

Volumen de muestreos.

En caso de contaminantes del aire (polvo), el volúmen por muestrear dependerá
de la sensibilidad del proceso analítico, de la concentración máxima permisible -
del polvo en cuestión, de la concentración que se estime factible del aparato - -

de muestreo disponible o preferido, de la duración de la operación y del ciclo completo de la misma; así también el volumen de muestreo puede ser de unos litros hasta metros cúbicos.

Zona de muestreo.

Ya seleccionados los sitios de muestreo de acuerdo a riesgos probables deberá muestrearse a la zona de la altura respiratoria y precisamente en los sitios que ocupa el personal. Procurando que el aparato de muestreo capte el contaminante en forma análoga a la exposición individual. Las tomas de muestra tienen por objeto determinar la cantidad de polvo que se respira en una área determinada.

Duración de muestreo.

La duración del muestreo depende de los mismos factores señalados para el volumen de muestreo, pero en especial del equipo disponible o preferido cuya construcción y comportamiento limitan el tiempo de muestreo.

Clasificación de instrumentos.

Los instrumentos de muestreo ambiental pueden clasificarse atendiendo a varios factores a saber:

- a).- Lectura directa
- b).- Lectura indirecta

Los instrumentos de lectura directa se prefieren por comodidad y facilidad que presenta su utilización, por tanto es tendencia a que todos sean de este tipo, sin embargo predominan los de lectura indirecta.

Con relación a la duración de muestreo, se clasifican en los siguientes grupos:

- a).- Instantáneos
- b).- Contínuos

Esta clasificación no es estricta, se llaman instantáneos aquéllos que la duración de muestreo es desde unos segundos hasta tres o cuatro minutos.

Contínuos.- Son los que pueden muestrear desde cuatro minutos en adelante pudiendo llegar hasta varios días sin interrupción ambos tienen ventajas y desventajas, ejemplo. Los muestreos efectuados en períodos cortos sólo indican exposiciones numéricas máximas o intermedias dependiendo del número de muestras que se tomen, naturaleza de las operaciones, otros factores.

Si se efectúan muestreos de larga duración, estos proporcionan datos sobre las exposiciones promedios, pero no los valores máximos y mínimos. Siempre es conveniente utilizar tanto muestras instantáneas como contínuas.

Selección del instrumento.- El instrumento ideal sería el que recogiera la muestra representativa del polvo tal como se encuentra en suspensión en el aire sin que se alteren las partículas, ni su distribución en forma alguna, que permita evaluar rápido y fácil el resultado debiendo recoger sólo partículas respirables, con la misma selectividad que el sistema respiratorio humano, proporcionar su formación del tiempo de exposición y la concentración media. Debe ser un aparato sencillo, fuerte, manuable y si es automático mejor. Actualmente no hay instrumento que reúna todas estas condiciones, la mayoría de ellos tienen sus límites de selección, unos deshacen las aglomeraciones de partículas indicando un número de ellas superior al real, otros ocupan mucho espacio y tienen que ser manejados por especialistas.

Las posibilidades de elección son limitadas, prácticamente se elegirá un instrumento que permita tomar un gran número de muestras en diferente lugar con el menor tiempo posible. Se tendrá en cuenta que es necesario comparar resultados obtenidos periódicamente para conocer los efectos de la exposición del polvo en los trabajadores, por tanto no se puede cambiar de instrumento a la ligera.

Factores que se toman en cuenta para seleccionar el equipo de muestreo.

- a).- Facilidad de adquisición

- b).- Versatilidad
- c).- Preferencia personal. (experiencia, etc).
- d).- Facilidad de uso y transporte.
- e).- Eficiencia de instrumento o método
- f).- Tipo de análisis e información deseada
- g).- Comportamiento bajo diferentes condiciones (altitud, voltaje, frecuencia, etc).

Tipos de instrumentos.

Para la toma de muestra y hacer las mediciones requeridas se utilizan diversos tipos de instrumentos que existen en el mercado, y según el principio de funcionamiento se clasifican en seis grandes grupos que son:

- 1.- De sedimentación
- 2.- Ópticos
- 3.- Filtración
- 4.- Precipitación por impacto
- 5.- Precipitación electrostática
- 6.- Precipitación térmica .

En principio las muestras de todas las clases de polvo, deben comprender únicamente partículas respirables, y los instrumentos tener dispositivos de selección, como cámaras de sedimentación, filtración, etc., para captación.

Teniendo presente la amplitud del capítulo y de lo mucho que se puede hablar de un instrumento cualesquiera que sea, únicamente se mencionarán con detenimiento los más usados en la actualidad.

Sedimentación.

En los instrumentos basados en el principio de la sedimentación, las partículas de polvo se depositan sobre láminas de vidrio, que pueden ser:

- a).- Sin ninguna preparación
- b).- Recubiertas con un adhesivo

Los adhesivos generalmente usados son vaselina, aceite de madera de cedro, u - otros.

Se exponen en posición horizontal o inclinada a la corriente de ventilación duran - te un período de 2 a 30 minutos, según la concentración de polvo.

Este método de toma de muestras presupone:

- a).- Toma de grandes muestras de polvo
- b).- Menor movimiento posible del aire
- c).- Período largo de muestreo.

Ya que debido a su reducida velocidad de sedimentación únicamente se deposita - una pequeña parte de partículas respirables, por consiguiente este método es - empleado para mediciones y análisis mineralógicos aproximados.

Tubos ranurados.

Otro tipo de instrumentos para toma de muestras por sedimentación basado en el - principio de que si una corriente laminar de aire cargado de polvo pasa por un tubo horizontal de sección rectangular, el polvo se va depositando en el fondo según - la velocidad de caída de las partículas. Si se abre una ranura en el fondo del tu - bo, el polvo que cae se puede recojer en una placa giratoria y medir su concen - tración en ella según el tiempo transcurrido. Instrumento que puede funcionar du - rante varios días sin exigir cuidado alguno .

Instrumentos ópticos.

El Tyndaloscopio es un instrumento de muestreo y medición, con el que se determi - na la cantidad de polvo que hay en el aire por la observación de la dispersión de un Haz luminoso por el polvo en suspensión. El Haz atraviesa una cámara cuyas - paredes son de vidrio negro, en la que es dispersado por las partículas de polvo - La dispersión se observa con microscopio en ángulo de 30° , el Haz ilumina la - mitad del campo del ocular y la otra mitad por medio de prismas giratorios Nicol. Regulando los prismas se da la misma luminosidad a todo el campo ocular. El - -

ángulo de cotación del prisma que se necesita está indicado por un cuadrante graduado de cero a 30° con exactitud de 0.1 grado, y se calibra con una fuente de luz normalizada. Si sobrepasa la escala de medición se incertan prefiltros que absorban la luz. Instrumento que poco o nada se usa a la fecha.

Filtración.

Instrumentos que se caracterizan por tener un elemento filtrante que retiene el polvo, el filtro puede ser de papel, tetracloronaftaleno, nitrocelulosa o algún éster, etc., Poco usados en la Minería y mucho en la Industria.

Existen muchos tipos de aparatos de filtración, de bajo y alto volúmen.

De bajo volúmen Filtro Guthe.- Aparato con que se recogen grandes cantidades de polvo, un filtro de papel en forma de cesta con un peso de 45 gramos.

Filtro Fussel.- Aparato que tiene filtro de membrana de nitrocelulosa de gran capacidad de retención; para partículas finas.

Filtros Soxhlet.- Es un aparato para toma de muestras fáciles de manejar, que utiliza filtro de papel en forma de dedal que permite recoger gran cantidad de polvo.

Muestrador de aire Staplex. (de alto volúmen).

Usos.- El muestrador Staplex se emplea en la toma de muestras de partículas sobre un papel de filtro admitiendo grandes volúmenes de aire mediante un ventilador tipo turbina.

Se pueden muestrear partículas hasta de 0.01 Micras de diámetro y en el diseño actual es posible usar filtros de 10cm. de diámetro 15 x 225 cm. hasta 20 x 22.5 cm.

El filtro T.F.A. No. 41 reúne las características de oponer suficiente resistencia

y a la vez dejar pasar un volúmen mínimo de 566 lts/min, como para mantener - el motor a una temperatura baja, a la de flujo citada, el ventilador puede ser ope- rado por uno, sin un sobre calentamiento apreciable. El filtro T.F.A. "S" No. 70, permite el paso hasta de 1981 lts/min.

Descripción física.

Cabezal para el sostén del filtro, el cabezal es de aluminio, está dividido en 2 - secciones y sirve para utilizar filtros tanto plegados como planos. Cuando se - usan filtros planos, se inserta una rejilla plana detrás del filtro para prevenir la ruptura de este durante su servicio.

Los cabezales de (15 x 22.5 x 25 x 20) cm. están hechos de acero inoxidable.

Todos los cabezales son intercambiables para permitir al operador llevar consigo diversos tipos de filtros durante un muestreo. El instrumento viene equipado con- el cabezal de 10 cm. y otros podrán suministrarse bajo pedido. Lo que facilita - ría la tarea del operador evitando el manejo del papel en las labores de campo y - reduciéndose así la posible contaminación adicional.

Bomba y Motor.- La unidad de manejo de aire es un motor bomba de alta velocidad y resistencia. Ya ha sido diseñado para un tiempo de muestreo contínuo de 24 ho- ras.

La corriente de flujo se mide mediante un Rotámetro.

Filtros de papel.- Para la operación del muestreador Staplex se recomiendan los siguientes filtros de papel:

TIPO	CAUDAL LTS/MIN.	VENTAJAS
T.F.A. No. 41	509.58	Especial para cenizas y <u>contaje de partículas.</u> In- dicado para el muestreo de polvo y materia sus- pendida en aire desde - 10 Micras hasta 0.01 M.

T.F.A. No. 2133	1019.16	Para caudales moderados con pérdidas de presión moderada aplicable en contaje de partículas B.
R.F.A. Tipo "S"	1981.00	Caudales elevador. Alta resistencia física. Pérdida de presiones bajas. Recomendable en el muestreo de partículas con tamaños de 10 Micras o mayores.

Precipitación por impacto.

Instrumentos basados en el principio de impacto, el aire cargado de polvo lanzado en forma de chorro contra un obstáculo. El cambio súbito de dirección de la corriente de aire al chocar contra ese obstáculo y la inercia de las partículas hacen que éstas caigan y se recojan sobre una placa cubierta con un adhesivo o un líquido.

Por su manera de recolectar el polvo se puede decir que son de 2 tipos:

- a).- Recolección en húmedo
- b).- Recolección en seco .

Dentro de los líquidos utilizados mencionaremos algunos y los más comunes. Agua petróleo, alcohol isopropílico, aceite, o una mezcla de éstos, etc.

De los sólidos utilizados como adhesivos, vaselina pura, bálsamo de canada, etc.

De estos instrumentos hay una variedad y podemos mencionar el Pre Impinger, Midget Impinger, Midget Snebber, conímetros. Por ahora mencionaremos algunos de estos.

Midget Impinger.

Instrumento de recolección húmeda que para las tomas de muestras se utiliza una bomba que se hace funcionar eléctricamente o a manivela que aspira o arrastra el aire durante 10 o 20 minutos a una razón de 1 a 5 lts/min. A través de un tubo -

o manguerita que está conectado directamente a un frasco de vidrio que contiene 1/3 de su capacidad de agua o alcohol, o una mezcla cargada de polvo golpea o choca contra el fondo o con el fondo del frasco. Esta alta velocidad causa que las partículas de polvo sean mojadas y retenidas en el líquido, así el aire continúa - su recorrido y asciende al través de la columna del líquido con un fuerte borboteo y se conduce por el orificio de salida a una velocidad de 60 m/seg.

La muestra es examinada y con la cantidad de aire es conocida la concentración de polvo se puede calcular por recuento o pesadas, una vez evaporado o filtrado el líquido colector.

Descripción. El equipo normal incluye una manguera de succión. El tubo que conecta y baja al frasco cerrando la boquilla, con una a 5 tapaderas de metal, 9 frascos Impinger, y boquillas y un tablero de madera que contenga huecos que apoyen o sostengan los frascos Impinger. El aparato es transportado en un recipiente de cuero sintético y se completa con una correa que sirve de asidera para llevarlo en los hombros.

Las dimensiones son las siguientes de:

Peso	4.53 kilos
Longitud	29.0 cm.
Ancho	12.7 cm.
Altura.	18.0 cm.

Comportamiento. Las muestras son colectadas en un rango de 2.8 lts/min. a un vacío de 30 cm. de agua. Rasgo especial de esta bomba es que está bajo una fluctuación de succión manteniendo con poca variación la velocidad. Este instrumento puede ser usado para coleccionar muestras locales donde exista atmósfera potencialmente explosiva, por lo cual es distinto a otros aparatos de muestreo y no es operado eléctricamente la mayoría de las veces.

Mantenimiento. - La parte más importante de cualquier aparato de muestreo de polvo es la técnica aplicada para la limpieza de ellos. El cuarto de laboratorio -

debe mantenerse limpio y libre de polvo y se provee de una grande plancha de vidrio sobre un banco usado en los lugares de trabajo y se pule periódicamente. Cada parte del instrumento es sumergido en agua lavando y fregando con una brocha usando un detergente. Luego con agua destilada y finalmente con alcohol libre de polvos.

El frasco será llenado con casi 8 ml. de alcohol, luego el tubo con el tapón se ajusta a la boquilla del frasco a 5 ml. de la marca. El frasco ya ajustado con el tapón, se coloca una tira o cinta adhesiva en la unión. El frasco debe estar seco por fuera totalmente y una vez limpias todas las partes del instrumento queda listo para ser usado, o en su defecto, guardado en reserva para cuando sea necesario.

Conimetro Zeiss.

Usos. El conímetro se utiliza para coleccionar muestras de partículas sólidas en el aire, para evaluar la concentración de polvo. Se diseña específicamente para utilizarlo en las minas en donde era deseable utilizar un aparato de poco peso y con el cual se puedan coleccionar cierto número de muestras en un solo disco de vidrio.

Principio de Operación.- Un determinado volumen de aire se hace circular a través de un conducto cónico y a gran velocidad, mediante una bombita de émbolo.

La corriente fina de aire incide verticalmente en un disco descubierto de una substancia adhesiva para atrapar las partículas de polvo. El disco está diseñado de modo que puede girar y permite la colección de 26 muestras sin necesidad de cambiarlo o de limpiarlo. Las muestras que se coleccionan en esta forma pueden observarse y evaluarse de inmediato ya que dispone de un microscopio acoplado al mecanismo de colección,

Pesa 454. gramos. tiene un diámetro de 10 cm. y una altura de 25 cm.

El microscopio está construido para afocarse sin dificultad y no requiere de fuentes de iluminación, excepto la luz del sol o similar.

Comportamiento.- La bomba puede graduarse para 2.5 o para 5 cc. Debido a su diseño especial la corriente de aire que incide en el disco cambia de dirección en 180 grados en forma concentrica al eje de la misma corriente, con lo cual se logra:

- 1.- Depósito uniforme y casi circular
- 2.- Pérdida despreciable de partículas
- 3.- Se pueden evaluar satisfactoriamente muestras que contengan de 4 a 5 000 partículas por centímetro cúbico.

Operación.- Preparación de los discos objetivos:

Antes de preparar el confímetro es necesario lavarse bien las manos, el disco de vidrio debe limpiarse con mucho cuidado eliminando por completo cualquier material remanente de las pruebas anteriores.

Esto se puede lograr tallando suavemente el disco de vidrio con un trapo de lino humedecido con xilol y de nuevo con un trapo de lino limpio y seco y por último barriendo con un pincel de pelo de camello. Enseguida se cubre el disco de vidrio con una capa de algún adhesivo apropiado. Se recomienda una solución de 2 gramos de vaselina de la más pura en 100 ml. de xilol, de la cual se aplica aproximadamente 0,5ml. a la cara del disco que no tiene grabaciones. Se deja que la solución se distribuya por sí sola uniformemente y se coloca el disco sobre un papel filtro para eliminar el exceso de disolvente. Una vez que se seca la primera capa de adhesivo, se aplica otra capa en la misma forma. Para ciertos minerales se aplica una solución de bálsamo de canada en xilol, pero también se pueden utilizar otros adhesivos.

Los discos se deben preparar en una atmósfera libre de polvo y si no se pueden montar de inmediato el confímetro, deberán guardarse en el recipiente especial para este propósito.

El disco se debe insertar en el confímetro con la cara cubierta con adhesivo hacia el cono impactor.

Colección de la muestra.- Empuje hacia abajo el pistón y seleccione el volúmen de muestreo deseado (2.5 o 5 cc) haciendo girar el vástago del pistón hacia la marca correspondiente. El confímetro tiene un índice que señala cual división del disco está frente al chorro impactor.

Sostenga el confímetro de modo que el chorro quede en ángulo recto con la dirección de flujo de aire, pero sin apuntar hacia arriba o hacia abajo. Levante la tapadera de la entrada de aire inmediatamente antes de soltar el pistón . Se recomienda tomar cuando menos 4 muestras de cada sitio u operación en estudio. La primera muestra no se evalúa, puesto que tiene el propósito de eliminar las partículas que pudiera haber dentro del instrumento.

Evaluación de las muestras.- El microscopio está equipado con un micrómetro de retícula con 2 sectores de 18 grados superpuestos. Mueva la intersección de las 2 líneas en cruz hacia el centro del campo mediante los 2 tornillos centradores colocados en el microscopio. Se puede obtener un conteo promedio bastante bueno - determinando el número de partículas contenidas dentro de los 2 sectores y multiplicando por 10. El error en este procedimiento generalmente es menor del 12% - del valor que se obtendría contando todas las partículas del campo total. El conteo total debe dividirse por el volúmen muestreado para obtener el número de partículas por centímetro cúbico.

El condensador de campo obscuro que acompaña al microscopio permite la observación de partículas menores de 0.8 micras.

Para estudios más detallados, el objetivo (disco) puede observarse en un microscopio común normal. También se puede efectuar un estudio mineralógico de algunos de los compuestos tales como el cuarzo.

Para el caso de investigaciones generales se considera suficiente el método más sencillo en el cual el observador puede determinar si existe mayor o menor cantidad de polvo en comparación con observaciones anteriores.

Los discos objetivos pueden guardarse o fotografiarse para efectuar comparaciones bastante aproximadas.

Mantenimiento.

- I.- Este instrumento debe mantenerse absolutamente limpio tanto en su interior como exteriormente. Para eliminar el polvo y suciedad debe utilizarse una gamuza bien limpia y un cepillo o pincel de pelos de camello. Es necesario verificar que el cono impactor (JET) se encuentre perfectamente limpio, asimismo el ocular del microscopio.
- II.- Es necesario limpiar el cono impactor frecuentemente utilizando la aguja especial para tal objeto, antes de lo cual es indispensable quitar el disco de vidrio (objetivo).
- III.- El empaque de hule del disco ocular de vidrio debe mantenerse en perfectas condiciones. El propósito de este disco es formar una cámara hermética arriba del disco de vidrio, ya que cualquier imperfección en este arreglo dara como resultado mediciones erróneas. Es muy importante que el empaque de hule se mantenga libre de material adhesivo. Si el confímetro no se va a utilizar durante algún tiempo, debe almacenarse en una cámara a prueba de polvo y con el disco quitado.
- IV.- El funcionamiento correcto de la bomba reviste una gran importancia. El cilindro y el pistón deben limpiarse periódicamente. Para sacar el pistón debe quitarse el tornillo "elevador" y aflojar los 2 tornillos del cilindro. Para efectuar la limpieza del pistón y del émbolo debe utilizarse únicamente una gamuza completamente seca y limpia y no dejar ni polvo ni lubricante remanentes.

En caso de utilizar algún fluido limpiador, no debe armarse la bomba hasta que esté completamente seca. Antes de montar el pistón en el cilindro, es necesario engrasar éste ligeramente con vaselina químicamente pura.

V.- Para mantener en buenas condiciones el resorte que actúa el pistón es necesario guardar el confímetro, con el resorte extendido. Cuando se gradúa el confímetro para un volumen de 5 cc, el desplazamiento del émbolo no debe requerir más de $1/80$ de segundo.

Otros confímetros como el Wetwarterrand y el Sartorius, llevan el mismo principio que el Zeiss, pues únicamente varían en el diseño y materiales de construcción, lo cual permite pensar que no es necesario hacer descripción detallada.

Ventajas.

- a).- Práctico para trabajos subterráneos
- b).- Puede ser un aparato con piezas sencillas y resistentes y bien protegidas.
- c).- Sobre una misma lámina de cristal se pueden tomar gran número de muestras sin necesidad de abrir el aparato.
- d).- El volúmen de aire de la muestra es relativo, de manera que aunque la concentración de polvo sea débil se obtiene un depósito suficientemente denso para hacer el recuento.

El precipitador electrostático.

Descripción.- Este aparato está diseñado para el muestreo cuantitativo de los polvos, vapores y humos que se encuentran en el aire, y opera bajo el principio ampliamente conocido de la precipitación electrostática. Consiste esencialmente de un motor con un ventilador para captar la muestra de aire, una cámara de precipitación y una caja de fuerza que suministra el voltaje necesario para la operación.

El alto voltaje es aplicado al electrodo y al alambre ionizante localizado dentro del tubo de muestreo cilíndrico que está conectado a tierra. Como el ventilador -

aspira el aire a través del tubo de muestro todas las partículas sólidas son depositadas sobre la superficie interior de este tubo debido a la repulsión del electrodo de alto voltaje.

Este instrumento opera con una corriente de 117 voltios y 60 ciclos. Es necesario el uso de un transformador adecuado cuando se tiene corrientes alternas de 60 ciclos, con voltaje no comprendido entre 105 y 130. Un cambiador de frecuencias es necesario para operar con una corriente alterna de 110 voltios y 25 ciclos. Cuando se tiene corriente directa debe usarse un pequeño equipo de motor generador u otro inversor. La potencia de estas unidades de conversión deben tener un mínimo de 100 Wtts., a 110 voltios y 60 ciclos.

Precaución.- Durante la operación del electrodo central tiene un potencial negativo entre 10,000 a 15,000 voltios. Aunque el corto circuito de la corriente está limitado a un valor no letal de 10 miliamperes, el operador no debe tocar el electrodo central mientras el instrumento está en "ON". El aparato nunca debe ser operado sin una conexión positiva a tierra. Cuando sea necesario usar el adaptador de 2 dientes para el sistema de distribución eléctrico de 2 alambres, la pinza de tierra debe ser colocada sobre una tubería limpia de agua, un ducto eléctrico, y otra buena conexión a tierra.

Después el aparato es colocado en "OFF" el operador debe esperar al menos 60 segundos antes de tocar el electrodo central o remover el tubo de muestreo del cabezal a fin de dar tiempo para la disipación de la carga del electrodo central. La espera puede ser evitada si el operador conecta el electrodo central al tubo de muestreo con un desatornillador aislado después de colocar el instrumento en "OFF", haciendo en esta forma tierra.

Nunca opera la caja de fuerza sin que el cable de alto voltaje y el cabezal estén conectados. La potencia de salida descargada en la caja de fuerza puede causar una avería interna del aislamiento.

El aparato nunca debe ser usado en atmósferas combustibles o explosivas.

Controles.

Hay sólo tres controles para operar el precipitador electrostático.

El **switch principal** que está en el **panel** y al **switch** del cabezal deben ambos ser **originados** a "ON" para que el **instrumento** comience a funcionar. La perilla de **control** del alto voltaje puede ser ajustada hasta que se registre en el indicador del alto voltaje, el voltaje de precipitación deseado.

Preparación para el muestreo.

Los tubos de muestreo, las tapas plásticas y los electrodos centrales deben limpiarse y secarse perfectamente. Los tubos deben ser cepillados con jabón y agua usando un cepillo **de cerdas de camello**, enjuagando con agua, luego con alcohol y después secados. Si las determinaciones han de hacerse por pesada a los tubos de muestreo deben de secarse en una estufa, enfriados en un **deseador**, tapados con un tubo similar y en una buena balanza pesarlos.

Una vez limpios los tubos se tapan por ambos extremos y la porción central exterior deben envolverse con papel para manejarlos. Los tubos de cartón que se sumergen deben colocarse encima del extremo con alambre de los electrodos centrales y luego los tubos y los electrodos se colocan dentro de su caja.

Procedimiento de muestreo

Después de seleccionar un punto adecuado para el muestreo se debe colocar la caja del instrumento sobre una superficie plana, se abre la tapa y se mueve colocándola a un lado después que se retira de ella la caja de los tubos.

Posteriormente, el soporte retractable se asegura en la caja y se alarga hasta una altura conveniente a fin de que el cabezal pueda mantenerse temporalmente. Luego, se toma el electrodo central de la caja y se la quita cuidadosamente el tubo de cartón. Se coloca el electrodo en el cabezal de muestreo, ajustándolo bien

El tubo de muestreo se saca de la caja se quitan ambas cajas plásticas de los extremos y se guardan de nuevo en la caja. Se coloca el tubo en el cabezal, empujándolo sin girar, hasta que calce bien. El papel que lo envuelve puede conservarse pero no puede tocar el cabezal o extenderse sobre el extremo frontal del tubo. Asegurándose de que el alambre quede recto y al centro del tubo de muestreo.

Después de esto. Los conectadores de alto voltaje y del motor del ventilador deben insertárselos en la caja de fuerza y apretándolos firmemente. El cable de la electricidad se le enchufa en una toma de corriente de 117 voltios y 60 ciclos. Un adaptador de dos dientes y una pinza para tierra se suministran y deben ser usados si la toma de corriente no acomoda el enchufe de tres dientes que se encuentra en el cable de abastecimiento de electricidad.

Voltear el switch principal y el switch de la cabeza a la posición "ON" y con esta acción la luz piloto debe encenderse instantáneamente. Este es el momento preciso de girar la perilla de control de alto voltaje hasta alcanzar el voltaje deseado que se puede leer sobre el indicador apropiado. Es preferible operar el instrumento con un mínimo de 11 500 voltios sobre el electrodo central si la humedad atmosférica lo permite. Efectúe los ajustes de voltaje en forma rápida para prevenir la precontaminación del tubo de muestreo y gire el switch principal a la posición "OFF", (Nota: Para un resultado del muestreo más exacto debe colocarse el tubo limpio en la cabeza después de este ajuste).

El soporte retractable puede ser regulado colocándose a la altura apropiada para un muestreo estacionario, o la cabeza puede ser llevada al punto donde se va a dar comienzo a la operación si el operador lo va a sostener y mover durante el período de muestreo.

Desde este momento se puede comenzar el muestreo girando el switch de la cabeza a la posición "ON". El tiempo de muestreo debe ser medido para determinar el volumen de aire que pasa a través de la cámara de precipitación. El motor o el ventilador succiona aire a una razón de 85 litros/min, haciéndolo pasar a través de la

cámara, siempre y cuando el voltaje de operación se mantiene dentro de los límites de 105 a 120 y la frecuencia sea de 60 ciclos por segundo.

Determinación de la muestra.

Para determinación por peso.- El tubo de muestreo debe ser secado y tarado con otro tubo antes de tomar la muestra. Esto puede ser fácilmente colocando el tubo sobre el platillo de una buena balanza analítica y pesándolo hasta las decimas de miligramo. El aparato puede ser operado el tiempo suficiente como para conseguir un depósito visible dentro del tubo después de esto el tubo se vuelve a secar y se pesa nuevamente con la misma tara.

Para determinación de conteo.- Este método es aplicable a polvos solamente y no a gases o humos debido a sus dimensiones microscópicas o su solubilidad.

La muestra se toma previamente, luego se lava el tubo con alcohol que esté libre de polvo, que debe encontrarse dentro de una botella de lavado, usando un removedor para asegurarse de que todo el material se desprenda. Se disuelve la muestra con alcohol hasta el volumen necesario (A mayor contaje se necesita una mayor difusión) y después de mezclar bien se pasa una porción a una celda de conteo. Después de dejarla asentar por 25 minutos se coloca la celda debajo del microscopio, para el contaje.

Para determinación por análisis químicos.- Se toma la muestra, tal como se describió previamente, en un tubo de muestreo limpio, es conveniente limpiar los tubos antes de usarlos con el mismo disolvente que se va a usar para remover la muestra. Después de la recolección, el material precipitado se quita del tubo con alcohol, agua o un disolvente conveniente tal como ácido nítrico al 5% o ácido acético al 10% directamente al vasito de precipitados usado para el análisis. Para asegurar la remoción completa debe usarse un "gendarme".

Cuando se muestreen altas concentraciones por largos períodos de tiempo se hará

necesario la remoción del material que se deposite en el electrodo central. El período de muestreo es generalmente determinado por la sensibilidad del método analítico y por la cantidad del contaminante de importancia higiénica.

Determinación de radiactividad. **Se recomienda usar durante el tiempo de muestreo un forro interior de aluminio especial dentro del tubo de muestreo. Se tienen disponibles como accesorios, hojas lisas de aluminio (catálogo No. 38297, paquetes de 12) para ser usados como forro interior. Para formar el forro se envuelve alrededor de la circunferencia, y a la vez se alisan para que los extremos de la hoja de aluminio no se encuentren. Ahora meta este forro cilíndrico de aluminio dentro del tubo, cuidadosamente, en tal forma que los extremos frontales del forro y del tubo se igualen. Asegúrese de que el forro se pegue ajustadamente a la superficie interior del tubo en toda su área.**

La muestra será depositada sobre el forro que luego es secado y extendido a fin de colocarlo en un aparato de contaje para la determinación de la radiación nuclear.

Precipitador térmico.

Usos.- El precipitador térmico es usado en la colección de muestras de polvo y nieblas orgánicas e inorgánicas para determinar la concentración y tamaño de partículas presente en la atmósfera. Puede ser utilizado para muestrear medios industriales, estudiar la contaminación atmosférica y la exposición de los animales en ella.

Principio de operación.- La operación de este instrumento está basada en el principio de que las grandes partículas de polvo fino son repelidas por un cuerpo caliente, en este caso es un alambre metálico, pero a la vez son atraídas por un cuerpo frío que viene a ser una cubierta de vidrio lisa, colocada a una conveniente distancia del cuerpo caliente. El aire es inducido lentamente por medio de un aspirador de agua, contiene en una pequeña cámara a un hilo metálico calentado

eléctricamente que se encuentra localizado entre 2 porta-objetos o placas de vidrio. Las partículas de polvo son depositadas sobre cada uno de los porta-objetos formando una estrecha banda frente al espacio libre de polvo.

Descripción.

Peso	7.25	kilos
Longitud	18	cm.
Ancho	18	cm.
Altura	37.5	cm.

La unidad completa consiste en una cabeza de muestreo, aspirador de agua cilíndrico, con calibrador jet de vidrio y trípode resistente y regulador de alto voltaje, la batería y la cubierta o placa de vidrio liso se acopla para ahorrar y facilitar la transportación. En estas condiciones se acarrearán en casillas de madera.

Comportamiento.

Las muestras son colectadas en una escala de 6.5 a 7 ml/min. y el flujo se regula por un calibrador jet de vidrio. La eficiencia de colección es aproximadamente al 100% para partículas de 5 micras con diámetros pequeños. Para otros rangos de flujo y partículas de tamaño más grande, la eficiencia disminuye.

La batería puede ser recargada en pocas horas con un pequeño cargador.

Una característica especial de este instrumento es que puede ser esterilizado con calentamiento sin perjuicio para el colector y consecuentemente evitar el desarrollo de algunas bacterias que interfieran en el conteo de polvo.

Precaución en el uso de instrumentos.

Antes de utilizar cualquier instrumento de evaluación es indispensable conocerlo bien en cuanto a su funcionamiento, sus aplicaciones, motivo de falla, limitaciones, y cuidados que requiera su utilización y transporte.

La calibración es otro factor importante que merece atención, de ésta dependerá la exactitud de la evaluación.

Utilidad de la Evaluación

La evaluación es un fin para los siguientes propósitos:

- a).- Investigación de problemas de salud ocupacional
- b).- Obtención de información para el diseño de métodos y equipos de control.
- c).- Determinación de la efectividad de las medidas de control
- d).- Corroboración de la veracidad de quejas y,
- e).- Investigación científica.

Conclusiones.

La medición y evaluación de riesgos es indispensable para prevenirlos con bases técnicas especialmente en aquellos casos en que su presencia no es obvia.

Que empresas e Instituciones que cuentan con equipo de medición y muestreo lo utilicen en forma más sistemática e intensa. Es conveniente que las compañías que se dedican al diseño e instalaciones de control de riesgos (sistema y/o control de polvo), tengan el personal idóneo y los instrumentos necesarios para la evaluación de los riesgos y de la eficiencia de los métodos, o bien recurra a Dependencias oficiales o descentralizadas.

Que las industrias en que se instalen, sistemas de control de riesgos, se efectúen comprobaciones periódicas de su funcionamiento y eficiencia, con auxilio de un buen equipo.

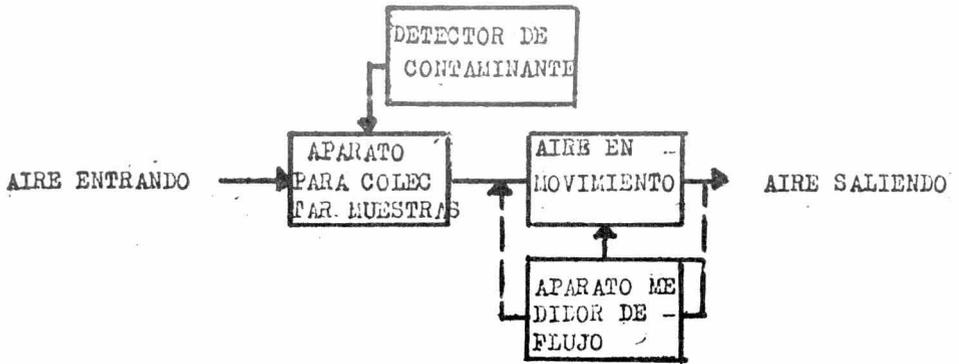
Las industrias que eliminan sustancias al través de chimeneas u otros medios y

que por tanto contaminan el ambiente se preocupen por financiar profundas investigaciones para hacer de los hoy contaminantes, agentes útiles al hombre del mañana.

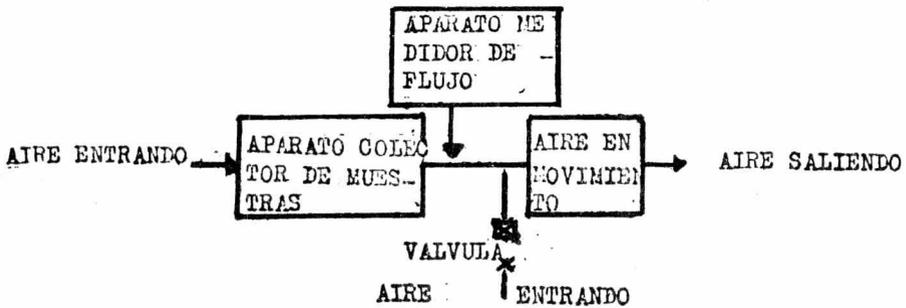
Muestreo de S.S.A. 11 estaciones. Contaminación atmosférica de polvo en suspensión y de anhídrido sulfuroso.

ESTACIONES	POLVO EN SUSPENSION MCg/m ³	ANHIDRIDO SULFUROSO MCg/m ³
Tacuba	136.6	236.3
Tlalnepantla	116.0	147.4
Centro	72.1	83.9
Aeropuerto	50.1	164.6
Villa Olímpica	68.9	77.7
Observatorio	232.3	108.9
Portales	59.6	76.5
Villa de guadalupe	96.3	107.5
Tizapan	54.3	75.4
Vallejo Industrial	75.9	489.5
Carpio	88.9	176.8

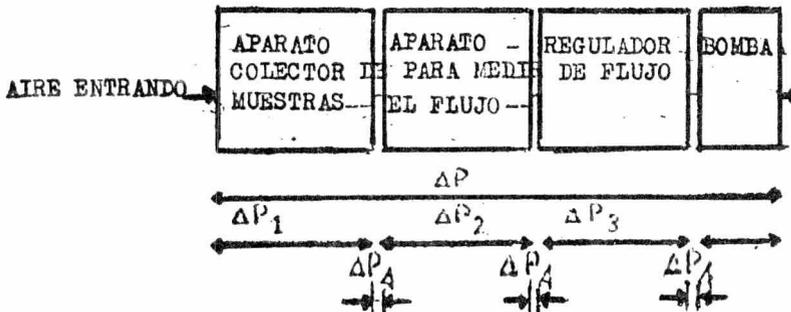
Límites permisibles 500 microgramos/metro cúbico.



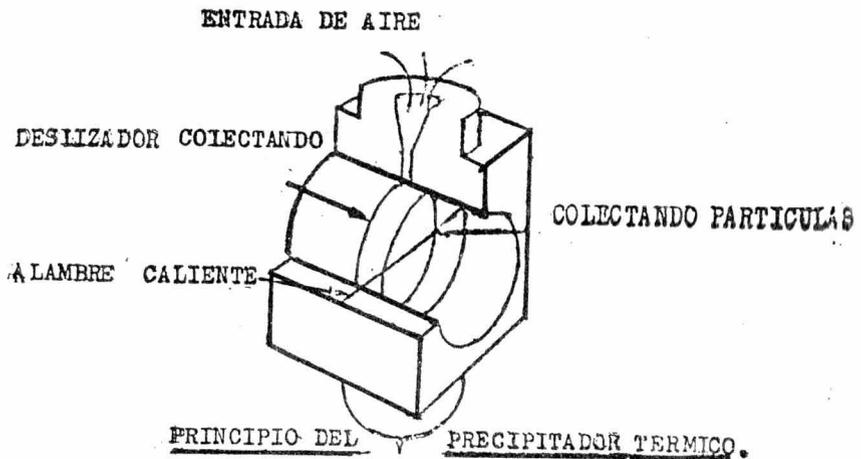
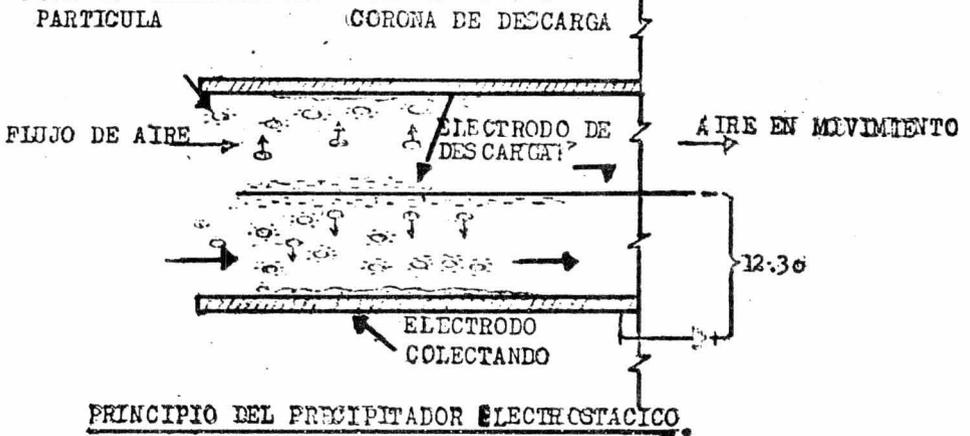
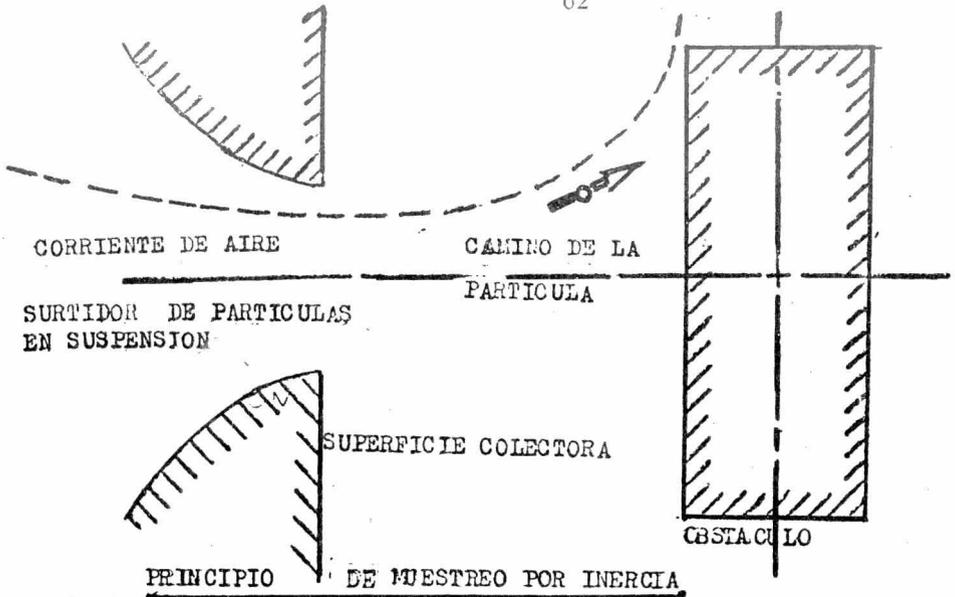
ESQUEMA DE MUESTREO.

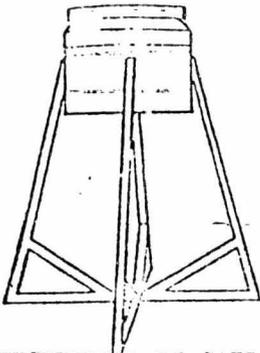


RELACION DE FLUJO CONTROL POR DIVERSION

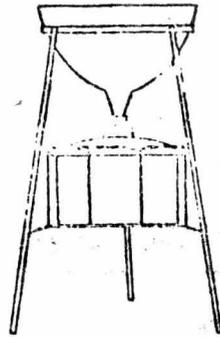


RELACION DE FLUJO MECANISMO DE CONTROL

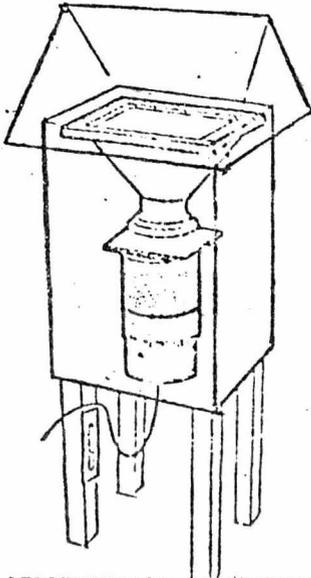




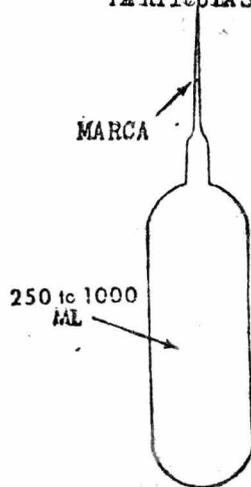
MUESTREADOR DE CAIDA DE PARTICULAS



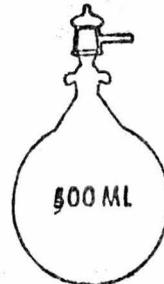
MUESTREADOR DE CAIDA DE PARTICULAS



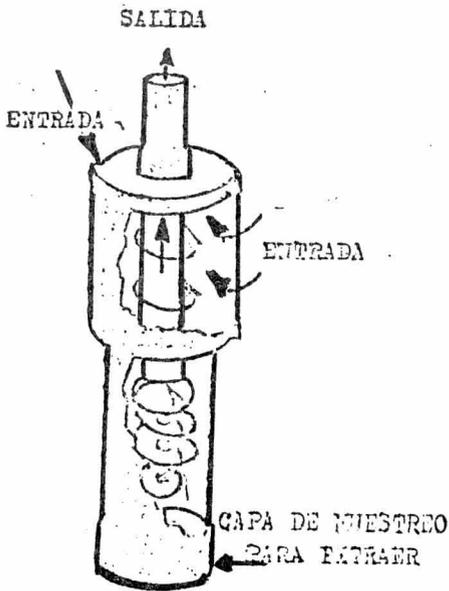
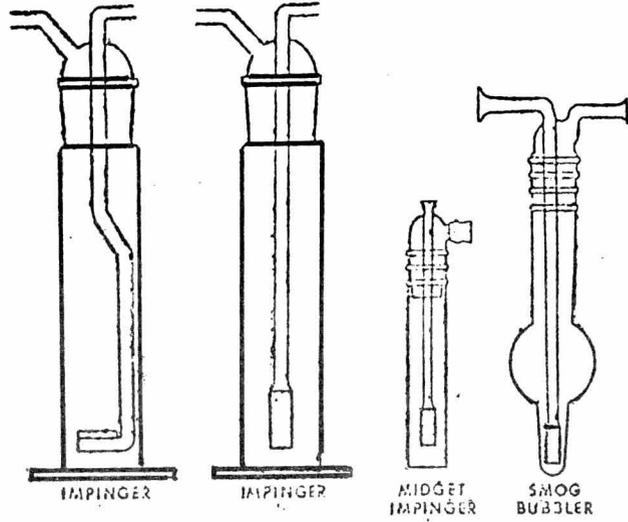
MUESTREADOR DE ENSAMBLE CON CASETA



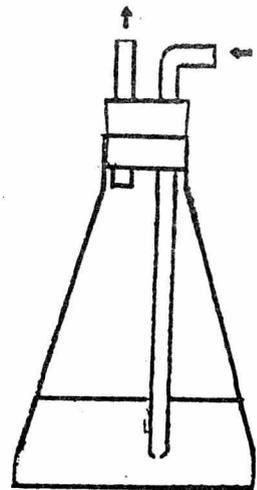
TUBO DE VACIO



FRASCO DE VACIO



MUESTREADOR CICLONICO



APARATO DE ABSORCION ADAPTADO A FRASCO DE ERLLEN MEYER.

C A P I T U L O V

EMISION DE PARTICULAS DE FUENTE ESTACIONARIA (ISOCINETICA)

DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE Y OXIDOS DE NITROGENOS --

EN CHIMENEAS.

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS --

EN LAS CALDERAS DE LAS PLANTAS TERMoeLECTRICAS.

DETERMINACION DE PUNTOS DE MUESTREO.

1.- Principio y aplicación.

- a.- Principio.- El punto de muestreo y el número de puntos transversales de muestreo, son seleccionados para permitir en la extracción una muestra representativa.
- b.- Aplicación.- Se aplicará el método para todas las emisiones de gases de las chimeneas en Plantas Termoeléctricas.

2.- Procedimiento.

- a.- Selección de la altura del punto de muestreo - La altura del punto de muestreo deberá estar de acuerdo al diámetro (chimenea circular) o diámetro equivalente (chimenea rectangular), en la fig. 1 se muestra la forma de este cálculo:
O sea que el punto de muestreo deberá estar al menos 8 veces el diámetro arriba del último disturbio (curvas, expansiones, con tracciones etc). y 2 veces el diámetro abajo del escape; en este lugar la emisión de gas será más uniforme.
- b.- El número mínimo de puntos transversales de muestreo será de 12.
- c.- Determinación de los puntos transversales de muestreo.- Una vez determinado el punto de muestreo, de acuerdo a la sección de la chimenea, se determinan los puntos transversales de muestreo.

Para la determinación, se divide la sección de la chimenea en 12 áreas iguales y en el centro del área se localizará el punto transversal de muestreo. Distancias del punto de muestreo a los puntos transversales de muestreo.

Del punto de muestreo a punto A	4.4%
Del " " " B	14.7%
Del " " " C	29.4%

Estos porcentajes son del diámetro de la sección del ducto. Tabla 1

En la forma Fig 1 se anotan los datos y se calculan los puntos transversales de muestreo.

El punto de muestreo será una ventana con dimensiones de 7.5 cm. de largo por 5.0 cm. de ancho, este tamaño permite la introducción del tubo Pitot y el tubo de succión de la muestra. Figuras 2,3,4 y 5..

LUGAR: Planta Valle de México

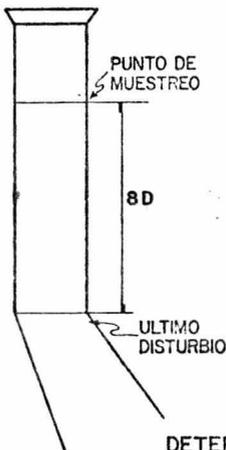
OBSERVACIONES: _____

FECHA: 19 de junio de 1973

Unidad número 2

PRUEBA No.: 18

DETERMINACION DEL PUNTO DE MUESTREO

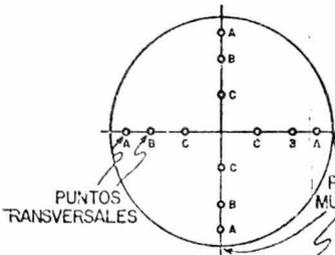


DIAMETRO = 4 metros

$$\text{DIAMETRO EQUIVALENTE} = 2 \left(\frac{(\text{LARGO}) (\text{ANCHO})}{\text{LARGO} + \text{ANCHO}} \right) = \text{_____} =$$

$$8D = 8 \times \text{_____} =$$

DETERMINACION DE PUNTOS TRANSVERSALES



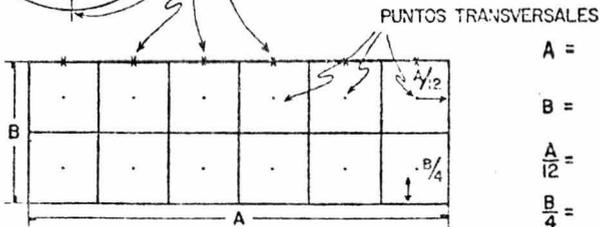
PUNTO

$$A = 4.4\% \times \frac{4 \text{ metros}}{100} = 0.176 \text{ metros}$$

$$B = 14.7\% \times \frac{4 \text{ metros}}{100} = 0.588 \text{ metros}$$

$$C = 29.4\% \times \frac{4 \text{ metros}}{100} = 1.176 \text{ metros}$$

DIAMETRO



A =

B =

$\frac{A}{12}$ =

$\frac{B}{4}$ =

$\frac{B}{4}$ =

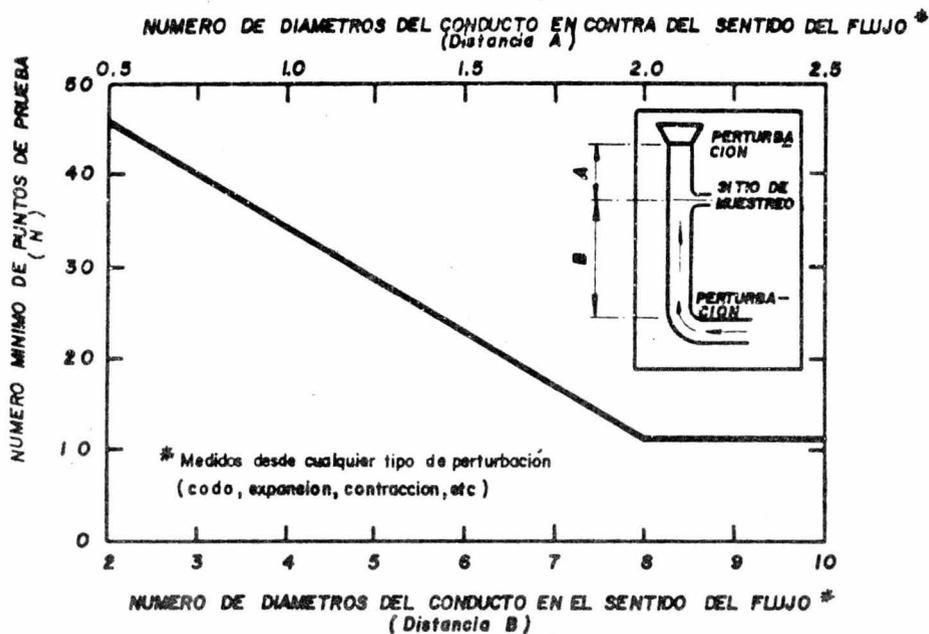
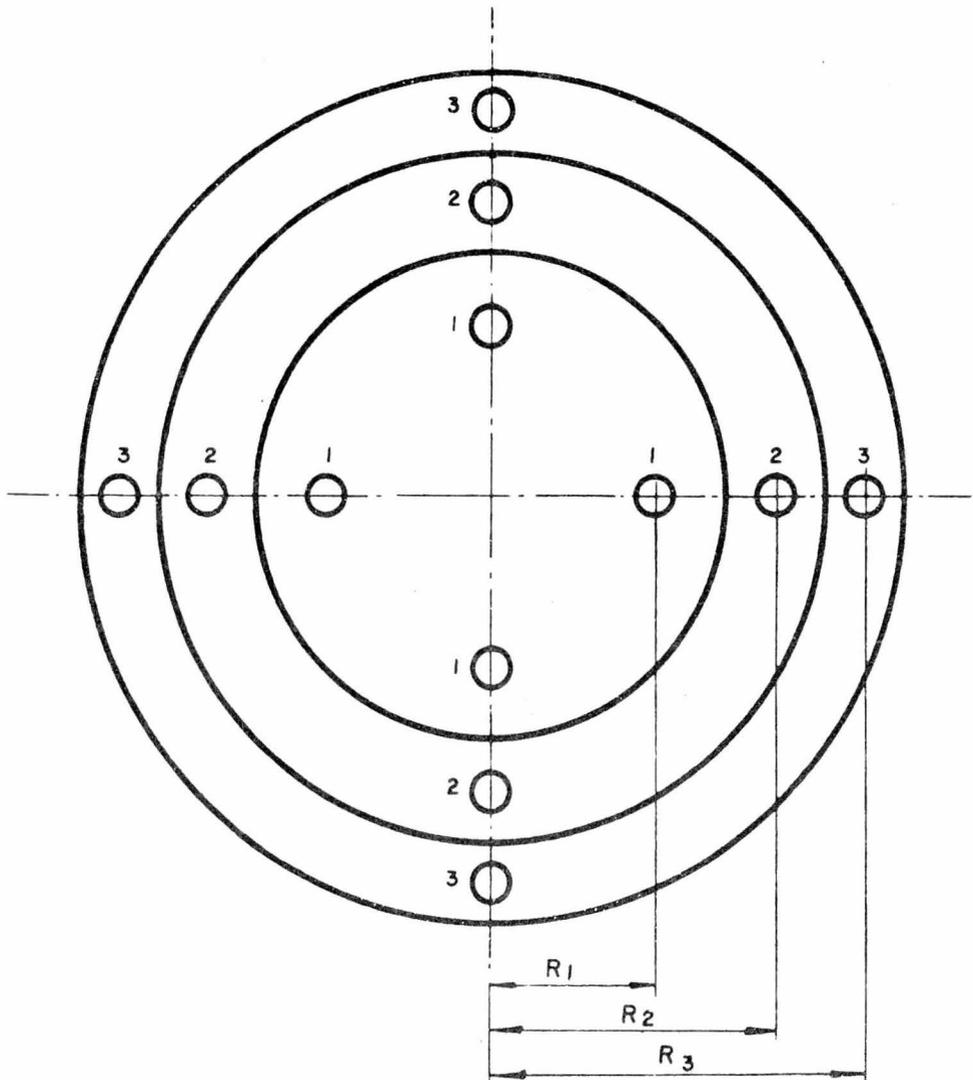


FIGURA.- 2

USO DE LA FIGURA

- 1.- Se determina A y B
- 2.- Se determina N para cada distancia
- 3.- Se selecciona el mayor de los valores de N, cuando éste no sea múltiplo de 4, se toma el siguiente número mayor que si lo sea

FIG. 3.- POSICIONES DE LOS PUNTOS DE PRUEBA EN CONDUCTOS DE SECCION CIRCULAR



La localización de los puntos de prueba a lo largo de un diámetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = R_n \sqrt{\frac{2n-1}{2n}}$$

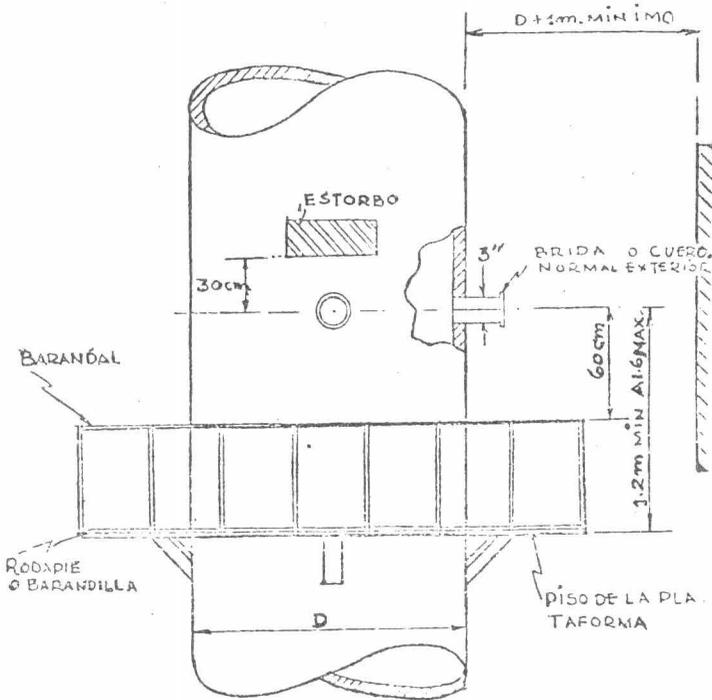


Fig. 4. .- Dimensiones y requisitos para instalaciones de trayes para conductos y chuzos.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL GAS Y FLUJO VOLUMETRICO.

1.- Principio y Aplicación.

- a.- Principio.- La velocidad del gas es determinada de acuerdo a la densidad del mismo y a la medición usando un tubo Pitot tipo "S".
- b.- Aplicación.- Se aplicará a la medición de la velocidad de gases en las chimeneas de las Plantas Termoeléctricas.

2.- Aparatos.

- a.- Tubo Pitot "S" o equivalente. Figuras 6, 7.
- b.- Manómetro de presión diferencial; Manómetro inclinado o equivalente para medir velocidad
- c.- Termómetro. Termocople o equivalente unido al tubo pitot para medir temperatura del ducto y temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo.
- d.- Manómetro; Manómetro en U para medición de la presión del ducto.
- e.- Barómetro; para la medición de la presión atmosférica.

3.- Procedimiento.

- a.- Medir la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo en el ducto para la determinación de humedad.

Para la medición de bulbo seco, solo se espera el tiempo necesario para que la temperatura se estabilice, para bulbo húmedo según sea que el agua esté más caliente que el gas, o el gas más caliente que el agua; es la determinación de la temperatura, de acuerdo a las siguientes gráficas.

En la forma Fig. 8 se deberán anotar los datos para esta determinación. La humedad se puede determinar también, midiendo la cantidad de agua que se colecta en el condensador durante la prueba, esta agua se relaciona con el gas medido en volumen y transformado a peso por medio del análisis con Orsat, más adelante se dan un ejemplo para esta determinación. figs. 9 y 10.

Asegurarse de que todas las conexiones **estén bien apretadas y libres de fugas.**

- c.-Al Introducir el tubo Pitot dentro del ducto por la ventana del punto de muestreo de que se trate, verificando que la boquilla del tubo Pitot -

esté en posición paralela al flujo del gas.

- d.- Efectuar la lectura de la presión diferencial en mm. de H₂O, usar la forma Fig. 11 y anotar los datos, efectuar las lecturas en los demás - puntos transversales de muestreo.
- e.- Medir con el manómetro U la presión estática en el ducto; anotar en forma Fig. 11
- f.- Medir la presión barométrica; anotar en forma Fig. 11
- g.- Determinar el diámetro de ducto con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{-----} \quad \text{II}$$

en donde:

A = Area en **metros cuadrados**

3.1416

D = Diámetro del ducto en **metros.**

Anotar en forma Fig. 11

- h.- Determinar la velocidad de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = K \ 4005 \sqrt{P_v \sqrt{\frac{0.075}{D}}} \quad \text{-----} \quad \text{III}$$

en donde:

V = Velocidad en **metros/ minutos**

K = Factor de corrección del tubo Pitot.

1.0 para Pitot Standard.

0.85 para Pitot Enviroengineering.

0.83 para Pitot Western.

P_v = Presión de velocidad en **mm.** de H₂O

D = Densidad de gas en **kilos/metros³**

i.- Para la determinación del gasto se usa la siguiente fórmula:

$$Q \text{ actual} = V \times A \quad \text{-----} \quad \text{IV}$$

en donde:

Q = Gasto actual en condiciones de prueba $\text{m}^3/\text{min.}$

V = Velocidad en $\text{m}/\text{min.}$

A = Area en m^2

La lectura Pv es leída directamente del manómetro inclinado y $\sqrt{\frac{0.075}{D}}$ puede ser calculado de acuerdo a la densidad del gas o puede ser directamente sacado en las curvas de las formas Fig. 12 usando la presión absoluta - la temperatura del ducto y la humedad.

Para corregir el gasto Q actual a la temperatura y presión existentes, en el cual está incluido el vapor de agua, se usa la siguiente fórmula:

$$Q \text{ ideal} = Q \text{ actual} \times \text{Factor} \quad \text{-----} \quad \text{V}$$

en donde:

Q ideal = Gasto en condiciones de gas seco, en $\text{m}^3/\text{min.}$

Q actual = Gasto en condiciones de prueba en $\text{m}^3/\text{min.}$

F = Factor que se determina en las formas Fig. 13, de acuerdo a la presión absoluta, a la temperatura del ducto y a la humedad. Entonces Q ideal será el gasto en condiciones de gas seco a presión y temperaturas normales; 760 mm. de Hg. 273 Kelvin.

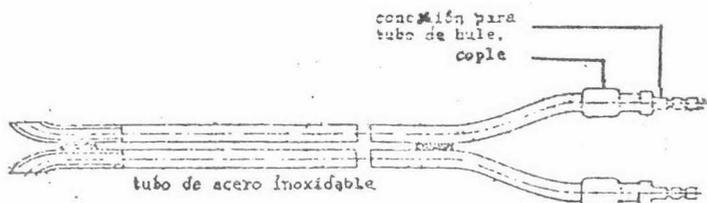


Fig. 6.-- Tubo Pitot tipo "SM" (Especial)

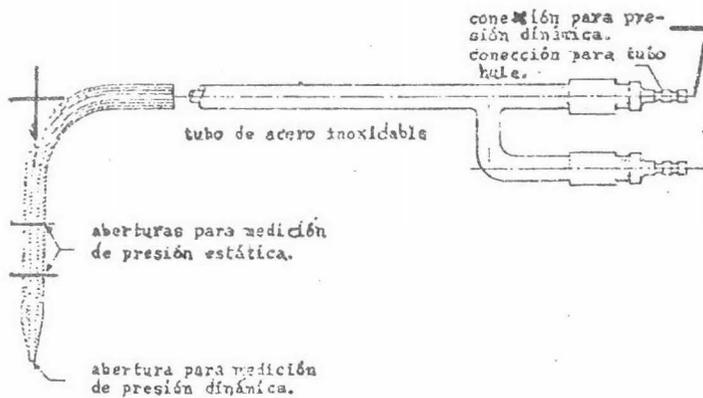
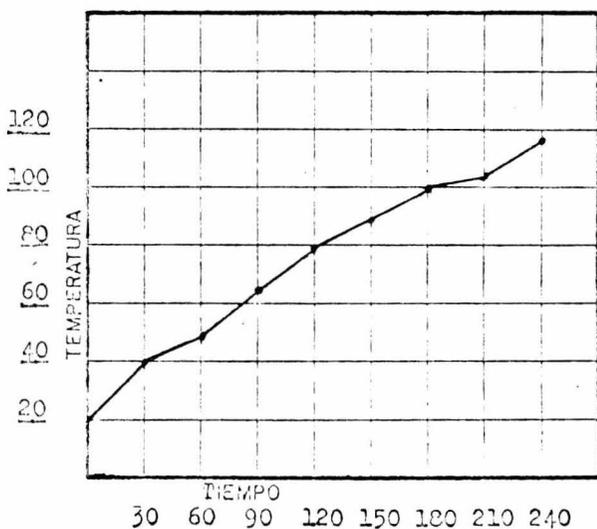


Fig. 7.-- Tubo pitot: estándar.

PRUEBA No. 18LUGAR Planta Valle de MéxicoTEMP. BULBO SECO: 115°CFECHA 19 de junio de 1973.TEMP. BULBO HUMEDO: 105°C

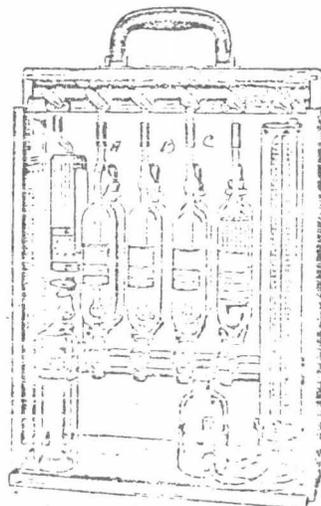
OBSERVACIONES:

HUMEDAD: 0.02 g. H₂O / g. aire seco

TIEMPO segundos	LECTURA °C	TIEMPO segundos	LECTURA °C
0.0	20	180.0	100.
30.0	40	210.0	105
60.0	50	240	115
90.0	65		
120.0	80		
150.0	90		



Fig. 9. — Instalación enfriadora de gases para medir las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo.



A. cloruro de cobro. B. ácido pirujalico. C. potasa cáustica.

Fig. 10 ANALIZADOR DE GASES ORSAY.

PRUEBA No. 18LUGAR: Planta Valle de MéxicoDIAMETRO DUCTO 4 metrosFECHA: 19 de junio de 1973AREA DUCTO 12.56 metros

OBSERVACIONES: _____

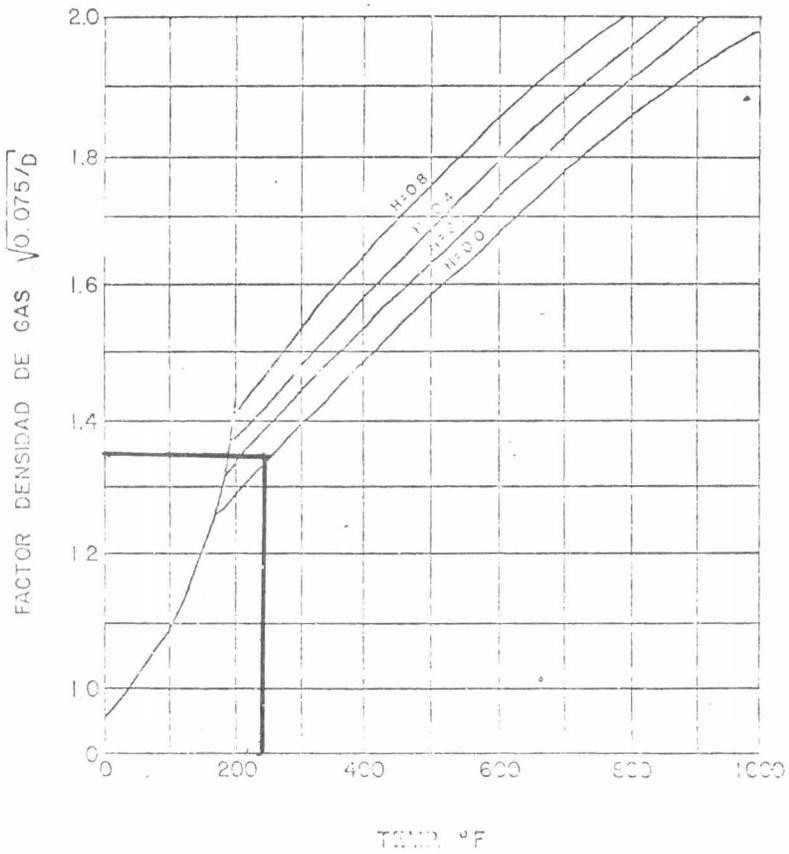
PRESION BAROMETRICA 584 mm. " HgUnidad No. 2PRESION ESTATICA DUCTO 12.7 mm. " H₂OP_{SISTEMA} = P_{DUCTO} " H₂O X 0.0735 + P_{BAROMETRICA}P_S = 12.7 mm. X 0.0735 + 584 mm. = 589 mm. HgTEMP. BULBO SECO 115 °C TEMP. BULBO HUMEDO 105 °CHUMEDAD g H₂O / g GAS SECO

PUNTO	T I E M P O	VELOCIDAD ORBEZAL mm. H ₂ O ΔP	√ Δ P I TABLA	Vel. Cabezal " H ₂ O ΔP
1	0	15.24	0.76	0.58
2	5	12.70	0.71	0.50
3	10	10.16	0.57	0.32
4	15	12.70	0.77	0.60
5	20	12.70	0.73	0.54
6	25	10.16	0.65	0.42
7	30	15.24	0.76	0.58
8	35	12.70	0.72	0.52
9	40	10.16	0.63	0.40
10	45	12.70	0.71	0.50
11	50	15.24	0.73	0.54
12	55	12.50	0.68	0.46
			0.700	

K = FACTOR PITOT = 0.85 V = K 4005 $\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$ FIGS. 4V = 0.85 X 4005 X $\frac{0.703}{3.26}$ X 1.35 = 379 m./min.Q actual = V x A = 379 X 1256 = 11300 m.³/min X 60 = 678000 m.³/hr.Q ideal = Q_a X FACTOR = 678000 X 0.55 = 359550 m.³/hr.

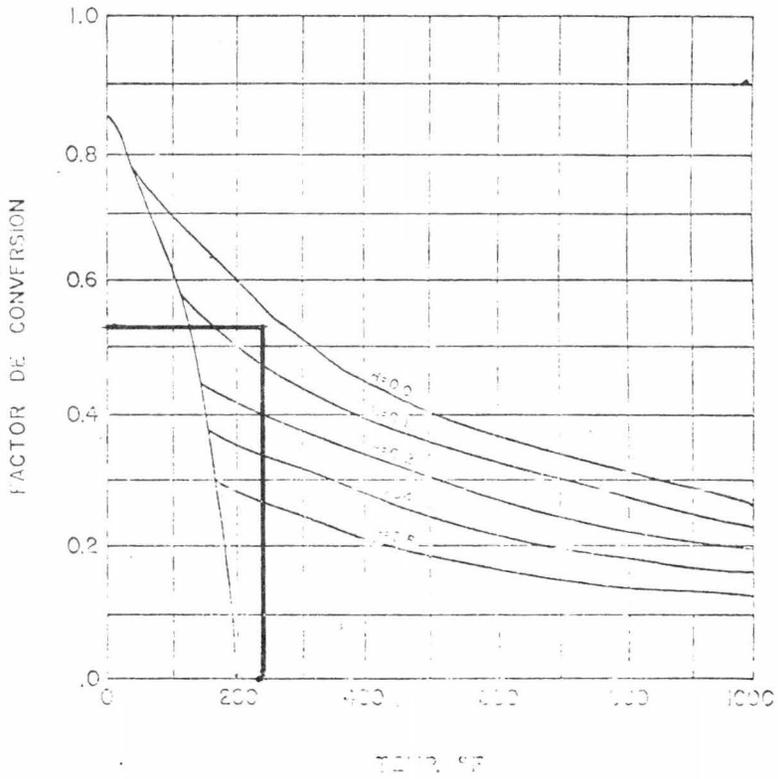
FACTOR DE PITOT

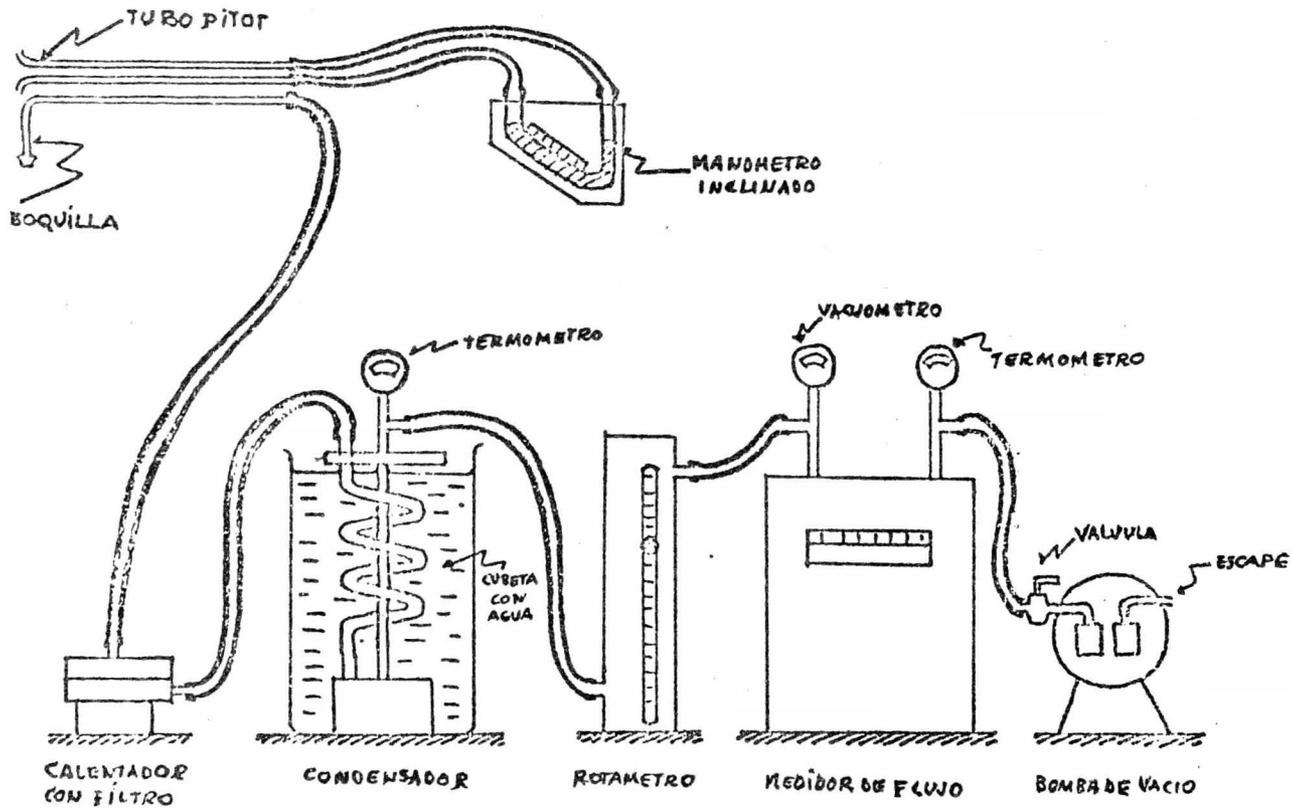
PRESION: 23 pulg. Hg.



FACTOR DE ACFM
A DSCFM

PRESION: 23 pulg Hg.





<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidades</i>
1 Da.-	Densidad del agua	Kg / m ³
2 Dn.-	Densidad normal. Es la densidad del gas en condiciones normales.	Kg / m ³
3 Dr.-	Densidad real del gas en el conducto. Es la densidad del gas a la temperatura y presión que existen en el conducto en la estación de prueba.	Kg / m ³
4 g.-	Aceleración debida a la gravedad. El valor de 9.81 es aceptable.	M / S ²
5 h.-	Presión dinámica.	# de columnas de gas
6 P.-	Presión absoluta en el conducto	m m de columna de HG.
7 Pb.-	Presión barométrica	m m de columna de HG
8 Pd.-	Presión dinámica medic. Es el cuadro del promedio aritmético de los raíces cuadradas de las presiones dinámicas de los puntos de prueba.	m m de columna de agua
9 Pe.-	Presión estática. Es aquella ejercida en todas direcciones por un fluido en reposo. En un fluido en movimiento se mide en una dirección perpendicular a la dirección del flujo.	m m de columna de agua.
10 Pn.-	Presión atmosférica normal.	m m de columna de HG.
11 T.-	Temperatura media absoluta del gas.	$\frac{T_i + T_f}{2}$ K
12 Tn.-	Temperatura atmosférica normal	°K.
13 V.-	Velocidad media del gas en el conducto en la estación de prueba.	m / s

- 1- Desarrollo de la Ecuación para medición de la velocidad en emisiones de gases de la chimenea, por medio del tubo pitot.

Partiendo de la ecuación fundamental:
a partir del balance de energía se obtiene:

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$\text{Como } h = \frac{Pd \times da}{1000 \cdot dr}$$

El factor 1000 se introduce para pasar Pd que se toma en m. m. de columna de agua a metros de columna de agua.

La densidad real dr puede obtenerse a partir de la densidad normal la cual puede localizarse en tablas.

$$Dr = Dn \cdot \frac{P}{Pn} \times \frac{Tn}{T}$$

$$\text{Como: } P = Pb + \frac{Pe}{13.6}$$

donde el factor 13.6 es el factor de corrección de m m de columna de agua a m m de MERCURIO.
Substituyendo 4 en 3 en 2 y finalmente en 1
Considerando además que $g = 9.81 \text{ m / seg.}^2$
 $Pn = 760 \text{ m m de hg}$ $Tn = 293 \text{ K}$ y la densidad del agua $da = 1000 \text{ KG / m}^3$

$$\bar{V} = \sqrt{\frac{Pd}{DN} \cdot \frac{Tn}{(Pb + \frac{Pe}{13.6})} \times \frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1000 \cdot 760}{1000 \cdot 293}}$$

$$\bar{V} = 7.134 C \sqrt{\frac{Pd \cdot Tn}{dn \cdot (Pb + \frac{Pe}{13.6})}}$$

Método Federal del Registro Volumen .-36, Número 247.

1.- Obtención de la Velocidad .-----

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\frac{AP}{P_s M_s} \frac{T_s}{T_s}} \quad (1)$$

C_p .- Es un factor del tubo pitot, 0.85 sin dimensiones

K_p .- 85.48 ft/segundos (Ib/Ib mol $^{\circ}R$)^{1/2}

AP .- Promedio de la velocidad del cuerpo del gas de la chimenea- en pulgadas de H₂O.

P_s .- Presión absoluta del gas en pulgadas de Hg .

M_s .- Peso molecular del gas en la chimenea en Ib/Ib mol.

T_s .- Promedio de la temperatura absoluta del gas en la chimenea en grados Rankin $^{\circ}R$.

V_s .- Velocidad promedio del gas, en ft/segundos en condiciones normales de temperatura y presión.

2.- Flujo Volumétrico del gas .-----

Q_s .- $V_s A$ en condiciones normales de presión y temperatura.

$$Q_s = V_s A \left(\frac{T \text{ std.}}{T_s} \frac{P_s}{P \text{ std.}} \right) \quad (2)$$

Q_s .- Flujo Volumétrico en condiciones normales ft³/segundos.

$T \text{ std.}$.- Temperatura absoluta en condiciones normales 530 $^{\circ}R$

$P \text{ std.}$.- Presión absoluta en condiciones normales de 29.92 pulgadas Hg.

A .- Corte de la Area de la chimenea en ft².

Nota.- Las dos formulas utilizadas 1 y 2, con unidades del sistema Inglés, facilmente se sustituyen al sistema métrico decimal.

MÉTODOS FEDERALES:

$$V = K_p C_p \left(\frac{A_p \sqrt{T_s}}{P M} \right)$$

$$C_p = 0.85$$

$$K_p = 85.48$$

$$A_p = 1.08$$

$$T_s = 262 + 460 = 722^\circ R$$

$$P = 22.92$$

$$M = 25.5$$

$$V = 0.85 \times 85.48 \times 1.08 \left(\frac{\sqrt{722^\circ R}}{22.92 \times 25.5} \right)$$

$$V = 72.5 \times \left(1.08 \sqrt{\frac{722}{535}} \right)$$

$$V = 72.5 \times 1.08 \left(1.23 \right) = 72.5 \times 1.08 \times 1.11 = 86.5 \text{ ft/seg}$$

$$V = 86.5 \text{ ft/seg} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min.}} = 5120 \text{ ft/min.}$$

MÉTODO NORMAS.

$$V = 7.134 \times C \sqrt{\frac{P_a T}{d_n \left(P_b + \frac{P_e}{13.6} \right)}}$$

$$C = 0.85$$

$$P_d = 1.08 \text{ in Hg} = 2.74 \text{ cm Hg.} \Rightarrow 27.4 \text{ mm Hg.}$$

$$T = 265^\circ F = 129^\circ C = 402^\circ K$$

$$d_n = 1.14 \text{ g/lt.} = \text{Por tanto } \text{Kg/m}^3$$

$$P_b = 22.9 \text{ in Hg.} = 580 \text{ mm Hg.}$$

$$P_e = 0.6 \text{ in H}_2\text{O} = 15.4 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$V = 7.134 \times 0.85 \sqrt{\frac{27.4 \cdot 402}{1.14 \cdot 580 + \frac{15.4}{13.6}}} = 6.08 \sqrt{\frac{11000}{666}} = 6.8 \times 4 =$$

$$V = 6.8 \times 4 = 24.32 \text{ m/seg.} = 24.32 \text{ m/seg} \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min.}} = 1459.2 \text{ m/min.}$$

$$V = 4814 \text{ ft/min.}$$

TABLA 2
 CONVERSION DE PV A \sqrt{PV}

<u>Pv</u>	<u>\sqrt{Pv}</u>	<u>Pv</u>	<u>\sqrt{Pv}</u>	<u>Pv</u>	<u>\sqrt{Pv}</u>	<u>Pv</u>	<u>\sqrt{Pv}</u>
0.00	0.00	0.40	0.63	0.80	0.89	1.20	1.10
.01	.10	.41	.64	.81	.90	1.21	1.10
.02	.14	.42	.65	.82	.91	1.22	1.10
.03	.17	.43	.66	.83	.91	1.23	1.11
.04	.20	.44	.67	.84	.92	1.24	1.11
.05	.22	.45	.67	.85	.92	1.25	1.12
.06	.24	.46	.68	.86	.93	1.26	1.12
.07	.26	.47	.69	.87	.93	1.27	1.13
.08	.28	.48	.69	.88	.94	1.28	1.13
.09	.30	.49	.70	.89	.94	1.29	1.14
.10	.32	.50	.71	.90	.95	1.30	1.14
.11	.33	.51	.71	.91	.95	1.31	1.14
.12	.35	.52	.72	.92	.96	1.32	1.15
.13	.36	.53	.73	.93	.96	1.33	1.15
.14	.37	.54	.73	.94	.97	1.34	1.16
.15	.39	.55	.74	.95	.97	1.35	1.16
.16	.40	.56	.75	.96	.98	1.36	1.17
.17	.41	.57	.76	.97	.98	1.37	1.17
.18	.42	.58	.76	.98	.99	1.38	1.17
.19	.44	.59	.77	.99	1.00	1.39	1.18
.20	.45	.60	.77	1.00	1.00	1.40	1.18
.21	.46	.61	.78	1.01	1.00	1.41	1.19
.22	.47	.62	.79	1.02	1.01	1.42	1.19
.23	.48	.63	.79	1.03	1.01	1.43	1.20
.24	.49	.64	.80	1.04	1.02	1.44	1.20
.25	.50	.65	.81	1.05	1.02	1.45	1.20
.26	.51	.66	.81	1.06	1.03	1.46	1.21
.27	.52	.67	.82	1.07	1.03	1.47	1.21
.28	.53	.68	.82	1.08	1.04	1.48	1.22
.29	.54	.69	.83	1.09	1.04	1.49	1.22
.30	.55	.70	.84	1.10	1.05	1.50	1.22
.31	.56	.71	.84	1.11	1.05	1.51	1.23
.32	.57	.72	.85	1.12	1.06	1.52	1.23
.33	.57	.73	.86	1.13	1.06	1.53	1.24
.34	.58	.74	.86	1.14	1.07	1.54	1.24
.35	.59	.75	.87	1.15	1.07	1.55	1.25
.36	.60	.76	.87	1.16	1.08	1.56	1.25
.37	.61	.77	.88	1.17	1.08	1.57	1.25
.38	.62	.78	.88	1.18	1.09	1.58	1.26
.39	.62	.79	.89	1.19	1.09	1.59	1.26

TABLA 2-

CONVERSION DE PV A \sqrt{PV}

P_v	$\sqrt{P_v}$	P_v	$\sqrt{P_v}$	P_v	$\sqrt{P_v}$	P_v	$\sqrt{P_v}$
1.60	1.26	2.00	1.41	2.40	1.55	2.80	1.67
1.61	1.27	2.01	1.42	2.41	1.55		
1.62	1.27	2.02	1.42	2.42	1.56	2.82	1.68
1.63	1.28	2.03	1.42	2.43	1.56		
1.64	1.28	2.04	1.43	2.44	1.56	2.84	1.69
1.65	1.28	2.05	1.43	2.45	1.57		
1.66	1.29	2.06	1.44	2.46	1.57	2.86	1.69
1.67	1.29	2.07	1.44	2.47	1.57		
1.68	1.30	2.08	1.44	2.48	1.57	2.88	1.70
1.69	1.30	2.09	1.45	2.49	1.58		
1.70	1.30	2.10	1.45	2.50	1.58	2.90	1.70
1.71	1.31	2.11	1.45	2.51	1.58		
1.72	1.31	2.12	1.46	2.52	1.59	2.92	1.71
1.73	1.32	2.13	1.46	2.53	1.59		
1.74	1.32	2.14	1.46	2.54	1.59	2.94	1.71
1.75	1.32	2.15	1.47	2.55	1.60		
1.76	1.33	2.16	1.47	2.56	1.60	2.96	1.72
1.77	1.33	2.17	1.47	2.57	1.60		
1.78	1.33	2.18	1.48	2.58	1.61	2.98	1.72
1.79	1.34	2.19	1.48	2.59	1.61		
1.80	1.34	2.20	1.48	2.60	1.61	3.00	1.73
1.81	1.35	2.21	1.49	2.61	1.62		
1.82	1.35	2.22	1.49	2.62	1.62		
1.83	1.35	2.23	1.49	2.63	1.62		
1.84	1.36	2.24	1.50	2.64	1.62		
1.85	1.36	2.25	1.50	2.65	1.63		
1.86	1.36	2.26	1.50	2.66	1.63		
1.87	1.37	2.27	1.51	2.67	1.63		
1.88	1.37	2.28	1.51	2.68	1.64		
1.89	1.37	2.29	1.51	2.69	1.64		
1.90	1.37	2.30	1.52	2.70	1.64		
1.91	1.38	2.31	1.52				
1.92	1.39	2.32	1.52	2.72	1.65		
1.93	1.39	2.33	1.53				
1.94	1.39	2.34	1.53	2.74	1.66		
1.95	1.40	2.35	1.53				
1.96	1.40	2.36	1.54	2.76	1.66		
1.97	1.40	2.37	1.54				
1.98	1.41	2.38	1.54	2.78	1.67		
1.99	1.41	2.39	1.55				

Razones por las cuales se utilizaron unidades en el sistema - Inglés.

- a) Las tablas de equivalencias y gráficas utilizadas se presentan originalmente en sistema inglés, y aunque es posible localizar en traducciones tablas convertidas al sistema métrico, - estas presentan continuamente errores o falta de exactitud - que afectan los resultados de las observaciones realizadas.
- b) Los dispositivos empleados en la medición de parámetros son - casi en su totalidad de procedencia extranjera, por lo que los valores obtenidos vienen dados generalmente en unidades del - sistema inglés.
- c) El convertir cada uno de los valores obtenidos al sistema métrico, y llevar estos a una tabla la cual puede carecer de --- exactitud, nos lleva a resultados poco confiables, además de la mayor cantidad de operaciones en el proceso de cálculo.
- d) Con el fin de poder obtener resultados en el sistema métrico - lo mas recomendable es seguir el procedimiento convencional, - utilizando gráficas y tablas originales, y obtenidos así los - resultados, proceder a la conversión de los valores obtenidos - al sistema métrico, contando así con un valor en las unidades - originales, y otro en el sistema deseado evitando así errores - sistemáticos y sucesivos en conversiones parciales.

DETERMINACION DE EMISION DE PARTICULAS DE FUENTE ESTACIONARIA (ISOCINETICA).

El término Isocinética indica que la velocidad de los gases dentro del sistema de medición, deberá ser igual a la de los gases en el ducto en el punto de succión de la muestra.

En los puntos transversales de muestreo ya determinados, debe calcularse la velocidad así como el volumen que fluye a través del cabezal previamente escogido, - cada volumen debe ser convertido a un volumen equivalente, bajo las condiciones existentes en el tren de muestreo, cada volumen después es convertido a una lectura al rotámetro por medio del uso de una carta de calibración; carta proporcionada por el fabricante del rotámetro, que en algunos casos no se necesita o sea que la lectura es directa.

1.- Aparatos.-

- a) Tubo de succión unido al tubo Pitot
- b) Calentador para el filtro
- c) Condensador con termómetro
- d) Rotámetro para medición del flujo con escala en **litros /hr.**
- e) Medidor de flujo con vacuómetro y termómetro
- f) Bomba de vacío

2.- Procedimiento.-

- a) Armar el tren de muestreo de la fig. 14
- b) Poner la succión dentro del ducto en el 1er. punto
- c) Llenar con los datos siguientes la forma Fig. 11
Velocidad del cabezal en **mm. H₂O**
- d) En tabla 2 determinar y anotar la raíz cuadrada de Δp
- e) Anotar la temperatura en el ducto en **°K.**

3.- Llenar la forma Fig. 15

- a) Calcular la velocidad en el punto 1 de acuerdo a la fórmula III.
- b) Escoger el cabezal adecuado para la succión de la muestra, sin experiencia previa tomar el de $\frac{1}{4}$, calcular el volumen F en el punto 1 a condiciones normales usando las siguientes fórmulas:

Boquilla.-

3/18" Volumen F = 0.0115 V (F _t , H)	-----	VI
1/4" Volumen F = 0.0204 V (F _t , H)	-----	VII
3/8" Volumen F = 0.0461 V (F _t , H)	-----	VIII

en donde:

F = Volumen en el punto 1 m³/hr. a 273°K y 760m m. Hg

V = Velocidad en este punto, de ecuación ----- III

(F_t, H) Factor para convertir flujo de las condiciones del ducto a condiciones normales, calculado en la curva forma Fig. 16, de acuerdo a la temperatura del ducto en K y a la humedad.

c) Para rapidez en los calculos y determinar los volúmenes en los siguientes puntos transversales de muestreo se usa la siguiente fórmula.

Volumen F₂ = Volumen F₁ $\frac{AP_2}{AP_1}$ etc. ----- IX

en donde:

Volumen F₂ = volumen en m³/hr. del punto. 2

Volumen F₁ = volumen en m³/hr del punto 1.

$\sqrt{AP_2}$ Raíz cuadrada de la velocidad en el cabezal en el punto 2 tomado de forma Fig. 11

$\sqrt{AP_1}$ Raíz cuadrada de la velocidad en el cabezal en el punto 1 tomado de forma Fig. 11

d) Determinar la lectura a rotámetro usando la forma Fig. 17 que corresponde a la carta de calibración proporcionada por el fabricante para el rotámetro, anotar en la forma Fig.15 Nota. Algunos rotámetros no necesitan calibración.

- e) Como cada punto transversal de muestreo tendrá una velocidad y un volumen diferente; de acuerdo a la lectura a rotámetro encontrada, trazar para cada punto en la forma F 18 una línea horizontal poniendo en los extremos el número de el punto de que se trate.
- f) Tomar un tiempo determinado entre cada punto, sin experiencia tomar 1 hr. para toda la prueba o sea 5 min. por cada punto.
- g) Estimar el vacío inicial (medido en el vacuómetro de la bomba) sin experiencia previa ajustar a 5.08 cm. de Hg.
- h) Poner los tubos Pitot y de muestreo en el punto 1 y empezar la determinación arrancando la bomba, ajustar el rotámetro a tener una lectura tomada de la forma Hg. 18; de acuerdo a la recta para el punto 1 y con el vacío, trazar una perpendicular en el punto de cruce para obtener la lectura requerida bajo vacío, si el vacío con esta lectura varía, ajustar hasta obtener las condiciones de lectura bajo vacío.
- Al terminar el tiempo determinado para el 1er. punto proceder a poner la succión en el 2º punto, si el sistema de medición no se va a quitar, mover rápidamente a la siguiente posición reajustando el flujo sin parar la bomba, en caso de que se necesite sacar los tubos de succión del ducto, cerrar la válvula sin para la bomba, mover el equipo lo más rápido posible y empezar a contar el tiempo tan pronto se abra la válvula.
- Repetir todo el procedimiento para los puntos restantes.
- Las lecturas se deben tomar al iniciar la medición en cada punto; cada incremento de volumen debe ser convertido a condiciones estandar separadamente.

4.- Cálculos.-

- a) Usar la forma Hg.19 al iniciar la prueba en el punto 1 tomar el tiempo ya sea a partir de 0 min. o con reloj; anotar la lectura inicial del medidor en m^3 . o en litros.

- b) Al término del tiempo de muestreo del punto 1 tomar temperatura del condensador en $^{\circ}\text{K}$ temperatura del medidor en $^{\circ}\text{K}$ y presión de vacío en m m. de Hg ; al pasar el punto 2 tomar la lectura del medidor en m^3 o en litros.
- c) Repetir la operación en todos los puntos de la prueba.
- d) Previamente el filtro usado de fibra de vidrio ha sido pesado, anotando el peso en gramos en la forma Fig.20
- e) De acuerdo a las temperaturas del condensador y del medidor se determina el factor K_1 en tabla 3, mientras menor sea la diferencia de estas temperaturas el factor tenderá a la unidad 0 sea que es conveniente mantener lo mas cercanas estas temperaturas con un adecuado enfriamiento en el condensador.
- f) Calcular la presión del sistema por medio de la presión barométrica, a la cual se le resta la presión de vacío en el medidor con esta presión de vacío y la temperatura en el condensador se determina en tabla 4 el factor K_2
- g) Multiplicando el volúmen en m^3 por los factores K_1 y K_2 se obtiene el volúmen corregido en m^3 en cada punto, se suman estos volúmenes y se obtiene el volúmen total corregido en m^3 , anotando se en la forma Fig. 19

Al mismo tiempo del muestreo es necesario el obtener para los cálculos finales los siguientes datos:

Generación en m.w.

Combustible usado

Consumo de combustible

Densidad del combustible

Poder calorífico del combustible

Análisis de gases por medio de un aparato orsat similar; con objeto de determinar la densidad de los gases de acuerdo a las siguientes fórmulas.

$$M = 0.44 (\%CO \ 13.3)0.32 (\%O \ 4.1)0.28 (\%N \ 82.6) = 30.29 \text{ g/g mol}$$

$$D = \frac{M}{V} = \frac{30.29}{22.4} = 1.352 \text{ g/l} \quad \text{----- X}$$

en donde :

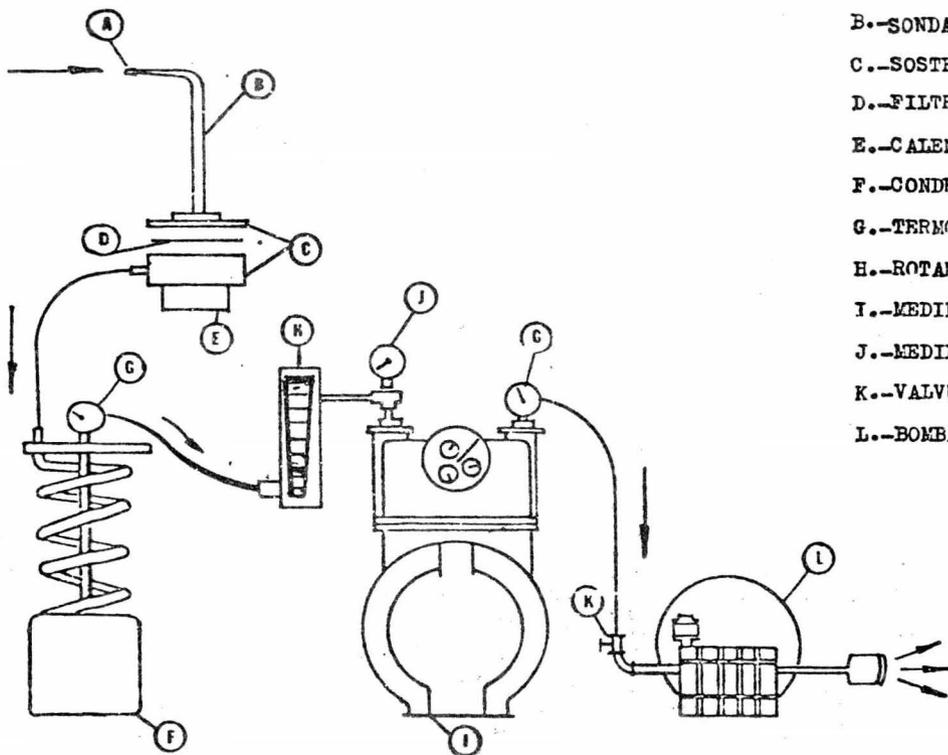
M = Peso molecular g/g mol

V = Volumen molar 22.4 l/g mol

D = g/l

Con los datos obtenidos se procede al cálculo de la carga de cenizas en los gases de acuerdo a las fórmulas dadas en la forma figura 20.

En la figura 11 se muestra el arreglo del tren de muestreo para partículas.



- A.--BOQUILLA
- B.--SONDA DE MUESTREO
- C.--SOSTEN DEL FILTRO
- D.--FILTRO DE PAPEL
- E.--CALENTADOR
- F.--CONDENSADOR
- G.--TERMOMETRO
- H.--ROTAMETRO
- I.--MEDIDOR DE PRUEBAS SECAS
- J.--MEDIDOR DE VACIO
- K.--VALVULA
- L.--BOMBA DE VACIO

APARATO UTILIZADO PARA COLECTAR PARTICULAS EN EL AMBIENTE ATMOSFERICO

LUGAR Planta Valle de MéxicoFECHA 19 de junio de 1973.PRUEBA # 18TEMP BUBBO SECO 115° TEMP BUBBO HUMEDOHUMEDAD 0.02 g H₂O/g de aire seco FACTOR PITOT = 0.85

$$V_i = 4005 \times F_p \times \sqrt{\Delta P_i} \times \sqrt{\frac{0.035}{D}} = \text{m}^3/\text{min}$$

$$V_i = 4005 \times \frac{0.85}{\text{FACTOR PITOT}} \times 0.76 \times \frac{1.35}{3.28} = 1063 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\text{VOLUMEN } F_1 = \text{CONSTANTE} \times V_i \times (F_{T+H})$$

. BOQUILLA FIG. F-6

$$\phi \text{ BOQUILLA} = \frac{3}{8}''$$

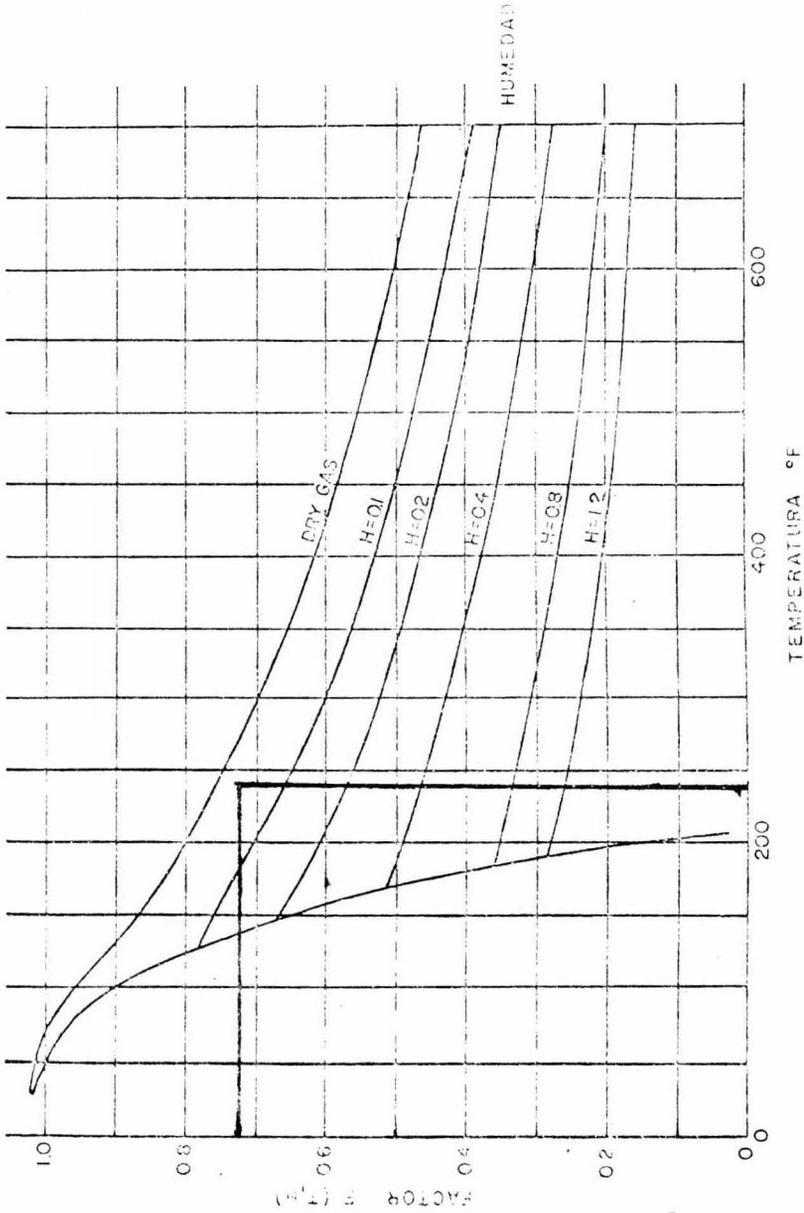
$$\text{CTE} = 0.0043 \text{ m}^2$$

$$\text{VOLUMEN } F_2 = 0.0043 \times 1063 \times 0.72 = 3.28 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

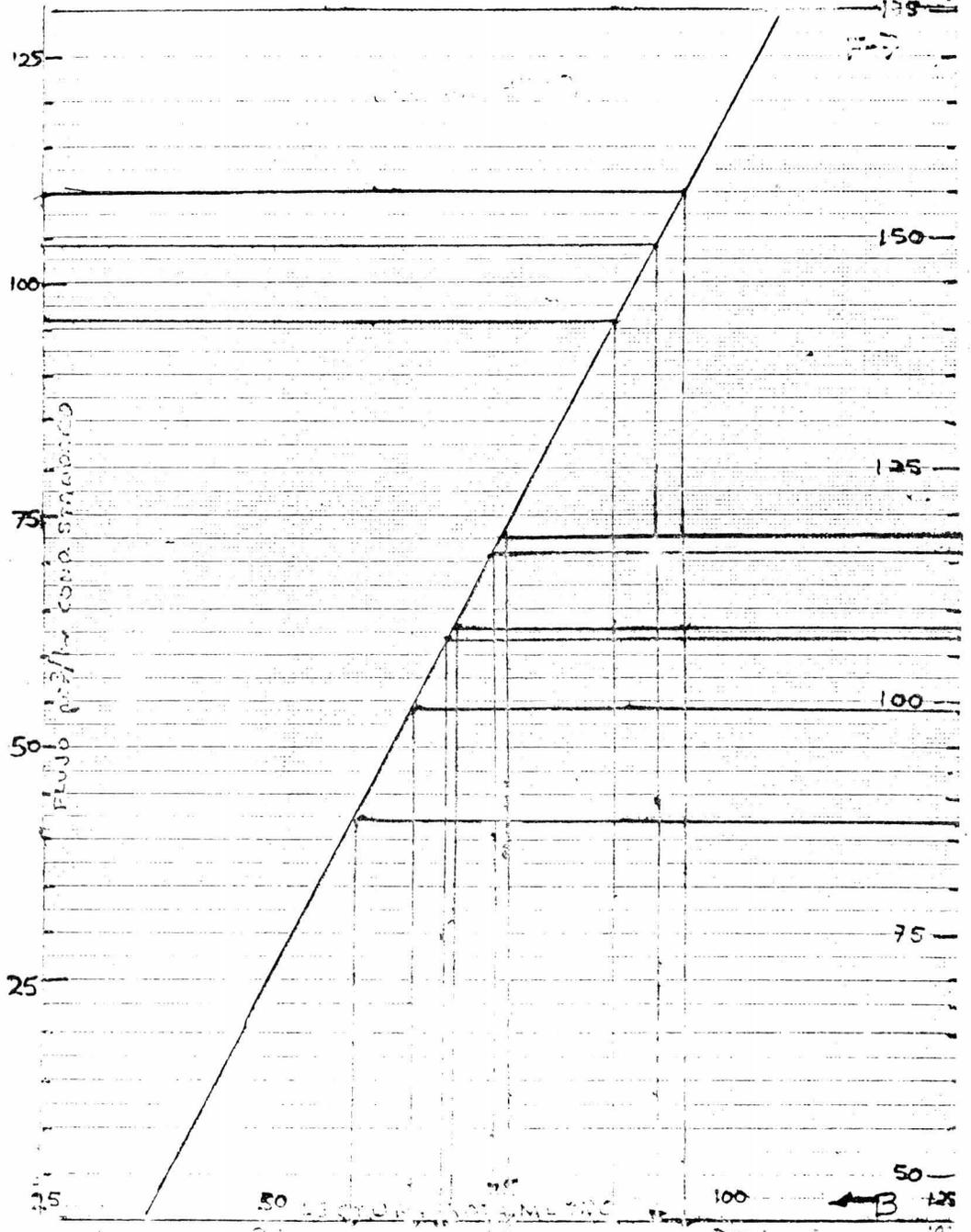
$$\text{VOLUMEN } F_2 = \text{VOLUMEN } F_1 \times \frac{\sqrt{\Delta P_2}}{\sqrt{\Delta P_1}} \text{ etc.}$$

PUNTO #	VOLUMEN F. 1/hr	F-2 LECTURA A ROTAMETRO	PUNTO #	VOLUMEN F. 1/hr	F-2 LECTURA A ROTAMETRO
1	3302	2094		3302	2094
2	3056	1966		3113	1981
3	2462	1635		2716	1896
4	3319	1151		3302	2094
5	3169	1918		3169	1918
6	2801	1839		2943	1910

FACTOR PARA CONVERTIR CONDICIONES DEL
DUCTO A CONDICIONES NORMALES

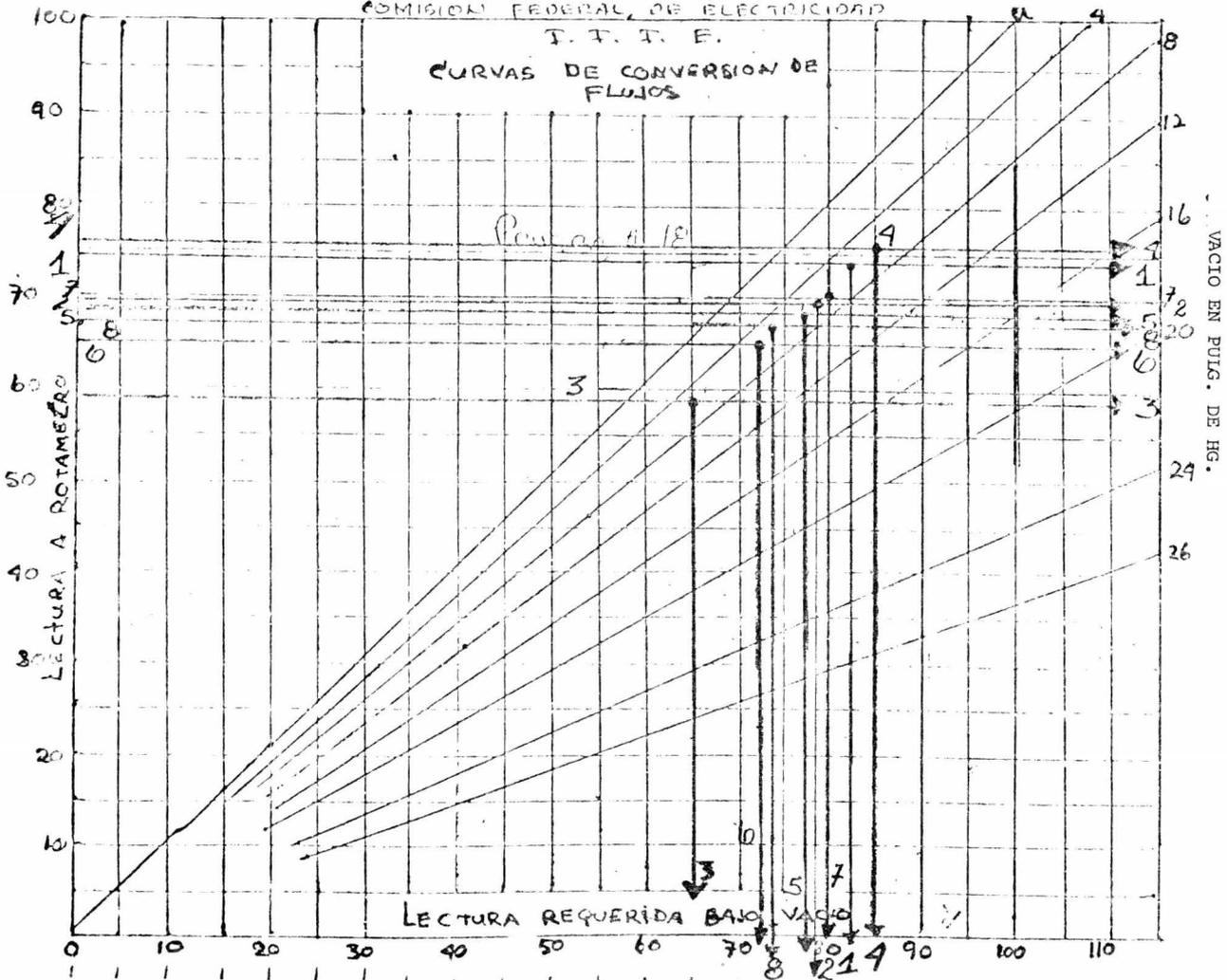


F 17 51



T. T. T. F.

CURVAS DE CONVERSION DE FLUJOS



LUGAR Planta Valle de México

FECHA 13 de junio de 1973

PRUEBA No. 18

OBSERVACIONES:

Pa. PRECISION BANCAL INCAPI 584 M.Hg.

Psa. PRECISION SISTEMA M.Hg.

Pa. PRECISION MEDIDOR M.Hg.

Psa. Psa - Pa

TABLA 3

TABLA 4

Punto No	TIEMPO	LECTURA MEDIDOR lts.	VOLUMEN litros	TEMPERATURA CORREG.	TEMPERATURA MEDIDOR	TABLA 3		TABLA 4		VOLUMEN MEDIDOR CORREGIDO
						FACTOR K ₁	PRECISION MEDIDOR	PRECISION SISTEMA	FACTOR K ₂	
						CORRECCION POR (T)			CORRECCION POR (P)	
1	0		VOLUMEN REAL							
2	5	322	322	22	25	0.987	166	418	0.530	
3	10	597	275	22	25	0.989	135	449	0.556	
4	15	817	220	22	25	0.989	150	434	0.540	
5	20	1107	290	22	25	0.991	130	454	0.540	
6	25	1367	260	22	25	0.991	128	456	0.563	
7	30	1612	245	22	25	0.991	137	447	0.566	
8	35	1902	290	25	32	0.980	138	446	0.539	
9	40	2162	260	25	32	0.973	128	456	0.553	
10	45	2417	255	28	37	0.971	127	457	0.553	
11	50	2727	310	28	37	0.980	153	431	0.511	
12	55	2967	240	28	37	0.971	130	454	0.542	
	60	3182	215	28	37	0.966	127	457	0.543	
									0.548	1750 lts.

3182 lts. en condiciones reales del medidor.

1750 lts. en condiciones standard.

100

F

10

Lugar Planta Valle de México .

Fecha 19 de junio de 1973.

Prueba 18.

Volumen en condiciones standard. 1750 litros

Peso Final Filtro No. _____ : 2.2330 g.

Peso Inicial Filtro No. _____ : 1.5140 g.

Peso Cenizas _____ : 0.7190 g.

Carga $\frac{0.719 \text{ g.}}{1.750 \text{ m}^3} = 0.412 \text{ g/m}^3$ gas seco.

Carga $0.412 \text{ g/m}^3 \times \frac{359594 \text{ m}^3}{\text{hr.}} = \frac{149000 \text{ g.}}{\text{hr.}}$

Carga $\frac{149000 \text{ g.}}{\text{hr.}} / 194.6 \text{ } 10^6 \text{ Calorias} = 765 \text{ g}/10^6 \text{ Calorias.}$

Generación MW 78.3

Consumo Combustible 19400 Kg./hr.

Calorias $10032/\text{Kg.}$) $19400 \text{ Kg./hr.} \times 10032 \text{ Calorias/Kg.}$ _

$194.6 \text{ } 10^6 \text{ Calorias/hr.}$; $\frac{194.6 \text{ } 10^6 \text{ Calorias/hr.}}{78300 \text{ KW/hr.}} = 2500 \text{ Calorias/KW.}$

TABLA 3

FACTOR PARA EL INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DEL GAS MEDIDO.

K_1

Condenser Temp. °F	<u>INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DEL GAS MEDIDO EN °F</u>									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
20	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.976	0.972	0.968	0.964	0.960
24	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.976	0.972	0.968	0.964	0.960
28	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.976	0.972	0.968	0.964	0.961
32	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.976	0.972	0.969	0.965	0.961
36	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.976	0.973	0.969	0.965	0.961
40	0.996	0.992	0.988	0.984	0.980	0.977	0.973	0.969	0.965	0.962
44	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.973	0.969	0.966	0.962
48	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.973	0.969	0.966	0.962
52	0.996	0.992	0.988	0.985	0.981	0.977	0.973	0.970	0.966	0.962
56	0.996	0.992	0.989	0.985	0.981	0.977	0.974	0.970	0.966	0.963
60	0.996	0.992	0.989	0.985	0.981	0.977	0.974	0.970	0.967	0.963
64	0.996	0.992	0.989	0.985	0.981	0.978	0.974	0.970	0.967	0.963
68	0.996	0.992	0.989	0.985	0.981	0.978	0.974	0.971	0.967	0.964
72	0.996	0.993	0.989	0.985	0.982	0.978	0.974	0.971	0.967	0.964
76	0.996	0.993	0.989	0.985	0.982	0.978	0.975	0.971	0.968	0.964
80	0.996	0.993	0.989	0.985	0.982	0.978	0.975	0.971	0.968	0.964
84	0.996	0.993	0.989	0.986	0.982	0.978	0.975	0.971	0.968	0.965
88	0.996	0.993	0.989	0.986	0.982	0.979	0.975	0.972	0.968	0.965
92	0.996	0.993	0.989	0.986	0.982	0.979	0.975	0.972	0.968	0.965
96	0.996	0.993	0.989	0.986	0.982	0.979	0.975	0.972	0.969	0.965
100	0.996	0.993	0.989	0.986	0.982	0.979	0.976	0.972	0.969	0.966

TABLA 3
 FACTOR PARA EL INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DEL GAS MEDIDO.
 K_1

densidad p.	INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DEL GAS MEDIDO EN °F.									
	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
20	0.956	0.952	0.949	0.945	0.941	0.938	0.934	0.930	0.927	0.923
24	0.957	0.953	0.949	0.945	0.942	0.938	0.934	0.931	0.927	0.924
28	0.957	0.953	0.949	0.946	0.942	0.938	0.935	0.931	0.928	0.924
32	0.957	0.953	0.950	0.946	0.943	0.939	0.935	0.932	0.928	0.925
36	0.959	0.954	0.950	0.947	0.943	0.939	0.936	0.932	0.929	0.925
40	0.958	0.954	0.951	0.947	0.943	0.940	0.936	0.933	0.929	0.926
44	0.959	0.955	0.951	0.947	0.944	0.940	0.937	0.933	0.930	0.926
48	0.959	0.955	0.951	0.948	0.944	0.941	0.937	0.934	0.930	0.927
52	0.959	0.955	0.952	0.948	0.945	0.941	0.938	0.934	0.931	0.928
56	0.959	0.956	0.952	0.949	0.945	0.942	0.938	0.935	0.931	0.928
60	0.959	0.956	0.952	0.949	0.945	0.942	0.939	0.935	0.932	0.929
64	0.960	0.956	0.953	0.949	0.946	0.942	0.939	0.936	0.932	0.929
68	0.960	0.957	0.953	0.950	0.946	0.943	0.940	0.936	0.933	0.930
72	0.960	0.957	0.953	0.950	0.947	0.943	0.940	0.937	0.933	0.930
76	0.961	0.957	0.954	0.950	0.947	0.944	0.940	0.937	0.934	0.931
80	0.961	0.957	0.954	0.951	0.947	0.944	0.941	0.938	0.934	0.931
84	0.961	0.958	0.954	0.951	0.948	0.944	0.941	0.938	0.935	0.931
88	0.961	0.958	0.955	0.951	0.948	0.945	0.942	0.938	0.935	0.932
92	0.962	0.958	0.955	0.952	0.948	0.945	0.942	0.939	0.936	0.932
96	0.962	0.959	0.955	0.952	0.949	0.946	0.942	0.939	0.936	0.932
100	0.962	0.959	0.956	0.952	0.949	0.946	0.943	0.940	0.936	0.932

FACTORES DE CONVERSION DE VOLUMEN
GASES SATURADOS A CONDICIONES NORMALES DE 70° F.

Abs. Press. in Hg OF	15	16	17	18	19	Δ
20	0.550	0.587	0.623	0.660	0.697	37
22	.547	.584	.621	.657	.694	37
24	.544	.581	.618	.654	.691	37
26	.542	.578	.615	.651	.688	37
28	.539	.575	.612	.648	.684	36
30	.536	.573	.609	.645	.681	36
32	.534	.570	.606	.642	.678	36
34	.531	.567	.603	.639	.674	36
36	.528	.564	.600	.635	.671	36
38	.525	.561	.597	.632	.668	36
40	.523	.558	.594	.629	.664	35
42	.520	.555	.590	.626	.661	35
44	.517	.552	.587	.623	.658	35
46	.514	.549	.584	.619	.654	35
48	.511	.546	.581	.616	.651	35
50	.508	.543	.578	.613	.647	35
52	.505	.540	.575	.609	.644	35
54	.502	.537	.571	.606	.640	35
56	.499	.534	.568	.602	.637	35
58	.496	.531	.565	.599	.633	34
60	.493	.527	.561	.595	.629	34
62	.490	.524	.558	.592	.626	34
64	.487	.521	.554	.588	.622	34
66	.483	.517	.551	.584	.618	34
68	.480	.514	.547	.581	.614	34
70	.477	.510	.543	.577	.610	33
72	.473	.506	.540	.573	.606	33
74	.469	.503	.536	.569	.602	33
76	.466	.499	.532	.565	.598	33
78	.462	.495	.528	.561	.594	33
80	.458	.491	.524	.556	.589	33
82	.454	.487	.519	.552	.585	33
84	.450	.483	.515	.548	.580	33
86	.446	.478	.511	.543	.576	33
88	.442	.474	.506	.539	.571	32
90	.437	.469	.502	.534	.566	32
92	.433	.465	.497	.529	.561	32
94	.428	.460	.492	.524	.556	32
96	.423	.455	.487	.519	.551	32
98	.418	.450	.482	.513	.545	32

FACTORES DE CONVERSION DE VOLUMEN. TABLA.....4
 105
 GASES SATURADOS A CONDICIONES NORMALES DE 70°F.

K₂

Abs. Press. in Hg	25	26	27	28	29	Δ
mp. Of						
20	0.919	0.956	0.993	1.030	1.066	37
22	.915	.951	.988	1.025	1.062	37
24	.910	.947	.984	1.020	1.057	37
26	.906	.943	.979	1.016	1.052	37
28	.902	.938	.975	1.011	1.047	36
30	.898	.934	.970	1.006	1.043	36
32	.894	.930	.966	1.002	1.038	36
34	.890	.925	.961	.997	1.033	36
36	.885	.921	.957	.993	1.028	36
38	.881	.917	.952	.988	1.024	36
40	.877	.912	.948	.983	1.019	36
42	.873	.908	.943	.979	1.014	35
44	.869	.904	.939	.974	1.009	35
46	.864	.899	.934	.969	1.004	35
48	.860	.895	.930	.965	1.000	35
50	.856	.891	.925	.960	.995	35
52	.851	.886	.921	.955	.990	35
54	.847	.882	.916	.951	.985	35
56	.843	.877	.911	.946	.980	34
58	.838	.873	.907	.941	.975	34
60	.834	.868	.902	.936	.970	34
62	.829	.863	.897	.931	.965	34
64	.825	.859	.892	.926	.960	34
66	.820	.854	.888	.921	.955	34
68	.815	.849	.883	.916	.950	34
70	.811	.844	.878	.911	.944	33
72	.806	.839	.873	.906	.939	33
74	.801	.834	.867	.901	.934	33
76	.796	.829	.862	.895	.928	33
78	.791	.824	.857	.890	.923	33
80	.786	.819	.852	.884	.917	33
82	.781	.814	.846	.879	.912	33
84	.776	.808	.841	.873	.906	33
86	.770	.803	.835	.868	.900	33
88	.765	.797	.829	.862	.894	32
90	.759	.791	.824	.856	.888	32
92	.753	.786	.818	.850	.882	32
94	.748	.780	.812	.844	.876	32
96	.742	.774	.805	.837	.869	32
98	.736	.767	.799	.831	.863	32

DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂)

1.- Introducción.

Una muestra de gas extraída de un punto de muestreo, es pasada a través de una solución absorbente, la cual después será analizada, El método usado es el del agua oxigenada a un pH 5

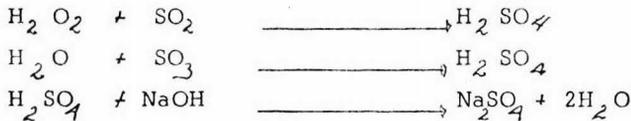
2.- Interferencias.

El método del H₂ O₂ mide todos los gases ácidos, pueden interferir el SO₃, gases como ácido clorhídrico y otros; para esto se usa un indicador para un pH final pH 5 con el cual se excluyen los gases como CO₂ y sulfuros volátiles.

Si SO₃ está presente en el gas al 10 a 20% , se puede reportar como SO₂

Si gases básicos como el Amoníaco se encuentran presentes pueden causar error en los cálculos.

3.- Reacciones.



Este método es conveniente para usarlo en el campo, sólo requiere precauciones de limpieza o el lugar del análisis químico libre de gases etc.

4.- Reactivos.

a.- Mezcla de indicador al 0.1%

Disolver 0.06 g. de bromocresol verde y 0.04 g. de rojo de metilo en 100 ml. de metanol y guardar en botella ambar; el reactivo es estable durante 6 meses.

b.- Solución absorbente de H₂O₂ 0.03N pH 5

Diluir 3.4 ml. de H_2O_2 al 30% a 2 litros de agua destilada; determinar la alcalinidad en una porción de 75 ml., adicionando 3 gotas de la ~~mezcla~~ ^{mezcla} indicadora, agregando HCl. o HNO_3 0.02 N. de una bureta hasta que el indicador se torne rosa pH 5; calcular la cantidad de ácido necesario para ajustar el volumen requerido del absorbente y agregarlo antes de la prueba. La titulación de 75 ml. de solución ajustada no debe gastar más de 2 gotas de ~~Na~~ ^{Na} OH 0.002N al punto de equivalencia del indicador (color verde) la solución es estable en frasco ámbar un mes.

c.- Solución estandar de NaOH.

Primero preparar la solución 1 normal (40. g. a un litro de agua); pipetear 50 ml. de esta solución 0.1 N. de NaOH; de esta solución y de acuerdo a las concentraciones de SO_2 en la muestra, se efectuarán las diluciones adecuadas.

d.- Solución estandar de HCl. 0.02 N o HNO_3 0.02 N.

5.- Aparatos.

a.- El tren de muestreo necesario para la determinación de emisión de partículas.

b.- Absorbedores: Aparatos estandar de 500 ml. de capacidad.

6.- Procedimiento.-

Preparar el tren como lo muestra la fig 21 teniendo el filtro pesado previamente, anotando el peso en la forma Fig.20. como la determinación no es isocinética, la succión puede efectuarse en cualquier parte del ducto, de preferencia en el centro del mismo; a los burbujeadores o absorbedores se les agregan 200 ml. de la solución de H_2O_2 , en un principio se usan 3 burbujeadores con objeto de estar seguros de que todo el SO_2 fué absorbido, las precauciones seguidas para el muestreo de partículas deben ser llevadas para el muestreo del SO_2 , con objeto de -

evitar fugas etc. Se inserta el tubo de succión dentro del ducto y se arranca la bomba, anotando la lectura del medidor en la forma Fig. 19, el flujo será de 850. **litros** al rotámetro, obteniéndose esto por medio de la válvula de la bomba de vacío, vigilar que los burbujeadores estén fuertemente cerrados, el burbujeo debe ser enérgico, aunque sin que la solución salga del burbujeador; es recomendable sin experiencia una corrida de 10 pies³ a través del tren de muestreo; Para convertir volumen en condiciones de medición a condiciones estandar (forma Fig. 19) - tomar lecturas de temperaturas en el condensador y en el medidor, así como presiones de vacío en el medidor y presión barométrica; calculando en igual forma el volumen como en el método de partículas; al término de la prueba, anotar el volúmen y dejar que en los burbujeadores el gas pase hasta que el vacío se abate; des conectar el tren y llevar al Laboratorio los burbujeadores con la solución de H₂O₂

La solución de H₂O₂ de cada burbujeador se analiza por separado, esto es con objeto de obtener el criterio a seguir para el volúmen ideal que se debe muestrear; se debe llegar a usar solo dos burbujeadores, el primero para absorber todo el SO₂ y el segundo para absorber solo SO₂ remanente no más del 10%; después que se ha establecido esto, se pueden combinar las soluciones y analizarse juntos.

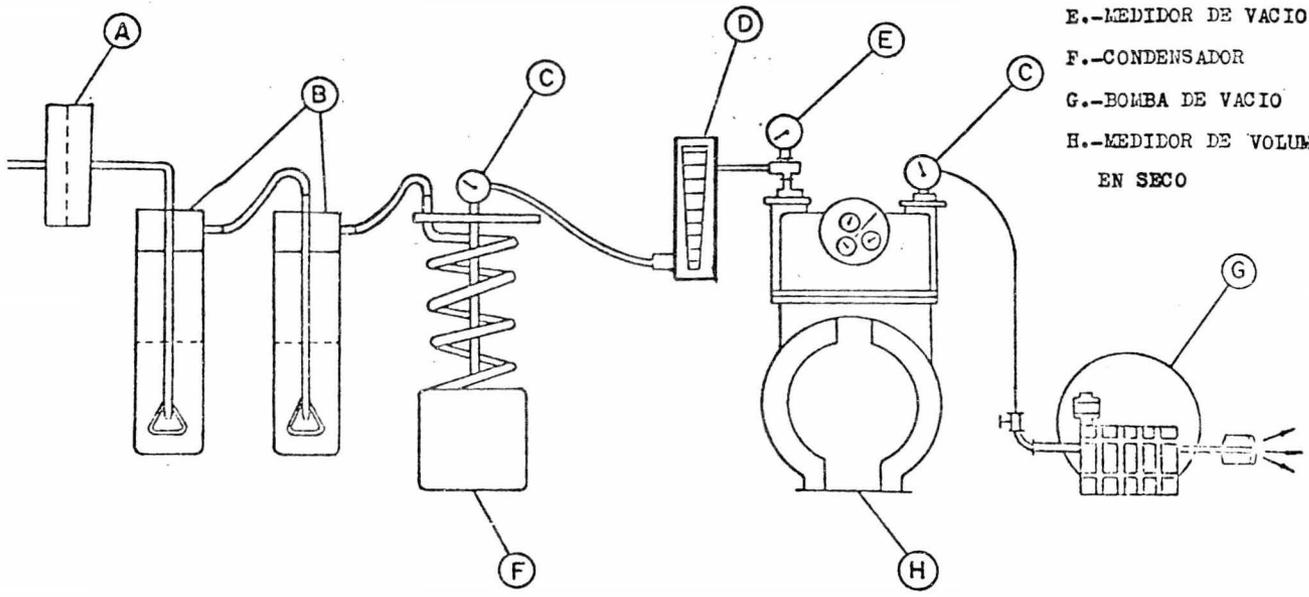
Poner la solución de H₂O₂ dentro de un matraz de 500 ml. o las soluciones combinadas en uno de 800 ml. cuidadosamente limpiar los burbujeadores con agua destilada y los lavados recibirlos en el matraz.

Usar una solución tituladora de NaOH con normalidad adecuada a la concentración llenar una bureta con esta solución y titular el contenido del matraz, agregando a este 3 o 4 gotas del indicador mezcla hasta que la solución **vira de rojo a verde** usar un blanco con la misma cantidad que la muestra de agua destilada.

Anotar la normalidad y el gasto del NaOH en la forma Fig.22

Cálculos.-

Convertir el volúmen de gas muestreado a volúmen de gas en condiciones estandar



- A.-SOSTEN DEL FILTRO
- B.-IMPACTORES
- C.-TERMOMETRO
- D.-ROTAMETRO
- E.-MEDIDOR DE VACIO
- F.-CONDENSADOR
- G.-BOMBA DE VACIO
- H.-MEDIDOR DE VOLUMENES EN SECO

APARATO UTILIZADO PARA MUESTREAR GASES AMBIENTALES

Lugar Planta Valle de MéxicoObservaciones: CALCULO DE DIOXIDOFecha 19 de junio de 1973DE AZUFRE (SO₂)Prueba 18

$$\text{Vol mStd} = V_m \left(\frac{T_{\text{std}}}{T_m} \times \frac{P_b}{P_{\text{std}}} \right)$$

Vm std.-Volumen de gas muestreado a través del medidor de gas seco en condiciones estándar en litros.

Vm.-Volumen de gas muestreado a través del medidor de gas seco en condiciones reales en litros.

T std.-Temperatura absoluta en condiciones estándar a 294°K.

Tm.-Temperatura del medidor del gas seco en °K.

Pb.-Presión barométrica en el medidor de orificio en mm.Hg.

P std.-Presión absoluta en condiciones del medidor de orificio a 760 mm.Hg.

$$C = \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \frac{V_e \times N \times \text{Eq}}{V_m \text{ std}} = \frac{9.3 \times 1 \times 0.032}{110 \text{ litros}} = \frac{2.65}{\text{m}^3} \quad \text{"(1000 l = 1 m}^3\text{)}$$

C.-Concentración en condiciones estándar.

Ve.-Volumen de la solución de NaOH.

N.-Normalidad de la solución de NaOH.

Eq.-Equivalente químico del dióxido de azufre.(SO₂)

$$\text{Carga} = 359594 \text{ m}^3/\text{hr.} = 2.65 \text{ g./m}^3 = 950000 \text{ g./hr.}$$

$$\text{Carga} = \frac{950000 \text{ g./hr.}}{194.6 \times 10^6 \text{ Calorías/hr.}} = 4850 \text{ g./}10^6 \text{ Calorías.}$$

$$\text{ppm SO}_2 = \text{ug SO}_2/\text{m}^3 \times 3.82 \times 10^{-4}$$

El factor 3.82 proviene de dividir el volumen molecular (24.5 litros)
g mol

entre el peso molecular del dióxido de azufre (SO₂) (64.0 P.mol)

Volumen molecular a la presión de 760 mm.Hg., y temperatura de 298°K

Concentración de dióxido de azufre a condiciones normales lb/ft^3 .

$$C_{SO_2} = 7.05 \cdot 10 \frac{\text{lb-l}}{\text{g-ml}} \left(\frac{V_t - V_b \cdot N}{V_{mstd}} \right)$$

7.05 10 factores de conversión incluyendo el número de gramos por gramos equivalentes de dióxido de azufre.

$$32 \text{ g/g eq.} \quad 453.6 \text{ g/lb, y } \frac{1000 \text{ ml/l}}{1 \text{ lb l/g-ml}}$$

V_t = Volumen de solución usada en la titulación de la muestra --- utilizada en ml.

V_b = Volumen de la solución usada en la titulación de el blanco - en ml.

N = Normalidad de la solución utilizada en la titulación.

V_{mstd} = Volumen de el gas muestreador através de el medidor en --- condiciones normales en ft^3

Concentración de NO_x como NO_2 lb/ft^3

$$V_n = 17.71 \frac{R}{\text{in Hg}} \left(V_f - V_a \frac{P_f - P_i}{T_f - T_i} \right)$$

V_n = Volumen de muestreo en condiciones normales en ml.

V_f = Volumen del frasco en ml.

V_a = Volumen de gas absorbido en la solución 25 ml.

P_f = Presión absoluta final del frasco en in Hg.

P_i = Presión absoluta inicial del frasco en in Hg.

T_f = Temperatura final del frasco en $^{\circ}\text{R}$.

T_i = Temperatura inicial del frasco en $^{\circ}\text{R}$.

$$C = \frac{m}{V_n} \frac{\text{lb/ft}^3}{1.6 \cdot 10 \frac{\text{ug}}{\text{ml}}} = 6.2 \cdot 10 \frac{\text{lb/ft}^3}{\text{ug/ml.}} \frac{m}{V_n}$$

Concentración, NO_2

C = Concentración de NO_2 como NO_2 lb/sef.

M = Masa de muestreo de NO_2 en gas de muestreo ug

DETERMINACION DE OXIDOS DE NITROGENO

1.- Introducción.

El método a seguir depende de la concentración de los óxidos de nitrógeno; en -
bajas concentraciones se usa el método del ácido fenoldisulfónico.

El principio del método es el coleccionar una muestra en un matraz evacuado previa -
mente, conteniendo una solución diluida absorbente de ácido sulfúrico - agua -
oxigenada y los óxidos de nitrógeno a excepción de óxido nitroso, son medidos -
después colorimétricamente por medio del método del ácido fenoldisulfónico.

2.- Interferencias.

Nitratos Inorgánicos y Nitritos presentes en el gas interfieren en la exactitud del
resultado; Cloruros y Halógenos así como SO_2 , que se absorbe en el H_2O_2 tam-
bién pueden causar error.

3.- Método.

El método del ácido fenoldisulfónico se basa en absorber la muestra de gas en -
un coleccionador evacuado conteniendo un oxidante absorbente consistente en H_2O_2
en ácido sulfúrico diluido; el ácido nítrico formado de los óxidos de nitrógeno es
usado para nitrar ácido fenoldisulfónico con la formación de un compuesto de co-
lor amarillo este color formado es medido fotométricamente y evaluado por medio
de curvas estándar.

4.- Reactivos.

a) Solución absorbente.

Agregar 2.8 ml. de H_2SO_4 conc. a 1 lt. de agua destilada agitar y mezclar bien,
agregar 6 ml. de H_2O_2 al 3%. Preparar solución nueva cada semana y no exponer

a calor extremo o luz del sol.

b) Solución 1N de NaOH

Disolver 40 g. de NaOH en agua destilada y diluir a un litro

c) Solución preparada de ácido fenoldisulfónico.

d) Solución estándar.

Disolver 0.5495 g. de KNO_3 en agua destilada y diluir a un l para el trazado - de la curva tomar 10 ml. de esta solución y diluir a 100 ml. con agua destilada; - un ml. de esta última solución equivale a 25 g. de NO_2

5.- Procedimiento.

Medir exactamente la capacidad del matraz hasta la válvula de 3 vías anotar en - forma fig. 24. pipetear 25 ml. de la solución absorbente del matraz, poner el ta - pón y la válvula de 3 vías en el cuello de matraz, armar el tren fig.23. poner la - válvula en posición de evacuación, arrancar la bomba y obtener al menos 76.2 mm. de Hg. en el vacuómetro, la solución absorbente empezará a burbujear, cerrar la válvula ponerla en posición de purga con objeto de purgar el gas en la línea, mover la válvula a posición de muestreo y dejar pasar el gas por 15 seg. exacta - mente poner la válvula a posición de purga, apagar la bomba desarmar el tren, - agitar el matraz 5 min. y dejar reposar un mínimo de 16 hrs agitar el contenido durante 2 min. conectar el matraz al manómetro en U para determinar la presión - de vacío dentro del matraz al mismo tiempo anotar la temp. ambiente y la presión - barométrica P -

Pasar el contenido del matraz a un frasco para posterior análisis o a un vaso de - 250 ml. para análisis, enjuagar el matraz dos o tres veces con agua destilada - (10 ml. aproximadamente) y recojer los levados en el vaso o en el frasco: para el blanco usar 25 ml. de solución absorbente y el mismo volumen de agua - -

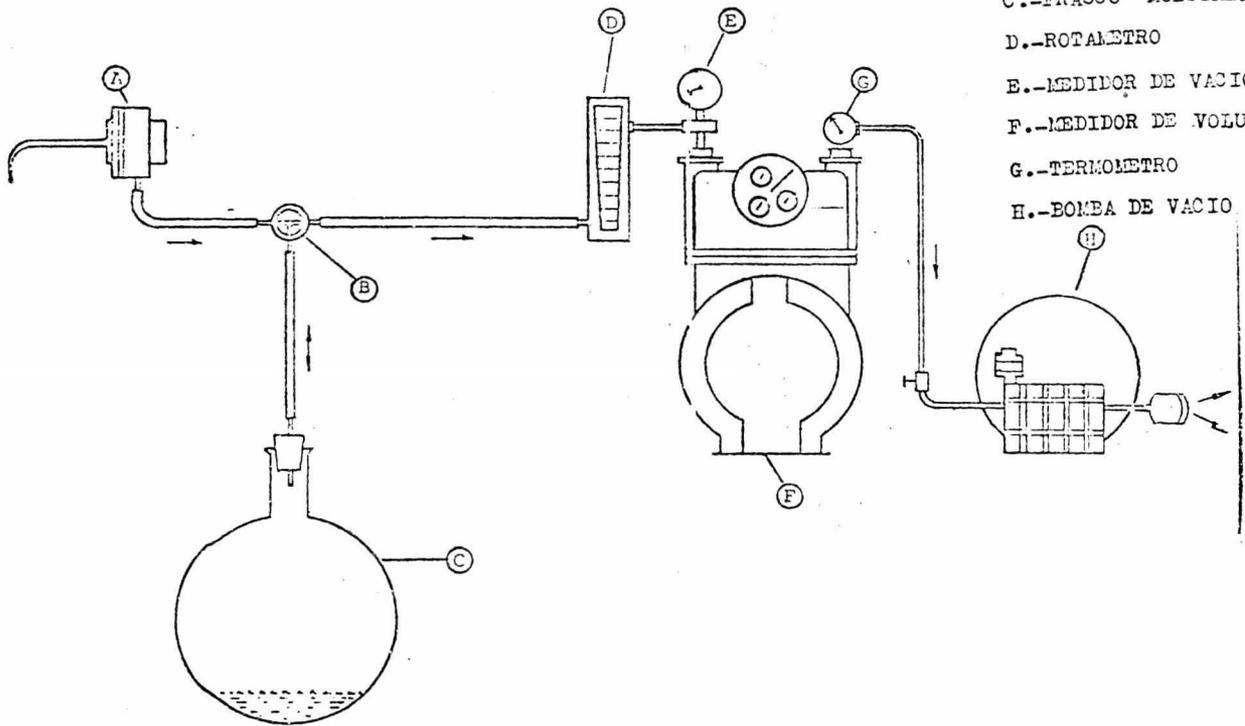
destilada que el usado para enjuagar el matraz, ponerla en frasco para posterior análisis, o a un vaso de 250 ml; agregar NaOH 0.1N en gotas a la muestra y al blanco hasta que se torna alcalina la solución, usando indicador papel litmus Si la muestra está en frasco pasarla a vasos de 250 ml. usando poca agua destilada para enjuagar. Evaporar la solución a sequedad en baño María, enfriar, - agregar 2 ml. de solución ácido fenoldisulfónico, al residuo seco tritarlo fuertemente con un agitador, asegurarse que la solución esté contacto con todo el residuo; agregar 1 ml. de agua destilada y 4 gotas de H_2SO_4 , calentar en baño María la solución por 3 minutos con agitación ocasional, enfriar, agregar 20 ml. de agua destilada, mezclar bien y agitar, agregar NH_4OH concentrado en gotas - con agitación constante hasta que la solución se torne alcalina al papel litmus - (rojo a azul), pasar la solución a un matraz volumétrico de 100 ml. y lavar el vaso 3 veces con porciones de 4 a 5 ml. de agua destilada, diluir a la marca y agitar vigorosamente, si la muestra presenta sólidos, filtrarla a través de papel filtro rápido lavando con agua destilada, transferir cada muestra a la celda y medir las lecturas 420 u. usando la solución blanco como "cero".

6.- Calibración.

Volúmen del matraz; para una buena medición del volúmen ensamblar el matraz - con la válvula de 3 vías y llenar con agua destilada, medir el volúmen de agua.

Espectrofotómetro: Agregar 0 a 16 ml. de solución estandar a una serie de matrazes a cada uno agregarse 25 ml. de solución absorbente y agregar NaOH 1N en gotas hasta ponerse alcalina al papel litmus, continuar con el análisis al igual que se explicó en el punto 5, obtener una gráfica de concentración en $\mu g. NO_x$ - contra absorbancia o transmitancia.

7.- Anotar en fig. 24 la lectura de NO y calcular las concentraciones.



- A.--SOSTEN DEL FILTRO
- B.--LLAVE DE TRES PASOS
- C.--FRASCO MUESTREADOR
- D.--ROTAMETRO
- E.--MEDIDOR DE VACIO
- F.--MEDIDOR DE VOLUMEN EN SECO
- G.--TERMOMETRO
- H.--BOMBA DE VACIO

APARATO UTILIZADO PARA MUESTREAR OXIDOS DE NITROGENO

Lugar Planta Valle de MéxicoFecha 19 de junio de 1973Prueba 20CALCULOS DE OXIDOS DE NITROGENO. (NO₂)Matraz 1Vf = Volumen 2125 mililitrosPb = Presión barométrica 584 mm.Hg.

LECTURAS INICIALES

LECTURAS FINALES

Pi = Presión de vacío 76mm.Hg.Pf Presión final 559 mm.Hg.Ti = Temperatura 316^oK.Tf Temperatura final 307^oK

$$V_{std} = \frac{T_{std}}{P_{std}} (V_f - V_a) \left(\frac{P_f}{T_f} - \frac{P_i}{T_i} \right)$$

$$V_{std} = \frac{273^{\circ}K}{760} (2125 - 25) \left(\frac{559}{307} - \frac{76}{316 K} \right) = \frac{0.57 \times 2100}{760} = 1200 \text{ mililitros}$$

$$C = \frac{M}{V} = \frac{270 \text{ ug}}{1200 \text{ ml.}} = \frac{270 \text{ g}}{1200 \text{ m}^3} = 0.225 \text{ g./m}^3$$

$$\text{Carga} = 359594 \text{ m}^3/\text{hr.} \times \frac{0.225 \text{ g.}}{\text{m}^3} = 80900 \text{ g./hr.}$$

$$\text{ppm} = (\text{ug NO}_2/\text{m}^3) \times 5.32 \times 10^{-4}$$

El factor 5.32 proviene de dividir el volumen molecular (24.5 litros)
 $\frac{\text{g mol}}{\text{g mol}}$

entre el peso molecular del óxido de nitrógeno (NO₂) (46.0 P.mol)

Volumen molecular a la presión de 760 mm.Hg. y temperatura de 298 K

1.-Volumen de gas seco .-Muestreo correcto para el volumen medido en condiciones normales de presión y temperatura.

$$V.m.std.= V_m \left(\frac{T \text{ std.}}{T_m} \right) \left(\frac{P_b + \Delta H/13.6}{P \text{ std.}} \right) = 17.73 \left(\frac{^{\circ}R}{\text{in. Hg.}} \right) \left(\frac{P_b + \Delta H/13.6}{T_m} \right) VM$$

V.m.std.-Volumen del gas muestreado a través del medidor en condiciones estandar en ft^3 .

T std.-Temperatura absoluta en condiciones estandar de $530^{\circ}R$

P std.-Presión absoluta en condiciones estandar de 29.92 in.de Hg.

T_m .-Promedio de temperatura del medidor en grados $^{\circ}R$.

P_b .-Presión barométrica del medidor de orificio en in.de Hg.

ΔH .-Promedio de la caída de presión en el medidor de orificio en in. de H_2O .

13.6 .- Gravedad específica del Hg.

2.-Concentración en miligramos / pies cúbicos .

$$C = \frac{M_n}{V \text{ mstd.}}$$

C.-Concentración de materia de partícula en la chimenea de gas en ml/ft^3 .

M_n .- Suma total de partícula colectada en la chimenea en miligramos.

Nota.-Se utilizaron en las dos fórmulas unidades del sistema inglés.

Estas unidades se pueden sustituir al sistema métrico decimal sin ningun problema.

PLANTA LAGUNA

MUESTREO REALIZADO EN LAS CHIMENEAS

UNIDADES	CENIZAS		OXIDOS DE AZUFRE		OXIDOS DE NITROGENO	
	$\frac{\text{GRAMOS}}{\text{METRO}^3}$	$\frac{\text{GRAMOS}}{10^6 \text{ CAL.}}$	$\frac{\text{GRAMOS}}{\text{METRO}^3}$	$\frac{\text{GRAMOS}}{10^6 \text{ CAL.}}$	$\frac{\text{GRAMOS}}{\text{METRO}^3}$	$\frac{\text{GRAMOS}}{10^6 \text{ CAL.}}$
1.-	2.30	4150	4.16	9150	0.280	566
	1.06	2110	3.83	7720		
	1.16	2335			VELOCIDAD	
	1.50	3280				
	0.29	588			13.9 MTS/SEG.	
	0.23	463				
2.-	0.785	1075	0.410	584	0.266	376
	0.515	715	6.01	9469	0.399	605
	0.255	435	5.15	8210		
	0.470	653	4.35	7880	VELOCIDAD	
	0.680	9603	4.41	6730		
	0.309	486	4.32	6640	9.1 MTS/SEG.	
	0.584	893				
3.-	0.0756	141.6	0.012	45.8	0.207	416
	0.0470	94.5	0.018	41.6	0.259	482
	1.5100	2790.0	5.04	9360.0		
	1.2900	2390.0	4.93	9160.0	VELOCIDAD	
				16.2 MTS/SEG.		
4.-	0.352	775	4.34	97.50	0.444	1000
					VELOCIDAD	
				21.9 MTS/SEG.		

PLANTA VALLE DE MEXICO

1.-	0.338	558	2.24	3910	0.161	286
	0.252	534				
	0.237	511				
2.-	0.693	1298	4.21	7208	0.210	386
	0.453	1045	3.85	7611		
	0.416	821	2.66	4930		
	0.310	762				
	0.224	416				
3.-	0.350	523	3.35		0.192	

CALDERAS

PLANTA Y DIVISIONES	UNIDAD	Q) - No	B) - TIPO		C) - POTENCIA TON./HR.	D) - DEMANDA MAXIMA	E) - TIPO DE QUEMA	F) - TIPO DE ATOMIZACION	G) - PRECALENAMIENTO DE AIRE	H) - EQUIPO DE CONTROL	I) - SISTEMA DE MANTE-NIMIENTO	J) - TIPO DE BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO	K) - DIAS/AÑO DE OPERACION HORAL	L) - DEMANDA NOMINAL	M) - TIPO DE MANTENIMIENTO	
			TIPO	DE												
CENTRO Celaya	2	3	79.4	Vapor	79.4					Hagan		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				
			501.5	tecnicar												501.5
	Salamanca	1	2	11.5	Vapor	30.0	63.				Hagan		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO			
				43.1												
		2	3	471.2	Vapor	501.5	1,150.				Neumát.		PREVENTIVO PROGRAMADO			
	TAXTAPANTECO Valle de México	2	3	501.5	tecnicar	501.5					Neumát.		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO			
43.1																
3										Bailey		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				
CENTRO - ORIENTE Puebla	1	2	48.1	VER INCISO 6	77.3	131.				Neumát.		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				
			77.3													
	3			77.3						Hagan		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				
ORIENTE Poza Rica	1	2	155.0	VER INCISO 6	155.0	335.				Electra		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				
			155.0													
	3			155.0						Siemens		BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO				

4 A 5 MESES

TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO DIAS

BALANCEADO FORZADO E INDUCIDO

PREVENTIVO PROGRAMADO

REGENERATIVO

POR VAPOR

VER INCISO 6

TUBOS DE AGUA OPERACION AUTOMATICA

_CHIMENEAS. _____

DIVISION PLANTA	TIPO	UNIDAD *	ENTRADA EN OPERACION	GENERACION MEDIA MENSUAL KWH	NUM.	CHIMENEAS		
						ORIGEN	DIAMETRO (m.)	ALTURA (m)
IXTAPANTONGO Valle Mexico	T	1	IV/63 XII/70 XII/70	150X10 ⁶	3	Piso	4.	42.
		2						
		3						
CENTRO ORIENTE Puebla, Pue.	T	1	IX/48 VT71/58 IX/58	25.X10 ⁶	2	"	1.51 3.	30.7 40.
		2						
		3						
ORIENTE Dos Bocas	T	1	VII/54 VIII/58	12X10 ⁶	2	"	2.40	35.
		2						
Poza Rica (Manantiales)	T	1	II/63 IV/63 VI/63	66.9X10 ⁶	3	"	3.	60.
		2						
		3						
CENTRO SUR,								

* T... Term. de Vapor
D... Diesel
TG... Turbogas

-COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

PLANTA	*	UNIDAD	** CONSUMO MENSUAL PROMEDIO	DIVISION	
				b	c
				CONSUMO MAX. DIARIO	FORMA DE PRECALEN.
CENTRO.					
Celaya.	T(P) T(G)	7,342.600 220.800	367.100 430.000	Vapor —	
S.L.P.	T(P)	4,329.700	165.600	Vapor	
Matehuala	D(P)	1,452.480	72.624	Agua y Vapor (Calentadores).	
Salamanca	T(P)	48,000.000	1,800.000	"	
Tecomán	D	64.440	21.264	No se cal	
Colima, Col.	D	19.551	23.712	No se cal	
Manzanillo	D	53.360	21.864	" " "	
IXTAPANTONGO					
V. de México.	T(P) T(G)	32,047.000 38,909.000	1,175.100 1,426.700	Vapor —	

* T(G) = Termoeléctrica-Gas
 T(P) = Termoeléct-Combust.
 D = Diesel
 D(P) = Diesel/Combustóleo
 ** El consumo está expresado en miles de lts. (combustóleo) y miles de m.³ (gas).

COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a)... CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:	G A S E S				
	<i>Delicias</i>	<i>Río Bravo Tamps.</i>	<i>Monterrey</i>	<i>Minatillán y México</i>	<i>Poza Rica</i>
Procedencia					
Mol. %					
C ₁ (Metano)	95.625	94.12	95.626	93.52	90.00
C ₂ (Eetano)	3.911	3.19	3.911	5.85	8.00
C ₃ (Propano)	0.271	1.07	0.271	0.618	1.80
IC ₄ (IsoButano)	0.000275	0.98	0.000275	.00716	0.10
IC ₅ (IsoPentano)		0.43		0.000032	0.10
C ₆ (Hexano)		0.24			
N ₂	0.16585		0.16585		
CO ₂	0.01485	0.01	0.01485		
H ₂ S	0		0	0	0
Humedad (ppm)	7		7	7	7
Poder Calorífico a 20° y 760 mmHg. (Kcal/m ³)	9240	9780	9240	9300	9650
Peso Mol.	16.64		16.64	17.00	18.56
Densidad (Aire = 1)	0.574	0.609	0.574	0.59	0.615

COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a)._ CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:

G A S E S

Procedencia	<i>Plantas que Reciben</i>	% C	% H ₂	% CO ₂
CD. PEMEX	<i>Dos Bocas</i>	75.603	24.397	-
	<i>Valle de México</i>			
	<i>Villahermosa</i>			
	<i>Poza Rica</i>			
REYNOSA, TAMPS.	<i>Chihuahua</i>	75.166	24.808	0.026
	<i>La Laguna</i>			
	<i>Río Bravo</i>			
	<i>San Jerónimo</i>			
	<i>Monterrey</i>			

_ COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a.)_ CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:	<u>C O M B U S T O L E O</u>				
	<u>200"</u>	<u>200"</u>	<u>200"</u>	<u>300"</u>	<u>300"</u>
Procedencia (Refinería)	(4)	(5)	(1)	(5)	(2)
Poder calorífico (Cal/Kg)	10,100	10,200	9,946	10,200	10,200
Densidad relativa, a 20°C	0.975	0.980	1.0296	0.980	0.973
Temperatura de inflamación, °C	70	80	- o -	80	95
Viscosidad S.U. a 50° C	150	190	204	280	250
Sedimento y agua, % volumen	Trazas	0.2	0.8	0.4	0.2
Residuo de carbón	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
C, % peso	- o -	83.05	85.24	83.05	82.42
H, "	- o -	12.40	11.62	12.40	10.77
O, "	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
N, "	- o -	1.25	1.69	1.25	4.16
S, "	2.8	3.5	1.76	3.5	2.5
Ceniza, % peso	- o -	0.05	0.059	0.05	0.02

(1) Importación (2) Minatitlán (3) Salamanca (4) 18 de Marzo (5) Cd. Madero.

COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a)._ CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:	<u>C O M B U S T O L E O</u>					
	<u>300"</u>	<u>350"</u>	<u>500"</u>	<u>550"</u>	<u>550"</u>	<u>550"</u>
Procedencia (Refinería)	(1)	(2)	(3)	(4)	(2)	(3)
Poder calorífico (Cal/Kg)	9,831.2	10,098	9,965	10,000	10,200	10,050
Densidad relativa , a 20°C	1.177	0.9762	0.979	0.980	0.980	0.885
Temperatura de inflamación, °C	- o -	- o -	- o -	68	100	95
Viscosidad	312	362	493	450	430	485
Sedimento y agua , % volumen	- o -	- o -	- o -	0.1	0.2	0.3
Residuo de carbón	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
C, % peso	86.9	83.0	84.0		82.4	82.1
H, "	12.6	10.1	12.0		10.77	10.84
O, "	1.72	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
N, "	- o -	3.5	3.63	- o -	4.16	3.63
S, "	1.85	2.3	3.11	3.0	2.7	3.0
Ceniza, % peso	0.05	0.027	0.045	- o -	0.02	- o -

(1) Importación (2) Minatitlán (3) Salamanca (4) 18 de Marzo

_ COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a). _ CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:	DIESEL		NACIONAL	
	Atzacapozalco	Tampico	Minatitlan	Salamanca
Procedencia (Refinería)				
Poder calorífico (Cal/Kg)	10,900	10,750	10,700	10,900
Densidad relativa, a 20°C	0.840	0.865	0.850	0.840
Temperatura de inflamación, °C	80	75	90	85
Viscosidad S.U. a 37.8°C	40	40	40	40
Sedimento y agua, % volumen	T R A Z A S			
Residuo de carbón	-	CERO	CERO	-
C, % peso	-	-	-	-
H, "	-	-	-	-
O, "	-	-	-	-
N, "	-	-	-	-
S, "	0.9	1.9	0.8	1.0
Ceniza, % peso	-	CERO	CERO	-

COMBUSTIBLES SOLIDOS: CARBON

COMBUSTIBLES SOLIDOS.- Carbón de Piedra.- Es un combustible natural que se extrae del seno de la tierra y que se ha producido por descomposición de materias vegetales a altas temperaturas y presiones en el curso de los siglos.

Los carbones más importantes son los siguientes, enumerando primero los que han sufrido un proceso menor de transformación y después los carbones más viejos o que han sufrido un proceso mayor de transformación.

La turba, es una madera a medio descomponer, con el siguiente análisis aproximado:

Humedad - - - - -	18%
Materia Volátil - -	52%
Carbón fijo - - - -	29%
Cenizas - - - - -	1%

El poder calorífico es de alrededor de 700 Cal/Kg. (1300 BTU/lb.)

El lignito, es un carbón de color café y de constitución leñosa con el siguiente análisis:

Humedad - - - - -	6%
Materia Volátil - -	43%
Carbón fijo - - - -	43%
Cenizas - - - - -	8%

El poder calorífico es de 3600 Cal/Kg. (6600 BTU/lb.)

El Carbón sub-bituminoso es de apariencia laminar brillante pero se hace opaco y se rompe cuando se pone al sol. El poder calorífico superior es de 6600 Cal/Kg (1200 BTU/lb.) y su análisis aproximado es de:

Humedad - - - - -	12%
Materia Volátil - -	40%
Carbón Fijo - - - -	40%
Cenizas - - - - -	8%

El carbón Bituminoso o Hulla no se desintegra con el tiempo y es la base de carbón más empleada. El poder calorífico superior es de 8400 Cal/Kg. --- (15100 BTU/lb) y su análisis es:

Humedad	—————	4%
Materia volátil	—————	29%
Carbón Fijo	—————	60%
Cenizas	—————	7%

La antracita es un carbón muy duro que cuando se rompe produce pedacitos brillantes. No se emplea como combustible debido a su alto precio, aún cuando su poder calorífico es muy elevado. El análisis aproximado es:

Humedad	—————	2%
Materia volátil	—————	6%
Carbón fijo	—————	87%
Cenizas	—————	5%

COMBUSTIBLES QUE SE UTILIZAN

a) _ CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS (Exclusivamente de los combustibles regulares)

TIPOS DE COMBUTIBLE:	<u>C A R B O N</u>	
	Mina	Rfo Escondido
Procedencia		
Poder calorífico (Cal/Kg)	4,818.00	6,290.00
Densidad relativo, a 20°C	1.45	1.49
Temperatura de inflamación, °C	- o -	- o -
Viscosidad	- o -	- o -
Sedimento y agua, % volumen	3.05	8.47
Residuo de carbón	- o -	- o -
C, % peso	46.90	63.20
H, "	3.45	4.75
O, "	7.33	12.65
N, "	0.87	1.58
S, "	0.68	1.02
Ceniza, % peso	18.95	40.50

129

NOTA: Las características que se presentan son relativas a diferentes muestras extraídas de la Mina y representan los límites superior e inferior de los valores encontrados.

-COLECCION Y ELIMINACION DE BASURAS

DIVISION PLANTA	CANTIDAD DIARIA PROMEDIO	a	b	c
		MÉTODOS DE ELIMINACION	CARACTE- RÍSTICAS DE LOS DESE- CHOS	
CENTRO NORTE				
Calera	20 Kg	□	**	
HUASTECA				
Tampico	10 Kg	□	**	
JALISCO -				
Guadalajara	500 Kg	#	**	
CENTRO				
Celaya	20 Kg	□	**	
Salamanca	250Kg	+	**	
Sa. Luis P.	10 Kg	□	**	
IXTAPAN- TONGO				
v. de Mexico	1 m³	+		

- * RELLENO SANITARIO
- + DEPOSITO ABIERTO
- Δ INCINERACION
- QUEMADO AL AIRE
- ACARREOS A BASURERO MUNICIPAL
- ** madera, basura doméstica, papel, estopa, cartón.
- Se envía a la Planta de Tratamiento de Basura.

CONCLUSIONES .

Los análisis realizados para determinar la emisión de partículas en las chimeneas de las plantas termoeléctricas de vapor, así como la determinación de gases tales como óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, que se están efectuando por parte del sector eléctrico, son con el fin de cuantificar el problema de contaminación ambiental .

Realizando una comparación de acuerdo a la reglamentación tanto nacional como extranjera, se pretende cuantificar el problema, con respecto a dicho sector, a fin de evitar en el presente y en el futuro este drama de la contaminación ambiental. Se está consiguiendo toda la información que contribuya a mejorar la efectividad de las medidas de protección ambiental existente, investigando permanentemente las fuentes internas o externas sobre contaminación ambiental y las medidas de protección. Actualmente se realizan estudios en las distintas plantas, vigilando las diferentes etapas de operación en las calderas, para que operen en óptimas condiciones y se efectue una combustión completa, analizando a la vez los distintos combustibles que pueden ocasionar contaminantes , vigilando en el proceso de combustión , el hogar, quemadores sin sustancias carbonosas, orden y limpieza en general .

En esta forma los operadores de calderas y analizadores, colaboran para efectuar estas operaciones y así corregir las fallas encontradas tanto al operar , como al muestrear y analizar las emisiones de partículas y gases .

También se está seleccionando el equipo necesario para adaptarlo a las necesidades requeridas de contaminantes como ciclones y precipitadores electrostáticos .

A la vez se han hecho varias tablas comparativas de análisis físico-químicos y la cantidad de combustible gastado con respecto a la emisión de partículas . Se están realizando conferencias técnicas sobre las medidas preventivas de contaminación ambiental para diferentes auditorios y distintas funciones internas de la empresa, textos, cuadernos de trabajo, manuales de operación, carteles y campañas de protección ambiental .

En el aspecto económico, las plantas ubicadas cerca de los centros fabriles y urbanos, aún cuando la empresa vea el peligro de contaminación no podrá realizar en corto tiempo un desplazamiento de dichas plantas por que ocasionaría un gasto elevado del traslado, hasta un sitio más apropiado de condiciones meteorológicas y urbanas . La investigación, diseño, operación y evaluación relacionado con la prevención de los contaminantes ocasiona a la empresa un aumento en el kilowatt hora generado a cambio de una mejor protección al usuario .

Toda industria antes de instalarse, debería hacer un estudio de las condiciones de contaminación atmosférica en el lugar elegido y de los productos con que ella contribuirá a aumentarla e iniciar su funcionamiento con un sistema adecuado de control. Especial atención debe prestarse a cualquier combustión, la que debe realizarse con el equipo adecuado y con personal suficientemente entrenado para manejar bien los equipos a su cargo, y conseguir que el combustible que se emplee se quemé en forma integral dentro del hogar, de la caldera y que por la chimenea salga solamente el anhídrido carbónico de la combustión.

Todo industrial, debe tener presente que el humo que escapa por la chimenea es combustible no quemado, y por tanto, dinero que está tirando sin ningún provecho para él y ocasionando, en cambio, un serio perjuicio al resto de la comuni -

dad. Las autoridades sanitarias deben preocuparse por obtener el apoyo de toda la comunidad mediante una campaña de divulgación que muestre la existencia del problema de la contaminación atmosférica y que el humo puede y debe ser evitado. Para ello es necesario la colaboración de todos y cada uno de los habitantes de la comunidad. Las amas de casa deben comprender que no es posible incinerar al aire libre la basura y las hojas de su jardín. Deben estar alertas para mantener los equipos de calefacción en buenas condiciones y para denunciar a las industrias o particular que estén contribuyendo al problema. La campaña no puede ni debe ser de tipo policiaco, sino que debe estar encaminada al convencimiento de toda la comunidad de que el aire puro es un derecho de todos ellos y, al mismo tiempo, la responsabilidad de mantenerlo en estas condiciones recae sobre todos sus miembros. En la solución de todo problema de contaminación atmosférica deben colaborar ingenieros, químicos y meteorólogos.

Un programa de estudio y de control puede ser bastante caro y en él deben participar no sólo las autoridades gubernamentales, sino también la industria y todos los que puedan contribuir a una solución adecuada.

B I B L I O G R A F I A

1. Brandt, Allen D. Industrial Health Engineering, John Wiley Sons, Inc., Nueva York, 1947 .
2. Bloomfield, J.J., Methods Employed in the Appraisal and Control of Industrial Health Hazards. Bulletin No. 217. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. , 1934 .
3. Alden, J.L. Design of Industrial Exhaust Systems. The Industrial Exhaust Systems. The Industrial Press, 2nd Ed. Nueva York .
4. Aspectos Químicos en la generación de energía eléctrica F. 1501 . Comisión Federal de Electricidad, México , 1970 .
5. Magill, Molden & Ackley : " Air Pollution Handbook " . McGraw Hill Co. Nueva York., 1956 .
6. U.S. Environmental Protection Agency National Environmental Research Center Division of Atmospheric Surveillance Research Triangle Park , North Carolina, 1971 .
7. Jacobs, Morris B. : " The Chemical Analysis of Air Pollutants " , Interscience Publishers. Nueva York., 1960 .
8. Standard Methods of Test for Oxides of Nitrogen in Gaseous Combustion Products (Phenoldisulfonic Acid Procedure) , In Book of ASTM Standards, Part 23, Philadelphia, Pa. 1968 .
9. Perry, J.H. Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill Book Co. Inc. Nueva York., 1970
10. Methods for Determination of Velocity, Volume , Dust and Mist Content of Gases, Western Precipitation Division of Joy Manufacturing Co., Bulletin WP- 50, Los Angeles, Calif. 1968 .