



T
614.71
L341

LA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

"CONTROL DE LA POLUCION ATMOSFERICA EN UNA PLANTA DE SUL-
FONACION"

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de :

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

EDUARDO LASCANO GOMEZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989



A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. FRANCISCO ROMAY
por su valiosa y desinte-
resada ayuda en la elabo-
ración del presente Infor-
me Técnico.

Al Ing. Jorge Peña E.

Al Ing. Nelson Cevallos.

Al CIMEG por su colabora-
ción y ayuda.

A Jaboneria Nacional.



DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Informe, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



BIBLIOTECA

Eduardo Astolfo Lascano Gomez



Ing. Nelson Cevallos
DECANO



Ing. Francisco Romay N.
DIRECTOR INFORME



Ing. Jorge Peña E.
MIEMBRO TRIBUNAL



INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

1.- PRODUCCION DE ACIDO SULFONICO

2.- CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN EL PROCESO DE SULFONACION

2.1. ANHIDRIDO SULFOROSO

2.2. ANHIDRIDO SULFURICO

3.- CONTROL DE ANHIDRIDO SULFUROSO

3.1. LAVADOR DE SO_2 USANDO SOLUCION DE HIDROXIDO DE SODIO.

4.- CONTROL DE SO_3

4.1. LAVADOR DE SO_3

4.2. PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

RESUMEN

El presente informe técnico trata de enfocar diferentes aspectos relacionados con el control de la polución atmosférica en una planta de producción de ácido sulfónico.

Específicamente se trata de la Planta de Detergentes "DEJA" situada en el KM 25 de la vía a Daule y en la cual trabajo en calidad de Jefe de Ingenieros; por lo tanto, me correspondió conocer con profundidad los problemas relacionados con el funcionamiento de dicha planta, entre los cuales ví la contaminación atmosférica como un serio malestar a corto y lejano plazo en lo relacionado a la salud del personal y al daño en la ecología y sistema circundante a estos tipos de planta.

En el informe por lo tanto se hace necesaria una explicación aunque resumida del proceso de sulfonación ya que es en éste donde se origina el anhídrido sulfúrico y anhídrido sulfuroso, contaminantes gaseosos que deben de ser controlados.

Además es necesario considerar que los procesos tanto de sulfonación como de sulfatación, éste último que no es tratado en este informe, están actualmente en pleno desarrollo en todas partes del mundo, porque gracias a estos procesos se produce la materia prima base para todo tipo de detergentes en polvo y en barra, cremas

limpiadoras, ceras y cosméticos como: pomadas, cremas para la cara, shampoo.

Materia de este informe es también la explicación de manera muy resumida de los problemas y peligros que representan estos anhídridos para la salud humana; también se detalla la forma usual en que son eliminados en la industria por medio de lavadores húmedos que constituyen equipo estandar en este tipo de plantas.

Este informe técnico resume el trabajo práctico que se realizó en esta planta y que consistió en adaptar al proceso un precipitador electrostático en reemplazo al sistema convencional de lavador húmedo indicado anteriormente.

Por último, y como resultado de todo lo anteriormente expuesto se darán las recomendaciones y posibles aplicaciones en la industria orientadas especialmente al control de la polución atmosférica.

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.- Diagrama de bloque del proceso de sulfonación.

Fig. 2.- Reactor (Sulfonador).

Fig. 3.- Lavador.

Fig. 4.- Lavador húmedo.

Fig. 5.- Elementos filtrantes (del filtro # 1).

Fig. 6.- Sistema Precipitador-Lavador-Torre de oxidación

Fig. 7.- Precipitador Electrostático.

CAPITULO I

PRODUCCION DE ACIDO SULFONICO

El ácido sulfónico es la materia prima en la fabricación de todo tipo de detergentes, tanto líquido como polvo o barras, elementos que día a día aumentan en producción y consumo mundial; este ácido se lo puede obtener a partir del ácido sulfúrico o a partir simplemente de la quema del azufre. Este ácido sulfónico tiene una coloración oscura y aspecto viscoso dependiendo de su calidad y concentración. En este caso particularmente vamos a considerar una planta que parte directamente del azufre, por ser ésta la manera más conveniente y económica de obtener el ácido sulfónico y ésta es la llamada planta de sulfonación.

Actualmente existen principalmente dos tipos de sulfonación que son "a cascada" y "a película", teniendo cada una de ellas tecnologías diferentes y el ácido sulfónico de cada una de ellas también tiene ciertas propiedades diferentes, obteniendo un ácido de mejor calidad en la sulfonación a película; sin embargo, en ambos tipos de plantas se producen como resultado de la reacción química que en ella se realizan, gases de SO_3 y SO_2 , que no han reaccionado y que son altamente contaminantes por lo que, hay que controlarlos evitando en lo posible su salida por la chimenea hacia el medio

ambiente.

Es necesario para la comprensión del trabajo final, material principal de éste informe técnico, hacer un resumen del proceso que llega a la producción de estos dos gases contaminantes, como son el anhídrido sulfúrico y el anhídrido sulfuroso. (Figura # 1).

El proceso en las plantas de sulfonación, se inicia fundiendo el azufre que viene en estado sólido en una pileta a una temperatura de 150°C. En esta fundición se precipitan impurezas que trae el azufre principalmente en forma de bitúmenes; por lo que, se hace necesario filtrarlo haciéndolo pasar a través del filtro de malla (pos. 1), de acero inoxidable AISI 316L, para evitar su corrosión dada las cualidades oxidantes del azufre por su facilidad en convertirse en ácido sulfúrico; además esas impurezas causan problemas a los chequeos de las bombas e impiden uniformidad en el producto terminado.

Una vez filtrado y mejorado sus condiciones de pureza este azufre es bombeado a un horno (pos. 2), en el cual se lo quema en medio de una corriente de aire seco que ha sido tratado previamente y secado por completo. Este paso, es sumamente importante y crítico ya que el aire con que se quema el azufre tiene residuos de humedad y va a producir una gran cantidad de ácido sulfúrico que corroe las instalaciones e incide en la calidad del ácido sulfónico producido. Por este motivo, se hace pasar

primeramente el aire por uno de los intercambiadores que están enfriados por un enfriador (pos. 3), para bajar la temperatura del aire a 2°C, y condensar en ese lugar una gran cantidad de humedad. Sin embargo, es necesario hacerle un secado adicional haciendo pasar el aire a través de una torre conteniendo silica gel, material que es sumamente higroscópico, absorbiendo de esa manera cualquier humedad residual y garantizando que el aire que sale de la mencionada torre (pos. 4), sea lo más seco posible.

De ésta manera en el horno de combustión (pos. 2), se produce la quema del azufre en una atmósfera de aire seco, producto del cual la temperatura se eleva alrededor de 700°C, produciéndose de esta mezcla aire-azufre el gas SO₂, respondiendo a la reacción:



El control de la temperatura en el proceso es algo muy importante ya que necesitamos convertir el SO₂ en SO₃, valiéndonos de un catalizador, que en nuestro caso es el pentóxido de vanadio (V₂O₅), el cual trabaja a una temperatura de 430°C. Este es el motivo de colocar a la salida del horno de combustión un intercambiador de calor para que con el aire ambiental se le pueda bajar la temperatura de 700°C a 430°C, para entrar a la torre de catálisis (pos. 6).



En este catalizador se convierte el SO_2 en SO_3 ya que se agrega media molécula de oxígeno. Esta reacción desprende calor por lo que, necesitamos nuevamente enfriar el gas hasta terminar el proceso de conversión. Sin embargo, en este trayecto debido a los vestigios de humedad en la corriente de gas algo se convierte en ácido sulfúrico por lo que, después de la torre de conversión y debido al enfriamiento del gas, se empiezan a precipitar cantidades de ácido sulfúrico (pos. 7), que constituyen residuos líquidos que deben desecharse de la planta ya que caso contrario actúa negativamente en el proceso de sulfonación, dañando la coloración y calidad final del ácido sulfónico.

Los gases que continúan en la corriente pasan a un filtro de SO_3 (pos. 8), donde termina de precipitar cualquier residuo de ácido sulfúrico; por lo que, al salir de este filtro se trasladan hacia los sulfonadores o reactores. Figura #2. En estos reactores se combina el gas SO_3 con otra materia prima llamada dodecilbenceno (DDB), la cual presenta una forma cristalina y aceitosa; esta sustancia reacciona con el SO_3 para formar ácido sulfónico (pos. 9).



En este proceso de sulfonación interviene en la reacción el SO_3 , algo de SO_2 que no se puede convertir a SO_3 en el catalizador, el aire seco y el dodecilbenceno; se produce

entonces una reacción exotérmica, cuya temperatura se la controla por medio de un serpentín de agua de torre de enfriamiento, para que no exceda de 60°C. De todas maneras no toda la corriente de gas con sus diversos elementos entran en la reacción, absorbidos por el DDB por lo que, quedan residuos de gases que hay que eliminarlos, succionándolos por medio de un ventilador de gases "exhaustos" (pos. 10), pasándolos previamente por un lavador húmedo, para tratar de atrapar los residuos de SO₃ convirtiéndolos en ácido sulfúrico y evitar que pasen a la atmósfera. Posteriormente analizaré el problema y las desventajas de este lavador húmedo en la acción de atrapar SO₃ y que fueron el factor fundamental, para colocar en su lugar un precipitador electrostático.

CAPITULO II

CONTAMINANTES PRODUCIDOS EN EL PROCESO DE SULFONACION

2.1. ANHIDRIDO SULFUROSO

Este anhídrido sulfuroso se caracteriza por tener una coloración grisácea y de sabor picante, se forma por la unión de una molécula de azufre con una molécula de oxígeno. En el proceso descrito anteriormente se forma, al quemar azufre en el horno.

Al entrar en contacto con aire húmedo, el SO_2 con una molécula de agua forma ácido sulfuroso que también constituye un tóxico poderoso fácil de identificar y sumamente corrosivo, respondiendo a la reacción química:



La vida del SO_2 en la atmósfera, es relativamente corta, de aproximadamente 4 días ya que las lluvias lo depositan directamente sobre las plantas, también hay oxidación de SO_2 a SO_3 frente a la presencia de partículas metálicas y el SO_3 se convierte fácilmente en SO_4H_2 en presencia de agua.

El anhídrido sulfuroso por ser altamente soluble, es absorbido en los conductos superiores de las vías respiratorias por lo que en concentraciones del orden de 1 PPM produce constricción de las vías respiratorias.



En personas asmáticas produce constricción bronquial en concentraciones de 0.25 a 0.5 PPM. (4).

En cuanto a los efectos sobre la vegetación, podríamos señalar que produce reducción del rendimiento de cosechas y suprime el crecimiento.

2.2. ANHIDRIDO SULFURICO

Estos anhídridos sulfúricos (SO_3), son también vapores de coloración oscura, constituyendo también un tóxico sumamente irritante que puede producir intoxicación aguda o crónica. Este anhídrido se produce en el catalizador de la planta al reaccionar el SO_2 del azufre quemado con el aire seco por medio de la reacción:



La intoxicación crónica produce tos e irritación perenne en la garganta, mientras que la intoxicación aguda se produce principalmente en las personas que trabajan permanentemente en áreas de alta contaminación, produciendo irritación a lo largo de todo el aparato respiratorio agravándose con vómitos.

Este compuesto (SO_3), en contacto con el agua o el aire húmedo forma ácido sulfúrico, que es una sustancia totalmente irritante y corrosiva mediante

la reacción:



Los gases de SO_3 son solubles también en ácido sulfúrico produciendo los llamados óleums, compuestos de altísima toxicidad e irrespirables y son justamente estos óleums los que precipitan y se desalojan después de enfriados al pasar por el catalizador. (1).

Como es fácil deducir, es de imperiosa necesidad tratar de eliminar de la manera más adecuada estos contaminantes que son consecuencia de las reacciones necesarias para la sulfonación, ya que además de salvaguardar la integridad de las personas que laboramos en este tipo de instalaciones y de evitar la contaminación de la flora y fauna circundante, produce economía a las instalaciones con un eficiente control de todos los contaminantes.

Lo últimamente indicado se puede resumir en el hecho de que toda la cubierta de nuestra empresa que la constituyen aproximadamente 3500m^2 de plancha de 0.4 mm galvanizada, así como los paramentos, cerchas y vigas de los siete pisos de construcción de la fábrica son metálicos y los vapores de SO_3 y SO_2 más el ácido sulfúrico formado por el alto grado de humedad relativa de nuestro ambiente y las lluvias en época invernal, hace correr el riesgo de que a

corto plazo se deterioren totalmente las instalaciones y maquinarias, elevándose tremendamente los gastos de mantenimiento preventivo con el uso necesario de pinturas desoxidantes y cambio principalmente en la cubierta; por lo que, todos estos inconvenientes fueron también un factor determinante para la decisión de la adquisición de un precipitador electrostático ya que a pesar de su altísimo costo constituye una fuente de ahorro por los motivos expuestos más el aprovechamiento de los desechos que de él vamos a obtener y que será motivo de un estudio en los próximos capítulos.

CAPITULO III

CONTROL DEL ANHIDRIDO SULFUROSO

3.1. LAVADOR DE SO_2 USANDO SOLUCION DE HIDROXIDO DE SODIO

Para la eliminación del SO_2 existen algunos métodos y principalmente son:

1. Oxidación catalítica del SO_2 y SO_3 recuperando el ácido sulfúrico como producto.
2. Lavado húmedo con cal o piedra caliza produciéndose Sulfito de Calcio.
3. Lavado con álcali sin regeneración produciéndose Salmuera de Sulfito de Sodio.
4. Lavado con álcali con regeneración de cal produciendo Sulfito de Calcio.
5. Lavado con álcali con regeneración térmica, recuperando el SO_2 gaseoso como producto lateral y se produce una Salmuera de Sulfito de Sodio.
6. Lavado con Oxido de Magnesio.
7. Lavado con álcali y regeneración electrodiálisis para recuperar SO_2 gas y una corriente de purga de Salmuera impura.

Ver tabla T2 (2).

En estudios realizados en los años 70, se esperaba que para 1980 se debían eliminar aproximadamente 48 millones de toneladas de SO_2 por medio de plantas de desulfurización de gas de 100 MW de capacidad con el 80% de recuperación y que producirán 300 millones de



BIBLIOTECA

toneladas de Sulfito de Calcio.

En un período de 20 años, esto cubriría 160 millas² (400 KM²) de tierra con una profundidad de 3 metros. Estos lodos contaminantes no se pueden utilizar para rellenar ni sembrar ningún elemento. (2).

En el caso que me ocupa, es decir en nuestra planta, hemos instalado un lavador de SO₂ que consiste en un lavado con solución alcalina y que produce Sulfito de Sodio.

El procedimiento es el siguiente y nos referimos a la figura # 3.

Por medio de medidores de caudal instalados en líneas de alimentación de soda cáustica y agua, mantenemos en el fondo de un recipiente, una solución alcalina para obtener un PH de 8 a 9. (Foto F13-A).

Seguidamente, por medio de una bomba y a una presión de 2.5 Kg/cm², enviamos ésta solución a la parte superior de este lavador, donde por pequeños agujeros, atomizamos ésta solución justamente en el lugar donde entran los gases de SO₂ para que reaccionen con ellos formando Sulfito de Sodio.

Uno de los problemas principales que teníamos inicialmente, es que debido a la ineficiencia del

filtro de SO_3 , pasaban hacia el lavador, gases de SO_3 más partículas de DDB y ácido sulfónico que venían en la corriente succionados por el ventilador de gases exhaustos.

Este problema mencionado anteriormente, daba como resultado la formación de espuma que prácticamente taponeaba el lavador e impedía la salida de los gases hacia la chimenea e inmediatamente producía una presurización de las líneas de gases, teniendo por lo tanto que apagar todas las instalaciones para proceder a la limpieza respectiva con todos los inconvenientes que esto representa y una paralización causa problemas económicos derivados de la corrosión de las instalaciones cuando hay que abrir partes que deben estar completamente libres de aire húmedo.

Cuando todo se desarrolla en condiciones normales, permanentemente había un rebose de sulfito de sodio que se desperdiciaba por no poderlo recuperar en el proceso.

Con la adición del precipitador electrostático, logramos evitar arrastres de partículas y recuperar el sulfito de sodio transformándolo en sulfato de sodio, que es materia prima para la producción de detergentes.

Esta transformación se logra al obtener un PH estable y bombear la solución de sulfito de sodio a una torre de oxidación (foto F-14B), donde pasa de sulfito de sodio a sulfato de sodio.

En nuestro caso, obtenemos a la salida del lavador una solución de sulfito de sodio al 15% en una cantidad aproximada de 137 Kg/hr.

Al entrar en la torre de oxidación donde se le adiciona aire en exceso desde un compresor, se producen 120 Kg/hr de una solución de sulfato de sodio al 10%, lo que representa aproximadamente 3500 Kg/mes de Sulfato de Sodio al 10% que se recupera para el proceso de fabricación de detergentes.

Si consideramos que el kilo de Sulfato de Sodio tiene un costo actual de 100 sucres, toda esta recuperación, dá un ahorro aproximado de 350.000 sucres mensuales que se logran gracias al precipitador electrostático.

CAPITULO IV
CONTROL DE SO₃

4.1. LAVADOR DE SO₃

En la mayor cantidad de plantas que como desecho producen SO₃, como son también las plantas para producción de ácido sulfúrico, se utiliza un tipo de lavador húmedo encargado de atrapar el SO₃ haciéndolo reaccionar con agua y produciendo por lo tanto, como resultado de esta reacción ácido sulfúrico el cual es desechado por la parte inferior del mencionado lavador.

Para mayor comprensión del sistema, podemos decir que al lavador entra una corriente de gases "exhaustos", que contiene gases de SO₃ y de SO₂ en cantidades variables y que han sido sobrantes de las reacciones ocurridas en los sulfonadores; estos gases entran por la parte lateral del lavador (ver figura # 4 y foto F13-B), y cruza los elementos constituidos por lana de vidrio (pos. 1), para salir por la parte superior succionados por un ventilador (pos.2), habiendo tenido que pasar por una nube de agua atomizada, actuando la reacción:



El ácido sulfúrico en variable concentración (dependiendo de la cantidad de agua atomizada), se

desecha como residuo por el tubo inferior hacia el desague (pos. 3).

Este tipo de lavador fue precisamente el que vino con nuestra instalación como equipo estandar y si bien es cierto que tiene un costo "relativamente bajo", no presta la seguridad de atrapar todo el SO_3 , por lo que este gas sigue viajando en la corriente hacia la chimenea y por lo tanto a la atmósfera, produciendo los efectos negativos mencionados en el capítulo dos.

Por otro lado el ácido sulfúrico eliminado constituye otro problema adicional ya que hay que evacuarlo de la planta de alguna manera y la más elemental es neutralizándolo por supuesto con alguna sustancia alcalina, como la soda caústica o hidróxido de sodio.

Es fácil concluir en que al tener que usar hidróxido de sodio para neutralizar un desecho de la planta, representa un costo que no se revierte en ningún momento como beneficio para la empresa, y es éste otro rubro económico que pesó en la decisión de cambiar el sistema estandar por el precipitador electrostático.

4.2. PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

En estos tiempos de avance de la tecnología

necesaria para el desarrollo de la vida moderna, se producen cada vez más desechos industriales que contaminan el ambiente y causan gravísimos problemas a la ecología y al bienestar social. Esto ha llevado a la necesidad de implementar sistemas diversos para eliminar esa polución como los lavadores húmedos, filtros de mangas, ciclones y precipitadores electrostáticos.

Los precipitadores electrostáticos (Ver fotos F8, F9, F10, F11 y F12), tuvieron su fase inicial como aplicación a la precipitación de partículas, muy aplicado en las fábricas de cemento, que evitan la salida de polvos a la atmósfera por este medio, logrando recuperar grandes cantidades de polvos de cemento que se reprocessan.

En el caso de nuestra planta, se vió la necesidad de mejorar el lavador húmedo de la figura # 4 y foto F13-B, y se hicieron los contactos necesarios para ubicar un percipitador electrostático que funcionara para gases de SO_2 , objetivo que después de múltiples consultas se logró ubicar.

Por motivos de diseño, inicialmente tuvo que modificarse las dimensiones del precipitador para poderlo adaptar en el lugar ocupado por el lavador de la figura # 4.

Sin embargo, hubo que hacer los trabajos respectivos de modificación de las bases que servirían de soporte a este precipitador cuyo peso y dimensiones eran superiores al anterior.

Una vez obviados estos problemas se procedió al montaje del precipitador tratando de coordinar las labores de tal manera que no interfirieran en el desarrollo de la producción.

FUNCIONAMIENTO

La base fundamental para el funcionamiento de un precipitador electrostático, consiste en producir una zona de alto voltaje para producir un campo magnético que ioniza las partículas sólidas o líquidas.

Los gases exhaustos entran en el precipitador por su parte inferior y son succionados por el ventilador de gases compuestos por SO_3 y SO_2 más partículas de sulfónico, pasan a través de electrodos conductores de un voltaje variable de 50.000 a 100.000 voltios.

La precipitación electrostática consiste en que partículas suspendidas en un campo de alto voltaje reciben una carga eléctrica moviéndose hacia uno u otro electrodo entre los cuales se ha establecido un campo eléctrico.

Si uno de los electrodos es un tubo o una placa

plana y el otro un alambre axialmente suspendido en el centro del tubo, el campo es más fuerte alrededor del alambre y más cerca de la superficie del tubo.

Una tabla de las aplicaciones de los precipitadores electrostáticos podemos ver en la tabla T1 (2).

Las temperaturas óptimas para el precipitador electrostático fluctúan entre los 176°C y 260°C porque manteniendo las temperaturas por encima del punto de condensación de SO_3 se puede evitar la corrosión.

Por este motivo, al precipitador, le hemos agregado una tubería de aire caliente con la finalidad de evitar la condensación y por ende el rápido deterioro de los electrodos.

Este agregado de aire caliente, se lo introduce por medio de un ventilador centrífugo que envía aire a través de un radiador de vapor, lo que hace que la temperatura del aire se eleve a aproximadamente 80°C.

Este aire va directamente a los electrodos donde están los aisladores y a parte de la carcasa.

La fuente de voltaje y equipo más importante, lo constituye un transformador monofásico que eleva el voltaje de 220 a un rango de 50.000 a 100.000

voltios.

Dependiendo de la mayor o menor concentración de gases en el precipitador debido a ciertas variaciones del proceso, hay que hacer los ajustes en el voltaje; es decir, a poco caudal de gas a través del precipitador, se necesitará voltaje más bajo, en cambio al subir la concentración de gases, deberá subirse el voltaje por medio de un potenciómetro instalado en el cuadro eléctrico.

Sin embargo, con el tiempo se producen condensaciones y suciedades que hacen que el voltaje no llegue correctamente a los electrodos ya que hace "puente" y se va a tierra; de todas formas permanentemente está saliendo por la parte inferior del precipitador electrostático una materia espesa y ácida que por su poquísima cantidad no representa un problema en el proceso.

Por este motivo es necesario realizar mantenimientos periódicos ya que inclusive se producen roturas en los electrodos que ponen a tierra el sistema por lo que dentro del mantenimiento, hay que considerar el recambio de los aisladores donde llega el alto voltaje.

En la figura # 6 podemos ver el sistema Precipitador-Lavador-Torre de Oxidación.

En el caso del precipitador que nos ocupa, y refiriéndonos a la figura # 7, está formado por una placa superior (pos. 1) de donde están suspendidos 36 electrodos de acero inoxidable y dicha placa está energizada por una barra que viene directamente del transformador (pos. 2).

Esta placa está soportada sobre 4 aisladores de cerámica sobre otra placa (pos. 3) que contiene 36 tubos verticales y que está soldada al cuerpo del precipitador que a su vez está conectado a tierra por medio de una barra de cobre.

Los electrodos que van concéntricos a cada tubo, están sometidos al peso de otra plancha inferior que los temple (pos. 5) para que los electrodos no se doblen cortocircuitando el sistema. Esta placa a su vez está aislada de la carcasa del precipitador por medio de aisladores de teflón. (pos. 6).

De esta manera existe alto voltaje en los electrodos y al pasar por ellos la corriente de gases conteniendo SO_3 y SO_2 , ioniza al SO_3 y partículas de DDB haciéndolas precipitar al fondo y por lo tanto descargarse al desagüe. De esta manera, solamente el SO_2 continúa en la corriente hacia el lavador.

BALANCE DE MASA

La planta produce 1000 Kg/hr de ácido sulfónico entrando al proceso 1680 Kg de aire, 108 Kg de azufre y 731 Kgs de dodecibenceno, estos viajan a la torre de conversión o catalizador donde medimos una conversión del 95% con unas concentraciones de 6.7 a 7.5 % de SO_2 en la corriente de aire a la entrada del convertidor.

Salen del convertidor 241 Kgs de SO_3 , 10 Kgs de SO_2 y 1530 Kgs de aire exhausto; a la salida de los sulfonadores se producen realmente 936 Kgs de ácido sulfónico, 14 Kgs de ácido sulfúrico y un no sulfonado de 25 Kgs.

Al precipitador electrostático le entran por lo tanto 1530 Kgs de aire exhausto, 10 Kgs de SO_2 no convertidos y 0.5 Kgs de SO_3 que no ha reaccionado con el DDB y una mezcla de DDB con ácido sulfónico de 1 Kg.

Al lavador de soda le entran 10 Kg de SO_2 no convertido, 1530 Kgs de aire exhausto, 180 Kgs de agua y 10 Kgs de una solución de Hidroxido de Sodio al 49.7 % de concentración.

A la salida del lavador se obtiene una solución de Sulfito de Sodio al 15% en un peso de 137 Kgs y 1370 Kgs de gases exhaustos.

Por lo tanto este material que sale del lavador

entra en la torre de oxidación produciendo que a la salida de la misma se formen 120 Kgs/hr de solución de Sulfato de Sodio al 10%.

Todos estos datos de producción en las diferentes fases del proceso fueron dados por el fabricante de la planta de sulfonación y parte de lo cual se utilizó para el dimensionamiento del Precipitador Electrostático.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo que he expuesto anteriormente, se concluye en que efectivamente existen diferentes formas de controlar la polución de los también diferentes elementos indeseables en la atmósfera y es labor de la Ingeniería y la experiencia, el saber escoger adecuadamente el sistema más óptimo y económico que se necesita para eliminar el material que se quiere evitar enviar al medio ambiente.

Cada vez con más frecuencia salen nuevos desechos industriales o se aumentan otros que van a la atmósfera, los ríos y a la tierra. Muchos de éstos contaminantes no obedecen a un ciclo regenerativo de la naturaleza sino que permanecen en ella en la misma forma como fueron desechados.

En los capítulos descritos anteriormente se ha enfocado especialmente las maneras más conocidas prácticas y modernas de eliminar los gases producidos por la quema del azufre y las reacciones consecuentes que los producen.

Es así que he descrito la manera más práctica y económica de eliminar el SO_2 por medio de un lavador que trabaja con Soda Caústica y que logra atrapar con grandísima eficiencia este gas produciendo Sulfito de Sodio y también la forma de procesar el sulfito de sodio para

transformarlo en Sulfato de Sodio por medio de un proceso sencillo consistente en bombear ésta solución a un recipiente con agua y aire proveniente de un compresor, el cual se encarga de "oxidar" el Sulfito de Sodio y transformarlo a Sulfato de Sodio que como expliqué anteriormente constituye materia prima en la fabricación de detergentes de la cual se ocupa nuestra empresa, produciendo por tanto grandes ahorros de dinero.

Cosa igual puedo decir con respecto a la eliminación del SO_3 que se la hace, o usando lavadores húmedos que no son de gran eficiencia y precipitadores electrostáticos de altísima eficiencia aunque su costo es así mismo muy alto; sin embargo, las inversiones en estos precipitadores son amortizadas por la serie de beneficios que reportan no solo económicamente sino evitando el gravísimo daño al personal de la fábrica y a la ecología.

El precipitador electrostático fue montado íntegramente por nuestro personal tanto mecánico como eléctrico en el mes de Diciembre de 1987 y está prestando invalorable servicios hasta la presente incluyendo por supuesto los mantenimientos necesarios que evitan perturbar su buen funcionamiento y que son fáciles de detectar ya que cuando sucede alguna anomalía, por la chimenea comienza a salir una tremenda cantidad de vapores (SO_3) contrastando con la transparencia que ofrece la salida de la chimenea cuando su funcionamiento es normal.

Las recomendaciones las podemos resumir en el hecho de concientizar a los industriales en la colocación de estos equipos para evitar la polución a la vez que para recuperar algunos desechos y también al profesional interesado en la materia, hacerle ver que la construcción de estos sistemas de control de contaminación no son ya sofisticados y se pueden construir localmente, principalmente los lavadores húmedos, usando eso sí revestimientos interiores antiácidos, epoxídicos, ebonita o cerámica ya que la atmósfera interior es altamente corrosiva y si no se toma este tipo de precauciones tendrán una vida demasiado corta.

En cuanto a los precipitadores electrostáticos no se necesitan materiales especiales sino tener la seguridad de que el sistema esté completamente aislado en cuanto a las zonas de alta tensión y tierra.

Lo único que si tendría que conseguirse o importarse es un transformador para adaptarlo al sistema que logre elevar el voltaje entre 50.000 a 100.000 voltios, incorporando un potenciómetro para lograr la modulación.

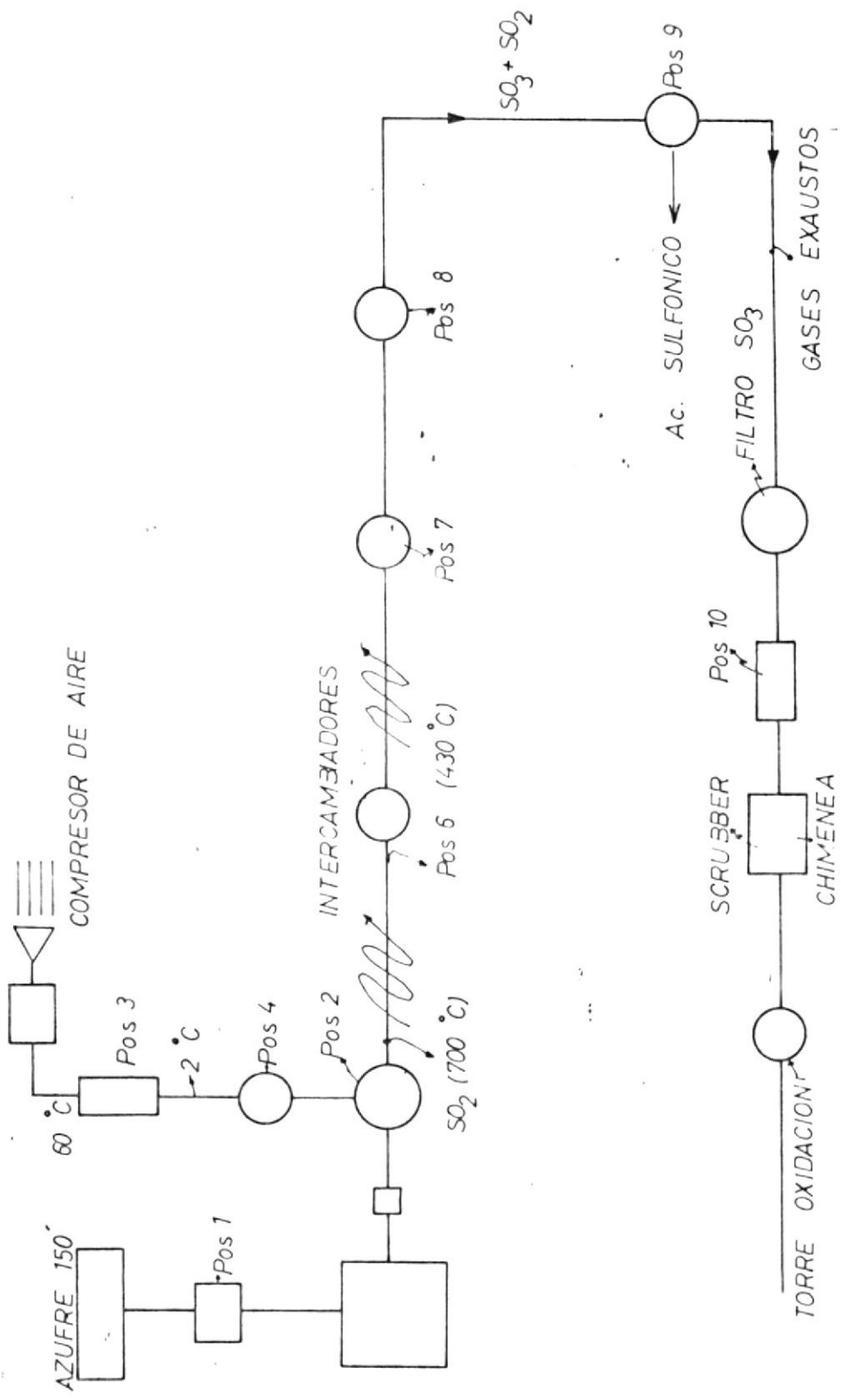
Esperando haber contribuido en algo al conocimiento de estos sistemas de control de la polución con gases ácidos y con la ilusión de que sea de valor práctico para el profesional interesado en eliminar este tipo de problemas doy por concluido mi informe técnico sobre control de polución atmosférica en una planta de sulfonación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- J. Vidal, Química Orgánica, pp. 235.
- 2.- Manual del Ingeniero Mecánico, Volumen II, Capítulo 18-14, 8^{va} edición.
- 3.- K. Prath, Possible Benefits from Sulfur in the atmosphere.
- 4.- F. Romay y R. Cassis, Seminario sobre la Contaminación Atmosférica y su Control.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

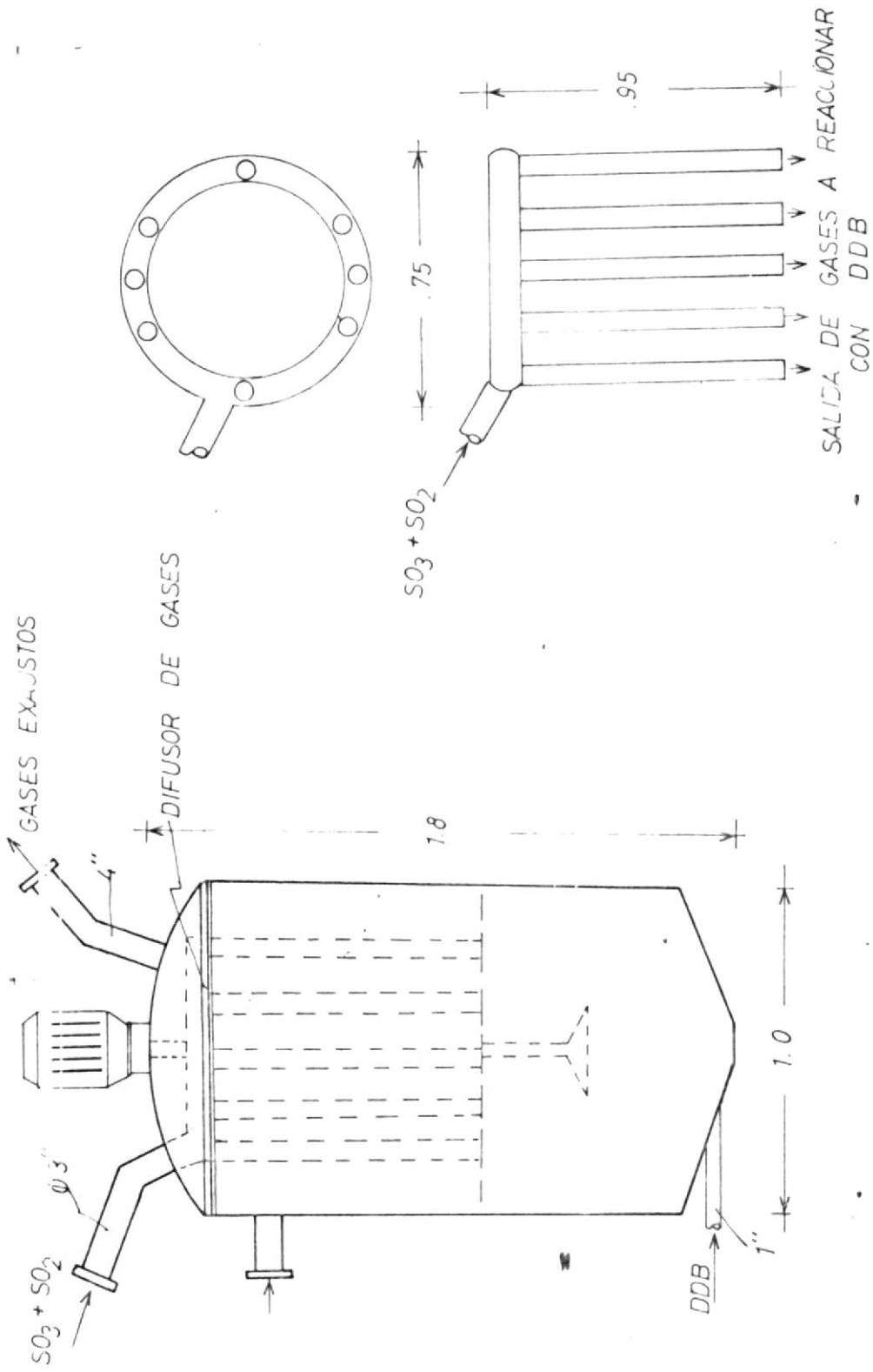
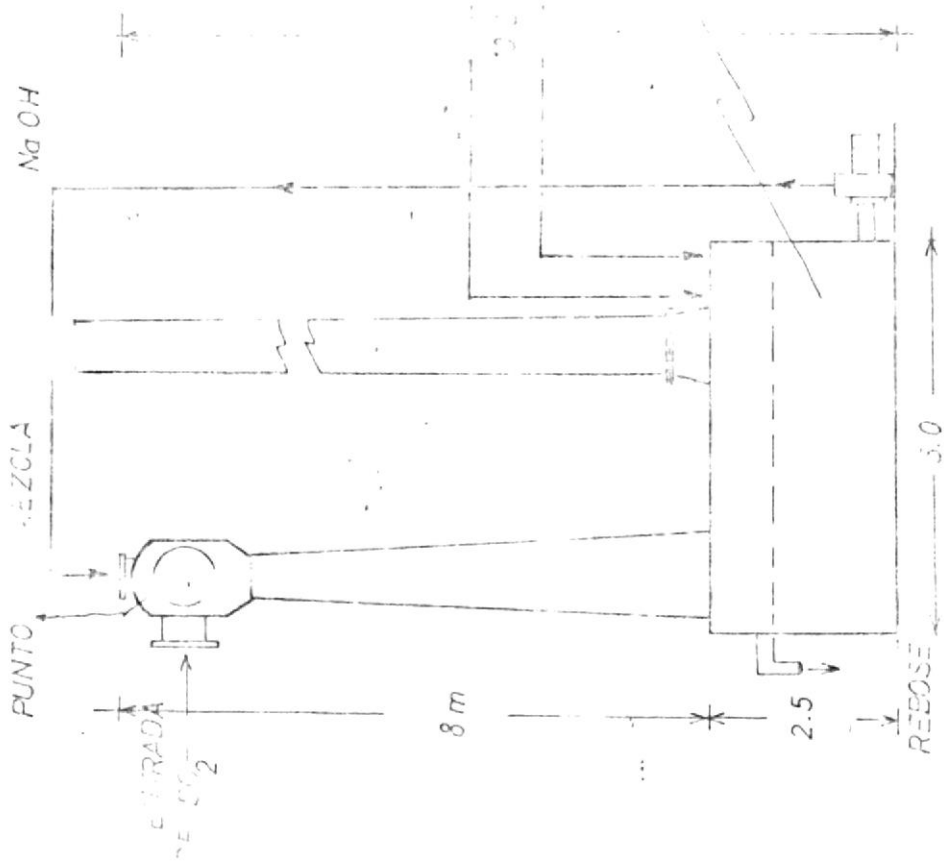


Figura #2 - Reactor - Fuente: [illegible]

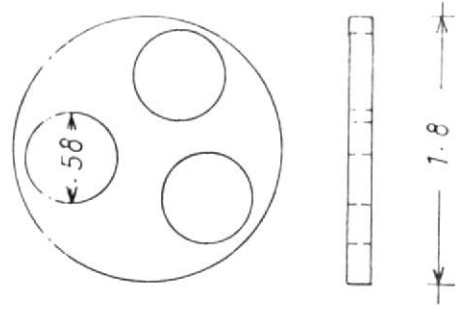


ALCALINA DE
 OXIDO DE SODIO CCY
 IRANACION DE SULFITO DE SODIO

ESCALA

Fig. 1

DETALLE P. 1.



MATERIAL:
 HIERRO NEGRO CON
 RECUBRIMIENTO
 INTERIOR EBONITADO

ESCALA: 1:50

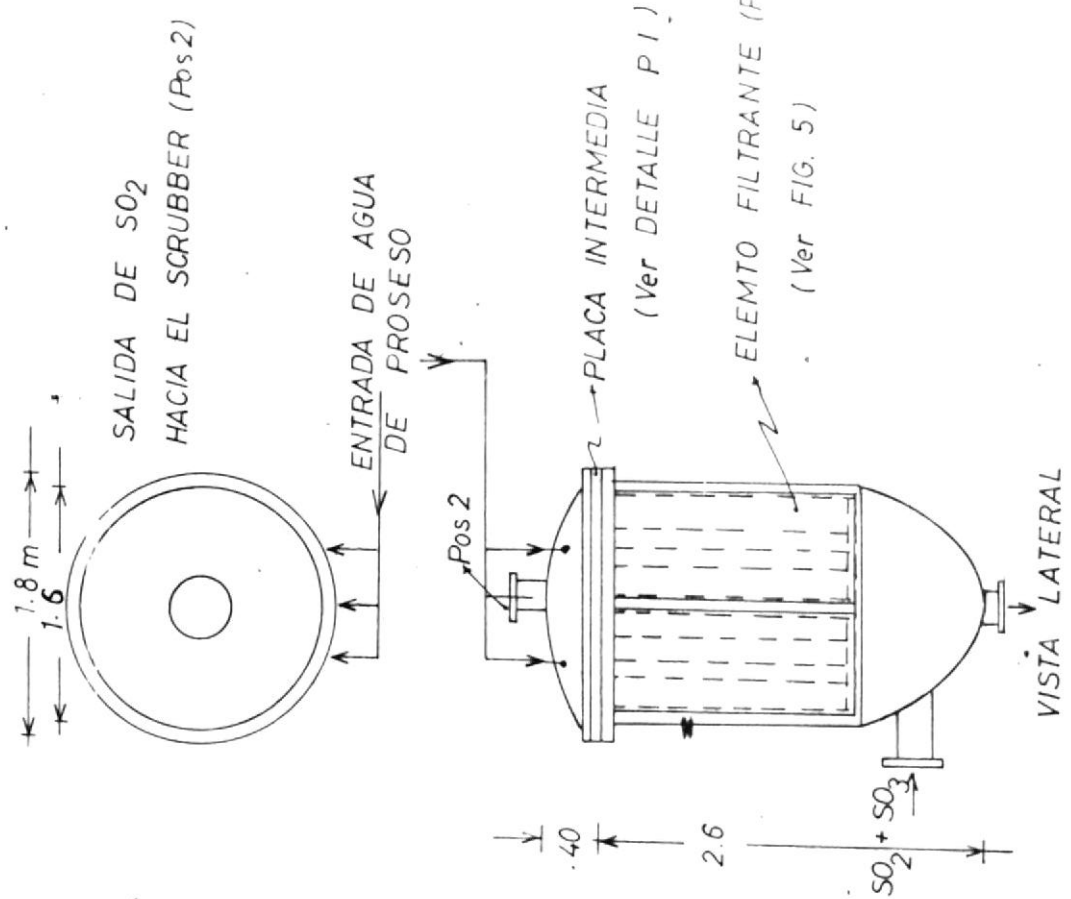
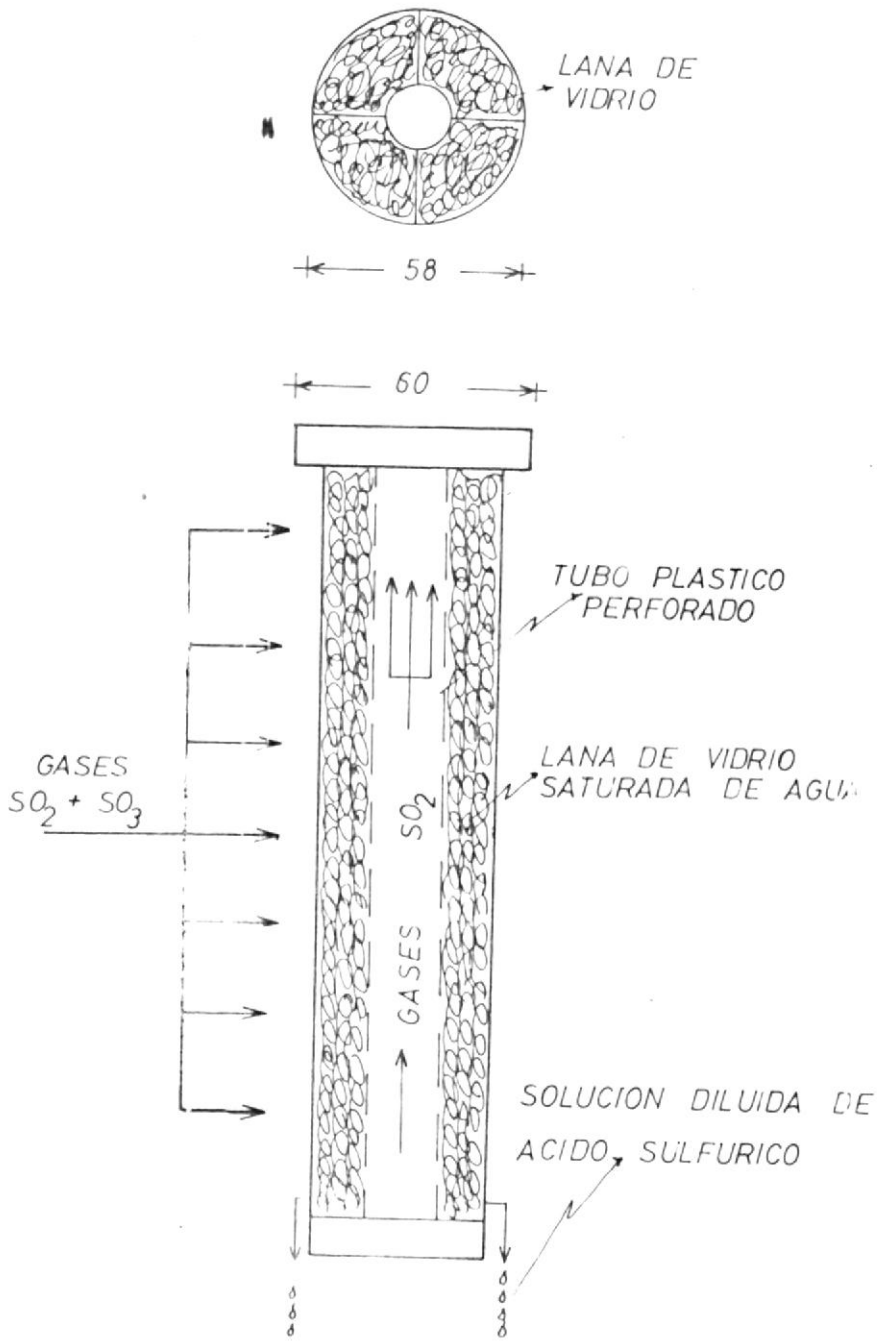


Figura 24 - Lavador Humedo



ESCALA: 1:20

Figura # Elemento filtrante (del filtro #1)

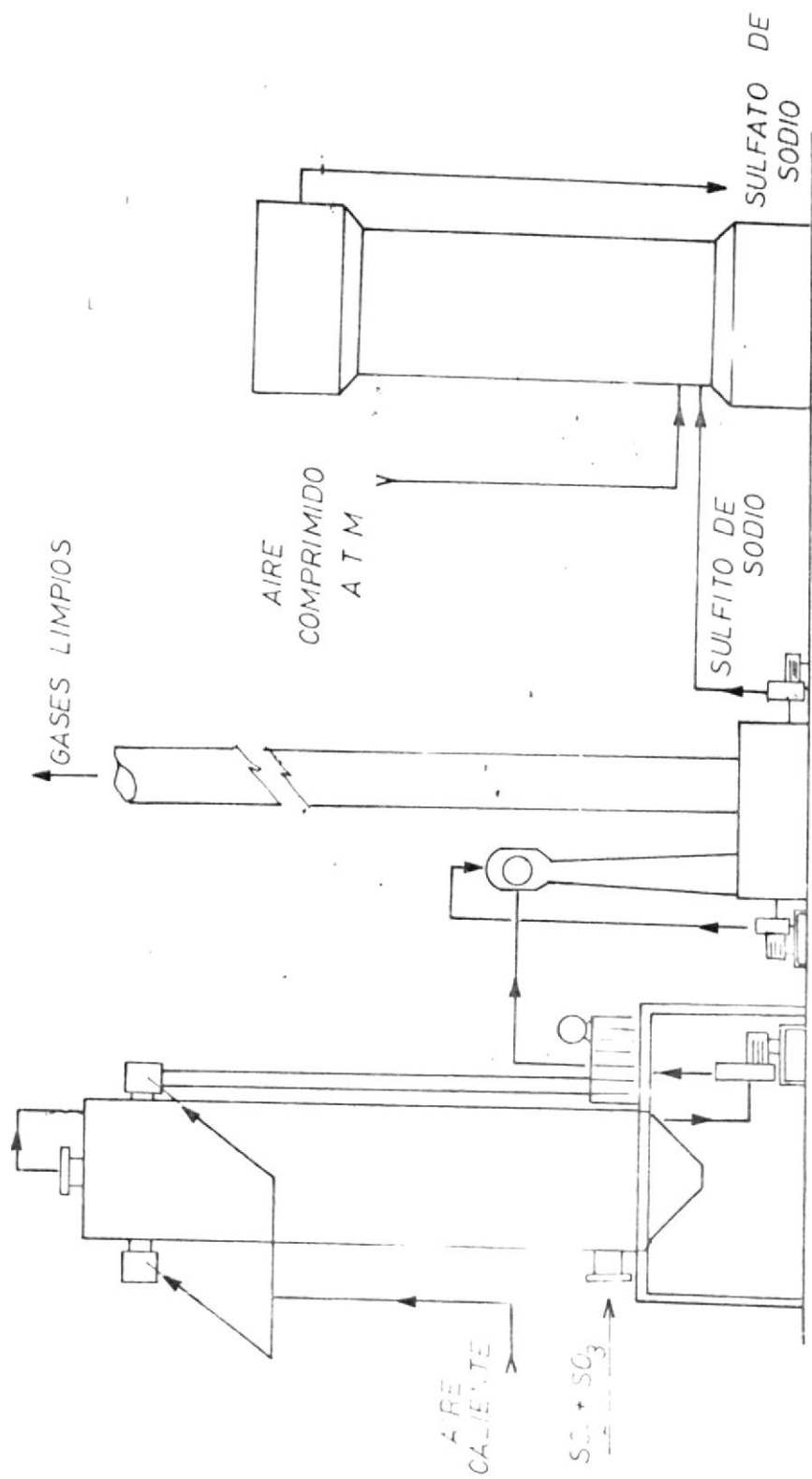


Figura #6.- Sistema Precipitación-Lavador-Torre de oxidación.

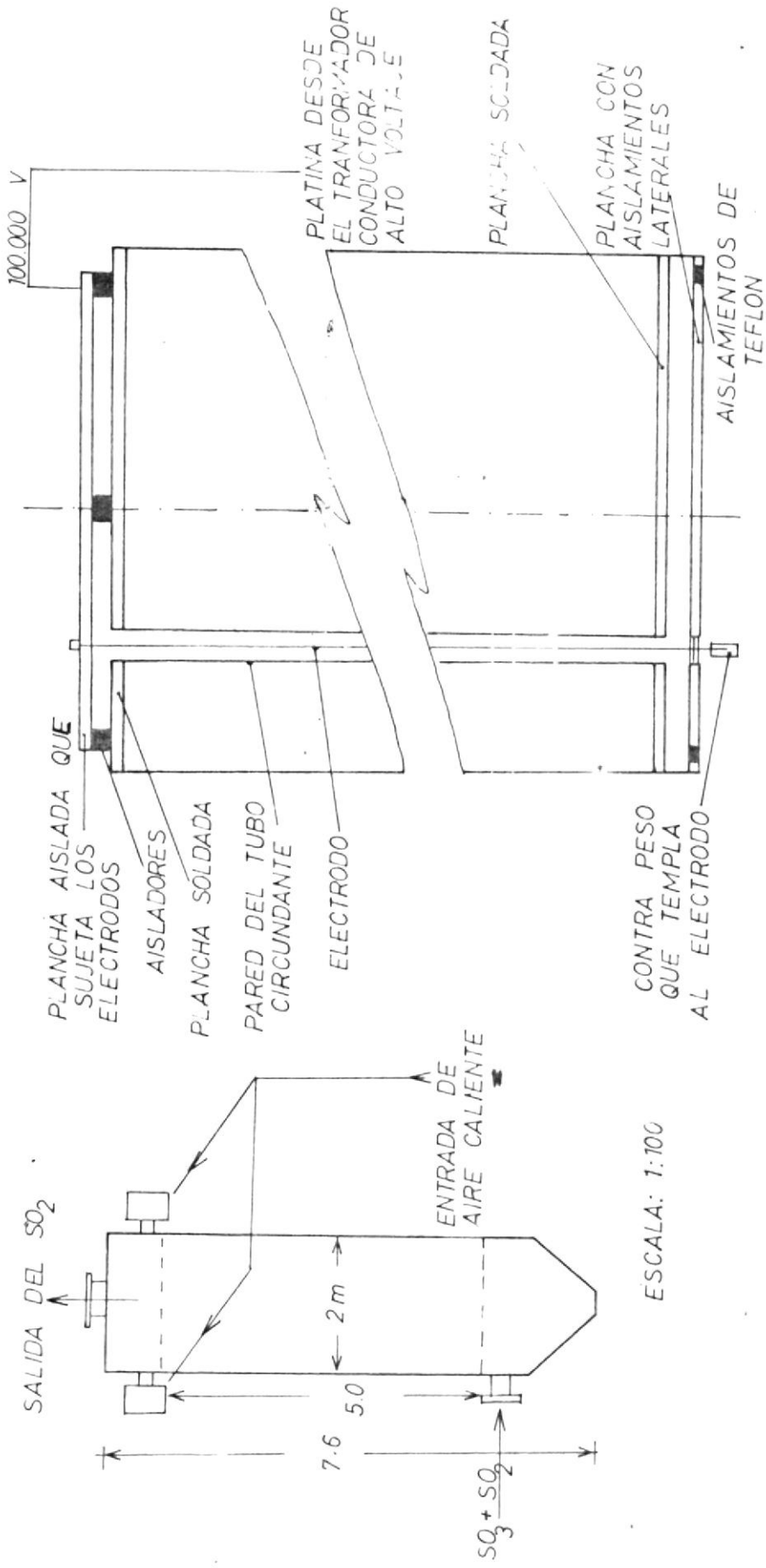


Figura #7.- Precipitador Electrostatico

Industria	Aplicación	Límites del flujo de gas, pie ³ /min*	Intervalo de temperatura, °C	Peso de polvo, % (por debajo de 10)	Eficiencias comunes, %	Int. de conc. de polvo en ppm† por peso de aire	Intervalo de temperatura, K
Potencia eléctrica	Ceniza volátil proveniente de calderas de carbón pulverizado	50,000-750,000	270-300	25-	95-99+	760-9,500	405-589
Cemento Portland	Polvo de los hornos	50,000-1,000,000	300-750	35-75	85-99+	950-29,000	422-671
	Polvo de los secadores	10,000-100,000	125-150	10-60	95-99	1,905-29,000	325-450
	Ventilación de los molinos	2,000-10,000	50-125	15-75	95-99	9,500-98,000	283-325
Acero	Limpieza de los altos hornos de gas por combustible	20,000-100,000	90-110	100	95-99	38-950	306-317
	Recolección de alquitrán de los gases de hornos de coque	50,000-200,000	80-120	100	95-99	190-1,905	300-322
	Recolección de humo de los hornos eléctricos y abiertos	30,000-400,000	300-700	95	90-99	95-5,700	422-644
Metales no ferrosos	Humo de hornos, tostadores, máquinas de sinterizado, ligas de aluminio, etc.	5,000-1,000,000	150-1100	10-100	90-98	5,700-95,000	319-867
Pulpa y papel	Recuperación de sosa en los molinos de pulpa	50,000-200,000	225-350	99	90-95	950-7,600	408-450
Química	Nebulosa koda	2,000-20,000	60-200	100	95-99	38-1,905	311-367
	Limpieza de hidrógeno, CO ₂ , SO ₂ , etc.	5,000-20,000	70-200	100	90-99	19-1,905	295-367
	Separación de plomos de vaporizadores tostados	2,000-7,500	80-300	10-85	99+	19-1,905	533-589
Petróleo	Recuperación de polvo de catalizador	50,000-150,000	35-100	50-75	90-99.9	190-4,800	450-561
Productos rocosos	Tejados, magnesita, dolomita, etc.	5,000-200,000	100-700	30-45	90-98	950-4,800	311-644
Gas	Alquitrán de gas	2,000-50,000	50-150	100	90-98	19-3,800	283-319
Carbón negro	Recolección y aglomeración de carbón negro	20,000-150,000	300-700	100	10-35	57-9,500	422-644
Yeso	Polvos de hervidores, convertidores, etc.	5,000-20,000	250-350	95	90-98	2,850-9,500	394-450

Fuente: Manual del Ing. Mecánico

TABLA T1.- APLICACIONES COMUNES DE LOS PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS.

Proceso	Requisitos	Dehecho o recuperación	Costo adicional de generación de potencia, %	Eficiencia en el control de SO ₂ , %	Inversión adicional en la capacidad de la planta %
SDEF*	Cambio de combustible y chimeneas elevadas		1-2.0%	99+	1-2.8
Combustible con bajo contenido de azufre (carbón o petróleo)			28-85%	Varies	
Inyección de piedra caliza seca	Piedra caliza (20% del estequiométrico)	Dehecho CaSO ₃ /CaSO ₄	14	22-45	10-12
Cal húmeda lavada con piedra caliza	Cal (100-120% del estequiométrico) y piedra caliza (1-0.150% del estequiométrico)	Dehecho CaSO ₃ /CaSO ₄	19-37	60-85	17-30
Lavado de MgO	MgO, carbono y combustible (para regeneración y secado)	Recuperación, H ₂ SO ₄ concentrado	25-50	90	20-35
Oxidación catalítica (adición)	Catalizador V ₂ O ₅ y calor	Recuperación, H ₂ SO ₄ diluido	25-45	85-90	25-40
Lavado de Na ₂ SO ₃	Formar sodio y calor	Recuperación, H ₂ SO ₄ concentrado o azufre	25-50	90	25-40
Alcali doble	Formar sodio y calor (100-130% estequiométrico)	Dehecho CaSO ₃ /CaSO ₄	17-35	90	15-30



BIBLIOTECA

Fuente: Manual del Ing. Mecánico

TABLA T2.- PRINCIPALES METODOS PARA LA ELIMINACION DEL SO₂.

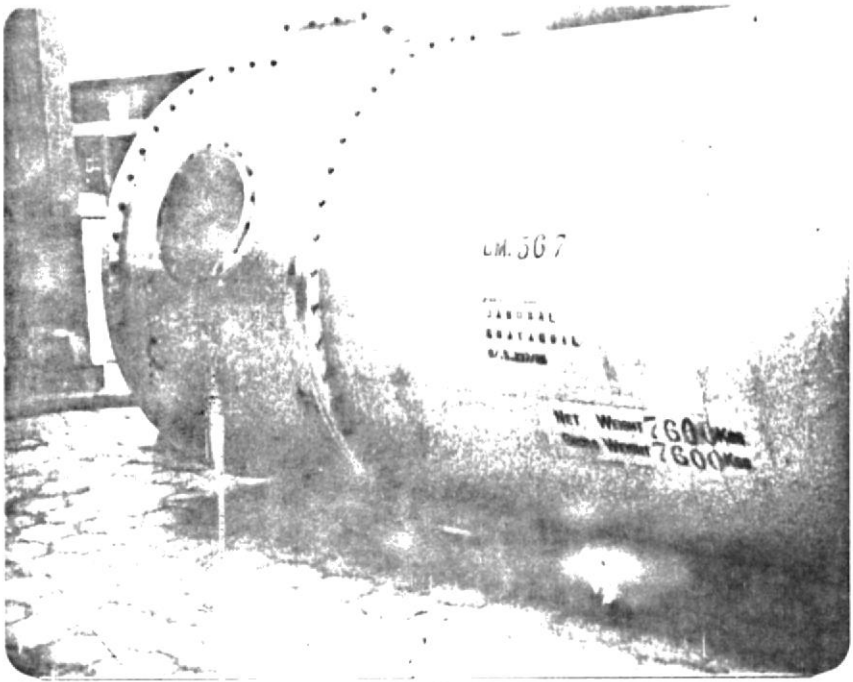


Fig. 1. Precipitador de cenizas antes de ser montado en el generador. Pesa 7.600 kg.

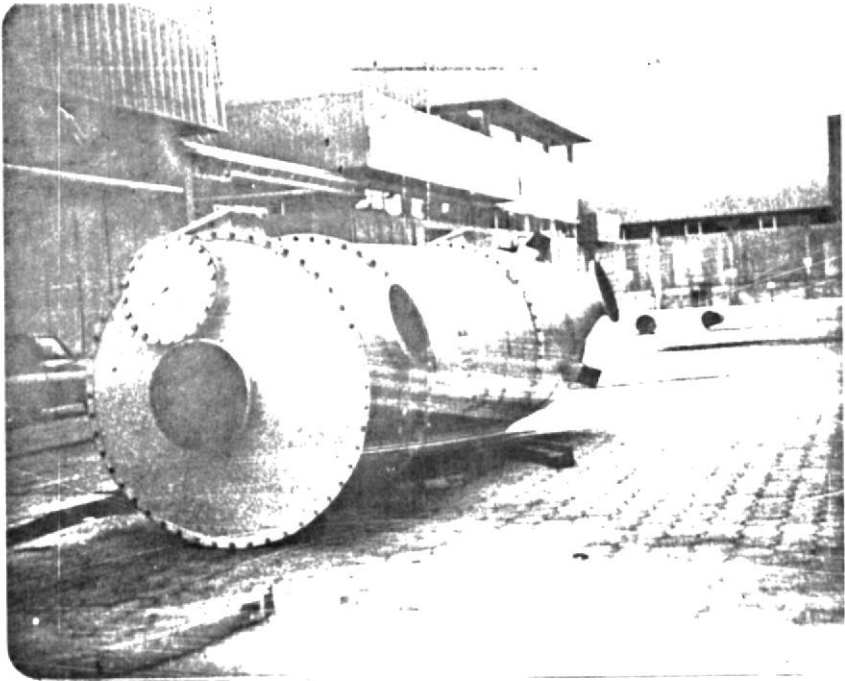
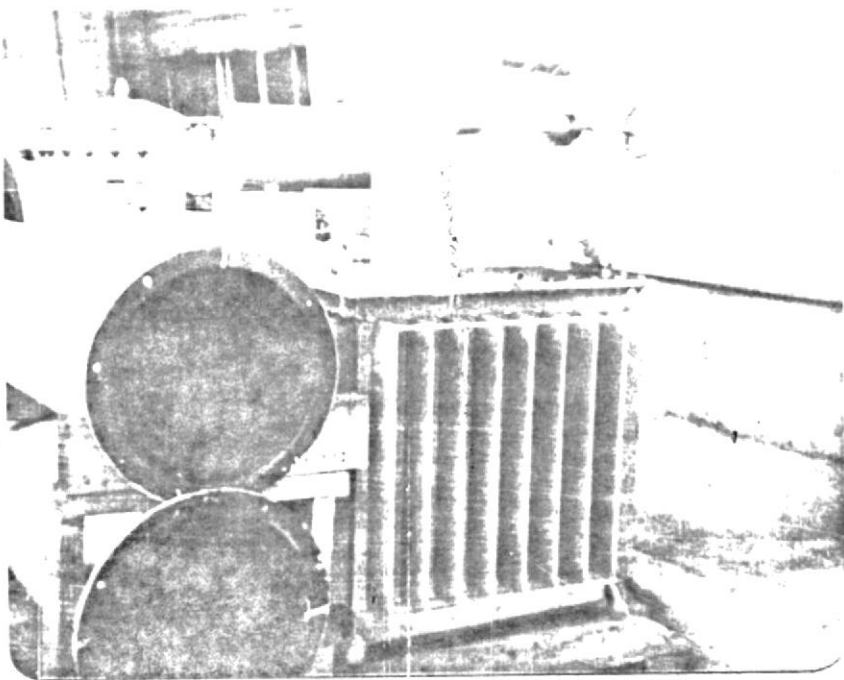
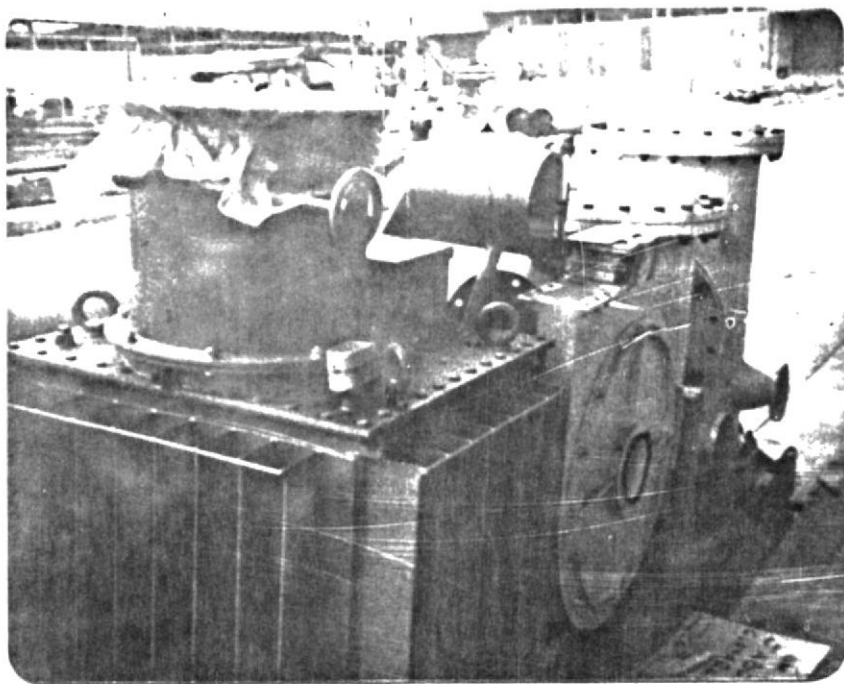


Fig. 2. Precipitador de cenizas en la estación de energía.



F010 F7A. Se aprecia el transformador 220-100.000 voltios



F010 F9B. El transformador junto al ventilador centrífugo para insuflar aire caliente al precipitador.

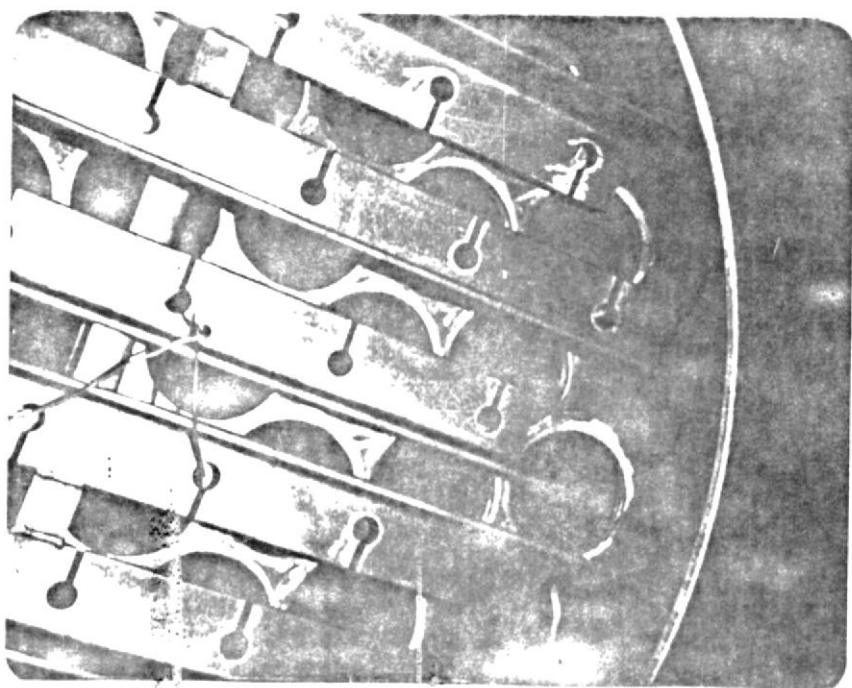


FOTO F10A. Parte interna superior donde se aprecian pequeños agujeros para montar los electrodos y y debajo de éstos, los tubos donde se introducen concentricamente. (Antes del montaje).

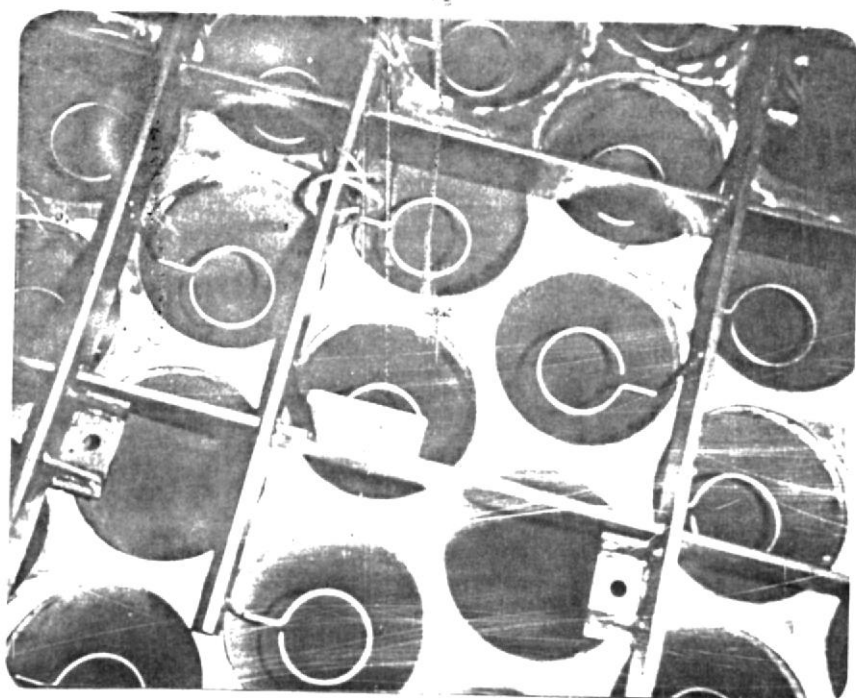


FOTO F10B. Parte interna inferior donde se aprecian los agujeros para introducir los electrodos y los tubos donde se introducen concentricamente. (Antes del montaje).

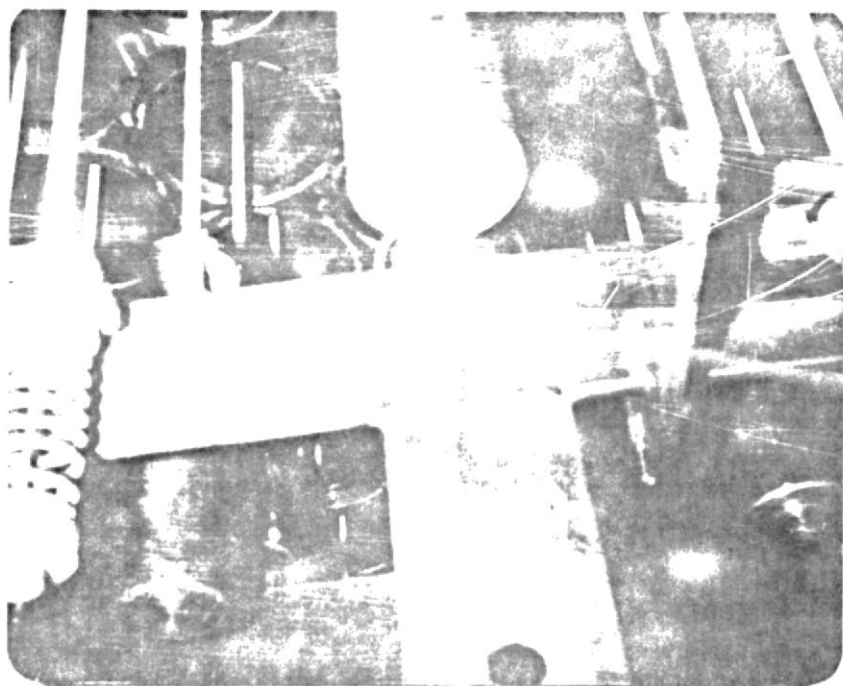


FOTO F11A. Contrapesos que tienen los cables. Electroodos para evitar que toquen con los cables.

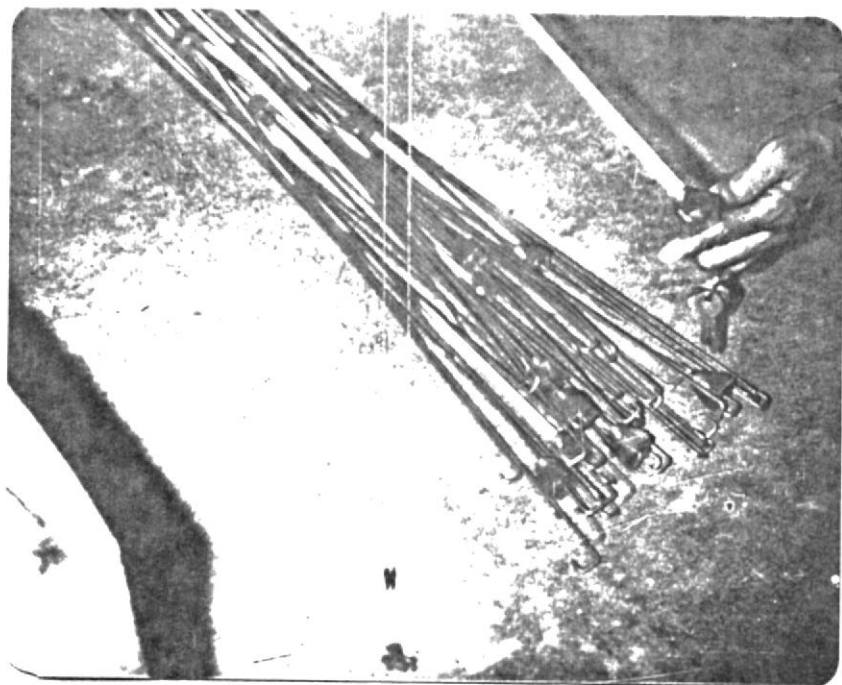


FOTO F11B. Electroodos que conducen la alta tensión de manera concéntrica a los tubos en el interior del precipitador.



FOTO F12A. Vista superior del Precipitador electrostático. El tubo de la derecha hacia abajo, lleva en su interior la platina de cobre de 2"x1/4 conductora del alto voltage, el tubo negro en la parte superior es para entrada de aire caliente.

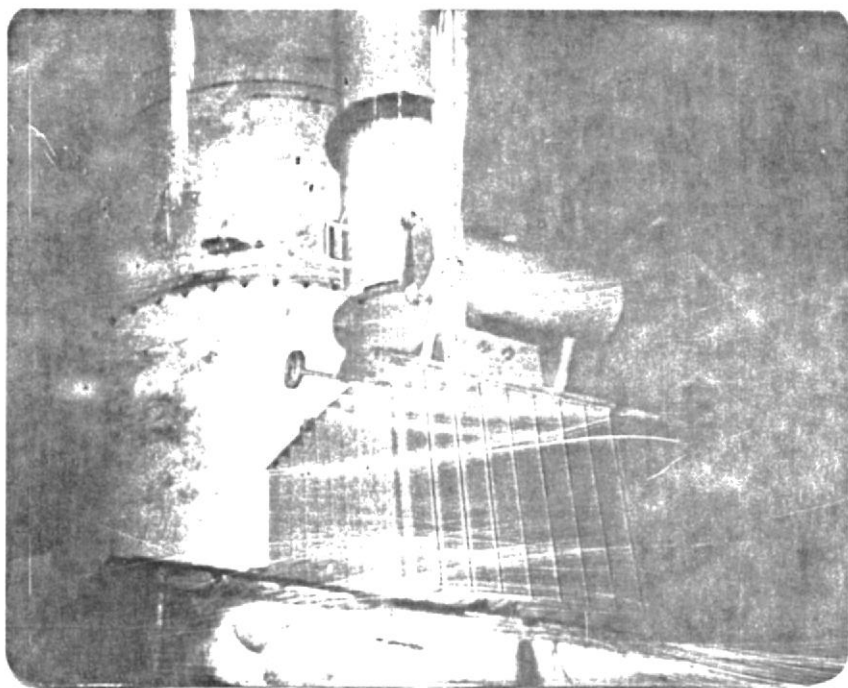


FOTO F12B. Vista anterior del precipitador donde se ve el tubo de la derecha hacia abajo.

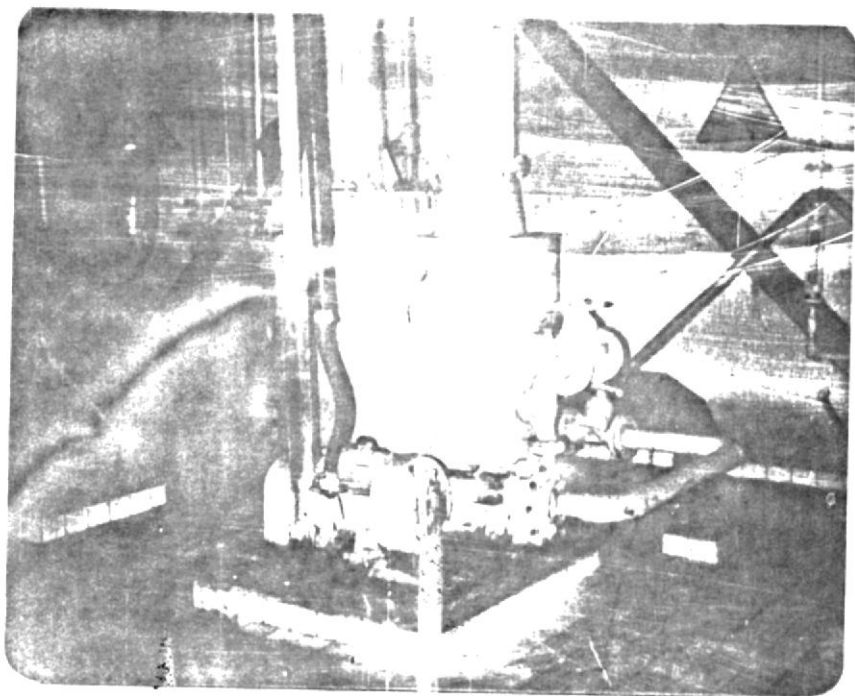


FOTO F13A. Nótese el motor eléctrico con su respectiva bomba de reciclo de NaOH . Sirve para eliminar el SO_2 .

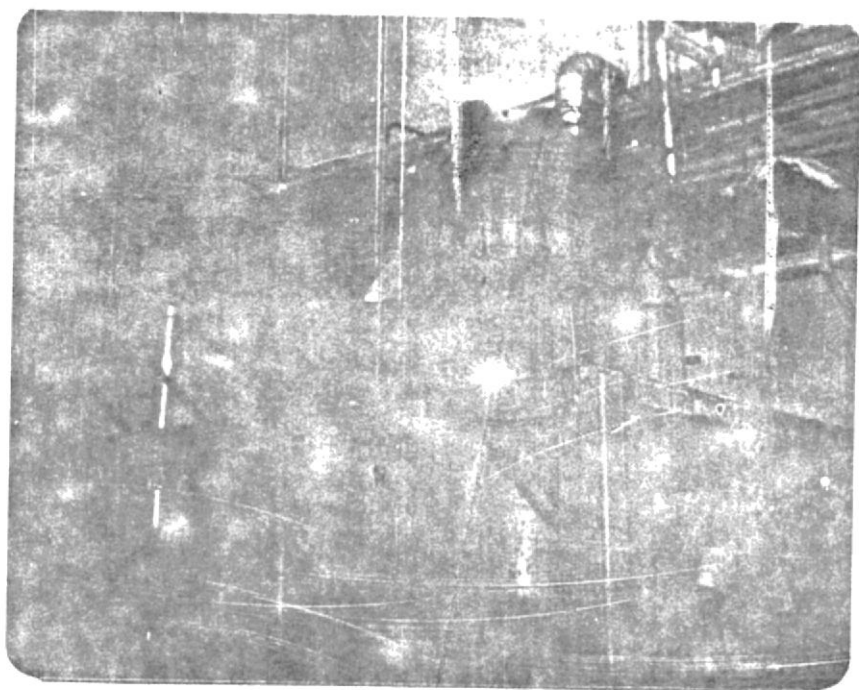


FOTO F13B. Se puede apreciar el filtro de SO_3 color gris; en este mismo lugar previo los refuerzos de la estructura fue montado el precipitador electrostático.

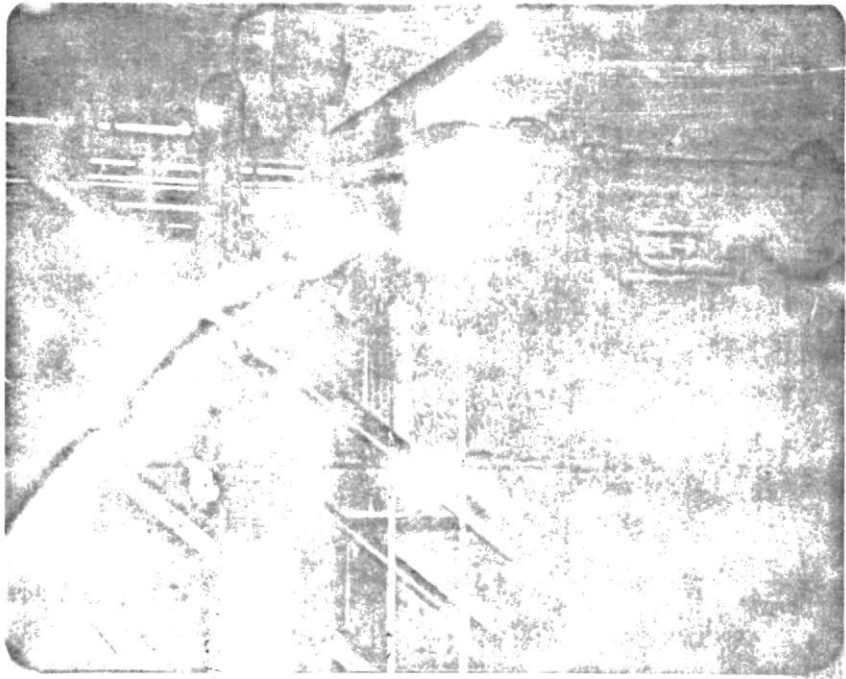
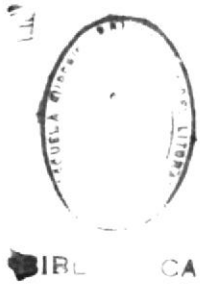


Foto F14A. Otra vista del filtro de SO_3 que fue reemplazado.



Foto F14B. Parte superior de la torre de oxidación, aquí se introduce el Sulfato de sodio - Sulfato de sodio.