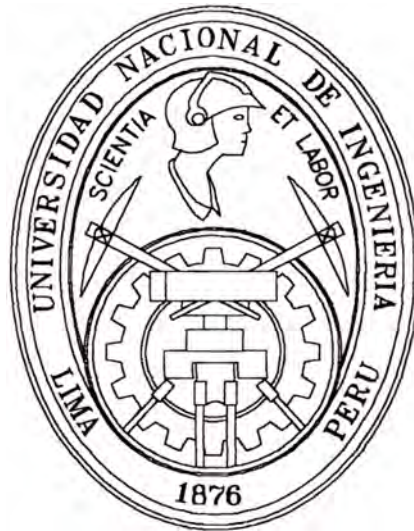


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA  
LA PLANTA DE PROCESOS - REFINERÍA DE ORO -  
COMPAÑÍA MINERA BARRICK MISQUICHILCA”**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**EDGARD CÉSAR CÓNDOR PORRAS**

**PROMOCIÓN 1 992 – II**

**LIMA – PERÚ**

**2 004**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo esta dedicado a mis padres, hermano y hermanas, que fueron los que me incentivaron a continuar en mi carrera profesional. Agradezco al Señor nuestro Dios por brindarme la oportunidad de transmitir algo de mi experiencia a los nuevos jóvenes profesionales.

# **TABLA DE CONTENIDOS**

## **PROLOGO**

## **INTRODUCCIÓN**

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA REFINERIA**

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Detalles de Operación
  - 1.2.1 Diagrama de Flujo del Proceso Productivo
- 1.3 Aspectos Ambientales
  - 1.3.1 Tipo y Origen del Contaminante
  - 1.3.2 Sistemas de Ventilación de Inyección de aire

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTO TEORICO DEL SISTEMA DE VENTILACION**

- 2.1 Descripción
- 2.2 Definiciones Básicas
- 2.3 Principios del Flujo de aire
  - 2.3.1 Densidad del aire
  - 2.3.2 Flujo Volumétrico
  - 2.3.3 Presión Estática (SP)
  - 2.3.4 Presión de Velocidad (VP)
  - 2.3.5 Presión Total (TP)
  - 2.3.6 Principios Fundamentales de la Masa y Energía

- 2.3.6.1 Conservación de la masa.
    - 2.3.6.2 Conservación de la energía
- 2.4 Campanas de Aspiración – Pérdidas de Presión
  - 2.4.1 Descripción General
  - 2.4.2 Campana de Aspiración Local
  - 2.4.3 Velocidad de Captura
  - 2.4.4 Velocidad Mínima en el Ducto
  - 2.4.5 Determinación del Rango de Flujo
  - 2.4.6 Pérdidas en la Campana
- 2.5 Ductos – Pérdidas de Presión
  - 2.5.1 Pérdidas de Fricción
  - 2.5.2 Pérdidas en Acoplamientos
    - 2.5.2.1 Método de la Presión de Velocidad
  - 2.5.3 Características del Flujo: Soplando o Aspirando aire
- 2.6 Ventilación Por Dilución
  - 2.6.1 Factores limitantes
  - 2.6.2 Aplicaciones
  - 2.6.3 Valor Límite Permisible (TLV)
- 2.7 Equipos Colectores de Polvo
  - 2.7.1 Selección de Equipos
  - 2.7.2 Factores de Selección
  - 2.7.3 Tipos de Colectores de Polvo



## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS - PROPUESTAS Y MEJORAS EN LA REFINERIA (PRIMERA ETAPA)**

- 3.1 Análisis y Observaciones en Planta
  - 3.1.1 Sistemas y Equipos Existentes
- 3.2 Propuestas de Solución
  - 3.2.1 Propuesta Global N° 1
  - 3.2.2 Propuesta Global N° 2
  - 3.2.3 Comparación de Propuestas
- 3.3 Actividades Desarrolladas, Pruebas:
  - 3.3.1 Plan de Trabajo
  - 3.3.2 Descripción de Actividades por Área
  - 3.3.3 Datos: Mediciones de Flujos de aire
  - 3.3.4 Muestreo : Concentración del contaminante
  - 3.3.5 Recursos Utilizados: Logísticos y Humanos
- 3.4 Resultados

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS – PROPUESTAS Y MEJORAS EN EL AREA DE HORNOS DE RETORTA (SEGUNDA ETAPA)**

- 4.1 Análisis de la Instalación del Sistema de Ventilación Auxiliar (SANP2-HR)
  - 4.1.1 Muestras del contaminante sin “barrido”
  - 4.1.2 Simulación: Pruebas del “barrido”
- 4.2 Propuestas de Solución

- 4.2.1 Primera Alternativa
- 4.2.2 Segunda Alternativa
- 4.2.3 Propuesta Aprobada
- 4.2.4 Esquema de Ubicación de Equipos.
- 4.3 Diseño, Pruebas y Recursos Utilizados:
  - 4.3.1 Diseño y Selección del Sistema de ventilación Auxiliar (SANP2-HR)
  - 4.3.2 Diseño y Selección del Sistema de Ventilación para el “barrido” (VA1-HR, VA2-HR)
  - 4.3.3 Plan de Trabajo
  - 4.3.4 Medición y Pruebas
  - 4.3.5 Recursos Utilizados: Logísticos y Humanos
- 4.4 Especificaciones Técnicas de los Equipos Instalados
- 4.5 Resultados

## **CAPITULO V**

### **MANTENIMIENTO, SUPERVISIÓN Y SEGURIDAD EN LA REFINERIA**

- 5.1 Mantenimiento Preventivo
  - 5.1.1 Sistema de Ventilación – Ductos
  - 5.1.2 Ventiladores Centrífugos y Axiales
  - 5.1.3 Muestreos de Contaminación
- 5.2 Supervisión en el Montaje de Equipos
- 5.3 Seguridad
  - 5.3.1 Salud y Seguridad Ambiental
  - 5.3.2 Seguridad Industrial – Instalación.

- 5.3.2.1 Manejo de Equipos
- 5.3.2.2 Manejo de Personal
- 5.3.2.3 Transporte de Personal

#### 5.4 Resultado

### **CAPITULO VI**

#### **PRESUPUESTO ECONÓMICO.**

##### 6.1 Primera Etapa

- 6.1.1 Inversión Inicial I
- 6.1.2 Egresos I
- 6.1.3 Forma de Pago
- 6.1.4 Resultados – Primera Etapa

##### 6.2 Segunda Etapa

- 6.2.1 Inversión Inicial II
- 6.2.2 Egresos II
- 6.2.3 Forma de Pago
- 6.2.4 Resultados – Segunda Etapa

##### 6.3 Resumen General

#### **CONCLUSIONES**

#### **VOCABULARIO**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## INTRODUCCIÓN

Estoy seguro que el presente informe servirá de mucho a los colegas interesados en el estudio de Ventilación Industrial. Esta rama de la Ingeniería Mecánica investiga, e identifica los problemas de contaminación dentro y fuera del ambiente de trabajo; y tiene como función buscar soluciones que reduzcan o eliminen la contaminación del medio ambiente donde se realizan los procesos industriales con la emisión de gases, vapores y polvos nocivos.

Como se sabe, en la minería peruana, antiguamente se consideraba de poca importancia a la contaminación del medio ambiente, y no se exigía la protección del trabajador; pero, actualmente las normas internacionales sobre seguridad y protección ambiental exigen estándares mínimos de contaminación, los cuales tienen niveles permisibles de acuerdo a las características de cada gas, polvo metálico en suspensión existente en el ambiente, y estos parámetros fundamentales sirven para determinar las características de los equipos colectores de gas, vapores y/o polvos a utilizar en la captura de los mismos.

Estos equipos se pueden clasificar en cuatro grupos:

- Precipitadores Electrostáticos
- Colectores fabricados (tejidos)
- Colectores húmedos
- Colectores centrífugos y secos.

La instalación de estos equipos está en función al tipo de sistema de ventilación a utilizar (a inyección o de aspiración).

El desarrollo y ejecución del proyecto: **Mejoramiento del Sistema de ventilación para la Planta de Procesos – Refinería de oro**, se efectuó en DOS ETAPAS:

Primera Etapa: En esta etapa se realiza el análisis del medio ambiente, mediante mediciones de flujo de aire en los sistemas de ventilación existentes, así como de los ventiladores axiales de aspiración y de inyección. Se observan deficiencias en la instalación de ductos, mala orientación de la inyección de aire en determinados puntos, y la carencia de mantenimiento preventivo. Con los datos hallados se realizó las modificaciones y luego de mediciones realizadas en toda la Planta de Refinería se tiene como resultado, la reducción del nivel de contaminación inferior al límite permisible ( $0.025 \text{ mgr} / \text{m}^3$ ) en dos de las tres áreas (Filtros Prensa y Hornos de Inducción – Fundición). También se determinó que el área de Hornos de Retorta mantenía un nivel de contaminación superior al permisible, de allí que se resolverá en la siguiente etapa.

Segunda Etapa: En esta etapa nos concentramos solamente en analizar la contaminación del área de Hornos de Retorta. Se decidió instalar un sistema de ventilación auxiliar de aspiración paralelo al existente, y para atacar la “sedimentación” de los vapores de mercurio a nivel del piso, un sistema de ventiladores axiales que “barrerán” los vapores de mercurio, direccionando hacia los sistemas de aspiración. Finalizado la instalación se procedió a tomar muestras, y el resultado fue la reducción de los contaminantes a un valor inferior al límite permisible.

El costo en ambas etapas estuvo dentro de las expectativas, y las Normas de Seguridad e Higiene Industrial también fueron respetadas y exigidas. Referente al sistema de unidades se trabajó con el Sistema Inglés por ser más práctico y utilizado en el informe.

## **CAPITULO I**

# **ASPECTOS GENERALES DE LA REFINERIA**

## **CAPITULO I**

### **ASPECTO GENERALES DE LA REFINERÍA**

Los trabajos se realizaron en la Planta de Refinería de la Compañía Minera Barrick, dedicada a la extracción de Oro y Plata, ubicada en Ancash a 3600 m.s.n.m. a una hora por carretera desde la ciudad de Huaraz.

#### **1.1 Objetivos.-**

Reducir el grado de contaminación existente en el ambiente de la Refinería.

Protección y Seguridad de los trabajadores involucrados con la operación directa de la planta.

#### **1.2 Detalles de la Operación.-**

Esta compañía minera se dedica exclusivamente a la extracción de oro, y en menor proporción plata; mediante la explotación por tajo abierto maneja grandes volúmenes de material, utilizando para el transporte camiones de gran tonelaje (200 tn/carga); en el procesamiento de los minerales existen tres operaciones básicas:

**La reducción de tamaño;** que depende de la condición que las partículas fracturadas sean gruesas o finas. También se observa que la ganga está incrustada firmemente entre los sulfuros valiosos. Por eso antes de proceder a separarlos será necesario despegar cada uno de ellos de los demás elementos. La manera de liberarlos es reduciéndolos a tamaños muy pequeños y esto se realizará en la trituración y molienda.

**La separación o selección;** puede ser de sólidos de sólidos o de líquidos de sólidos. En el primero la separación consiste esencialmente en la composición de los sólidos (proceso de concentración) ó en el tamaño de los sólidos (cribado y clasificación). La separación de líquidos de los sólidos es en la mayoría de los casos, la separación del agua. Como ejemplo suponemos que en la arena fina se tiene sulfuros libres pero mezclados entre sí y con la ganga, a este producto no lo podemos llamar un concentrado, porque todo está mezclado y será necesario seleccionar a los elementos valiosos, es decir, escoger separadamente a los sulfuros.

**Eliminación de agua;** para el tratamiento de liberación y selección se emplea agua, porque facilita la operación. El agua no será empleada en la fundición, de tal forma que transportarla a la fundición no trae beneficio alguno, esta operación se realiza en los espesadores y filtros.

**La concentración** (cuando la corriente es suficientemente grande) se efectúa en etapas, las que se denominan como *separación primaria*, *separación secundaria* y *limpieza*. La **Separación primaria** es la primera etapa, designada para remover los componentes valiosos liberados de fácil recuperación, en forma de un *concentrado primario*. Las colas de la separación primaria pasan luego a la *separación secundaria* en la cual lo relevante es la recuperación: el objetivo es extraer todos los valores restantes cuya recuperación sea económicamente justificable. (Se dice entonces que las colas de la separación secundaria no tienen valor con respecto a ese mineral valioso; pueden, sin embargo, contener un segundo mineral valioso apto para recuperarse en otro separador). El concentrado secundario se recicla, en principio, para recuperar los valores. En esencia está formado por partículas *intermedias o no liberadas*; y a menos que se le someta a una reducción ulterior de tamaño a este concentrado, se le obliga eventualmente a salir con las colas finales o con el concentrado final. En el primer caso, la recuperación general es baja, y en el segundo, la ley general es baja.



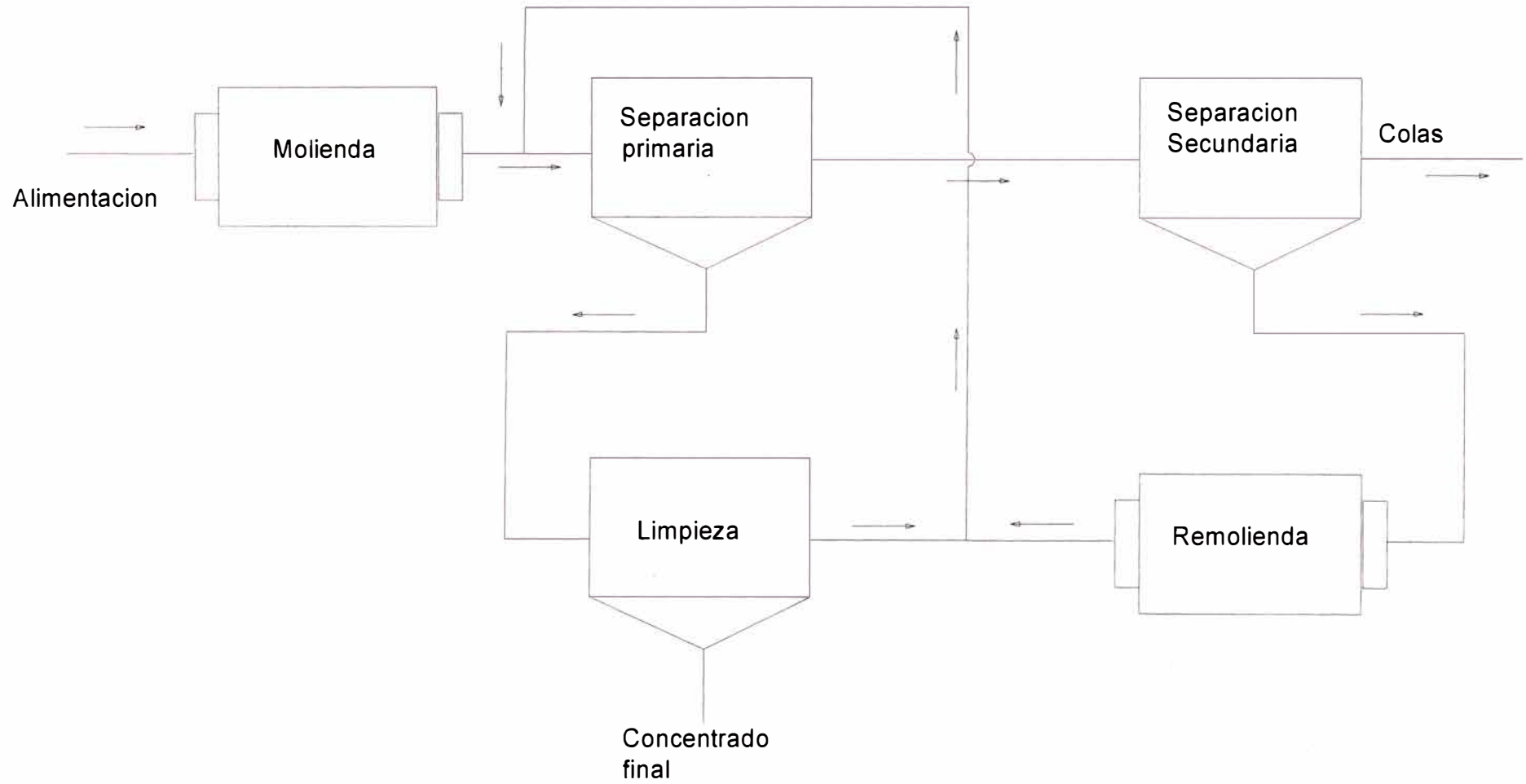
Normalmente, el concentrado primario está atenuado con minerales de desecho, principalmente en la forma de partículas *fuera de lugar*, es decir, partículas de desecho liberadas que han pasado a la corriente errónea (estrictamente hay también algunas partículas intermedias en el concentrado primario, así como hay partículas fuera de lugar en el concentrado secundario). Por lo tanto, los concentrados primarios se vuelven a tratar a menudo en equipos *limpiadores* (y en caso necesario en relimpiadores), en los que el principal interés radica en la ley. Como el incremento de la ley se logra a expensas de la recuperación, deben reciclarse las colas de los limpiadores. (Fig. N°. 1.0).

El proceso productivo de la mina son: **Chancado primario**, donde serán reducidos a un tamaño definido por una chancadora de Quijada. Todo el material chancado es almacenado en una tolva que alimenta de forma continua a una faja transportadora. El punto de llegada es una cancha de almacenaje. **Lixiviación**, consiste en adicionar un compuesto de cianuro y cal que sirven para separar el oro y plata de la arcilla y tierra, también se inyecta aire a presión para generar turbulencia y acelerar la separación de las partículas ricas de los desechos o gangas. **Precipitación y decantación**, en este proceso se agrega un compuesto floculante para acelerar la separación final de los sulfuros que contienen oro y plata de las gangas, a este proceso también se le denomina **flotación**. El agregado químico hará flotar a los sulfuros y sedimentar las gangas en el fondo del tanque, por la parte inferior las gangas serán bombeadas a la presa de relaves. La solución rica en sulfuros será bombeada hasta la Refinería. **Refinería**, la solución rica es enviada mediante bombas a unos equipos denominados FILTROS PRENSA (**AREA DE FILTROS PRENSA**), aquí se captura los sólidos mediante telas filtrantes sintéticas especiales, y se obtiene una torta húmeda, que posteriormente se retirará en forma manual. Esta torta húmeda es removida y transportada a unos HORNOS ELÉCTRICOS DE RETORTA (**AREA DE HORNOS DE RETORTA**) en el cual se calientan a más de 600° C, para secar el material rico y a su vez separar y atrapar el mercurio a través de unas cubetas con agua. Luego se descarga y es trasladado a los Hornos de Inducción (**AREA DE FUNDICIÓN**), donde se



# CIRCUITO BASICO DE CONCENTRACION

## FIG. N° 1.0



# PROCESO DENTRO DE REFINERIA DE ORO

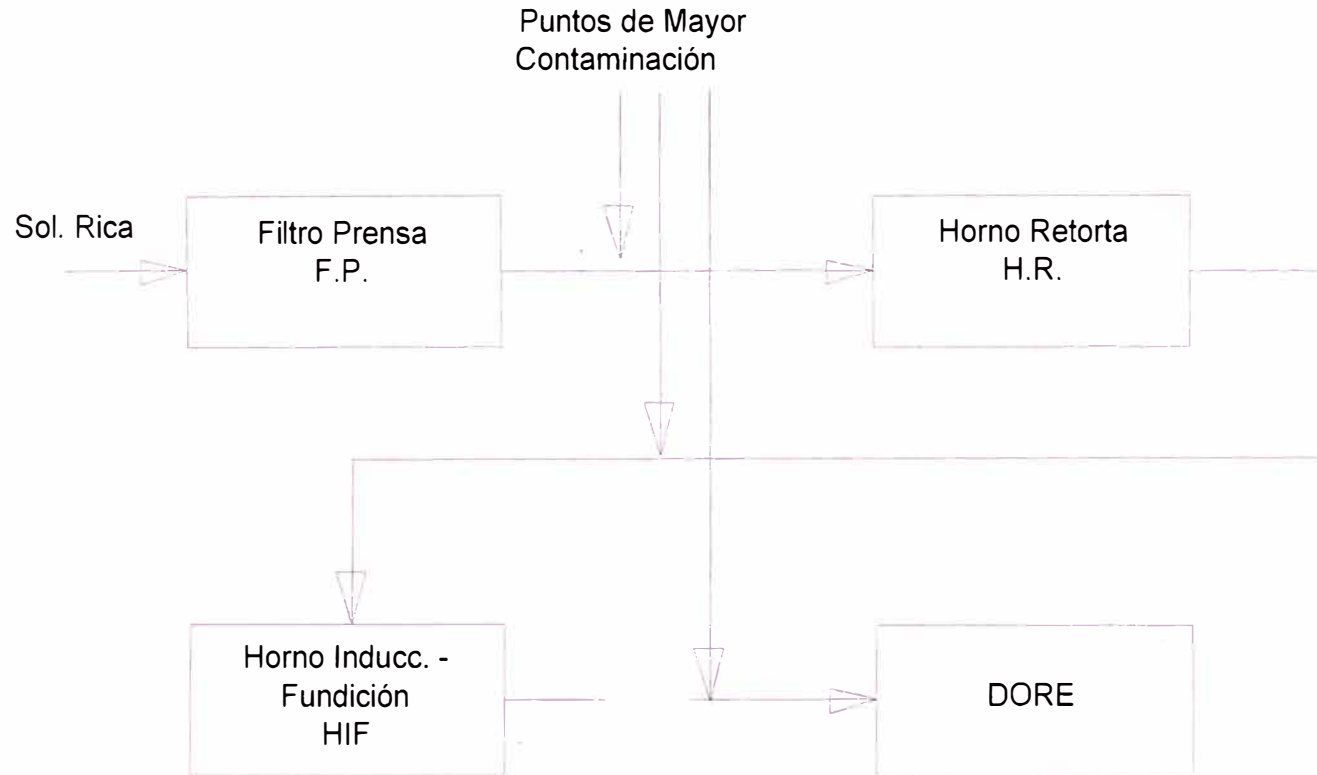


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION EN LA REFINERIA DE ORO, SE INDICA LOS PUNTOS DE CONTAMINACION CON VAPOR DE MERCURIO.

### 1.3 Aspectos Ambientales.-

Es muy importante definir los lugares donde exista mayor concentración de contaminantes, y en nuestro caso nos concentramos en la Refinería de Oro.

#### 1.3.1 Tipo y Origen del Contaminante

El contaminante que más se genera son los vapores de mercurio, y se analizará en cada una de las áreas de la Refinería.

- **Filtros Prensa.**

Existen tres equipos automáticos que trabajan filtrando la solución rica, los cuales capturan el material rico en oro. Y en su operación se genera el contaminante que se ubicará en los alrededores, a nivel del piso por ser más denso que el aire. El sistema de ventilación del área requiere mejoras, para que haya mayor movimiento y renovación del aire.

- **Hornos de Retorta.**

Es el área donde la contaminación es más crítica, porque está aislado y no tiene puntos de ventilación (puertas, ventanas); Primero: cuando empiezan a trabajar los hornos (a temperaturas superiores a 300°C). Segundo: cuando se descarga el material seco de los botes receptores y son transportados para mezclarlos con otros aditivos químicos para ingresar al área de fundición.

- **Fundición (Hornos de Inducción).**

Es el último punto de generación del contaminante, y como en las otras dos áreas no existe evacuación adecuada de aire.

En el área de Filtros Prensa y Hornos de Inducción existe contaminación por la poca velocidad de las masas de aire circulantes y la reducida velocidad de captura existente en las campanas de aspiración del sistema de ventilación a nivel del piso, que abarca ambas áreas.

#### 1.4.2 Sistemas de Ventilación de Inyección de aire.

Estos Sistemas cumplen con inyectar aire a la planta de Refinería (a las tres áreas), y a continuación se detallan:

Sistema de Ventilación 1:	7,565.7 CFM	(3.60 m <sup>3</sup> /seg.),
Sistema de Ventilación 2:	15,240 CFM	(7.20m <sup>3</sup> /seg.),
Sistema de Ventilación 3:	16,527.2 CFM	(7.80 m <sup>3</sup> /seg.).

La inyección de aire es en forma conjunta. Los Sistemas de Ventilación 1 y 2 son para el área de HORNOS DE RETORTA, instaladas en la parte superior del edificio (aprox. a 6 metros de altura). El Sistema de Ventilación 3 trabajará en las áreas de FILTROS PRENSA Y FUNDICION, por la parte superior del edificio (aprox. a 6 mts. de altura).

También se tiene ubicados ventiladores axiales de aspiración y de inyección de aire como sigue: En el área de FILTROS PRENSA existe un ventilador axial que inyecta aire y otro ventilador axial que aspira el aire viciado de toda esta zona instalados en la parte alta del edificio. En el área de FUNDICIÓN se tiene un ventilador axial de inyección de aire y otro ventilador axial de aspiración.

A todo esto hay que agregarle la puerta de acceso principal por donde se carga las materias primas y otros. Esta puerta permanece abierta. En algunos momentos con buena presión de entrada, y en otros casos se estanca el aire dependiendo del estado del tiempo.

Una de las observaciones más importantes es la poca altura de las chimeneas por encima del techo de la Refinería (a 3 mts. por encima), el resultado era que los contaminantes expulsados no alcanzaban suficiente altura para diluirse y volvían a ingresar a la Refinería. Lo mismo era con la chimenea de salida del Bag House del Sistema de Ventilación del área de FUNDICION.

Los objetivos del presente proyecto serán, la reducción del grado de contaminación (nivel permisible es de 0.025 mgr/m<sup>3</sup> de aire) existente en el ambiente de la Refinería y la Protección y seguridad de los trabajadores involucrados con la operación de la planta.

Se recomienda utilizar filtros absorbentes para capturar los contaminantes a la salida de las chimeneas. Esto dependerá de la decisión de los funcionarios de la Compañía Minera.

## **CAPITULO II**

# **FUNDAMENTO TEORICO DEL SISTEMA DE VENTILACION**



## CAPITULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

En este capítulo se detalla los conceptos teóricos, así como la recopilación de experiencias realizadas en campo. Los trabajos en ventilación industrial se efectúan en forma empírica, y cada uno tiene sus características que deben ser cuidadosamente consideradas para los cálculos de diseño.

#### **2.1 Descripción.-**

La limpieza del aire contaminado en el ambiente de trabajo es muy conocida y es una exigencia constante. La industria con sus complejas operaciones y procesos utilizados para incrementar el número de compuestos químicos, muchos de los cuales son altamente tóxicos, el uso de tales materiales pueden originar: gases, vapores o polvos, que con un cierto grado de concentración ocasionaría niveles peligrosos de contaminación para el ambiente. Todo esto ocasionaría un ambiente inadecuado y no apto para la labor de los operadores; un buen sistema de ventilación ofrece seguridad para la salud; y un ambiente de trabajo agradable que influye en el rendimiento del trabajador.

En todo ambiente de trabajo se debe tener en cuenta dos parámetros:

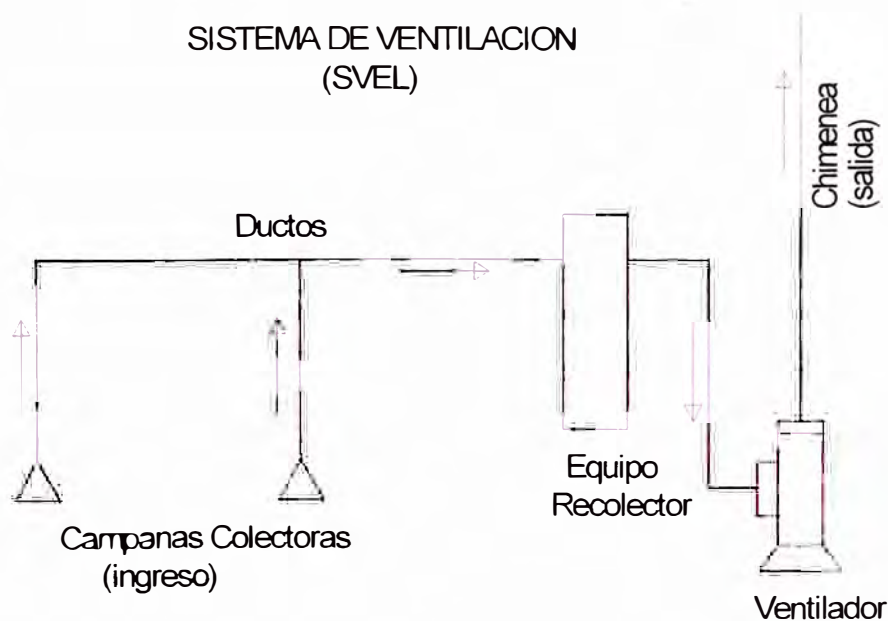
Primero Los niveles de concentración de los agentes nocivos en el aire (Óxidos de: Pb., Zn, Sb, Bi, Cu, Hg., etc.)

Segundo El tiempo de permanencia en un área de trabajo (8 hrs. /día), es para determinar el mínimo de exposición en un determinado lugar por el operario.

## 2.2. Definiciones Básicas.-

Cualquier sistema de Ventilación utiliza 4 elementos básicos para que funcione correctamente, y son las siguientes:

- **Campana de Aspiración.-** Recolectar el contaminante (gases, vapores aire limpio a la salida.
- **Dispositivo de Limpieza (Colector).-** Son diferentes equipos que atrapa el contaminante generado en planta (polvos, gases, humos, etc.), en el flujo de aire direccionado hacia la campana.
- **Ductos.-** Es el medio por donde se transporta el aire contaminado y el aire limpio.
- **Ventilador.-** Es el equipo que entrega energía suficiente al aire para poder vencer la caída de presión en los ductos, equipo colector y las campanas de aspiración.



### 2.3 Principios de Flujo de Aire.-

Las siguientes definiciones básicas son usadas para describir el flujo de gases y sus características.

#### 2.3.1 **Densidad del aire.-**

Definido como la masa por unidad de volumen, expresada en libras por pie cúbico (lb/pie<sup>3</sup>), para condiciones de presión atmosférica (14,7 lb./pie<sup>3</sup>), Temperatura ambiente (21,1° C – 70° F), aire sin humedad y a nivel del mar. Este valor es 1,2 Kg/m<sup>3</sup> (0,075 lb/pie<sup>3</sup>) calculado por la ecuación de gases perfectos.

La presión absoluta es la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica.

$$\begin{array}{l} P_{abs} = P_{atm} + P_{man.} \\ P_g = P_{man.} \end{array}$$

#### 2.3.2 **Flujo Volumétrico.-**

Es la cantidad de aire o gas que pasa por una unidad de tiempo, Está relacionado con la velocidad promedio del flujo a través de una sección determinada.

$$Q = V \cdot A$$

Q... Flujo volumétrico, Caudal (pies<sup>3</sup>/ min.)

V... Velocidad promedio (pies/ min.)

A... Área de la sección determinada (pies<sup>2</sup>)

Para el aire o cualquier tipo de fluido, dentro de la región de alta o baja presión total, se tendrá una relación matemática que tiene como componentes a los siguientes parámetros:

#### 2.3.3 **Presión Estática (SP).-**

Es definida como la presión dentro del ducto que tiende a reventar o colapsar el mismo, se expresa en Pulg. H<sub>2</sub>O, comúnmente medido con un manómetro de agua, y se instala de manera perpendicular al flujo de aire. La SP puede ser negativa o positiva con respecto a la presión Atmosférica Local.

#### 2.3.4 Presión de Velocidad (VP).-

Es definida como la presión requerida para aceptar al flujo de aire desde una velocidad cero hasta una velocidad determinada ( $v$ ) y es proporcional a la energía cinética del flujo de aire. Las relaciones entre la  $v$  y la VP será considerando que el gas es el aire, será de  $1,2039 \text{ kg/m}^3$  ( $0.075 \text{ lbm/ft}^3$ ), la ecuación anterior se reduce a:

$$v = 4005 (VP)^{1/2}$$

$v$  .. pies / min.

VP .. pulg. H<sub>2</sub>O.

La VP solamente ejercerá presión en dirección del flujo de aire y es siempre positivo.

#### 2.3.5 Presión Total (TP).-

Es definido como la suma algebraica de la presión estática y la presión de velocidad.

$$TP = SP + VP$$

TP puede ser positivo o negativo con respecto a la presión atmosférica local y se mide de la energía contenida en la corriente de aire. TP es variable a través de todo el ducto, y sólo se elevará dentro del ventilador. ***Se puede medir la TP con un tubo de impacto apuntando directamente al flujo y conectado a un manómetro.***

#### 2.3.6 Principios Fundamentales de la Masa y Energía.-

Existen dos principios en mecánica de fluidos que gobiernan el estudio del flujo de aire en sistemas de ventilación industrial: LA CONSERVACION DE LA MASA Y LA CONSERVACION DE LA ENERGIA. Es necesario conocer en forma simplificada los siguientes conceptos:

- Los efectos de transferencia de calor se toman en cuenta cuando el flujo de aire o gases tienen una temperatura elevada y es necesario su disminución a través de todo el sistema de ventilación.
- Los efectos de compresibilidad son ignorados
- Se considera el aire de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar.

- El peso y volumen del contaminante en el flujo de aire no es tomado en cuenta para los cálculos. Para altas concentraciones de sólido o cantidades significativas de gases en el aire, las correcciones para este efecto serán realizadas.

### 2.3.6.1 Conservación de la masa.-

Es cuando el cambio neto del flujo másico es igual a cero por lo tanto la densidad será constante y el cambio neto del flujo volumétrico (Q) será cero.

Cuando existan varios ramales de ingreso, en el punto de encuentro de los mismos, debe cumplirse que la suma de los caudales de cada ramal es igual al caudal del ducto principal de salida.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

Q .. Caudal Total del ramal de salida.

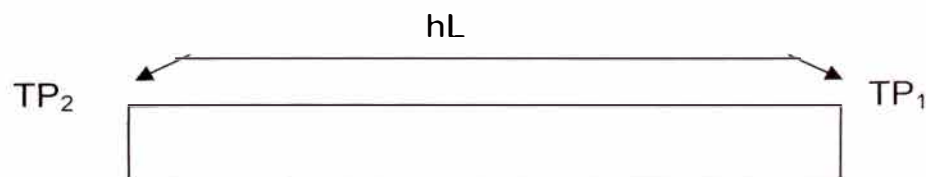
$Q_1, Q_2, Q_3$  .. Caudal de cada ramal.

### 2.3.6.2 Conservación de la energía.-

Menciona que todo el cambio de energía puede ser considerado para un flujo de aire desde un punto a otro. En términos de presiones previamente definidos, se puede expresar de la siguiente manera:

$$TP_1 = TP_2 + hL$$

$$SP_1 + VP_1 = SP_2 + VP_2 + hL$$



DUCTO

Donde:

Suscripción 1: Algún punto más adelantado

Suscripción 2: Algún punto más retrasado

$h_L$  : La cantidad de energía perdida por el aire a través del flujo desde el punto 2 hasta el 1.

Nota: De acuerdo a este principio, la presión total puede disminuir en la dirección del flujo.

## **2.4 Campanas de Aspiración – Pérdidas de Presión. -**

### **2.4.1 Descripción general.-**

La captura y control de los contaminantes será comandado por un flujo de aire de presión negativa generado a través de la campana. El flujo de aire en el centro de la campana debe ser suficientemente alto para controlar la captura de los contaminantes.

Los flujos externos de aire pueden ocasionar disturbios sobre el flujo de aire inducido en la campana, la eliminación de flujos externos es un factor necesario para mejorar el control sobre los contaminantes. Las superficies importantes de movimiento de aire a controlar son las siguientes:

- Corrientes térmicas de aire, dentro de procesos calientes o con operaciones de generación de calor.
- Movimiento de maquinaria: como ruedas de molino, fajas transportadoras, y de los operadores.
- La forma de las campanas, tamaño, ubicación y rangos de trabajo del aire son importantes consideraciones para el diseño.

## 2.4.2 Campanas de Aspiración local.-

Las campanas de aspiración son diseñadas para capturar las emisiones de gases y/o polvos, para trasladarlas a equipos colectores. A continuación se detalla los conceptos de algunos parámetros a utilizar para el diseño de la campana.

### 2.4.2.1 Velocidad de captura.-

Es la velocidad de aire mínima inducida en un punto cualquiera, frente a la campana, para capturar y vencer las corrientes de aire contaminados.

RANGO DE VELOCIDAD DE CAPTURA		
CONDICIÓN DE DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE	VELOC. (Pies/min.)	APLICACIONES TÍPICAS
Recuperado sin movimiento aparente de aire.	De 50 a 100	Evaporación de vapores, aspiración en lugares de soldadura, plateado, niquelado, etc.
Recuperado con baja velocidad.	De 100 a 200	Pintado con aire comprimido de baja presión.
Recuperado en zona de rápido movimiento de aire.	De 200 a 500	En Compuerta de horno fundidor, puntos de transferencia de material en fajas transportadoras, chancadoras, zarandas.
Recuperado con gran fuerza y rápido movimiento de aire.	De 500 a 2000	Amoladora de alta velocidad, limpieza abrasiva, trabajo en metales.

### 2.4.2.2 Velocidad mínima en el Ducto.-

La velocidad mínima de diseño es requerido para prevenir sedimentación y taponamiento en el ducto. Las velocidades excesivamente altas generan un alto consumo de energía y puede causar un rápido desgaste por abrasión de los ductos. Los gases, humos y vapores no tienen mucho efecto, como se ve en el cuadro anterior (Rango de Velocidad de Captura), los gases no requieren mucha velocidad de captura; en comparación con partículas metálicas que requieren 10 a 20 veces más.

Las velocidades mínimas de diseños recomendados son más altos que los teóricos y sirven para proteger contra situaciones inusuales como:

- La sedimentación o taponamiento en uno o más ramales, que reducirán el flujo total en el sistema y reducirá la velocidad dentro de las mismas secciones de los ductos del sistema.
- Daños en los ductos por abolladura, por ejemplo incrementarán la resistencia y decrecerá el flujo y velocidad en el área dañada del sistema.
- La corrosión y erosión de la rueda o sus alabes del ventilador gobernado por fajas, reducirá el flujo y la velocidad del aire.

Se debe tener cuidado con algunas condiciones como: materiales muy viscosos, condiciones de condensación en presencia de polvo, efectos electrostáticos, etc. Donde la velocidad sea insuficiente para prevenir taponamiento.

#### 2.4.2.3 Determinación del rango de flujo.-

Las campanas con o sin rebordes, direccionadores, o paredes adyacentes, tendrán un movimiento de aire por todas las direcciones. La velocidad de captura en un punto dado frente a la campana será establecida por el flujo de aire a través de la superficie geométrica. La velocidad de captura varía en función de las dimensiones físicas de la campana.

Ej.: Para una campana redonda o rectangular, se puede establecer con la siguiente formula:

$$Q = V * ( 10 X^2 + A )$$

Donde:

Q... Flujo de aire (pie<sup>3</sup>/min.)

V... Veloc. central a una distancia X de la campana (pie/min.)

X... Distancia del punto externo hasta la campana (x = 1.5 D, para campanas redondas, pie).

A... Área de la campana (pie<sup>2</sup>)

D... Diámetro de una campana redonda o lado de una campana cuadrada. (pie)



#### 2.4.2.4 Pérdidas en la campana.-

El flujo de aire direccionado, a través de la campana, genera pérdidas y donde la velocidad puede ser calculada por la ecuación básica:

$$Q = V * A$$

**Sin Pérdidas:** Si no hay pérdidas asociadas con la entrada en la campana, entonces aplicando el principio de conservación de la energía para el campo de la campana.

$$SP_1 + VP_1 = SP_2 + VP_2 ,$$

Esto es el principio de Bernoulli en mecánica de fluidos. En el punto de entrada se considera que SP es igual a la Atmosférica y la velocidad del aire es cero ( $V_1=0$ ). La SP puede decrecer debido a la aceleración de la velocidad a través del ducto.

**Con Pérdidas:** En realidad existen, cuando el aire ingresa a la campana y al ducto, se forma una vena contracta y se pierde energía en la conversión de presión estática (SP) a presión de velocidad (VP). Estas pérdidas de entrada ( $he$ ) son normalmente expresados como un coeficiente de pérdidas ( $Fh$ ) multiplicado por la presión de velocidad del ducto, tal que:

$$he = Fh * VP.$$

El principio de conservación de la energía entonces será:

$$SP_2 = -(VP_2 + he),$$

El valor absoluto de  $SP_2$  es conocido como la succión estática de la campana ( $SPh$ ), entonces:

$$SPh = -SP_2 = VP_2 + he.$$

La SP de un punto después de la entrada en la campana es negativa (menor que la atmosférica) debido a dos efectos:

1. La aceleración del aire para la velocidad dentro del ducto.
2. Las Pérdidas en la entrada a la campana.

Un método alternativo para describir las pérdidas de entrada en la campana es por el coeficiente de entrada (Ce). Este coeficiente esta definido como la raíz cuadrada de la relación entre la VP y SPh.

$$C_e = (VP/SPh)^{1/2},$$

Considerando

$$SPh = VP \quad y \quad C_e = 1,$$

Y Despejando las fórmulas anteriores se tendrá lo siguiente:

$$Q = V * A = 4005 * A * C_e * (SPh)^{1/2}$$

Q	...	pie <sup>3</sup> / min.	A	...	pie <sup>2</sup>
SPh	...	Pulg. H <sub>2</sub> O	Ce	...	adimens.

## 2.5 Ductos - Pérdidas de Presión.-

Existen dos componentes para las pérdidas de presión a través de ductos.

### 2.5.1 Pérdidas por Fricción.-

Las pérdidas debido a la fricción en los ductos dependen de la velocidad interna, diámetro, densidad del aire, material y uniformidad de la superficie. El efecto de la velocidad, diámetro, densidad y viscosidad determinan una relación con el Número de Reynold (Re), como se muestra:

$$Re = (\rho * d * V) / \mu$$

d .. Diámetro (pie)

V .. Velocidad del flujo (pie /seg.)

$\mu$  .. Viscosidad dinámica del aire (lb. / (seg.-pie))

$\rho$  .. Densidad del gas (lb. /pie<sup>3</sup>)

El efecto de la rugosidad absoluta de la superficie ( $\epsilon$ ) de un material se relaciona con la rugosidad relativa, para cada diámetro del ducto. Algunos valores estándares de rugosidad absoluta usados en ventilación industrial se muestran en la siguiente tabla:

<b>MATERIAL DEL DUCTO</b>	<b>RUGOSIDAD ABSOLUTA (<math>\epsilon</math>)</b>
Metal Galvanizado	0.00050
Acero Negro	0.00015
Aluminio	0.00015
Acero Inoxidable	0.00015
Ducto Flexible (espiras expuestas)	0.01000
Ducto Flexible (espiras ocultas)	0.00300

L.F. Moody combinó estos efectos dentro de una carta denominado diagrama de Moody, con el conocimiento del Re y la rugosidad relativa, la ecuación del factor de fricción (f) puede ser determinado, luego de haberse definido el factor de fricción. La ecuación del factor de fricción de Weisbach para determinar las caídas de fricción en los ductos es:

$$h_l = f * (L/d) * VP$$

Donde:

$h_l$  ... Factor de fricción en las tuberías ( pulg. H<sub>2</sub>O)

f ... Factor de fricción del diagrama de Moody (adim.)

L ... Longitud del ducto (pie)

D ... Diámetro del ducto (pie)

VP ... Presión de velocidad en el ducto ( pulg. H<sub>2</sub>O)

Más tarde, Loeffler presentó una ecuación utilizando la presión de velocidad (VP), utilizando los valores standard de superficies rugosas, la ecuación fue obtenida utilizando la ecuación de Darcy - Weisbach en la forma:

$$H_I = 12 * (f/D)*L* VP = H_f * L * VP$$

Donde: "12" es usado para convertir el diámetro D de pulgadas a pies.

La ecuación simplificada fue determinada para un flujo de aire standard, a través de tuberías con diferente tipo de material con una aproximación de 5% de error. La ecuación resultante fue:

$$H_f = 12 * f / D = a * (V^b) / (Q^c)$$

Donde: **a**, **b** y **c** varían en función del material del ducto, como se muestra en la siguiente tabla:

Material del Ducto	$\epsilon$ (ft)	a	b	c
Aluminio, Acero negro, Acero inoxidable	0.00015	0.0425	0.465	0.602
Tuberías Galvanizados	0.0005	0.0307	0.533	0.612
Tuberías Flexibles con cubierta protectora	0.0030	0.0311	0.604	0.639

### COMENTARIO.-

Como se menciona anteriormente, las pérdidas de fricción teóricas se hallan relacionando el número de reynold (**Re**), la rugosidad ( $\epsilon$ ) y el diámetro (**D**) de la tubería. Estos parámetros se relacionan matemáticamente mediante la ecuación de Colebrook.

Para un valor de **Re** mayor que 4000 la ecuación de Colebrook es:

$$1/(\sqrt{f}) = - 2 \log ( (\epsilon/D) / 3.7 + 2.51 / (Re\sqrt{f}) ) ,$$

Gráficamente es el Diagrama de Moody.

Analizando se observa que cuando el valor de las asperezas de superficie  $\epsilon$  es pequeña comparado al diámetro de la tubería **D** y  $\epsilon/D$  tiende a cero, entonces el factor de fricción  $f$  depende solamente del Número de Reynold **Re**. Para **una tubería lisa** la relación  $(\epsilon/D) / 3.7$  es pequeña comparada con  $2.51 / (Re\sqrt{f})$ . Ahora si **Re** aumenta hasta que  $2.51 / (Re\sqrt{f})$  tienda a cero, entonces el factor de fricción es una función solamente de la aspereza relativa  $\epsilon/D$  de la tubería., y se llamará **Tubería**

**Rugosa.** Por lo tanto, la misma tubería puede ser lisa para unas condiciones de flujo y áspera para otras. La razón de esto es que **Re** aumenta, el espesor de la subcapa laminar, exponiendo así una superficie áspera al flujo. La variación del factor de fricción de la tabla de Rugosidades es aplicable a tuberías limpias y nuevas. El cambio del factor de fricción con la **edad** del tubo depende de las propiedades químicas del fluido y del material que esta hecho.

En nuestro caso se calculó las pérdidas de fricción en pulgadas de H<sub>2</sub>O por 100 pies:

$$f / 100 \text{ ft} = 2,74 * \frac{(V \text{ fpm} / 1000)^{1.9}}{(D \text{ pulg.})^{1.22}}$$

Esta formula tiene como base la densidad de aire estándar (0.075 lb/ft<sup>3</sup>) para un ducto limpio, nuevo, de acero galvanizado y tiene una longitud aproximada de 40 uniones para 100 pies.

## 2.5.2 Perdidas en Acoplamientos.-

### a.- Contracciones y ensanchamientos de ductos:

Las **contracciones** son usados donde se necesite reducir el tamaño de los ductos, como ingreso a equipos, puntos donde es necesario incrementar la velocidad de transporte, como en las chimeneas.

Los **ensanchamientos** son requeridos a la entrada de equipos, reduce la energía perdida por la fricción y la velocidad del tramo, no se recomienda donde puede ser afectada la velocidad de transporte.

### b.- Alargamiento:

**Alargamiento** son los acoplamientos (codos, ingresos, etc.) en los ductos siempre generan pérdidas de presión; estas presiones son determinadas por los siguientes métodos:

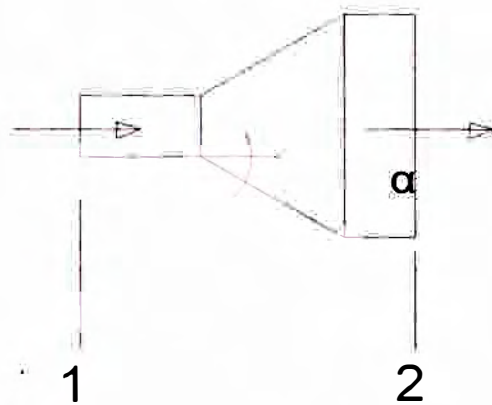
### 2.5.2.1 Método de la presión de velocidad.-

Con este método, las pérdidas en los acoplamientos son definidos por el coeficiente de pérdida (F) multiplicado por la VP.

$$h_l = F * VP$$

En contracciones, ingresos o expansiones, existen diferentes presiones de velocidad, lo que se determinarán según la siguiente tabla:

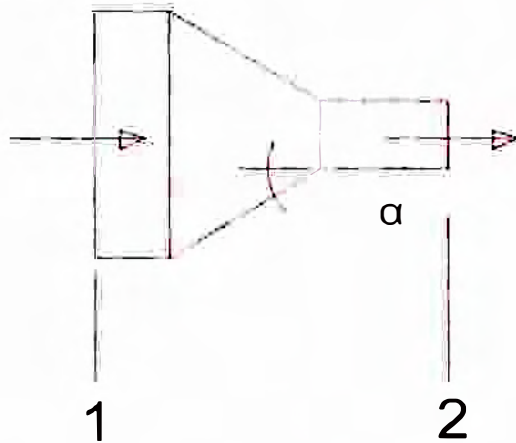
#### a) Pérdidas y / o ganancia con el ensanchamiento del ducto:



Ang. (α)	RELACION DE DIÁMETROS $D_2 / D_1$				
	1.25:1	1.5:1	1.75:1	2:1	2.5:1
<b>3.5</b>	0.92	0.88	0.84	0.81	0.75
<b>5</b>	0.88	0.84	0.80	0.76	0.68
<b>10</b>	0.85	0.76	0.70	0.63	0.53
<b>15</b>	0.83	0.70	0.62	0.55	0.43
<b>20</b>	0.81	0.67	0.57	0.48	0.43
<b>25</b>	0.80	0.65	0.53	0.44	0.28
<b>30</b>	0.79	0.63	0.51	0.41	0.25
<b>abrupto</b>	0.77	0.62	0.50	0.40	0.25

$$SP_2 = SP_1 + R (VP_1 - VP_2)$$

b) Pérdidas por Contracción del ducto:



$$SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - L (VP_2 - VP_1)$$

Angulo de contracción ( $\alpha$ )	L (factor de pérdida)
5	0.05
10	0.06
15	0.08
20	0.10
25	0.11
30	0.13
45	0.20
60	0.30
Más de 60	Contracción brusca

c) **Pérdidas por Contracción Brusca en el ducto:**



$$SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - K(VP_2)$$

Relación $A_2 / A_1$	K (factor de pérdida)
0.1	0.48
0.2	0.46
0.3	0.42
0.4	0.37
0.5	0.32
0.6	0.26
0.7	0.20

Nota: para los cálculos de SP, por expansión o contracción.

VP es (+)

SP es (+) en ducto de descarga del ventilador.

SP es (-) en la entrada del ducto al ventilador.



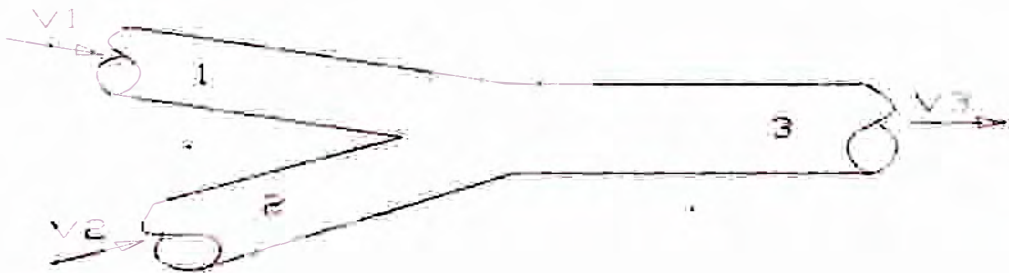
#### d) Distribución del Flujo de aire.-

Es importante tener en cuenta **la distribución del flujo de aire** en un sistema que tenga varios ramales conectados a una troncal principal que llegará al ventilador.

El principio básico de cálculo de caída de presión es el mismo para cada ramal, la diferencia es que en cada unión de dos ramales se balanceará o se usará una compuerta para controlar la caída de presión.

Es necesario para el diseño asegurar que todos los ramales llegarán a la unión con igual caída de presión estática.

$$\text{CFM}_{\text{CORR.}} = \text{CFM}_{\text{DIS.}} * (\text{SP}_{\text{MAYOR}} / \text{SP}_{\text{MENOR}})^{0.5}$$



Condiciones entre dos ramales 1 y 2:

- Si la relación  $\text{SP}_{\text{MAYOR}} / \text{SP}_{\text{MENOR}} < 5\%$  no hay modificación.
- Si  $(\text{SP}_{\text{MAYOR}} / \text{SP}_{\text{MENOR}}) > 1,20$  entonces reducir el diámetro de la  $\text{SP}_{\text{MENOR}}$ .
- Si  $1,05 < (\text{SP}_{\text{MAYOR}} / \text{SP}_{\text{MENOR}}) < 1,20$  entonces se debe corregir el caudal del  $\text{SP}_{\text{MENOR}}$ .

#### e) Corrección del cambio de velocidad

Las variaciones de la velocidad del flujo dentro del ducto ocurren en cualquier sistema de aspiración debido a la selección de ductos basados en el diseño de sistemas balanceados. Ha veces, cuando las circunstancias lo

requieren, el diseñador tiene conocimiento de las pérdidas de energía y ganancias cuando el sistema ha sido instalado.

Ramales de ingreso a un ducto principal: a veces a la salida del ducto principal, las velocidades exceden al más alto de las velocidades de los ramales. **Una diferencia de 0.1 pulg. H<sub>2</sub>O o más** entre el VP del principal y la VP resultante de los dos ramales podría ser corregido. Pasos a seguir:

1). Se obtiene el valor de VP<sub>1,2</sub> resultante de los dos volúmenes de aire entrantes a la unión.

$$VP_{1,2} = ((Q_1 + Q_2)^2 / (4005*(A_1 + A_2)))^2$$

2). Si la diferencia entre esta VP<sub>3</sub> y VP<sub>12</sub> es mayor o igual que 0.1 pulg. H<sub>2</sub>O es necesario corregir el caudal o diámetro de los ramales. Posteriormente se conocerá la SP resultante a la salida del ducto principal.

$$SP_{3C} = SP_3 + (VP_{1,2} - VP_3)$$

VP<sub>1,2</sub> Presión de Velocidad resultante de los de los ramales combinados (pulg. de H<sub>2</sub>O)

Q<sub>1</sub> Caudal en el ramal N° 1 (Pies<sup>3</sup> / min.)

Q<sub>2</sub> Caudal en el ramal N° 2 (Pies<sup>3</sup> / min )

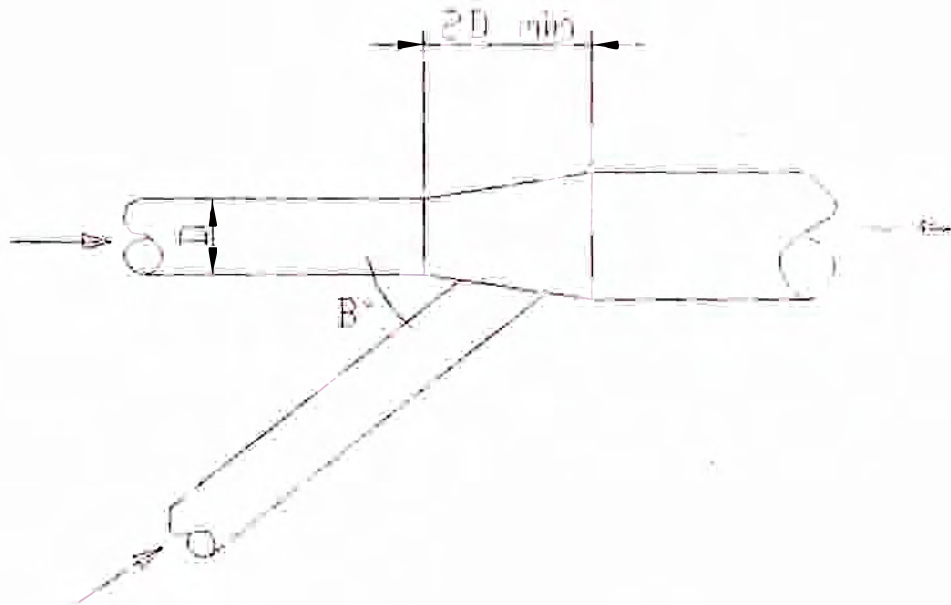
A<sub>1</sub> Área del ramal N° 1 (pies<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> Área del ramal N° 2 (pies<sup>2</sup>)

SP<sub>3C</sub> Presión estática corregida en el ducto principal 3

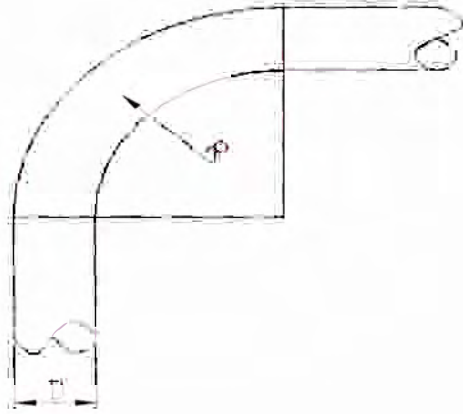
SP<sub>3</sub> Presión estática sin corregir en el ducto principal 3

f) Pérdidas de presión en ingresos



Angulo de ingreso ( $^\circ$ )	Coefficiente de caída de VP en el ramal
10	0.06
15	0.09
20	0.12
25	0.15
30	0.18
35	0.21
40	0.25
45	0.28
50	0.32
60	0.44
90	1.00

**g) Pérdidas de presión en curvas.**



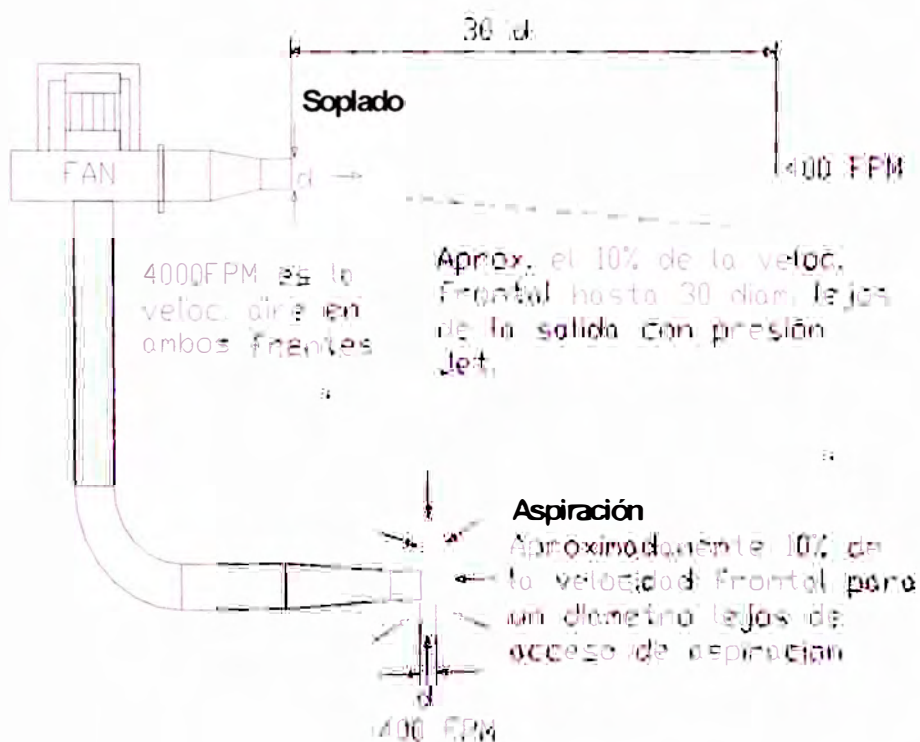
<b>R / D</b>	<b>Pérdidas en fracción de VP</b>
2.75	0.26
2.50	0.22
2.25	0.26
2.00	0.27
1.75	0.32
1.50	0.39
1.25	0.55

**h) Factor de Corrección por la altura y temperatura ambiental, para determinar el Ventilador**

<b>Altura Relativa sobre el nivel del mar (pies)</b>																
	<b>-5000</b>	<b>-4000</b>	<b>-3000</b>	<b>-2000</b>	<b>-1000</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>	<b>4000</b>	<b>5000</b>	<b>6000</b>	<b>7000</b>	<b>8000</b>	<b>9000</b>	<b>10000</b>
<b>Temp. °F</b>	<b>Factor de Dens. ( df)</b>															
<b>-40</b>	1.51	1.46	1.40	1.36	1.31	1.26	1.22	1.17	1.13	1.09	1.05	1.01	0.97	0.94	0.90	0.87
<b>0</b>	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.03	1.00	0.96	0.92	0.89	0.86	0.82	0.79
<b>40</b>	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.06	1.02	0.99	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
<b>70</b>	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.93	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69
<b>100</b>	1.13	1.09	1.05	1.02	0.98	0.95	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70	0.68	0.65
<b>150</b>	1.04	1.00	0.97	0.93	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60
<b>200</b>	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.62	0.60	0.57	0.55
<b>250</b>	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.55	0.53	0.51
<b>300</b>	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48
<b>350</b>	0.78	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45
<b>400</b>	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.62	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42
<b>450</b>	0.70	0.67	0.65	0.63	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40
<b>500</b>	0.66	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38
<b>550</b>	0.63	0.61	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36
<b>600</b>	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34
<b>700</b>	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.31

### 2.5.3 Características del Flujo: Soplando o Aspirando aire.-

El aire soplado desde una pequeña abertura retiene este efecto direccional para una considerable distancia, más allá del plano de la abertura. Si el flujo de aire a través de la misma abertura fue reservado para que esté operado como una abertura de aspiración manejando el mismo volumen de aire, el flujo sin direccionamiento sería grandemente reducido:



### 2.6 Ventilación por Dilución.-

En términos generales la ventilación y la dilución son intercambiables. La ventilación en general es la remoción o suministro de aire desde un área determinada y dilución es la combinación del aire contaminado con aire limpio en un área determinada, sea una habitación, edificio, y tiene por propósito controlar los peligros para la salud.

La dilución se aplica donde no se puede utilizar un sistema de aspiración porque la operación o proceso productivo no lo permite o puede que sea más económico que un sistema de aspiración.

### **2.6.1 Factores limitantes:**

Consta de cuatro:

- La cantidad de contaminante generado puede ser pequeño o el volumen de aire necesario para diluir sea impráctico.
- Los trabajadores pueden estar lo bastante lejos del contaminante, o el incremento del contaminante puede estar bajo de concentración.
- La toxicidad del contaminante puede ser baja.
- La evolución del contaminante puede ser uniforme
- Los datos sobre la cantidad de humos y polvos son muy difíciles, si no difícil de obtener.

### **2.6.2 Aplicaciones:**

Usualmente es utilizada para el control de vapores de líquidos orgánicos y los solventes tóxicos. Para la solución de estos problemas es necesario tener un registro de datos obtenidos en pruebas de campo.

Los principios aplicados en estos sistemas son los siguientes:

- Seleccionar, con datos actuales, el aire requerido para diluir satisfactoriamente el contaminante.
- Ubicar el punto de aspiración más cercano al foco contaminante.
- Es necesario la aspiración o suministro de aire en varios puntos a través de la zona de contaminación.
- Reemplazar el aire contaminado por uno nuevo.
- En general se debe mantener una corriente de aire entre el operador y el punto de contaminación.



- En un área determinada se puede analizar de varias maneras; primero, si los equipos y el punto de contaminación están juntos se requiere de un exceso en la aspiración, y segundo si los equipos y el punto de contaminación están alejados se requiere un exceso en la inyección de aire.
- Evitar el reingreso del aire viciado descargado por la parte superior del techo, asegurando que no haya ventanas cercanas y otros puntos de acceso.

### **2.6.3 Valor Limite Permisible (TLV):**

El **TLV** es la concentración en el ambiente de materiales nocivos en condiciones normales de trabajo (ocho horas diarias) donde el operario puede ser expuesto constantemente sin efectos adversos para su salud. Estos valores están definidos por la información desarrollada en la experiencia industrial y estudios experimentales.

La mayoría de los valores son concentraciones promedios pesados en un tiempo para ser usados como guía en el control de la exposición diaria a los materiales tóxicos. Ellos no pueden ser considerados como la línea entre las concentraciones seguras y tóxicas. Estos valores pueden ser excedidos en periodos cortos sin perjuicio de la salud, dependiendo de un número de factores que incluyen:

- La naturaleza del contaminante, los efectos son acumulativos.
- La frecuencia con el cual ocurren las altas concentraciones.
- La duración de los periodos altos de contaminación.
- La probabilidad de una exposición crítica (por una alta concentración).

Ciertos materiales tóxicos, han sido encontrados por causar efectos críticos en el hombre por concentraciones ligeramente superiores al TLV, de allí que estos materiales tóxicos no pueden ser excedidos, ver tabla adjunta donde se indica el TLV respectivo:



TLV PARA POLVOS, HUMOS, Y NIEBLAS TÓXICAS		
SUSTANCIA	ppm	mg / m <sup>3</sup>
Arsénico	--	0.5
Polvo metálico Cadmio	--	0.2
Humo Óxido de Cadmio	--	0.1
Dióxido de Carbono	5000	9000
Monóxido de Carbono	50	55
Humo de Cobre	--	0.1
Polvo y niebla de Cobre	--	1
DDT	--	1
Humo de óxido de Mg	--	15
<b>Mercurio</b>	--	<b>0.1</b>
<b>Vapor de Mercurio</b>	--	<b>0.05</b>
Naftalina	10	50
Nicotina	--	0.5
Ácido Nítrico	2	5
Selenio	--	0.2
Dióxido del Sulfuro	5	13
Ácido Sulfúrico	--	1
Telurio	--	0.1
Humo Cloruro Cinc	--	1
Humo óxido de Cinc	--	5
GLP	1000	1800

ppm : Partes por millón a 25° C y 760 mmHg.

mg/m<sup>3</sup> : Miligramos por metro cúbico.

## 2.7 Equipos Colectores de Polvo.-

### 2.7.1 Selección de equipos:

El objetivo de estos equipos es remover los contaminantes del flujo de gases o del aire, considerando parámetros como: Flujo másico (lbs./hr), características del contaminante y la seguridad contra el fuego y explosiones. Para partículas contaminantes, la limpieza del aire se efectúa de dos formas:

- **Filtro de aire.-** Son diseñados para remover bajas concentraciones de polvo en el ambiente. Son típicamente utilizados en ventilación, aire acondicionado y sistemas de calentamiento donde la concentración de polvo no exceda de 4.0 granos por 1000 ft<sup>3</sup> (28,316 m<sup>3</sup>) de aire, usualmente no sobrepasan los 0.1 granos por 1000 ft<sup>3</sup> (28,316 m<sup>3</sup>)
- **Colectores de Polvo.-** Diseñados para cargas de polvo más pesados como: un sistema de aspiración local o en procesos con chimeneas para gases. Las concentraciones pueden ser de 100 a 20,000 veces más grande que para los filtros de aire.

### 2.7.2 Factores de Selección:

Los equipos colectores de polvo son seleccionados teniendo en cuenta los diferentes parámetros que consideran efectividad, costo de inversión, costo de operatividad y de mantenimiento, espacio, materiales y su disposición en la construcción. Los factores que influyen son:

- **Concentración y tamaño de los contaminantes.-** Los contaminantes abarcan un rango extremo de las concentraciones y tamaños de partículas. Ver indicación de acuerdo al tamaño de partículas (Ver. Fig. 1).
- **Eficiencia.-** El grado de recolección requerido dependerá de la concentración, y humedad de las partículas a remover.

Los equipos con alta eficiencia, demandan un alto costo, y bajo consumo de energía (ejemplo: precipitador electrostático).

Los equipos con buena eficiencia, demandan un bajo costo inicial (Ej.: Un lavador de gases, filtro de tela).

Los equipos de regular eficiencia, demandan un costo bajo (Ej.: el grupo de los equipos centrífugos secos).

La razón de masa que se emite influirá en la selección del equipo.

- **Características del flujo de gases.-** Los gases al momento de transportar pueden tener una marcada influencia sobre la selección de los equipos. La temperatura puede limitar el material a utilizar en los colectores, la condensación de los vapores de agua causará relleno y taponamiento de los ductos. Los agentes químicos corrosivos pueden atacar la estructura de apoyo de los colectores secos, y cuando se mezclan con el agua causarán daños extremos.
- **Características del contaminante.-** También afecta en la selección del equipo; los agentes químicos pueden atacar seriamente a colectores; los materiales pegajosos pueden adherirse al colector obstruyendo los conductos de aire. Los materiales abrasivos causan un rápido desgaste de la superficie metálica.  
Normalmente las partículas procedentes de cualquier operación de reducción de tamaño tiene una variedad de características, por lo que se debe tener en cuenta: el tamaño de cada partícula, el tamaño "promedio" de todas las partículas, y la "forma" de las partículas. El tamaño, forma y densidad de las partículas regularán ciertos diseños de colectores.
- **Consideraciones de Energía.-** El costo y disposición definen y deciden que pueda desarrollarse en la forma deseada. Un precipitador electrostático por ejemplo, puede ser una buena alternativa, para un significativo costo inicial, pero con una caída de presión pequeña, que reduce el costo de energía a utilizar.
- **Disposición de los polvos.-** Los métodos de remoción y disposición de los polvos o gases recolectados variarán con el tipo de material, los procesos en la planta, la cantidad a utilizar, y del colector diseñado.  
Los colectores secos pueden ser descargados en forma continua o a través de compuertas tipo cuchillo y / o válvulas rotativas.

Los colectores húmedos pueden ser arreglados para remover en grupos o impulsión continua de materiales aguados y lodosos.

### **2.7.3 Tipos de Colectores de Polvo:**

Se pueden clasificar en cuatro grupos:

#### **a) Precipitador Electrostático.-**

Son los equipos de más eficiencia de recolección (95% a 99%), caída de presión mínima (0.1 a 0.25 Pulg. H<sub>2</sub>O), y alto costo inicial. Consiste en la generación de un campo eléctrico de alto voltaje, las partículas reciben una carga eléctrica y se mueven hacia uno u otro de los electrodos. Si uno de los electrodos es un tubo o placa plana y el otro un alambre axialmente suspendido en el centro del tubo o entre dos placas, el campo eléctrico es de mayor intensidad alrededor del alambre. Las partículas de polvo se mueven de la parte más fuerte hacia el más débil del campo eléctrico. Estos equipos se emplean para eliminar la materia suspendida en gases y aire proveniente de calderas, humos metalúrgicos, polvo de cal y cemento. Pueden ser construidos para eliminar polvos de casi todos los tamaños. No se puede coleccionar material en estado gaseoso, ni aplicarse en sistemas con polvos o gases explosivos, debido al peligro de ignición por chispa eléctrica.

#### **b) Colectores Fabricados.-**

Son equipos de alta eficiencia y de costo medio. Consiste en la captura mediante un filtro tejido por donde pasará el aire con el polvo y quedará atrapado. Periódicamente los filtros en forma de cartuchos serán limpiados manualmente, por vibración mecánica o con aire a presión. El rango de caída de presión no supera las 6 pulg. H<sub>2</sub>O, si el manómetro indica un valor superior a las 6 pulg. H<sub>2</sub>O, el filtro está saturado y requiere mantenimiento.

**c) Colectores Húmedos (Scrubbers).-**

Son equipos de mediana eficiencia y de costo medio. Se caracterizan por trabajar a altas temperaturas y con gases húmedos. La colección de los polvos se efectúan en una cámara llena de agua, por esta atraviesa, el aire con polvo. La caída de presión y la eficiencia varían con el diseño del mismo.

**d) Colectores Centrifugos y Secos.-**

Consiste en la aplicación de una fuerza centrífuga, las partículas de polvo son arrastrados por una corriente de aire a un ciclón y a mayor velocidad tangencial las partículas tienden a precipitarse al fondo del equipo, mientras que el aire saldrá por un ducto ubicado en la parte superior. La caída de presión es directamente proporcional a la velocidad tangencial de la partícula.

**e) Otros.-**

Se tienen otros equipos colectores como **las Cámaras de Sedimentación** que funcionan reduciendo la velocidad de transporte de la partícula y por gravedad tiendan a depositarse en el fondo de la cámara.

**COMPARACION Y CARACTERISTICAS DE COLECTORES DE POLVO Y GASES.**

<b>Tipo</b>	<b>Tamaño (micrones)</b>	<b>Caída de Presión (Pulg. H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Glns. H<sub>2</sub>O por 1000 CFM</b>	<b>Espacio</b>	<b>Influencia de aire húmedo</b>	<b>Temp. Máxima (°F)</b>
<b>Precipitador Electrostático</b>	0.25	0.5	--	Grande	Ninguna	500
<b>Bag House con Jet de aire reversa para limpieza automática.</b>	0.25	3 – 8	--	Moderado	Puede haber dificultades	180
<b>Scrubber Centrífugo</b>	1 – 5	2.5 - 6	3 – 5	Moderado	Ninguna	Sin límite
<b>Scrubber tipo Torre –Alta eficiencia.</b>	0.5 – 5	2 – 4	5 – 10	Moderado	Ninguna	Sin límite
<b>Ciclón centrífugo – Baja eficiencia.</b>	20 – 40	0.75 – 1.5	--	Grande	Condensación, taponamiento.	750
<b>Ciclón centrífugo – Alta eficiencia</b>	10 – 30	3 – 6	--	Moderado	Condensación, taponamiento.	750

## APLICACIONES COMUNES DE LOS PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS

Industria	Aplicación	Flujos límites de gas (Pies <sup>3</sup> / min.)	Intervalo de Temp. (F°)	Eficiencia (%)	Conc. Polvo (ppm / peso aire)
<b>Cemento Pórtland</b>	Polvo de los secadores	30,000 – 100,000	125 – 350	95 - 99	1,905 - 29,000
	Ventilación de los molinos	2,000 - 10,000	50 - 125	95 - 99	9,500 - 98,000
<b>Acero</b>	Limpieza de altos hornos	20,000 - 100,000	90 - 110	95 - 99	38 - 950
	Recolección de alquitrán de los gases de hornos de coque.	50,000 - 200,000	80 - 120	95 - 99	190 - 1,905
<b>Metales no ferrosos</b>	Humo de hornos, tostadores, líneas de aluminio, etc.	5,000 - 1,000,000	150 - 1100	90 - 98	5,700 - 95,000
<b>Carbón negro</b>	Recolección y aglomeración	20,000 - 150,000	300 - 700	10 - 35	57 - 9,500
<b>Yeso</b>	Polvos de hervidores, convertidores	5,000 - 20,000	250 - 350	90 - 98	2,850 - 9,500
<b>Productos rocosos</b>	Tejados, magnesita, dolomita, etc.	5,000 - 200,000	100 - 700	90 - 98	950 - 4,800
<b>Polvos de óxidos de Cu, Pb, Zn.</b>	Fundición de metales	300,000 - 1,000,000	175 - 1100	95 - 99	5,700 - 80,000

## CAPITULO III

### ANALISIS – PROPUESTAS Y MEJORAS EN LA REFINERIA - PRIMERA ETAPA



## CAPITULO III

### ANÁLISIS, PROPUESTAS Y MEJORAS EN LA REFINERIA (PRIMERA ETAPA)

#### 3.1 Análisis y Observaciones.-

##### a. Análisis general.-

En esta etapa se procede a realizar un análisis del ambiente de trabajo, iniciando con mediciones de flujos de aire en los sistemas de ventilación existentes (en la inyección de aire como de aspiración de aire), para poder definir el movimiento de masas de aire en cada una de las áreas (Filtros Prensa, Hornos de Retorta, y Hornos de Inducción – Fundición) e indicar las soluciones más acertadas.

También se observó las instalaciones físicas de los sistemas de ventilación de inyección de aire, los sistemas de aspiración a nivel del piso. Posteriormente se realizó mediciones con un analizador de gases y se detectó que el nivel de vapor de mercurio superaba al límite permisible según **Normas ACGIH (0,025 mg/m<sup>3</sup>)**.

En la Fig. N° 3.3, se observa la disposición de los sistemas de ventilación en cada área, antes de las modificaciones realizadas.

##### b. Observaciones en cada área.-

###### **Área de Filtros Prensa:**

- En esta zona no hay movimiento de aire a nivel del piso.
- El Sistema de Aspiración a nivel del piso (SANP1-FP) no tiene instalada Campanas.

- Hay un ventilador axial de aspiración (VAAPA1-FP) que trabaja deficientemente, y no genera flujo de aire en esta zona.
- La inyección de aire por la parte superior (SVEL3-HIF) no es buena, y para mejorar la distribución del flujo de aire hay que cambiar el diseño de las campanas y hacer el mantenimiento preventivo y correctivo de los ductos.
- El flujo de aire se presenta con mayor intensidad sobre los 1.50 metros del piso, y de forma irregular.

#### **Área de Hornos de Retorta:**

- La inyección de aire por la parte alta (SVEL1-HR y SVEL2-HR) es deficiente, las campanas más alejadas de los sistemas no inyectan aire por estar obstruidos y requieren modificar el diseño de las campanas.
- En los Hornos, las campanas de aspiración ubicadas en sus compuertas, poseen apreciable velocidad de captura para los gases (7800FPM ó 39.60 m/seg.).
- La aspiración en el bote de retortas (SABR-HR) es bueno (7700 FPM ó 39.116 m/seg.).
- Las chimeneas de salida de los hornos, no tienen suficiente tiraje para botar los contaminantes a mayor altura.
- El sistema de aspiración a nivel del piso (SANP1-HR) no tiene instalada campanas.
- El movimiento de aire se efectúa por encima de 1.00 metro del piso, y de forma irregular.

#### **Área de Fundición:**

- El Sistema de Aspiración a nivel del piso (SANP1-FP) no tiene instalada campanas.

- Es necesario elevar la chimenea de salida del Bag House, para que los gases sean transportados por corrientes de aire más elevadas y evitar que recircule por la planta.
- Es necesario el mantenimiento del Sistema de Ventilación de inyección de aire (SVEL 3).
- En el Sistema de Aspiración para los Hornos de Inducción, hay dos ramales que están inadecuadamente instalados con respecto al ducto principal, uno está conectado a 90° y el otro en sentido contrario a la dirección del flujo, se requiere de la corrección inmediata, ver Fig. N° 3-2.

### 3.1.1 Sistemas y Equipos Existentes.-

Se detallarán por área:

FILTROS PRENSA		ABREVIACION O CODIGO
EQUIPO O SISTEMA	UBICACION	
Sistema de aspiración	Nivel piso 1	SANP1-FP
Ventilador axial de aspiración	Parte alta 1	VAAPA1-FP
Ventilador axial de inyección	Parte alta 2	VAIPA2-FP
Sistema de inyección principal	Parte alta 3	SVEL3 – FP

HORNOS DE RETORTA		ABREVIACION O CODIGO
EQUIPO O SISTEMA	UBICACION	
Sistema de aspiración	Nivel piso 1	SANP1-HR
Sistema de aspiración	Bote de retortas	SABR-HR
Sistema de aspiración	Horno de retorta 1	SAHR1-HR
Sistema de aspiración	Horno de retorta 2	SAHR2-HR
Sistema de aspiración	Horno de retorta 3	SAHR3-HR
Sistema de aspiración	Horno de retorta 4	SAHR4-HR
Sistema de Inyección principal	Parte alta del techo	SVEL1-HR
Sistema de Inyección principal	Parte alta del techo	SVEL2-HR

HORNO DE INDUCCION – FUNDICION		ABREVIACION O CODIGO
EQUIPO O SISTEMA	UBICACION	
Ventilador axial de aspiración	Fundición	VAA3-HIF
Ventilador axial de inyección	Oficina – 2do piso	VAIO4-HIF
Sistema de aspiración	Bag House – Hornos Inducción	SAHI-BH
Sistema de inyección principal	Parte alta del techo	SVEL3-HIF

### 3.2 **Propuestas de Solución.-**

#### 3.2.1 **Propuesta Global N° 1.-**

Se reemplazará los tres Sistemas de Ventilación Principales (SVEL 1,2 3) por otros de mayor capacidad (volumen y caída de presión).

Se recomienda aumentar la altura de las chimeneas de cada horno de retorta y del Bag House, para evitar la recirculación del aire contaminado a la planta. La propuesta, obligará la suspensión de labores por un mes, como mínimo, y generaría pérdidas a la compañía.

#### 3.2.2 **Propuesta Global N° 2.-**

Realizar un estudio de todos los Sistemas de Ventilación existentes, y con los resultados obtenidos regular y/o modificar los equipos existentes.

Se recomienda aumentar la altura de las chimeneas de los hornos de retorta y del Bag House.

Esta manera de mejorar el Sistema de Ventilación, se efectuará para abaratar los costos. Se evitará la suspensión de labores de la compañía, porque se trabajará en forma sectorizada.

#### 3.2.3 **Comparación de Propuestas.-**

En el Cuadro N° 3.0 se muestra las ventajas y desventajas de cada propuesta.

### CUADRO N° 3-0: CUADRO COMPARATIVO

PROPUESTA N° 1	PROPUESTA N° 2
<ul style="list-style-type: none"><li>• El incremento de capacidad en 30 % de los ventiladores del sistema de Inyección obliga a un cambio total de la instalación física de todo el sistema existente.</li><li>• Modificación de los ventiladores en su capacidad y caída de presión.</li><li>• Dejar sin ventilación la planta de Refinería por 45 a 60 días, perjudica enormemente a la producción de la Refinería, seguridad y salud del personal.</li><li>• El costo de esta modificación ascendería a U.S. \$300,000.00, esta sobrepasará el presupuesto considerado para este rubro.</li><li>• Paralización obligatoria de la producción por labores de instalación de nuevos equipos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No se modificará los sistemas de ventilación existentes y solo se realizará un mantenimiento en general, y las correcciones puntuales.</li><li>• No se modificará los ventiladores instalados.</li><li>• No se dejará sin ventilación la planta de Refinería, por lo tanto no se perjudicará la operación del mismo, y la salud de los operarios.</li><li>• Económicamente es más rentable, ya que se estima un costo aproximado de U.S. \$60,000.00 por el trabajo de mejora, y esto esta dentro de lo presupuestado para el rubro de medio ambiente de la planta.</li><li>• Trabajo continuo de la Planta.</li></ul>

### **3.3 Actividades Desarrolladas, Pruebas.-**

En esta primera etapa, después de efectuados los trabajos en cada una de las áreas de refinería, se realizó mediciones de flujos de aire, y la medición de las concentraciones de vapor de mercurio, el objetivo de las mediciones es obtener la variación en cada área.

#### **3.3.1 Plan de Trabajo.-**

Es la organización de las actividades en campo y se buscó evitar tiempos muertos. Se comenzó formando dos grupos de trabajo en forma paralela, a continuación las describimos:

**Grupo 1:** Desarrolla las siguientes actividades:

- Limpieza y mantenimiento de los ductos de los sistemas de ventilación principales (SVEL 1, 2, 3) de inyección de aire para las tres áreas.
- Instalación de las campanas de inyección de aire (con diseño nuevo) de los sistemas de ventilación principales (SVEL 1, 2, 3).
- Incremento de la altura (3 mts.) de las chimeneas de los Hornos de retorta (4 unidades).
- Incremento de la altura (3 mts.) de la chimenea del Bag House.

**Grupo 2:** Desarrolla las siguientes actividades:

- Limpieza y mantenimiento de los ductos de los sistemas de aspiración a nivel del piso (SANP1-HR, SANP1-FP) en las tres áreas.
- Desmontaje y montaje de los ventiladores axiales en el área de Filtros prensa de Inyección y aspiración de aire.
- Instalación de las campanas en los sistemas de aspiración (SANP1-HR, SANP1-FP) de las tres áreas.

### 3.3.2 Descripción de actividades por área.-

#### Área de Hornos de Retorta

- Se realizó el mantenimiento de los ductos de ventilación; el caudal mejoró de 11,300.66 CFM (5.33 m<sup>3</sup>/seg.) a 15,667.84 CFM (7.40 m<sup>3</sup>/seg.) en el sistema principal (SVEL2 – HR).
- Se instaló campanas de aspiración nuevas (SANP1 – HR).
- En la parte alta, se cambió las campanas de inyección de aire en los Sistemas de ventilación (SVEL1-HR Y SVEL2-HR), por otras que facilitan una mejor distribución. El diseño anterior presentaba una salida de aire en 90°, que generaba contracción brusca, y generaba mayor caída de presión. Se instaló nuevas campanas con una salida en dirección a 30° con la horizontal.
- Se incrementó en 3 metros la chimenea de cada horno de retorta, para evitar la recirculación del contaminante a la Planta.

#### Área de Filtros Prensa

- Se realizó el mantenimiento de los ductos del Sistema de Ventilación principal de inyección de aire (SVEL3 – HIF), y se instaló las nuevas campanas de inyección.
- Se instaló un nuevo ventilador axial de 12,550 CFM (5.92 m<sup>3</sup>/seg.) y 1.50 pulg. H<sub>2</sub>O de caída de presión (anteriormente tenía 0.5 pulg. de H<sub>2</sub>O), el ventilador retirado se reinstaló en el área de Horno de Inducción - Fundición.
- Se instaló un **deflector mecánico de aire graduable** en la salida del ventilador axial (VAIPA2-FP), el objetivo es orientar el aire inyectado hacia la parte inferior del área para "barrer" los vapores acumulados a nivel del piso. Anteriormente la corriente de aire circulaba por la parte superior (encima del 1.50 mts), y no arrastraba al contaminante que se encontraban a nivel del piso. (Ver Fig. N° 3 – 1).

- Se instaló las campanas nuevas para el sistema de aspiración a nivel del suelo (SANP1-FP).

### Área de Hornos de Inducción – Fundición

- Corrigieron los dos ramales mal instalados (Ver Fig. N° 3-2).
- Se reinstaló el ventilador axial que inicialmente estaba en el área de Filtros Prensa, y ahora ha sido puesto cerca del Horno de Inducción (VAA4 – HIF), (Ver Fig. N° 3-3 y Fig. N° 3-4).
- La chimenea de sistema de Bag House, se incrementó en 3.0 metros para evitar la recirculación del contaminante.

### 3.3.3 Datos: Mediciones de Flujo de aire.-

- **Velocidades y Caudales totales:**

A continuación se muestra los caudales y velocidades totales promedios obtenidas en cada una de las áreas.

**Cuadro - 3.1**

PRIMERA ETAPA	m <sup>3</sup> / seg.	
	ANTES	DESPUÉS
Hornos de Retorta – Inyección	9.37	11.04
Hornos de Retorta – Aspiración	20.86	23.31
Filtros Prensa – Inyección	6.90	9.11
Filtros Prensa – Aspiración	2.08	7.75
Horno de Inducción – Inyección	6.74	7.78
Horno de Inducción – Aspiración	12.49	18.20

- **Datos generales – velocidades y caudales:**

La medición se efectuó con la participación del cliente. El equipo utilizado fue un Anemómetro digital. Los datos se obtuvieron antes y después de la instalación y mantenimiento de los sistemas de ventilación.



Los valores obtenidos nos darán una referencia de cómo está el sistema, porque éstos varían de acuerdo a la operación de la planta y a las temperaturas en el ambiente de trabajo.

### DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES

Compañía: Refinería De Oro - Barrick  
Etapa: Inicio – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Area (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Hornos De Retorta</b>					
<b>SANP1 – HR</b>					
1A	3250.00	0.196	638.13		
2A	3700.00	0.196	726.49		
3A	4900.00	0.196	962.11		
4A	6200.00	0.196	1217.37		
5A	5050.00	0.196	991.56	<b>4535.69</b>	<b>2.14</b>
<b>SABR – HR</b>	4700.00	1.640	7708.00	<b>7708.00</b>	<b>3.64</b>
<b>Puerta enrollable</b>	81.33	12.907	1049.75	<b>1049.75</b>	<b>0.50</b>
<b>Ventana salida V1</b>	65.00	3.495	227.19	<b>227.19</b>	<b>0.11</b>
<b>SAHR1 – HR</b>	2100.00	4.000	8400.00	<b>8400.00</b>	<b>3.96</b>
<b>SAHR2 – HR</b>	2000.00	4.000	8000.00	<b>8000.00</b>	<b>3.78</b>
<b>SAHR3 – HR</b>	1950.00	4.000	7800.00	<b>7800.00</b>	<b>3.68</b>
<b>SAHR4 – HR</b>	1940.00	4.000	7760.00	<b>7760.00</b>	<b>3.66</b>
<b>SVEL 1 – HR</b>					
7	350.00	1.227	429.56		
7 <sup>a</sup>	690.00	1.227	846.84		
6	480.00	1.227	589.11		
6 <sup>a</sup>	300.00	1.227	368.19		
5	325.00	1.227	398.87		
5 <sup>a</sup>	440.00	1.227	540.01		
4	415.00	1.227	509.33		
4 <sup>a</sup>	470.00	1.227	576.83		
3	490.00	1.227	601.38		
3A	510.00	1.227	625.92		
2	390.00	1.227	478.65		
2A	460.00	1.227	564.56		
1	280.00	1.227	343.64		
1A	320.00	1.227	392.74	<b>7265.68</b>	<b>3.43</b>

**DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES**

Compañía: Refinería De Oro - Barrick  
Etapa: Inicio – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Area (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Hornos de Retorta</b>					
<b>SVEL 2 - HR</b>					
1	1100.00	1.227	1350.04		
2	0.00	1.227	0.00		
3	888.33	1.227	1090.25		
4	303.33	1.227	372.28		
5	1280.00	1.227	1570.96		
6	1273.33	1.227	1562.77		
7	1112.67	1.227	1365.59		
8	1100.00	1.227	1350.04		
8A	1050.00	1.227	1288.67		
9	0.00	1.227	0.00		
9A	1100.00	1.227	1350.04	<b>11300.66</b>	<b>5.33</b>
<b>Filtros Prensa</b>					
<b>SVEL3 . FP</b>					
1	913.00	1.227	1120.53		
2	0.00	1.227	0.00		
3	0.00	1.227	0.00		
4	940.00	1.227	1153.67		
5	790.00	1.227	969.57		
6	1100.00	1.227	1350.04		
7	1050.00	1.227	1288.67		
8	0.00	1.227	0.00	<b>5882.50</b>	<b>2.78</b>
<b>SANP1 . FP</b>					
1B	3200.00	0.196	628.32		
2B	3800.00	0.196	746.13		
3B	4500.00	0.196	883.57	<b>2258.03</b>	<b>1.07</b>
<b>VAIPA2 - FP</b>	1666.67	5.241	8735.75	<b>8735.76</b>	<b>4.12</b>
<b>VAAPA1 - FP (*)</b>	177.50	12.048	2138.56	<b>2138.57</b>	<b>1.01</b>

**DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES**

Compañía: Refinería De Oro - Barrick  
Etapa: Inicio – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Área (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Horno Inducción</b>					
<b>SANP1 . FP</b>					
4B	4650.00	0.442	2054.31		
5B	4250.00	0.442	1877.59		
6B	2700.00	0.020	54.28	<b>3986.20</b>	<b>1.88</b>
<b>VAIO4 – HIF</b>	1350.00	7.876	10632.35	<b>10632.35</b>	<b>5.02</b>
<b>SAHI – BH</b>					
1C	3765.63	1.125	4236.32		
2C	3765.63	1.125	4236.33		
3C	7400.00	0.196	1452.99		
4C	7800.00	0.196	1531.53	<b>11457.18</b>	<b>5.41</b>
<b>SVEL3 . FP</b>					
9	740.00	1.227	908.21		
10	567.00	1.227	695.88		
11	450.00	1.227	552.29		
12	300.00	1.227	368.19		
13	330.00	1.227	405.01		
14	250.00	1.227	306.83		
15	190.00	1.227	233.19		
16	150.00	1.227	184.09	<b>3653.70</b>	<b>1.72</b>
<b>VAA3 – HIF</b>	1400.00	7.876	11026.14	<b>11026.14</b>	<b>5.20</b>
<b>VAA4 – HIF (**)</b>	0.00	12.048	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

(\*) Equipo Reubicado

(\*\*) Equipo instalado al final de la primera etapa.

**DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES**

Compañía: Refinería De Oro - Barrick  
 Etapa: Final – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Área (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Hornos de Retorta</b>					
<b>SANP1 – HR</b>					
1A	1550.00	0.632	980.06		
2A	1800.00	0.632	1138.14		
3A	2400.00	0.632	1517.52		
4A	2350.00	0.632	1485.90		
5A	1950.00	0.632	1232.98	6354.62	3.00
<b>SABR - HR</b>	4900.00	1.640	8036.00	8036.00	3.79
<b>Puerta enrollable</b>	0.00	12.907	0.00	0.00	0.00
<b>Ventana salida V1</b>	40.00	3.495	139.81	139.81	0.07
<b>SAHR1 - HR</b>	2400.00	4.000	9600.00	9600.00	4.53
<b>SAHR2 - HR</b>	2400.00	4.000	9600.00	9600.00	4.53
<b>SAHR3 - HR</b>	2100.00	4.000	8400.00	8400.00	3.96
<b>SAHR4 - HR</b>	1850.00	4.000	7400.00	7400.00	3.49
<b>SVEL 1 - HR</b>					
7	340.00	1.227	417.28		
7A	700.00	1.227	859.11		
6	460.00	1.227	564.56		
6A	260.00	1.227	319.10		
5	350.00	1.227	429.56		
5A	400.00	1.227	490.92		
4	450.00	1.227	552.29		
4A	540.00	1.227	662.74		
3	600.00	1.227	736.38		
3A	640.00	1.227	785.478		
2	350.00	1.227	429.55		
2A	485.00	1.227	595.24		
1	300.00	1.227	368.19		
1A	310.00	1.227	380.46	7590.91	3.58

**DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES**

Compañía: Refinería De Oro - Barrick  
Etapa: Final – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Área (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Hornos de Retorta</b>					
<b>SVEL 2 - HR</b>					
1	900.00	1.227	1104.58		
2	1050.00	1.227	1288.67		
3	950.00	1.227	1165.95		
4	1100.00	1.227	1350.04		
5	1250.00	1.227	1534.14		
6	1400.00	1.227	1718.23		
7	1350.00	1.227	1656.87		
8	1600.00	1.227	1963.69		
8A	933.00	1.227	1145.08		
9	1233.00	1.227	1513.27		
9A	1000.00	1.227	1227.31	15667.84	7.40
<b>Filtros Prensa</b>					
<b>SVEL3 . FP</b>					
1	900.00	1.227	1104.58		
2	750.00	1.227	920.48		
3	800.00	1.227	981.85		
4	820.00	1.227	1006.39		
5	1200.00	1.227	1472.77		
6	1400.00	1.227	1718.23		
7	1200.00	1.227	1472.77		
8	1400.00	1.227	1718.23	10395.32	4.91
<b>SANP1 . FP</b>					
1B	1100.00	0.632	695.53		
2B	1205.00	0.632	761.92		
3B	1800.00	0.632	1138.14	2595.59	1.23
<b>VAIPA2 - FP</b>	1700.00	5.241	8910.47	8910.47	4.21
<b>VAAPA12 - FP (**)</b>	1850.00	7.467	13813.49	13813.50	6.52

**DATOS DE VELOCIDADES Y CAUDALES**

Compañía: Refinería De Oro - Barrica

Etapa: Final – Primera Etapa

AREA O EQUIPO	Veloc. (pies/min)	Área (pies <sup>2</sup> )	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Horno Inducción</b>					
<b>SANP1 . FP</b>					
4B	2000.00	1.175	2350.00		
5B	1700.00	1.175	1997.50		
6B	1300.00	0.034	44.20	4391.70	2.07
<b>VAIO4 - HIF</b>	1500.00	7.876	11813.73	11813.73	5.58
<b>SAHI - BH</b>					
1C	3620.00	1.125	4072.50		
2C	3835.00	1.125	4314.37		
3C	7500.00	0.196	1472.62		
4C	7700.00	0.196	1511.89	11371.40	5.37
<b>SVEL3 . FP</b>					
9	800.00	1.227	981.85		
10	950.00	1.227	1165.94		
11	750.00	1.227	920.48		
12	300.00	1.227	368.19		
13	280.00	1.227	343.65		
14	300.00	1.227	368.19		
15	240.00	1.227	294.55		
16	180.00	1.227	220.92	4663.78	2.20
<b>VAA3 – HIF</b>	1370.00	7.876	10789.87	10789.87	5.09
<b>VAA4 - HIF (***)</b>	996.00	12.048	12000.06	12000.06	5.66

(\*\*) Equipo Nuevo

(\*\*\*)Equipo Nuevo

**Valores de Concentración de vapores de mercurio**  
**FECHA: JULIO 2000 (después de realizado el trabajo)**

<b>Día</b>	<b>Área</b>	<b>Máximo (mg/m<sup>3</sup>aire)</b>	<b>Mínimo (mg/m<sup>3</sup>aire)</b>
<b>08</b>	Hornos de Retorta	0.207	0.027
	Filtros Prensa	0.027	0.006
	Horno Inducción.	0.005	0.000
<b>07</b>	Hornos de Retorta	0.126	0.008
	Filtros Prensa	0.006	0.000
	Horno Inducción.	0.007	0.000
<b>06</b>	Hornos de Retorta	0.046	0.003
	Filtros Prensa	0.007	0.003
	Horno Inducción.	0.006	0.000
<b>05</b>	Hornos de Retorta	0.037	0.000
	Filtros Prensa	0.028	0.005
	Horno Inducción.	0.0209	0.000
<b>04</b>	Hornos de Retorta	0.022	0.003
	Filtros Prensa	0.021	0.000
	Horno Inducción.	0.029	0.000
<b>03</b>	Hornos de Retorta	0.024	0.003
	Filtros Prensa	0.012	0.004
	Horno Inducción.	0.023	0.000

**Valores Promedios De Vapor De Mercurio - JULIO 2000**

<b>AREA</b>	<b>Máximo (mg/m<sup>3</sup>aire)</b>	<b>Mínimo (mg/m<sup>3</sup>aire)</b>	<b>Promedio (mg/m<sup>3</sup>aire)</b>
<b>Horno Retorta</b>	<b>0.0770</b>	<b>0.0073</b>	<b>0.0422</b>
<b>Filtro Prensa</b>	<b>0.0178</b>	<b>0.0030</b>	<b>0.0099</b>
<b>Horno Inducción.</b>	<b>0.0152</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0076</b>



### 3.3.4 Muestreo: Concentración del contaminante.-

La captura de datos se realizó en forma conjunta con la compañía minera, en la primera semana de Junio y Julio del 2000.

#### Valores de Concentración de vapores de mercurio

Fecha: JUNIO 2000 (antes de iniciar el trabajo)

Día	Área	Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )
07	Hornos de Retorta	0.015	0.008
	Filtros Prensa	0.010	0.005
	Horno Inducción.	0.011	0.000
06	Hornos de Retorta	0.014	0.005
	Filtros Prensa	0.015	0.008
	Horno Inducción.	0.015	0.003
05	Hornos de Retorta	0.016	0.005
	Filtros Prensa	0.018	0.010
	Horno Inducción.	0.037	0.000
03	Hornos de Retorta	0.032	0.015
	Filtros Prensa	0.027	0.024
	Horno Inducción.	0.038	0.007
02	Hornos de Retorta	0.099	0.065
	Filtros Prensa	0.142	0.112
	Horno Inducción.	0.165	0.023
01	Hornos de Retorta	0.049	0.012
	Filtros Prensa	0.022	0.010
	Horno Inducción.	0.026	0.000

#### Valores Promedios De Vapor De Mercurio – JUNIO 2000

AREA	Máximo (mg/m <sup>3</sup> aire)	Mínimo (mg/m <sup>3</sup> aire)	Promedio (mg/m <sup>3</sup> aire)
Hornos de Retorta	0.0375	0.0183	0.0279
Filtros Prensa	0.039	0.028	0.0335
Horno Inducción.	0.0486	0.0055	0.0271



### 3.3.5 Recursos Utilizados: Logísticos y Humanos.-

- **Recursos Logísticos**

a). Equipos y Herramientas:

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und.	Máquina de Soldar de 300 Amp., 440 VAC.	2
2	Und.	Equipo de Oxicorte	1
3	Und.	Tanque de Oxígeno (8 m <sup>3</sup> )	2
4	Und.	Tanque de Gas (8 m <sup>3</sup> )	1
5	Und.	Amolador de 9", 220 VAC	2
6	Und.	Taladro Portátil, 220 VAC	2
7	Und.	Andamios de cuatro cuerpos c/u	2
8	Und.	Extensión eléctrica ( 20 m. C/u )	3
9	Und.	Mascara para soldar	2
10	Und.	Anteojos para corte	1
11	Und.	Mascara para protección de Amolador	2
12	Und.	Sogas de amarre de ½ " diámetro (15m c/u)	5
13	Und.	Maletín de herramientas para mecánico.	3
14	Und.	Maletín de herramientas para electricista.	1
15	Und.	Equipo protector de cuero para soldar	4
16	Und.	Casco de seguridad	10
17	Und.	Lentes de seguridad	10
18	Und.	Respiradores especiales contra el mercurio	10
19	Und.	Zapatos de seguridad (pares)	10
20	Und.	Guantes de seguridad	20
21	Und.	Mamelucos	20
22	Und.	Correas de seguridad	5
23	Und.	Arcos de sierra	4
24	Und.	Escuadra metálica ( 20 cm.)	2
25	Und.	Nivel de mano	2

## b). Materiales Percibiles:

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und.	Disco de desbaste 9" diámetro	6
2	Und.	Disco de corte 9" diámetro	6
3	Pza.	Angulo de ½" x ½" x 6 metros	3
4	Pza.	Angulo de 2" x 2 x 6 metros	4
5	Pza.	Plancha de acero 1/16" x 6' x 6'	2
6	Lata	Soldadura Supersito 1/16" (latas de 20 Kg.)	3
7	Lata	Soldadura Cellocord 1/16" (latas de 20 Kg.)	3
8	Gln.	Pintura anti corrosiva	2
9	Gln.	Thinner acrílico	1
10	Und.	Escuadra metálica (20 cm.)	2
11	Und.	Hojas de sierra	8
12	Und.	Wincha (5 metros)	4
13	Pza.	Tiza de calderero	8
14	Pza.	Luna blanca y negra (par) para soldadura	4
15	Und.	Lija metálica gruesa (pliegues)	12
16	Und.	Lija metálica fina (pliegues)	12
17	Und.	Escobilla de fierro	4
18	Kg.	Alambre de amarre fe. Negro N° 16.	10
19	Und.	Baldes de plástico	4
20	Und.	Brochas medianas	6

## c). Equipos a Instalar:

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Kg.	Ductos de 16" diámetro.	342
2	Kg.	Base del Ventilador Centrífugo	80
3	Kg.	Campanas de Aspiración de aire	60
4	Kg.	Campanas de Inyección de aire	189
5	Und.	Ventilador Axial – 12550 CFM	1

## d). Transporte de Personal:

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und..	Camioneta 4x4, Doble cabina.	1
2	Und.	Camioneta Combi – Doble Tracción	1

- **Recursos Humanos**

Para el desarrollo del proyecto se requiere el siguiente personal:

ITEM	DESCRIPCION	CANT.
1	Ingeniero Supervisor del Proyecto(Ingeniero Mecánico ó Mecánico Eléctrico)	1
2	Jefe de Cuadrilla (Técnico Maestro)	2
3	Técnicos Ayudantes	6
4	Administrador / Contador	1
5	Secretaria	1
6	Ingeniero De Apoyo (junior)	1

### 3.4 Resultados.-

- Se modificó ductos que estaban mal instaladas en las áreas de Filtros Prensa y Hornos de Inducción. Estas modificaciones ayudaron a mejorar la aspiración (Ver Fig. 3-1 y Fig. 3-2).
- Se consiguió que los contaminantes no recircularan por la planta, porque se elevó la altura de las chimeneas, haciendo que los mismos sean arrastrados por corrientes de aire más altas, disminuyendo el peligro de contaminación del ambiente de trabajo.
- Los nuevos equipos instalados son los siguientes:

**Ventilador Axial de Aspiración Parte Alta (VAA4-HIF).**

Dicho equipo estaba en el área de Filtros Prensa, y después del mantenimiento preventivo y su modificación se instaló en el área de Hornos de Inducción – Fundición. Ahora tiene las siguientes características:

Ventilador Axial	:	AIRTEC
Capacidad	:	12000 CFM
Presión Estática	:	1.5 pulg. H <sub>2</sub> O.
Motor Trifásico	:	3.5 HP - directo
Nivel de Ruido	:	70 dB

### **Ventilador Axial de Aspiración Parte Alta (VAAPA12-FP).**

Este ventilador es nuevo en el área de Filtros Prensa, y tiene las siguientes características:

Ventilador Axial	:	Modelo VAF-7-700 AIRTEC
Capacidad	:	12550 CFM - 2600 rpm
Presión Estática	:	1.50 pulg. H <sub>2</sub> O.
Motor Trifásico	:	5 HP, transmisión por polea.
Nivel de Ruido	:	75 dB

- Se concluye que la disminución del grado de contaminación en las áreas de Filtros Prensa y Hornos de Inducción se debe al incremento de movimiento de masas de aire, y además de la instalación de ventiladores axiales auxiliares.
- Para atacar a nivel del piso se instaló un deflector mecánico en el ventilador de inyección en Filtro Prensa que "barre" los vapores de la parte baja. (Ver Fig. N° 3-1)
- También se observa en la Fig. N° 3-3, área de Filtros Prensa, el aire viciado aspirado por el VAAPA1-FP volvía a circular por el VAIPA2-FP de inyección de aire debido a que circulaba de nuevo por la sección de Compresoras de Alta Presión, se anuló esta recirculación colocando un ducto que traslade lo aspirado fuera de la planta. (Ver Fig. N° 3-4).
- Se midieron los caudales que se observan en las Fig. N° 3-5, N° 3-6, N° 3-7.

**Hornos de Retorta:** Existe un incremento de los volúmenes de aire en la inyección (24.2%) y en la aspiración (11.75%), debido al mantenimiento e instalación de campanas y chimeneas.

**Filtros Prensa:** Existe un incremento de los volúmenes de aire en la inyección (32.02%), y en la aspiración (272.6%), debido a la instalación de un ventilador axial de aspiración y al mantenimiento e instalación de campanas.

**Horno de Inducción - Fundición:** Existe un incremento de los volúmenes de aire en la inyección (14.70%) y en la aspiración (45.72%), debido a la instalación de

un ventilador axial que estaba en el área de Filtros Prensa, también debido al mantenimiento e instalación de campanas y chimenea a la salida del Bag House.

AREA O SECCION	INYECCIÓN (%)	ASPIRACIÓN (%)
Hornos de Retorta	+24.20	+11.75
Filtros Prensa	+ 32.02	+272.6
Hornos de Inducción	+14.70	+45.72

- Luego de las modificaciones, se logró reducir la concentración del contaminante en dos de las tres áreas involucradas (Filtros Prensa y Horno de Inducción – Fundición).

SECCION O AREA	MES	
	JUNIO (ANTES)	JULIO (DESPUES)
Hornos de Retorta	0.0279 (mg/m <sup>3</sup> )	0.0421 (mg/m <sup>3</sup> )
Filtros Prensa	0.0335 (mg/m <sup>3</sup> )	0.0099 (mg/m <sup>3</sup> )
Hornos de Inducción	0.0271 (mg/m <sup>3</sup> )	0.0076 (mg/m <sup>3</sup> )

- La eficiencia alcanzada es la siguiente:

MES	SECCION O AREA	
	FILTROS PRENSA	HORNOS DE INDUCCION
JUNIO (ANTES)	0.0335	0.0271
JULIO (DESPUES)	0.0099	0.00757
% MEJORADO	70.10	72.00

- Todos los valores promedio han disminuido notablemente en las áreas de Filtros Prensa y Hornos de Inducción (menores que el Valor Permissible, 0.025 mg. / m<sup>3</sup>). En el área de Hornos de Retorta aumento por encima del valor permisible, por

eso es necesario realizar otra evaluación para resolver la contaminación en esta área.

- Se recomienda la instalación de un sistema de ventilación auxiliar en paralelo a nivel del piso para aspirar los vapores “barridos” en la parte baja.
- Se recomienda instalar uno o dos ventiladores axiales a nivel del piso que sirvan de “barredores” de los vapores ubicados en la parte baja.

A continuación se presentan las tablas de medición realizadas:

**CAUDALES**

**COMPAÑÍA** : Planta De Refinería - Barrick

**ETAPA** : Inicio – Primera etapa

AREA O EQUIPO	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Parcial (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Aspiración (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Inyección (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Horno De Retorta</b>				
SVEL 1 - HR	7265.68	3.43		
SVEL 2 - HR	11300.66	5.33		
Puerta enrollable	1049.75	0.50		
Ventana salida V1	227.19	0.11		<b>9.37</b>
SANP1 – HR	4535.69	2.14		
SABR – HR	7708.00	3.64		
SAHR1 - HR	8400.00	3.96		
SAHR2 - HR	8000.00	3.78		
SAHR3 - HR	7800.00	3.68		
SAHR4 - HR	7760.00	3.66	<b>20.86</b>	
<b>Filtro De Prensa</b>				
SVEL3 . FP	5882.50	2.78		
VAIPA2 - FP	8735.76	4.12		<b>6.90</b>
SANP1 . FP	2258.03	1.07		
VAAPA11 - FP	2138.57	1.01	<b>2.08</b>	
<b>Horno Inducción</b>				
SVEL3 . FP	3653.70	1.72		
VAIO4 - HIF	10632.35	5.02		<b>6.74</b>
SANP1 . FP	3986.20	1.88		
SAHI - BH	11457.18	5.41		
VAA3 - HIF	11026.14	5.20		
VAA4 - HIF	0.00	0.00	<b>12.49</b>	

AREA O EQUIPO	Caudal Total Inyección ( m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Aspiración ( m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Inyección ( pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total Aspiración (pies <sup>3</sup> /min)
<b>HORNO RETORTA</b>	9.37	20.86	19843.28	44203.69
<b>FILTRO PRENSA</b>	6.90	2.08	14618.25	4396.59
<b>HORNO INDUCCION</b>	6.74	12.49	14286.05	26469.52



**CAUDALES**

**COMPAÑÍA** : Planta De Refinería - Barrick

**ETAPA** : Final – Primera etapa

AREA O EQUIPO	Caudal Parcial (pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Parcial (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Aspiración (m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Inyección (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Horno De Retorta</b>				
SVEL 1 - HR	7590.91	3.58		
SVEL 2 - HR	15667.84	7.40		
Puerta enrollable	0.00	0.00		
Ventana salida V1	139.81	0.07		<b>11.04</b>
SANP1 - HR	6354.62	3.00		
SABR - HR	8036.00	3.79		
SAHR1 - HR	9600.00	4.53		
SAHR2 - HR	9600.00	4.53		
SAHR3 - HR	8400.00	3.96		
SAHR4 - HR	7400.00	3.49	<b>23.31</b>	
<b>Filtro De Prensa</b>				
SVEL3 . FP	10395.32	4.91		
VAIPA2 - FP	8910.47	4.21		<b>9.11</b>
SANP1 . FP	2595.59	1.23		
VAAPA12 - FP	13813.50	6.52	<b>7.75</b>	
<b>Horno Inducción</b>				
SVEL3 . FP	4663.78	2.20		
VAIO4 - HIF	11813.73	5.58		<b>7.78</b>
SANP1 . FP	4391.70	2.07		
SAHI - BH	11371.40	5.37		
VAA3 - HIF	10789.87	5.09		
VAA4 - HIF	12000.06	5.66	<b>18.20</b>	

AREA O EQUIPO	Caudal Total Inyección ( m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Aspiración ( m <sup>3</sup> /seg)	Caudal Total Inyección ( pies <sup>3</sup> /min)	Caudal Total Aspiración (pies <sup>3</sup> /min)
<b>HORNO RETORTA</b>	11.04	23.31	23398.56	49390.62
<b>FILTRO PRENSA</b>	9.11	7.75	19305.79	16409.09
<b>HORNO INDUCCION</b>	7.78	18.20	16477.50	38553.02



## CAPITULO IV

### ANALISIS – PROPUESTAS Y MEJORAS EN EL AREA DE HORNOS DE RETORTA - SEGUNDA ETAPA

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS, PROPUESTAS Y MEJORAS EN EL AREA DE HORNOS DE RETORTA (SEGUNDA ETAPA)

En la Primera Etapa se redujo el grado de contaminación en las Áreas de Filtros Prensa y Hornos de Inducción – Fundición, pero en el área de Hornos de Retorta el grado de contaminación continúa siendo superior.

Debido a esto se procedió con la Segunda Etapa y se propuso lo siguiente:

1. La instalación de un **sistema de ventilación auxiliar de aspiración a nivel del piso paralelo al Principal (SANP2-HR)**
2. La instalación de ventiladores axiales de inyección de aire a nivel del piso para el “barrido” del contaminante.

#### **4.1 Análisis de la instalación del Sistema de Ventilación Auxiliar (SANP2-HR).**

En esta etapa se va a trabajar de la siguiente manera:

- Recopilar las conclusiones de la primera etapa, que recomienda la instalación de un sistema de ventilación auxiliar.
- Para el “barrido” de los contaminantes se instalará uno o dos ventiladores axiales que generarán una corriente de aire a nivel del piso, y estos vapores “barridos” serán capturados por los sistemas de aspiración principal y auxiliar.
- Ubicar el punto de donde se inyectará el aire para el sistema de “barrido”, para esto se tomará un muestreo del contaminante sin generar ningún “barrido”.

- Realizar una prueba de Simulación de “barrido” en el área para verificar las mejoras en los puntos a considerar. Si la concentración disminuye se demostrará que es eficaz la propuesta.
- Diseñar el sistema de ventilación auxiliar (SANP2-HR), y la ubicación física dentro del ambiente de trabajo.
- Obteniendo la capacidad del sistema auxiliar de aspiración, se diseñará el ó los ventiladores axiales a utilizar en la inyección de aire para el “barrido” de los contaminantes.
- Al final se procederá a realizar los muestreos del contaminante e indicar la reducción en la concentración del mismo.

#### **4.1.1 Muestreos del contaminante sin “barrido”.-**

Análisis:

En la Fig. N° 4-1, se muestra los puntos considerados dentro y fuera del área de Hornos de retorta, en los que se medirá los niveles de concentración del contaminante. Las observaciones del muestreo son las siguientes:

- Los puntos de mayor contaminación se encuentran en las partes laterales de los hornos 2, 3, y 4 y en la parte frontal de los hornos 4 y 3, porque son los puntos de menor movimiento de aire a nivel del suelo.
- En el horno de retorta 1 el valor es menor al permisible por estar ubicado frente a la puerta de acceso principal, el cual permanece casi siempre abierto, y siempre existe una corriente de aire.
- El pasadizo, también presenta menor concentración porque el flujo de aire es continuo.

Las mediciones se realizaron el día lunes 18 de septiembre del 2000 a las 12:30 a.m. a dos niveles el piso. Estos datos son obtenidos sin realizar un “barrido” de aire en toda el área de retortas.

<b>Muestreo de vapor de mercurio (mg / m<sup>3</sup>) – Sin barrido</b>														
<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>														
<b>Msnpt</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>0.00</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>67</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	20	<b>25</b>	00	01	03	01	07
0.40	15	10	30	13	<b>250</b>	15	15	12	10	00	01	03	01	06

- Normas ACGIH ( $25 \times 10^{-3}$  mg/m<sup>3</sup>).

- Todos los datos  $\times 10^{-3}$

- msnpt: metros sobre el nivel de piso terminado

#### **Observaciones:**

- Los muestreos a nivel del piso tienen un valor superior al grado de contaminación permisible.
- Los puntos 3, 5, 7 tienen valores más altos, porque el flujo de aire es mínimo, porque están entre los hornos de retorta 1 y 2; 2 y 3.
- Los puntos externos 14 y 10, medidos fuera del área de retortas están con buena ventilación, y son puntos de donde se puede inyectar aire para el “barrido”.
- Con estos muestreos se definirá la futura instalación a utilizar.

#### **4.1.2 Simulación: Pruebas del “barrido”.-**

Para las pruebas se utilizaron:

- Un ventilador axial portátil “VORTEX” de 2100 CFM (1.01 m<sup>3</sup>/seg.) y 0.75 pulg. H<sub>2</sub>O.
- Un equipo de Análisis de Vapor de mercurio:  
Jerome 431 – X

La prueba consiste en direccionar el flujo de aire hacia la zona involucrada, para provocar turbulencia y movimiento de masas de aire, y remover los vapores asentados en el suelo (Ver Fig. N° 4-2).

**Prueba 1:**

- Se realizó entre los Hornos de Retorta 2 y 3, para el cual se evaluó el grado de contaminación a nivel del piso y fue equivalente a  $0.009 \text{ mg/m}^3$ .
- Después de 10 minutos, el grado de contaminación disminuyó a  $0.008 \text{ mg/m}^3$ .
- Estos datos son puntuales, lo que se quiere demostrar es la mejor alternativa de solución. Porque en otros momentos de la operación del área estos valores pueden ser mayores o menores que los tomados en la prueba.

**Prueba 2:**

- Se realizó en el Horno de Retorta 4 que es el más alejado, y el resultado fue equivalente a  $0.014 \text{ mg/m}^3$ .
- Después de 10 minutos, el grado de concentración era de  $0.010 \text{ mg/m}^3$

Esta prueba demuestra que la solución definitiva es el “barrido” de los vapores con un Ventilador axial, y se puede afirmar que manteniendo los ventiladores axiales funcionando, el grado de contaminación disminuirá enormemente porque evitará el estancamiento del aire.

**4.2 Propuestas de Solución.-**

De acuerdo a estos datos se tiene las siguientes alternativas de solución:

**4.2.1 Primera Alternativa:** se describe de la siguiente manera:

- Instalar un ventilador axial nuevo cerca del Horno de Retorta 4 que inyectará aire desde el área de Filtros Prensa; con un ángulo de giro definido (hasta de  $60^\circ$ ) y poder llegar a los 4 Hornos.
- Aumentar la capacidad del sistema de aspiración a nivel del piso (SANP1-HR). Por lo tanto el ventilador centrífugo actual debe ser cambiado.

#### **4.2.2 Segunda Alternativa.-**

Se describe de la siguiente manera:

- Instalar un Ventilador Axial nuevo cerca al Horno de Retorta 1, que Inyectará aire desde el área de oficinas. Este ventilador tendrá un radio de giro definido (hasta de 60°) para poder llegar a los 4 hornos.
- Instalar un sistema de aspiración en paralelo al existente (SANP2-HR).

#### **4.2.3 Propuesta Aprobada.-**

De las alternativas propuestas, la segunda fue aprobada, por los siguientes motivos:

- Instalar un nuevo sistema de ventilación auxiliar (SANP2-HR) paralelo al principal, resulta más económico que el redimensionado del sistema de ventilación de aspiración (SANP1-HR) principal.
- Se instalará dos ventiladores axiales para generar el "barrido" de los contaminantes, la ubicación de los ventiladores axiales será por el punto (11), porque la concentración de vapores es prácticamente cero; además, no es obstáculo para la normal operación de la planta. El punto (14) no cumple porque en esta ubicación se instalará un sistema automático de alimentación al área de Hornos de Inducción - Fundición y físicamente obstruiría la ventilación por "barrido".
- Es importante que el nivel de ruido no supere los 80 dB.
- El "barrido" direcciona los contaminantes hacia las campanas de aspiración de los dos Sistemas (SANP1-HR) y (SANP2-HR).
- Económicamente es más conveniente porque no hay modificación en las instalaciones existentes.

#### **4.2.4 Esquema de Ubicación de los Equipos.-**

Estas se muestran en la Fig. N° 4-3 y Fig. N° 4-7.

### **4.3 Diseño, Pruebas y Recursos Utilizados.-**

#### **4.3.1 Diseño y Selección del Sistema de Ventilación Auxiliar (SANP2-HR).-**

A continuación se detalla las condiciones de trabajo necesarios para realizar un buen diseño, y como punto inicial, para calcular la Caída de Presión en el Sistema se empleará el Método de PRESIÓN DE VELOCIDAD.

##### **Datos iniciales y condiciones de trabajo:**

- Los cálculos se hacen a nivel del mar y posteriormente se corregirán por el factor de densidad por altura.
- La temperatura es constante en todo el área, debido a la constante circulación de aire ( $T = 15^{\circ} \text{C}$  ó  $60^{\circ} \text{F}$ ).
- No existe flujos calientes en el área de retortas.
- Por los valores hallados es recomendable trabajar en unidades inglesas que en las métricas.
- Los datos se utilizan en forma experimental.
- Se define la ubicación de las campanas de aspiración y del ventilador, para su dimensionado y uso en los cálculos.
- Después de seleccionar las campanas, se considera según tablas el volumen es 900 CFM ( $0.424 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ). Recomendado para áreas con bastantes puntos de contaminación de vapores.
- Se realiza el primer dimensionado de todo el sistema para calcular la caída de presión. Este valor se considera para tener una Velocidad de captura de 900 FPM ( $4.572 \text{ m}/\text{seg.}$ ) que es superior al rango recomendado de 100FPM – 200FPM ( $0.508 \text{ m}/\text{seg.} - 1.016 \text{ m}/\text{seg.}$ ).
- La velocidad de transporte mínima es 3368.3 FPM ( $17.11\text{m}/\text{seg.}$ ); es la adecuada y evitará cualquier problema de sedimentación dentro de las ductos.

- Es importante tener en cuenta que en la unión de dos o más brazos se debe considerar el que tenga mayor caída de presión estática.

### **Cálculo N° 1– Sistema de ventilación auxiliar (SANP2-HR).-**

Utilizando el método **DE PRESIÓN DE VELOCIDAD** se procede a realizar los cálculos.

Tomando como base la Figura N° 4.0 se determinó los cálculos del sistema de ventilación, y se realiza un ejemplo considerando los ramales: A-1, B-1 y 1-2 .

#### **I. Ramal Principal N°1**

##### **Tramo A-1:**

Deq: 7 pulg.     $A = 0.267 \text{ pies}^2$      $Q = 900 \text{ CFM}$  (por diseño)

$$V_d = Q / A = 3368 \text{ FPM} \rightarrow VP_d = (V_d / 4005)^2$$

$$L_{A-1} = 28 \text{ pies} \qquad VP_d = 0.707 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

Factores de pérdidas:

$$f_1 = 0.27 \qquad 1 \text{ x codo } 90^\circ \text{ x } 2D \text{ (de Tablas)}$$

$$f_2 = 1.25 \qquad \text{campana (de tablas)}$$

$$\text{Total factores: } f_1 + f_2 = 1.52 = f''$$

##### **Perdidas:**

$$1) \text{ Por fricción en el ducto: } f' / 100 \text{ pies} = \frac{2.74 (V_d / 1000)^{1.90}}{(\text{Deq})^{1.22}}$$

$$f' = 0.717 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \text{ ( } L_{A-1} = 28 \text{ pies)}$$

$$2) \text{ Por Accesorios: } A' = VP_d \times f'' = 0.707 \times 1.52 = 1.075 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

$$A' = 1.075 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

$$\text{Sumando pérdidas: } f' + A' = SP_{A-1}$$

$$SP_{A-1} = 1.792 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0072 \text{ N/m}^2$$

##### **Tramo B-1:                    (inicial)**

Deq = 7 pulg.     $A = 0.267 \text{ pies}^2$                      $Q = 900 \text{ CFM}$  (por diseño)

$$V_d = Q / A = 3368 \text{ FPM} \rightarrow VP_d = (V_d / 4005)^2$$



$$L_{B-1} = 8 \text{ pies}$$

$$VP_d = 0.707 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

Factores de pérdidas:

$$f_1 = 0.14 \quad \text{codo } 90^\circ \times 0.5 \times 2D \text{ (por tabla)}$$

$$f_2 = 1.25 \quad \text{campana (por tabla)}$$

$$f_3 = 0.18 \quad \text{descarga a otro ducto (por tabla)}$$

$$\text{Total factores : } f_1 + f_2 + f_3 = 1.565 = f''$$

**Perdidas:**

$$1) \quad \text{Por fricción en el ducto: } f' / 100 \text{ pies} = \frac{2.74 (V_d / 1000)^{1.90}}{(\text{Deq})^{1.22}}$$

$$f' = 0.205 \quad \text{Pulg. H}_2\text{O} \quad (L_{B-1} = 8 \text{ pies})$$

$$2) \quad \text{Por Accesorios: } A' = VP_d \times f'' = 1.565 \times 0.707 = 1.106 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$A' = 1.106 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$\text{Sumando pérdidas: } f' + A' = SP_{B-1}$$

$$SP_{B-1} = 1.311 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.00527 \text{ N/m}^2$$

$$\% \quad \frac{P_{A-1}}{P_{B-1}} = \frac{1.792}{1.311} \times 100 = 137\% \rightarrow (137\% - 100\%) = 37\%$$

**→ 37% > 10% ..... Corregir**

**Corrigiendo el Caudal:**

$$\text{Se calcula del caudal } Q'' = Q_{B-1} \times \left( \frac{SP_{A-1}}{SP_{B-1}} \right)^{1/2}$$

$$Q'' = 900 \times \left( \frac{1.792}{1.311} \right)^{1/2} = 1052.2 \text{ CFM}$$

$$\text{CAUDAL CORREGIDO: } Q_{B-1} = 1050 \text{ CFM}$$

**Tramo B-1F : (final)**

$$\text{Deq} = 7 \text{ pulg. } A = 0.267 \text{ pies}^2 \quad Q = 1050 \text{ CFM (corregido)}$$

$$V_d = Q / A = 3929 \text{ FPM} \rightarrow VP_d = (V_d / 4005)^2$$

$$L_{B-1F} = 8 \text{ pies} \quad VP_d = 0.962 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

Factores de pérdidas:

$$f_1 = 0.14 \quad \text{codo } 90^\circ \times 0.5 \times 2D \text{ (por tabla)}$$

$$f_2 = 1.25 \quad \text{campana (por tabla)}$$

$$f_3 = 0.18 \quad \text{descarga a otro ducto (por tabla)}$$

$$\text{Total factores : } f_1 + f_2 + f_3 = 1.565 = f''$$

**Perdidas:**

$$1) \quad \text{Por fricción en el ducto: } f' / 100 \text{ pies} = \frac{2.74 (V_d / 1000)^{1.90}}{(\text{Deq})^{1.22}}$$

$$f' = 0.275 \quad \text{pulg. H}_2\text{O} \quad (L_{B-1F} = 8 \text{ pies})$$

$$2) \quad \text{Por Accesorios: } A' = VP_d \times f'' = 1.565 \times 0.962 = 1.506 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$A' = .506 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$\text{Sumando perdidas: } f' + A' = SP_{B-1F}$$

$$SP_{B-1F} = 1.781 \text{ pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0069 \text{ N/m}^2$$

$$\% \quad \frac{P_{A-1}}{P_{B-1}} = \frac{0.04550}{0.04523} \times 100 = 100.6\% < 110\% \quad \dots \text{ OK} <$$

$$\text{Presión Estática Dominante: } 1.792 \text{ pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0072 \text{ N/m}^2$$

**Tramo Expansión: de 7 pulg. A 9 pulg.**

Cuando hay una expansión se "recupera" Presión Estática" (SP)

$$- \quad \text{Hallando la relación de diámetros: } D_2 / D_1 = 9 / 7 = 1.28$$

$$- \quad \text{El ángulo de abertura: } \alpha = \text{arc Tg} (1/24) = 2.4^\circ$$

Relacionando el ángulo  $\alpha$  y la relación de diámetros por medio de la **Tabla 5-19** se

obtiene el valor de **R = 0.92**

Para hallar la Presión estática recuperada se utiliza la siguiente fórmula:

$$SP_2 = SP_1 + R (VP_1 - VP_2)$$

Entonces:

$$SP_1 = SP_{A1} + R (VP_{A1} - VP_{12})$$

$$SP_1 = 1.791 + 0.92 (0.707 - 1.215)$$

$$SP_1 = 1.325 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.00532 \text{ N/m}^2$$

**Tramo Principal (1-2) :**

$$Deq = 9 \text{ pulg.} \quad A = 0.442 \text{ pies}^2 \quad Q = 1950 \text{ CFM}$$

$$V_d = Q / A = 4414 \text{ FPM} \rightarrow VP_d = (V_d / 4005)^2$$

$$L_{1-2} = 20 \text{ pies} \quad VP_d = 1.215 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

Factores de pérdidas:

$$\begin{aligned} f_1 &= 0 && \text{no hay codos} \\ f_2 &= 0 && \text{no hay campana} \\ f_3 &= 0 && \text{no hay ramales de descarga} \end{aligned}$$

$$\text{Total factores : } f_1 + f_2 + f_3 = 0 = f''$$

**Perdidas:**

$$1) \quad \text{Por fricción en el ducto: } f' / 100 \text{ pies} = \frac{2.74 (V_d / 1000)^{1.90}}{(Deq)^{1.22}}$$

$$f' = 0.631 \quad \text{Pulg. H}_2\text{O} \quad (L_{1-2} = 20 \text{ pies})$$

$$2) \quad \text{Por Accesorios: } A' = VP_d \times f'' = 1.215 \times 0 = 0 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$A' = 0 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$\text{Perdidas: } f' + A' = SP_{B-1} = 0.631 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.00253 \text{ N/m}^2$$

**Perdidas Totales:**

$$SP_{TOTAL} = SP_1 + SP_{B-1} = 1.325 \text{ pulg. H}_2\text{O} + 0.631 \text{ pulg. H}_2\text{O}$$

$$SP_{TOTAL 1-2} = 1.956 \text{ pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0078 \text{ N/m}^2$$

Por lo tanto:

**Caída de Presión Estática en Ramal Principal N° 1**

$$SP_{4F} = 5.248 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0211 \text{ N/m}^2$$

Al final de los cálculos se determina:

**Caída de Presión Estática Dominante Final del Sistema**

$$SP_{final} = SP_6 + SP_{6-7} = 5.259 \text{ Pulg. H}_2\text{O} + 0.685 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$$

$$SP_{final} = 5.944 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.0239 \text{ N/m}^2$$

Los cálculos realizados se encuentran en la Tabla N° 4.1 y N° 4.2

### Selección del Ventilador

- Hallando el Caudal de Diseño del Ventilador:

Caudal Dominante:  $Q = 6940 \text{ CFM}$

Factor de Seguridad:  $f.s. = 1.25$

Caudal de Diseño:  $Q_d = Q * f.s. = 6940 \text{ CFM} * 1.25$

**$Q_d = 8675 \text{ CFM}$**

- Hallando la Presión Estática del Ventilador:

Presión Estática:  $SP_{\text{vent.}} = SP_7 - VP_{d_6}$

$SP_{\text{vent.}} = 5.944 \text{ Pulg. H}_2\text{O} - 0.962 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$

$SP_{\text{vent.}} = 4.98 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$

Factores de compensación: (fct)

$fc_1 = 1.20$  por proximidad de codo al ventilador (de tabla)

$fc_2 = 1.25$  por codo de cuatro paños al ingreso (de tabla)

$fch = 0.69$  para una altura de 3600 msnm (de tabla)

$fct = fc_1 * fc_2 = 1.20 * 1.25$

$fct = 1.50$

Presión Estática Corregida (SPc):

$SPc = SP_{\text{vent.}} * fct = 4.98 \text{ Pulg. H}_2\text{O} * 1.50$

$SPc = 7.47 \text{ Pulg. H}_2\text{O}$

Presión Estática Corregida por altura (SPh):

$SPh = SPc * fch = 7.47 * 0.69$

**$SPh = 5.16 \text{ Pulg. H}_2\text{O} \rightarrow 0.020 \text{ N/m}^2$**

- Por lo tanto los datos para seleccionar el ventilador serán los siguientes:

**SPdiseño = 5.16 Pulg. H<sub>2</sub>O → 0.020 N/m<sup>2</sup> → 131.1kgf/m<sup>2</sup>**

**Altura = 3600 msnm**

**Caudal Q = 8675 CFM → 4.03 m<sup>3</sup>/seg.**

- Determinación del Ventilador Centrífugo: ( SANP2-HR)

Se tienen dos alternativas con las siguientes características:

**1. Modelo: IFR401 CLASE 3 - ITSA**

Capacidad	:	8600 CFM
Presión Total	:	5.2 Pulg. H <sub>2</sub> O
Motor trifásico	:	8.50 Kw.
Nivel de Ruido	:	84 dB
Eficiencia	:	52 %
RPM	:	3400 rpm

**2. Modelo: IFR 501 CLASE 2 - ITSA**

Capacidad	:	8600 CFM
Presión Total	:	5.2 Pulg H <sub>2</sub> O
Motor trifásico	:	8.0 Kw.
Nivel de Ruido	:	79 dB
Eficiencia	:	73%
RPM	:	2240 rpm

La segunda alternativa es la más conveniente (**IFR501**), por las siguientes ventajas:

- Puede cambiar de RPM en caso fuera necesario.
- Tiene la mayor eficiencia.
- El IFR 401 trabaja al tope de su curva característica, lo que implica que no puede elevarse la capacidad (caudal).
- El nivel de ruido es menor a 80 dB.

#### **4.3.2 Diseño y Selección del Sistema de ventilación auxiliar para el “barrido” (VA1-HR y VA2-HR).-**

A continuación se realizará los cálculos (VA1-HR Y VA2-HR). Se consideró lo siguiente:

- El nuevo flujo de aire incrementado dentro del área es de 8600 CFM (4.01 m<sup>3</sup>/s).
- Se decidió por la instalación de dos ventiladores axiales, porque nuestro interés es inyectar aire a nivel del piso en forma de un “barrido”.
- Se debe tener una caída de presión suficiente para “barrer” los vapores de mercurio hasta los puntos de aspiración del sistema de aspiración auxiliar.
- La velocidad de salida en el ventilador axial es de 1612.9 FPM (8.19 m/s) y a los 20 metros de influencia llegará con una velocidad del 10% de la velocidad de salida (161.29 FPM - 0.819 m/s).
- La velocidad de 161.29 FPM es mayor al rango superior para la velocidad de captura de los vapores en las campanas.

- **Características del ventilador axial:**

Ventilador axial :	Modelo HXT-B 520 S&P
Capacidad :	4200 CFM (2.02 m <sup>3</sup> /seg.)
Caída de Presión:	0.71 Pulg. de H <sub>2</sub> O
Motor Monofásico:	1/3 HP
Nivel de Ruido :	68 dB

**Por lo tanto se tiene:**

Diámetro del ventilador: 555 mm = 1.82 pies

Área de salida (A) : 0.242 m<sup>2</sup> = 2.604 pies<sup>2</sup>

Caudal del Vent. Axial (Q): 4200 CFM (2.02 m<sup>3</sup> / seg.)

Velocidad de salida (V):  $Q/A = 1612.9$  FPM (8.19 m/seg.)

Velocidad de llegada (V<sub>1</sub>) = 10%(V<sub>1</sub>) = 161.3 FPM (0.819m/seg.)

#### 4.3.3 Plan de Trabajo.-

Para la segunda etapa se mantiene la misma filosofía de trabajo. Las actividades a efectuar son las siguientes: La instalación de un sistema de aspiración y la instalación de dos ventiladores axiales.

- Grupo de Trabajo (G-1) : Se formó un solo grupo de Trabajo, con un jefe de grupo y tres ayudantes, esto se debe a los siguientes motivos:
  1. El área de trabajo es reducido, y utilizar más personal no es aconsejable.
  2. Primero se instalará el sistema de aspiración SANP2-HR (ductos, ventilador, chimenea).
  3. Se instalará los ventiladores axiales en el lugar sugerido (Pared cercana al Horno de Retorta 1).
  4. Se realizará las instalaciones eléctricas (Fuerza y Control).
  5. Realizar las pruebas finales de muestreo de gases.

#### 4.3.4 Medición y Pruebas.-

##### **Muestreo de concentración del contaminante**

Al finalizar los trabajos de la segunda etapa, los días 02 y 03 de marzo del 2001, se procedió a efectuar las mediciones de campo y verificar el grado de contaminación en cada área.

##### **1. Fecha: 02//03 /01**

**Condiciones:** Se encontraban funcionando la Aspiración de SAHR2-HR, SAHR3-HR, SAHR4-HR, SANP1-HR (antiguo), SANP2-HR (nuevo), SABR-HR; y la Inyección de SVEL1-HR (parte alta), SVEL2-HR (parte alta), VA1 y VA2 a nivel del piso (nuevos) y la puerta principal del área abierta.

Valores obtenidos:

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Hornos de Retorta	0.024	0.006	0.015
Filtros Prensa	0.020	0.013	0.0165
Fundición	0.010	0.008	0.009

**2. Fecha: 03//03 /01, Hora: 7:30 a.m.**

**Condiciones:** Se encontraban funcionando la Aspiración de los 4 hornos, SANP1–HR (antiguo), SANP2-HR (nuevo); y los Sistemas de inyección principal SVEL1, 2, 3 (parte alta), los ventiladores axiales VA1 y VA2 a nivel del piso (nuevos) y la puerta principal del área cerrada.

Valores obtenidos:

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.036	0.026	0.031
Horno Retorta 2	0.032	0.020	0.026
Horno Retorta 3	0.040	0.022	0.031
Horno Retorta 4	0.032	0.020	0.026
Pasadizo	0.028	0.020	0.024

**3. Fecha: 03//03 /01, Hora: 8:00 a.m.**

**Condiciones:** La puerta de ingreso abierto, la aspiración de aire en los 4 hornos activos.

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.032	0.019	0.0255
Horno Retorta 2	0.072	0.017	0.0445
Horno Retorta 3	0.044	0.026	0.0350
Horno Retorta 4	0.032	0.018	0.0250
Pasadizo	0.028	0.014	0.0210



**4. Fecha: 03//03 /01, Hora: 8:30 a.m.**

**Condiciones:** La puerta de ingreso abierto, la aspiración de aire en los 4 hornos activos, el patio del área regado con agua.

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.033	0.004	0.0185
Horno Retorta 2	0.045	0.013	0.0290
Horno Retorta 3	0.044	0.027	0.0355
Horno Retorta 4	0.014	0.013	0.0135
Pasadizo	0.013	0.006	0.0095
Filtro Prensa	0.014	0.003	0.0085
Fundición	0.007	0.003	0.0050

**5. Fecha: 03//03 /01, Hora: 11:00 a.m.**

**Condiciones:** La puerta de ingreso abierto, La aspiración de aire en los 4 hornos activos, el patio del área seco.

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.024	0.018	0.0210
Horno Retorta 2	0.047	0.017	0.0320
Horno Retorta 3	0.035	0.019	0.0270
Horno Retorta 4	0.022	0.018	0.0200
Pasadizo	0.031	0.028	0.0295
Filtro Prensa	0.032	0.012	0.0022
Fundición	0.008	0.000	0.0040

**6. Fecha: 03//03 /01, Hora: 11:30 a.m.**

**Condiciones:** La puerta de ingreso abierto, la aspiración de aire en los 4 hornos activos, el Patio del área seco, y el ventilador portátil funcionando (1).

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.029	0.017	0.0230
Horno Retorta 2	0.035	0.019	0.0270
Horno Retorta 3	0.037	0.019	0.0280
Horno Retorta 4	0.034	0.019	0.0265
Pasadizo	0.023	0.014	0.0185
Filtro Prensa	0.030	0.005	0.0175
Fundición	0.010	0.000	0.0050

7. Fecha: 03//03 /01, Hora: 12:00 m.

Condiciones: La puerta de ingreso abierto, la aspiración de aire de los 4 hornos activos, el Patio del área seco, Ventilador portátil (1).

Área o Sección	Valor Máximo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Mínimo (mg/m <sup>3</sup> )	Valor Medio (mg/m <sup>3</sup> )
Horno Retorta 1	0.026	0.016	0.0210
Horno Retorta 2	0.036	0.018	0.0270
Horno Retorta 3	0.035	0.019	0.0270
Horno Retorta 4	0.028	0.018	0.0230
Pasadizo	0.020	0.017	0.0180

#### 4.3.5 Recursos Utilizados: Logísticos y Humanos.-

##### 4.3.5.1 Recursos Logísticos.-

Se requirió de lo siguiente:

a). **Maquinas y Herramientas:**

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und.	Máquina de Soldar de 300 Amp., 440 VAC.	2
2	Und.	Equipo de Oxicorte	1
3	Und.	Tanque de Oxigeno (8 m <sup>3</sup> )	3
4	Und.	Tanque de Gas (8 m <sup>3</sup> )	1
5	Und.	Amolador de 9", 220 VAC	2
6	Und.	Taladro Portátil, 220 VAC	2
7	Und.	Andamios de cuatro cuerpos c/u	4
8	Und.	Extensión eléctrica ( 20 m. C/u )	3
9	Und.	Mascara para soldar	2
10	Und.	Anteojos para corte	2
11	Und.	Mascara para protección de Amolador	2
12	Und.	Sogas de amarre ½ " diámetro (15m c/u)	5
13	Und.	Maletín de herramientas para mecánico.	3
14	Und.	Maletín de herramientas para electricista.	1
15	Und.	Equipo protector de cuero para soldar	3
16	Und.	Casco de seguridad	6
17	Und.	Lentes de seguridad	6
18	Und.	Respiradores especiales contra el mercurio	6
19	Und.	Zapatos de seguridad (pares)	6
20	Und.	Guantes de seguridad	12
21	Und.	Mamelucos	12
22	Und.	Correas de seguridad	5
23	Und.	Arcos de sierra	6
24	Und.	Escuadra metálica ( 20 cm.)	2
25	Und.	Nivel de mano	2

b). **Materiales Percibiles:**

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und.	Disco de desbaste 9" diámetro	6
2	Und.	Disco de corte 9" diámetro	8
3	Pza.	Angulo de ½" x ½" x 6 metros	4
4	Pza.	Angulo de 2" x 2 x 6 metros	4
5	Pza.	Plancha de acero 1/16" x 6' x 6'	2
6	Pza.	Platina de ¼" x 2" x 2" x 6 mts.	6
7	Lata	Soldadura Supersito 1/16" (latas de 20 Kg.)	4
8	Lata	Soldadura Cellocord 1/16" (latas de 20 Kg.)	2
9	Gln.	Pintura anti corrosiva	3
10	Gln.	Thinner acrílico	2
11	Und.	Escuadra metálica (20 cm.)	2
12	Und.	Hojas de sierra	8
13	Und.	Wincha (5 metros)	4
14	Pza.	Tiza de calderero	6
15	Pza.	Luna blanca y negra (par) para soldadura	4
16	Und.	Lija metálica gruesa (pliegues)	18
17	Und.	Lija metálica fina (pliegues)	18
18	Und.	Escobilla de fierro	4
19	Kg.	Alambre de amarre fe. Negro N° 16.	10
20	Und.	Baldes de plástico	4
21	Und.	Brochas medianas	6

c). **Equipos a Instalar:**

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Kg.	Ductos de 7" diámetro.	192
2	Kg.	Ductos de 9" diámetro.	240
3	Kg.	Ductos de 16" diámetro.	120
4	Kg.	Base del Ventilador Centrifugo	80
5	Kg.	Campanas de Aspiración de aire	25
6	Und.	Ventilador Centrifugo – 8500 CFM SANP2-HR	1
7	Und.	Ventilador Axial – 4200 CFM	2

d). **Transporte de Personal:**

ITEM	UND.	DESCRIPCION	CANT.
1	Und.	Camioneta 4x4, Doble cabina.	1
2	Und.	Camioneta Combi – Doble Tracción	1

**4.3.5.2 Recursos Humanos.-**

Se requirió del siguiente personal:

ITEM	DESCRIPCION	CANT.
1	Ingeniero Supervisor del Proyecto(Ingeniero Mecánico ó Mecánico Eléctrico)	1
2	Jefe de Cuadrilla (Técnico Maestro)	1
3	Técnicos Ayudantes	3
4	Administrador / Contador	1
5	Secretaria	1
6	Ingeniero De Apoyo (junior)	1

**4.4 Especificaciones Técnicas de los Equipos Instalados.-**

- **Ventilador centrífugo (SANP2-HR)**

<b>Modelo</b>	:	<b>IFR 501 CLASE 2 - ITSA</b>
Capacidad	:	8600 CFM - 4.01 m <sup>3</sup> /s
Presión Total	:	5.2 Pulg H <sub>2</sub> O (131 kgf / m <sup>2</sup> )
Motor trifásico	:	10 HP (8.0 Kw.)
Nivel de Ruido	:	79 dB
Eficiencia	:	73%
RPM	:	2240 rpm

- **Ventilador Axial (VA1-HR Y VA2-HR)**

<b>Modelo</b>	:	<b>HXT-B 520 S&amp;P</b>
Capacidad	:	4200 CFM (2.02 m <sup>3</sup> /seg.)
Caída de Presión:	:	0.71 Pulg H <sub>2</sub> O (18.04 kgf / m <sup>2</sup> )
Motor Monofásico:	:	1/3 HP (0.249 Kw.)

Nivel de Ruido : 68 dB

RPM : 1725

#### 4.5 Resultados.-

- El nuevo sistema de ventilación auxiliar (SANP2–HR) instalado tiene que aspirar el “barrido” de aire a nivel del piso
- Los dos ventiladores axiales tienen la función de “barrer” los vapores asentados a nivel del piso.
- Se encontró que los puntos más críticos están ubicados HR2 y HR3 por el poco flujo de aire a nivel del piso.
- Se recomienda que los ventiladores axiales funcionen constantemente, para tener una renovación de aire y que haya una mayor dilución de los contaminantes.
- Las pruebas realizadas demuestran que el nivel del contaminante en el área se ha reducido notablemente (Ver Figura N° 4-4, 4-5 y 4-6), y el Valor Promedio Global es menor al permisible (**0.0248 mg / m<sup>3</sup>** , (Ver Fig. N° 4-5).
- Las pruebas de muestreo se realizaron en dos días y con variadas condiciones. De las pruebas se demuestra que la eficiencia mejoró: reduciéndose en 40% el grado de contaminación. Antes era 0.0422 mg / m<sup>3</sup> y luego de las modificaciones efectuadas se midió 0.0248 mg / m<sup>3</sup>.

CAPÍTULO V

MANTENIMIENTO, SUPERVISION Y  
SEGURIDAD EN LA REFINERIA

## CAPITULO V

### MANTENIMIENTO, SUPERVISIÓN Y SEGURIDAD EN LA REFINERIA.

#### 5.1 Mantenimiento Preventivo.-

Se recomienda el mantenimiento preventivo para este tipo de instalaciones, debido a que dicha planta es nueva y los reglamentos de seguridad muy exigentes. Esta actividad se relaciona directamente con el desarrollo y rendimiento de la producción.

##### 5.1.1 Sistema de Ventilación – Ductos.-

En los Sistemas de Ventilación principales se recomienda lo siguiente:

- Limpieza de los ductos principales y secundarios cada tres meses de la acumulación de polvo.
- Repintado de los ductos cada seis meses para protegerlos de la corrosión.

##### 5.1.2 Ventiladores Centrífugos y Axiales.-

En los ventiladores hay que revisar lo siguiente:

- Realizar anualmente el balanceo dinámico del rodete, porque puede fallar debido a desgaste de rodajes, daños en los alabes, etc.
- Revisión y engrase de los rodajes cada seis meses.
- Limpiar la carcasa cada tres meses.
- Pintar la carcasa una vez al año.
- Revisar y ajustar los conectores de las instalaciones eléctricas (De Control y Fuerza) cada seis meses.



- Verificar el correcto funcionamiento del motor cada seis meses (pruebas de aislamiento, lubricación de sus componentes giratorios).

### **5.1.3 Muestras de Contaminación.-**

Estas pruebas son imprescindibles para conocer el grado de contaminación en el ambiente. Para realizar las correcciones en los sistemas de ventilación, se efectúan dos tipos de pruebas que deben respetarse:

#### **Pruebas Diarias:**

- Medir la concentración del contaminante en el ambiente, tres veces al día en puntos definidos.

#### **Pruebas Semanales:**

- Medir las presiones totales, de velocidad y estática con un Tubo Pitot.
- Medir la velocidad del aire en un ingreso o salida de los ductos de ventilación con un Anemómetro.

### **5.2 Supervisión en el Montaje de Equipos.-**

La supervisión estará a cargo de un Ingeniero Mecánico ó Mecánico Eléctrico, que tendrá las siguientes funciones:

- Coordinará los requerimientos de materiales en planta.
- Supervisará la instalación de los equipos.
- Verificará que los trabajadores realicen sus labores con seguridad.
- Orientará a los trabajadores con Charlas de Seguridad.
- Elaborará los planos de instalación de los equipos.
- Comunicará a la Gerencia de Lima mediante un informe diario, los avances de obra.
- Coordinará con el Supervisor de Planta el acceso del personal, equipos y materiales diversos.
- Realizará la valorización semanal de lo instalado.

- Realizará las evaluaciones con el Supervisor de Planta para la entrega de obra.

### **5.3 Seguridad.-**

#### **5.3.1 Salud y Seguridad Industrial.-**

*El Valor Limite de Permisible (TLV)*, representa un nivel aceptable de exposición que no produciría efectos a las personas expuestas.

En nuestro caso, según la Norma ACGIH (American Conference of Government Industrial hygienist) el límite máximo permisible de vapor de mercurio en el ambiente es de 0,025 mg / m<sup>3</sup>.

#### **5.3.2 Seguridad Industrial – Instalación.-**

Es conveniente tener en cuenta, durante la instalación y mantenimiento de los trabajos, efectuar las operaciones con la mayor seguridad posible, porque un accidente o deficiencia en la seguridad es causal de anulación de contrato y de la atención obligatoria del accidentado hasta su recuperación.

Es imprescindible una constante interrelación entre el representante de la contratista y el Supervisor para la coordinación de las charlas de orientación en el manejo de equipos de seguridad y de primeros auxilios.

##### **5.3.2.1 Manejo de Equipos.-**

###### **A nivel del piso:**

- El orden y limpieza de los equipos es diario. Al finalizar cada labor, se debe limpiar toda el área de trabajo.
- Todos los equipos eléctricos portátiles deben tener su dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Los cables de extensiones eléctricas deben ser de cables vulcanizados.
- El voltaje de los equipos auxiliares es de 220 VAC, y 440 VAC para máquinas de mayor amperaje (máquinas de soldar como ejemplo).

- Para trabajar en tableros eléctricos coordinar con el personal de mantenimiento eléctrico, y anular los equipos involucrados, colocando un candado de seguridad.
- Utilizar las herramientas.
- Para almacenar y transportar herramientas pequeñas se recomienda utilizar un cajón o balde.
- Semanalmente los equipos de seguridad (Casco, guantes, zapatos, lentes, respiradores, etc) y si estuvieran averiados, desecharlos y reemplazarlos por uno nuevo.
- Los respiradores deben ser especiales, y acondicionados con accesorios para neutralizar vapores de mercurio. El tiempo de vida del filtro es definido por el fabricante.
- El uso de los equipos de seguridad es obligatorio.
- Se debe instalar la cinta de seguridad en el perímetro del área de trabajo.

**A nivel superior:**

- Los andamios deben estar en perfectas condiciones y las fallas se corrigen inmediatamente.
- Los tabloncillos de madera que sirven de apoyo deben asegurarse al andamio con soga o alambre de amarre.
- Todo equipo o herramienta en zonas altas debe estar amarradas, para evitar caídas accidentales.
- Las sogas deben ser sintéticas y de 1/2" de diámetro como mínimo.
- Verificar el correcto estado semanalmente, los equipos de seguridad para altura (Correas, Arnés, Sogas, Guantes, cascos, respiradores, etc).
- Mantener orden y limpieza.
- Instalar en el perímetro de la zona de trabajo una cinta señalizadora.

### 5.3.2.2 Manejo del Personal.-

- Es imprescindible que todos reciban las charlas de seguridad para conocer las normas vigentes en la planta.
- Cada trabajador debe tener su equipo de seguridad adecuado (zapatos de seguridad, lentes protectores, respiradores con filtros para ambientes con vapor de mercurio, mameluco, casco y guante de seguridad).
- En trabajos de altura cada operario debe laborar con correa de seguridad y/o arnés
- La limpieza, después de cada labor es obligatoria.
- Cualquier accidente se debe comunicar inmediatamente al Supervisor de Planta.
- Utilizar las herramientas adecuadas. Si se efectúan trabajos en instalaciones eléctricas, el personal debe aislarse adecuadamente con guantes y zapatos especiales.
- Se debe transitar por los lugares señalizados por las líneas de seguridad.
- Señalizar las áreas de trabajo con una cinta plástica.
- Se tendrá descanso de una hora y media, al medio día.
- Se recomienda no distraerse o distraer a los compañeros en el trabajo, porque se puede generar accidentes.
- Es prohibido la ingesta de Alcohol en el trabajo. El límite máximo permisible para el ingreso del personal es de  $0.1 \text{ mg} / \text{m}^3$ , en caso de superar el límite máximo no se le permite el ingreso y se presentará un informe para que ese trabajador (ingeniero, técnico, obrero, ayudante), sea sancionado, desde la suspensión hasta con el despido.

### 5.3.2.3 Transporte de Personal.-

- La unidad de transporte debe estar en perfectas condiciones, contar con los equipos auxiliares de seguridad (Triángulo de seguridad, Tacos de madera, Botiquín, extintor de 6 Kg., dos llantas de repuesto, etc.).
- El vehículo debe tener su cinturón de seguridad.
- Debe estacionarse en lugares establecidos para todos los ocupantes.
- El vehículo de transporte debe ser de doble tracción, tener circulina y pértiga con lámpara, porque en la zona de trabajo hay mucha neblina y llueve.
- Respetar las señales de tránsito internas.
- El transporte en movimiento no debe acercarse a menos de 50 metros de los camiones pesados de 20 toneladas.
- La Velocidad Máxima dentro de las instalaciones de la compañía es de 30 Km./hr.

### 5.4 Resultados.-

Es importante tener en cuenta las recomendaciones mencionadas, porque de esto depende el desarrollo del trabajo sin inconvenientes. La evaluación médica del personal es prioritario, para prevenir enfermedades profesionales.

Es importante recordar que si no se tienen todos los equipos y herramientas no se debe realizar ninguna labor, porque se estaría poniendo en peligro la integridad del personal.

## CAPITULO VI

# PRESUPUESTO ECONOMICO

## CAPITULO VI

### PRESUPUESTO ECONOMICO

Es de vital importancia tener cuidado en el análisis de los costos unitarios, porque de estos cálculos se logrará obtener un presupuesto de acuerdo a las exigencias del Proyecto a ejecutar. A continuación se describe cada uno de rubros a utilizarse:

- **Transporte de Equipos.-** Transportar los equipos a instalar, herramientas, materiales a utilizar durante la instalación. Y al final de la instalación regresarlos a su punto de origen.
- **Movilización y Desmovilización.-** Es el pago a terceros por trabajos secundarios relacionados a la obra.
- **Fabricación y Compra de Ventiladores a instalar.**
- **Fabricación de las Chimeneas.-** Se fabricarán en total cinco chimeneas de acuerdo a lo especificado.
- **Fabricación de las Campanas.-** Se fabricarán para los Sistemas de Aspiración a nivel del suelo e Inyección en la parte alta.
- **Alojamiento y Alimentación.-** Es el costo diario del alojamiento y alimentación, del personal técnico y del ingeniero supervisor.
- **Pago de Salarios.-** Es el pago por los honorarios profesionales de cada técnico por cada semana.
- **Movilidad del Personal.-** Se alquilará vehículos para el transporte del personal desde su alojamiento hasta el centro de trabajo.

## 6.1 Primera Etapa.-

### 6.1.1 Inversión Inicial I.-

Se considera como inversión inicial, la compra o el pago de los siguientes rubros:

**TABLA N° 6-A0**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>PRECIO (S/.)</b>
<b>Transporte de Equipos</b>	10,000.00
<b>Movilización y Desmovilización</b>	3,000.00
<b>Fabricación y compra de ventiladores</b>	4,640.00
<b>Fabricación de las Chimeneas</b>	4,420.00
<b>Fabricación de las Campanas</b>	2,310.00
<b>TOTAL – INVERSION INICIAL</b>	<b>24,370.00</b>

### 6.1.2 Egresos I.-

Se considera como egresos el alojamiento y alimentación del personal, pago de salarios, alquiler de vehículos, pago de las comunicaciones telefónicas, y el pago de los honorarios profesionales del supervisor. Todos estos pagos se cancelarán semanalmente:



TABLA N° 6-A1

N°	DESCRIPCION	SEMANAS ( S/. )							
		1era	2da	3era	4ta	5ta	6ta	7ma	8va
1	Alojamiento y comida	2800.00	2800.00	2800.00	280.00	280.00	0.00	0.00	0.00
2	Pago de salarios	2310.00	2310.00	2310.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Movilidad de Personal	2450.00	2450.00	2450.00	1400.00	1400.00	0.00	0.00	0.00
4	Teléfono	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	0.00	0.00	0.00
5	Supervisión	0.00	0.00	0.00	6000.00	1500.00	0.00	0.00	2850.00
		<b>7910.00</b>	<b>7910.00</b>	<b>7910.00</b>	<b>8030.00</b>	<b>3530.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2850.00</b>
6	Imprevistos (10%)	791.00	791.00	791.00	803.00	353.00	0.00	0.00	285.00
7	Gastos Generales (10%)	791.00	791.00	791.00	803.00	353.00	0.00	0.00	285.00
<b>TOTAL EGRESOS SEMANALES</b>		<b>9492.00</b>	<b>9492.00</b>	<b>9492.00</b>	<b>9636.00</b>	<b>4236.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3420.00</b>
<b>EGRESOS MENSUALES</b>					<b>38112.00</b>				<b>7656.00</b>

### 6.1.3 Forma De Pago.-

El proyecto tiene el siguiente acuerdo, formalizado mediante un contrato donde se indica lo siguiente:

- 1) El cliente pagará un Adelanto del 30% del monto total del contratado.
- 2) El Saldo se pagará al finalizar el proyecto, pasado un mes de prueba.

TABLA N° 6-A2

N°	DESCRIPCION	(S/.)	(S/.)	(S/.)
1	Adelanto (30%)	30522.94		
2	Al final del Contrato (70%)		71220.20	
	<b>MONTO TOTAL</b>			<b>101743.14</b>

#### 6.1.4 Resultados – Primera Etapa.-

**CASO I (TABLA N° 6-A3).**- Considerando que antes de comenzar las actividades se tendrá un egreso de S/. 24.370.00 nuevos soles (TABLA N° 6-A0). Y desembolsos de S/. 38,112.00 nuevos soles (primer mes) y S/. 7,656.00 nuevos soles (segundo mes). Al iniciar el proyecto hay adelanto del 30% del Monto Total y a los dos meses el saldo.

**CASO II (TABLA N° 6-A4).**- Considerando que antes de comenzar las actividades se tendrá un egreso de S/. 24,370.00 nuevos soles (TABLA N° 6-A0). Y desembolsos de S/. 38,112.00 nuevos soles (primer mes) y S/. 7,656.00 nuevos soles (segundo mes). No se tiene el adelanto del 30% del Monto Total y al final del Proyecto se cancelará el 100%.

#### 6.2 Segunda Etapa.-

##### 6.2.1 Inversión Inicial II.-

Se considera como inversión inicial, la compra o el pago de los siguientes rubros:

**TABLA N° 6-B0**

DESCRIPCION	PRECIO (S/.)
<b>Transporte de Equipos</b>	10000.00
<b>Movilización y Desmovilización</b>	3000.00
<b>Fabricación y compra de ventiladores</b>	7500.00
<b>Fabricación de los ductos</b>	7272.00
<b>TOTAL – INVERSION INICIAL</b>	<b>27772.00</b>

##### 6.2.2 Egresos II.-

Se considera egresos: alojamiento y alimentación del personal, salarios, alquiler de vehículos, pago de las comunicaciones telefónicas, y los honorarios del supervisor. Todos estos pagos se cancelarán semanalmente:

TABLA N° 6-B1

N°	DESCRIPCION	SEMANAS ( S/.)							
		1era	2da	3era	4ta	5ta	6ta	7ma	8va
1	Alojamiento y comida	1680.00	1680.00	1680.00	280.00	280.00	0.00	0.00	0.00
2	Pago de salarios	1155.00	1155.00	1155.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Movilidad de Personal	2450.00	2450.00	2450.00	1400.00	1400.00	0.00	0.00	0.00
4	Teléfono	350.00	350.00	350.00	350.00	350.00	0.00	0.00	0.00
5	Supervisión	0.00	0.00	0.00	3000.00	0.00	0.00	0.00	3000.00
		<b>5635.00</b>	<b>5635.00</b>	<b>5635.00</b>	<b>5030.00</b>	<b>2030.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3000.00</b>
6	Imprevistos (10%)	563.5	563.5	563.5	503.00	203.00	0.00	0.00	300.00
7	Gastos Generales (10%)	563.50	5635.50	563.50	503.00	203.00	0.00	0.00	300.00
<b>TOTAL EGRESOS SEMANALES</b>		<b>6762.00</b>	<b>6762.00</b>	<b>6762.00</b>	<b>6036.00</b>	<b>2436.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3600.00</b>
<b>EGRESOS MENSUALES</b>					<b>26322.00</b>				<b>6036.00</b>

### 6.2.3 Forma de Pago.-

El proyecto tiene el siguiente acuerdo, formalizado mediante un contrato donde se indica lo siguiente:

- 1) El cliente pagará un Adelanto del 30% del monto total del contratado.
- 2) El Saldo se pagará al finalizar el proyecto, pasado un mes de prueba.

TABLA N° 6-B2

N°	DESCRIPCIÓN	(S/.)	(S/.)	(S/.)
1	Adelanto (30%)	20863.03		
2	Al final del Contrato (70%)		48680.41	
	<b>MONTO TOTAL</b>			<b>69543.44</b>

#### 6.2.4 Resultados – Segunda Etapa.-

**CASO I (TABLA N° 6-B3).**- Considerando que antes de comenzar las actividades se tendrá un egreso de S/. 27,772.00 nuevos soles (TABLA N° 6-B0). Y desembolsos de S/. 26,322.00 nuevos soles (primer mes) y S/. 6,036.00 nuevos soles (segundo mes). Al iniciar el proyecto hay adelanto del 30% del Monto Total y a los dos meses el saldo.

**CASO II (TABLA N° 6-B4).**- Considerando que antes de comenzar las actividades se tendrá un egreso de S/. 27,772.00 nuevos soles (TABLA N° 6-B0). Y desembolsos de S/. 26,322.00 nuevos soles (primer mes) y S/. 6,036.00 nuevos soles (segundo mes). No se tiene el adelanto del 30% del Monto Total y al final del Proyecto se cancelará el 100%.

#### 6.3 Resumen General .-

De ambas etapas y casos presentados se obtiene lo siguiente:

<b>PRIMERA ETAPA (TABLA N° 6-A3 y 6-A4)</b>	
CASO I	CASO II
TIR MENSUAL = 47.30 %	TIR MENSUAL = 33.0 %
TIR ANUAL = 567.6 %	TIR ANUAL = 399.4%

<b>SEGUNDA ETAPA (TABLA N° 6-B3 y 6-B4)</b>	
CASO I	CASO II
TIR MENSUAL = 12.4 %	TIR MENSUAL = 11.1 %
TIR ANUAL = 148.5 %	TIR ANUAL = 133.0 %

- El TIR de la Primera y Segunda Etapa en el CASO I es muy bueno, debido a que el proyecto se realizó en dos meses y los egresos fueron el 60% aproximado del monto total.

- Si comparamos con los intereses bancarios, el TIR hallado supera largamente porque actualmente dicho interés es de 3% mensual.
- Por lo tanto el trabajo realizado en dos etapas es muy rentable para la empresa contratista y para el cliente.

## CONCLUSIONES

1. Se logro el objetivo de reducir el grado de contaminación por vapores de mercurio en las tres áreas.
2. El costo de inversión es menor en comparación a lo que se hubiese necesitado para renovar todos los equipos (Ver Cuadro 3-0, CAP III).
3. Se trabajó en forma simultánea sin afectar la producción en planta.
4. Para el trabajo con gases más densos que el aire se recomienda desarrollar un diseño que consiste en “barrer” los gases hacia un Sistema de Aspiración ubicado en el otro extremo.
5. Se recomienda la evaluación diaria de la contaminación en las áreas de producción.
6. Se instaló un sistema de inyección de aire (dos ventiladores axiales) para el “barrido” y otro de aspiración, paralelo al existente en el área de Hornos de Retorta.
7. Los ventiladores centrífugos de aspiración a nivel de piso están trabajando a su máxima capacidad, y no pueden ser modificados para incrementar el caudal; observando la curva carta de funcionamiento del ventilador se aprecia que al elevar la capacidad, se reduce la carga de presión estática, como consecuencia disminuiría la aspiración en los puntos lejanos de cada sistema. (curva del ventilador Northern Blower).
8. Del Análisis Económico se observa que la ejecución del trabajo para el Contratista es apreciablemente rentable.
9. A continuación se muestran las mejoras conseguidas con la ejecución del proyecto:

ANTES	DESPUES
La inversión proyectada por la empresa minera fue de U.S. \$300,000.00	La inversión realizada por la empresa minera después de las dos etapas es: U.S. \$ 60,000.00.
El área de Hornos de Retortas es el más crítico por tener el mayor grado de contaminación de vapor de mercurio.	Se adicionó un sistema de ventilación (Aspiración) paralelo al instalado, y otro sistema de inyección para el "barrido", que logró la reducción de los vapores de mercurio.
Grado de contaminación en cada una de las Áreas son: (I ETAPA) H.R. = 0.0279 mg Hg. /m <sup>3</sup> F.P. = 0.0335 mg Hg. /m <sup>3</sup> H.I.F. = 0.02705 mg Hg / m <sup>3</sup>	Grado de contaminación en cada una de las Áreas son: (I ETAPA) H.R. = 0.0422 mg Hg. /m <sup>3</sup> F.P. = 0.0099 mg Hg. /m <sup>3</sup> H.I.F. = 0.00757 mg Hg / m <sup>3</sup>
Grado de contaminación en cada una de las Áreas son: (II ETAPA) H.R. = 0.0422 mg Hg. /m <sup>3</sup> F.P. = 0.0099 mg Hg. /m <sup>3</sup> H.I.F. = 0.00757 mg Hg / m <sup>3</sup>	Grado de contaminación en cada una de las Áreas son: (II ETAPA) H.R. = 0.0248 mg Hg. /m <sup>3</sup> F.P. = 0.0161 mg Hg. /m <sup>3</sup> H.I.F. = 0.0058 mg Hg / m <sup>3</sup>
El volumen de aire en las áreas es el siguiente orden: (INYECCION) H.R. = 9.37 m <sup>3</sup> / seg. F.P. = 6.90 m <sup>3</sup> / seg. H.I.F. = 6.74 m <sup>3</sup> / seg.	Se incremento el volumen de aire en el siguiente orden: (INYECCION) H.R. = 11.04 m <sup>3</sup> / seg. F.P. = 9.11 m <sup>3</sup> / seg. H.I.F. = 7.78 m <sup>3</sup> / seg.
El volumen de aire en las áreas es el siguiente orden: (SUCCION) H.R. = 20.86 m <sup>3</sup> / seg. F.P. = 2.08 m <sup>3</sup> / seg. H.I.F. = 12.49 m <sup>3</sup> / seg.	Se incremento el volumen de aire en el siguiente orden: (SUCCION) H.R. = 23.31 m <sup>3</sup> / seg. F.P. = 7.75 m <sup>3</sup> / seg. H.I.F. = 18.20 m <sup>3</sup> / seg.

10. Se recomienda utilizar filtros para capturar los vapores de mercurio a la salida de las chimeneas. Esto dependerá de la decisión de la compañía, considerando que son muy costosos y el tiempo de duración es de máximo un mes.

## VOCABULARIO

1. **SVEL.**- Sistema de Ventilación Industrial.
2. **ACGIH.**- American Conference of Governmental Industrial Hygienist.
3. **Ducto.**- Es la tubería por donde se traslada los gases o aire.
4. **Hornos de Retorta.**- Equipo de secado que trabaja con resistencias eléctricas, y tienen un sistema de aspiración instalado en la compuerta principal para los gases que emanan del mismo. También tienen un recipiente que atrapa los gases de mercurio donde se evita su volatilización enfriándolo, para que quede en estado líquido.
5. **Filtros Prensa.**- Equipo que trabaja con unas telas filtrantes muy resistentes, y a presiones altas, aquí es donde se atrapa las partículas del DORE de las soluciones ricas.
6. **Hornos de Inducción.**- Es un horno de fundición tipo eléctrico, donde se funde la retorta seca extraída de los Filtros Prensa.
7. **Dore.**- Es una mezcla de Oro y Plata.
8. **Lixiviación.**- Es una etapa del proceso de minerales para obtener un concentrado de minerales ya sea seco o en líquido. En esta etapa se trata de limpiar y separar los sulfuros ricos de las gangas por medio de agentes químicos, agua y aire.
9. **Flotación.**- En esta etapa se obtiene concentrados de minerales, y a la vez se separa las gangas remanentes.



## BIBLIOGRAFÍA

- Manual del Ingeniero Mecánico  
Autor : MARKS  
Edición: Octava
- Manual del Ingeniero Químico  
Autor: John H. Perry  
Edición: 2da
- Design of Industrial Ventilation System  
Autor: John L. Alden / John M. Kane  
Edición: Quinta
- Industrial Ventilation  
Autor: Comité on Industrial Ventilation  
Año: 1988
- Mine Ventilation  
Autor: Donald O. Rausch
- Procesamiento de Minerales  
Autor: Kelly Spottiswood  
Edición: Primera
- Flotación de Minerales  
Autor: Alexander Sutulov  
Año: 1963
- Fundamentos de Flotación  
Autor: Dow Chemical Latin America S.A.

# **ANEXOS**

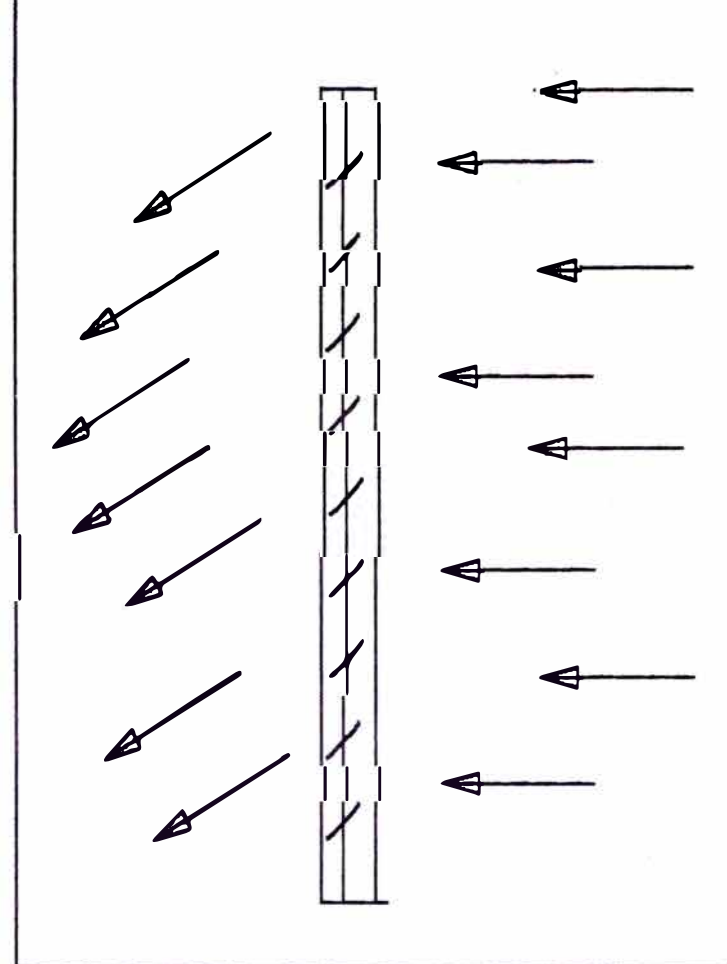
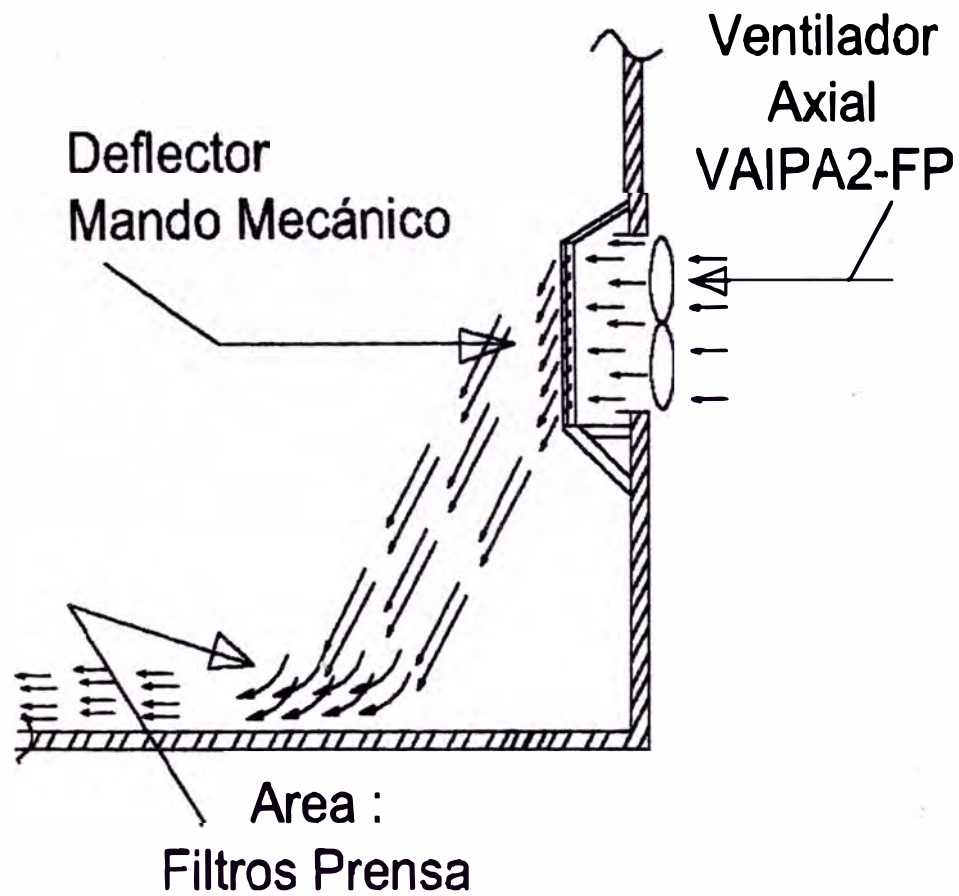
## **ANEXOS**

### **1. CAPITULO III – PRIMERA ETAPA**

- Fig. N° 3.1                      Deflector Mecánico**
- Fig. N° 3.2                      Modificación de Ductos y Campanas.**
- Fig. N° 3.3                      Sistema de Ventilación Principal - Refinería – Parte Alta y a  
Nivel del piso (INICIO)**
- Fig. N° 3.4                      Sistema de Ventilación Principal - Refinería – Parte Alta y a  
Nivel del piso (FINAL DE LA PRIMERA ETAPA)**

#### **MEDICION DE CAUDALES**

- Fig. N° 3.5                      Medición de Caudales – HORNOS DE RETORTA**
- Fig. N° 3.6                      Medición de Caudales – FILTROS PRENSA**
- Fig. N° 3.7                      Medición de Caudales– HORNOS INDUCC. - FUNDICION**



Deflector Mecánico

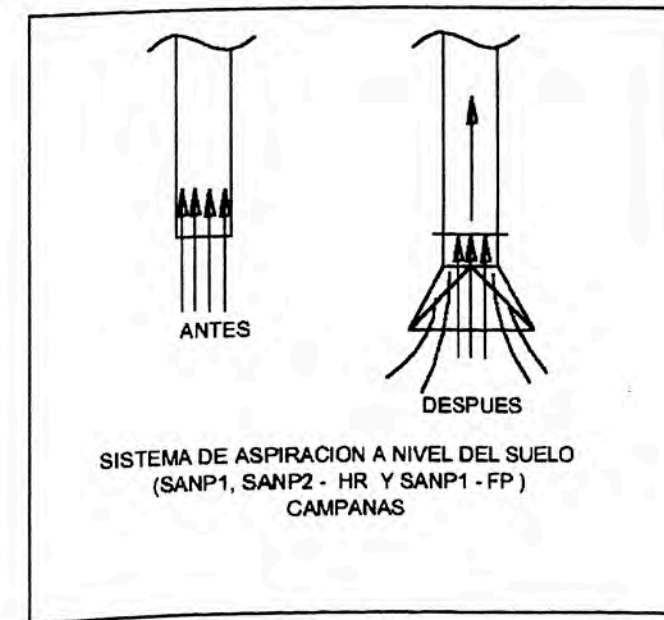
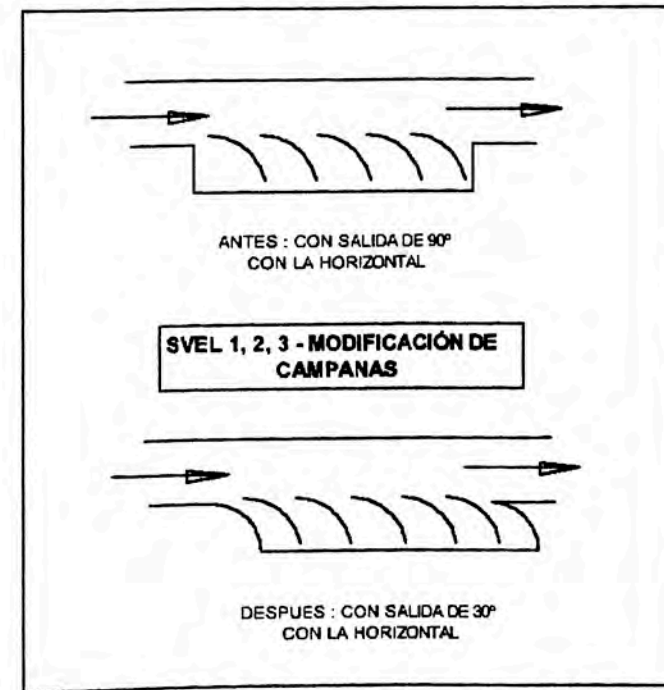
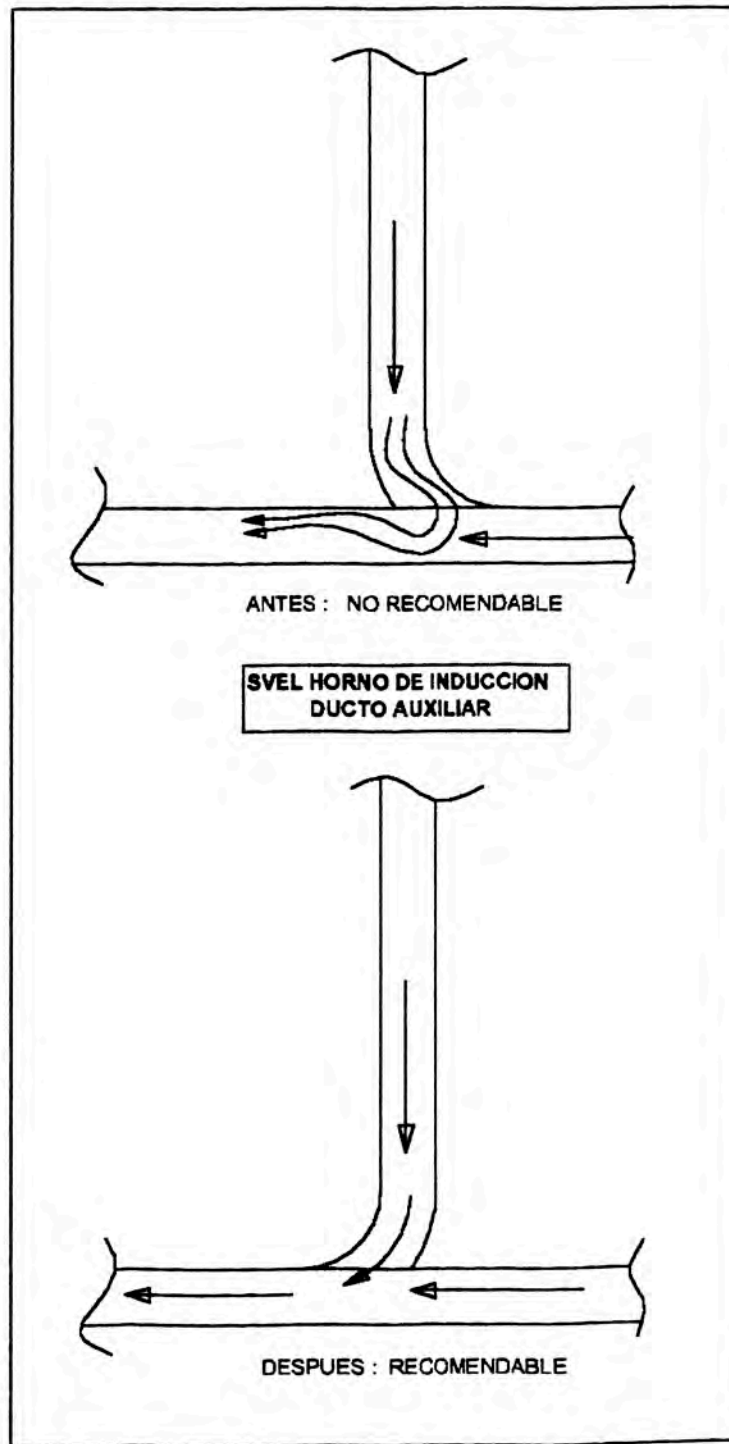
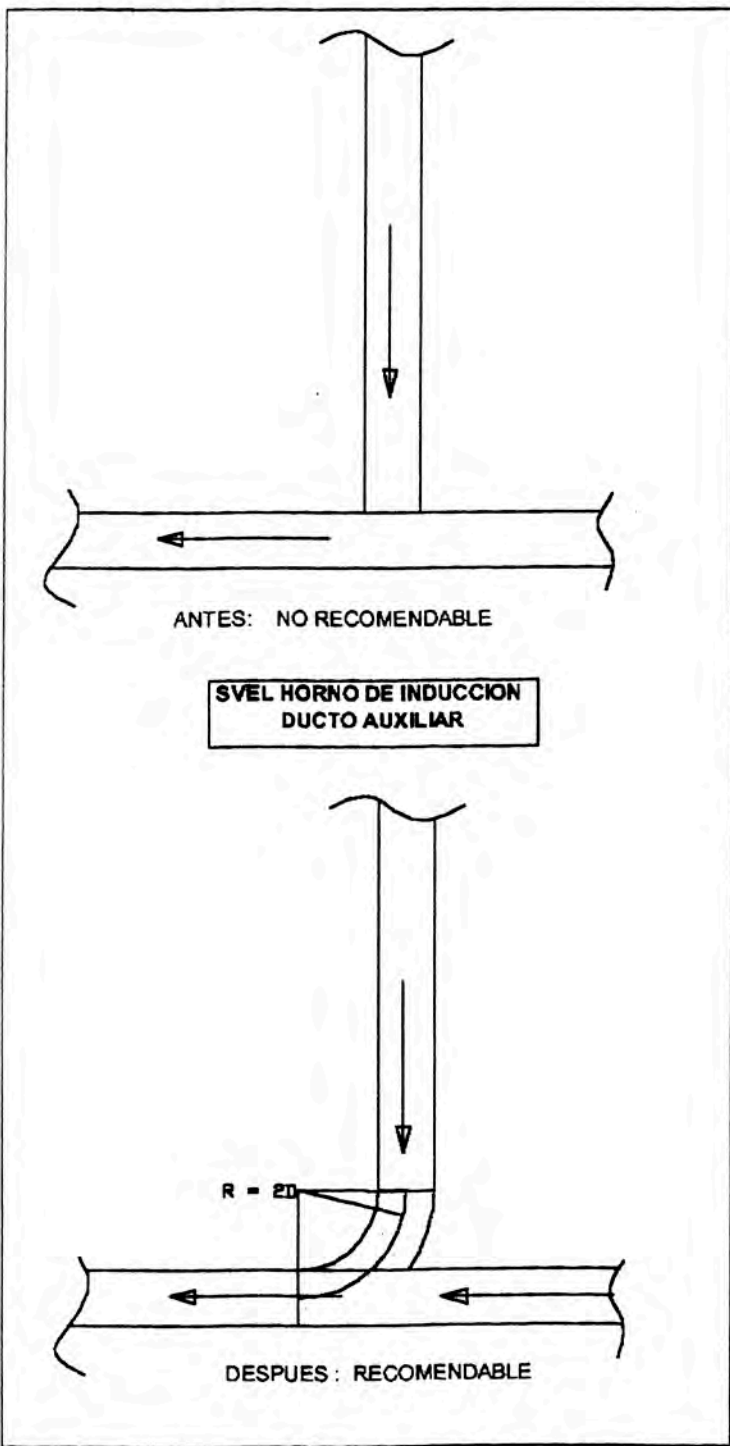
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**DEFLECTOR MECANICO**

DISEÑO:  
EDGARD CESAR  
CONDOR PORRAS

Esc:  
Sin Esc.

FIG. N°  
3 - 1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

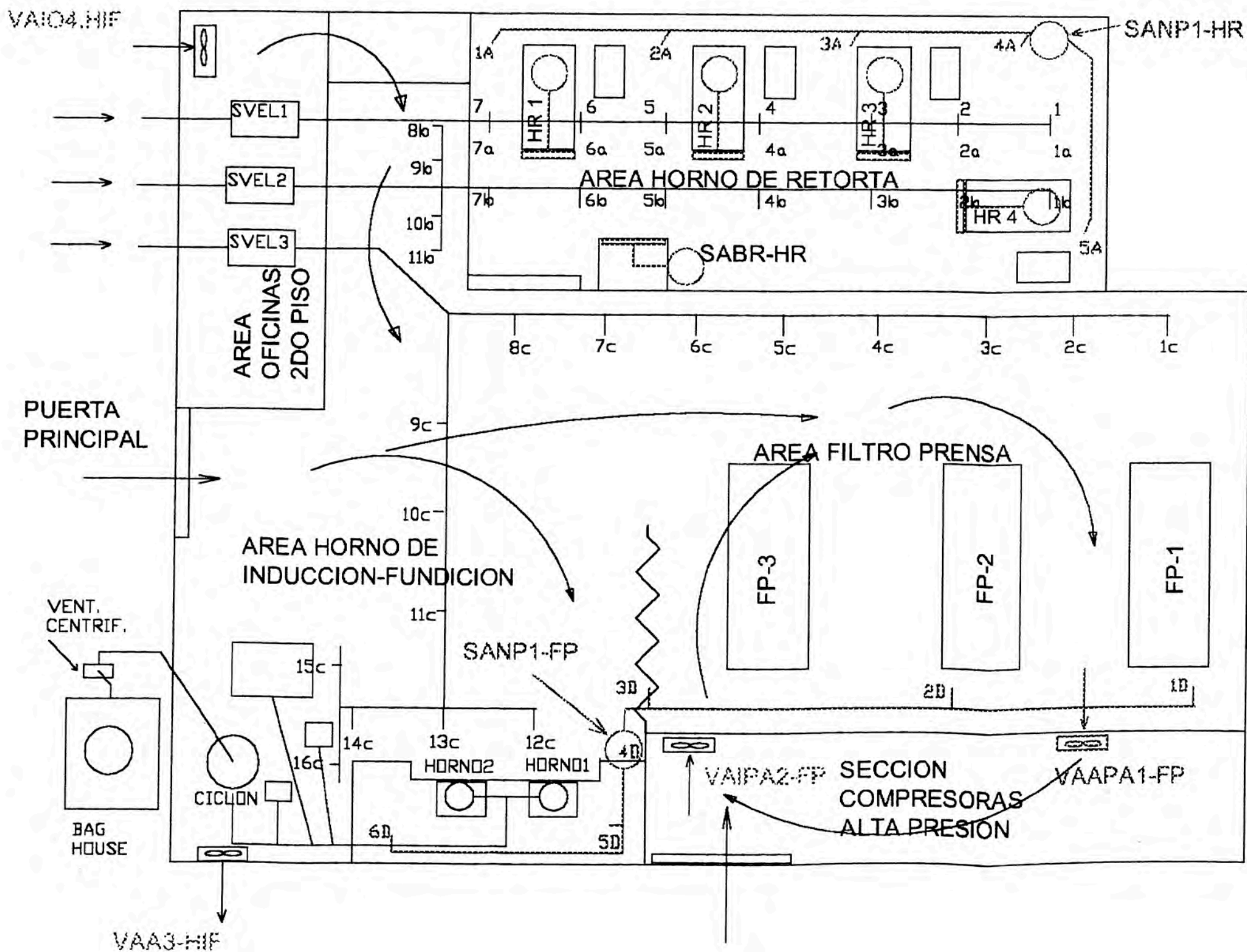
**MODIFICACION DE DUCTERIAS Y CAMPANAS  
EN LA PRIMERA ETAPA**

DISEÑO:  
EDGARD CESAR  
CONDOR PORRAS

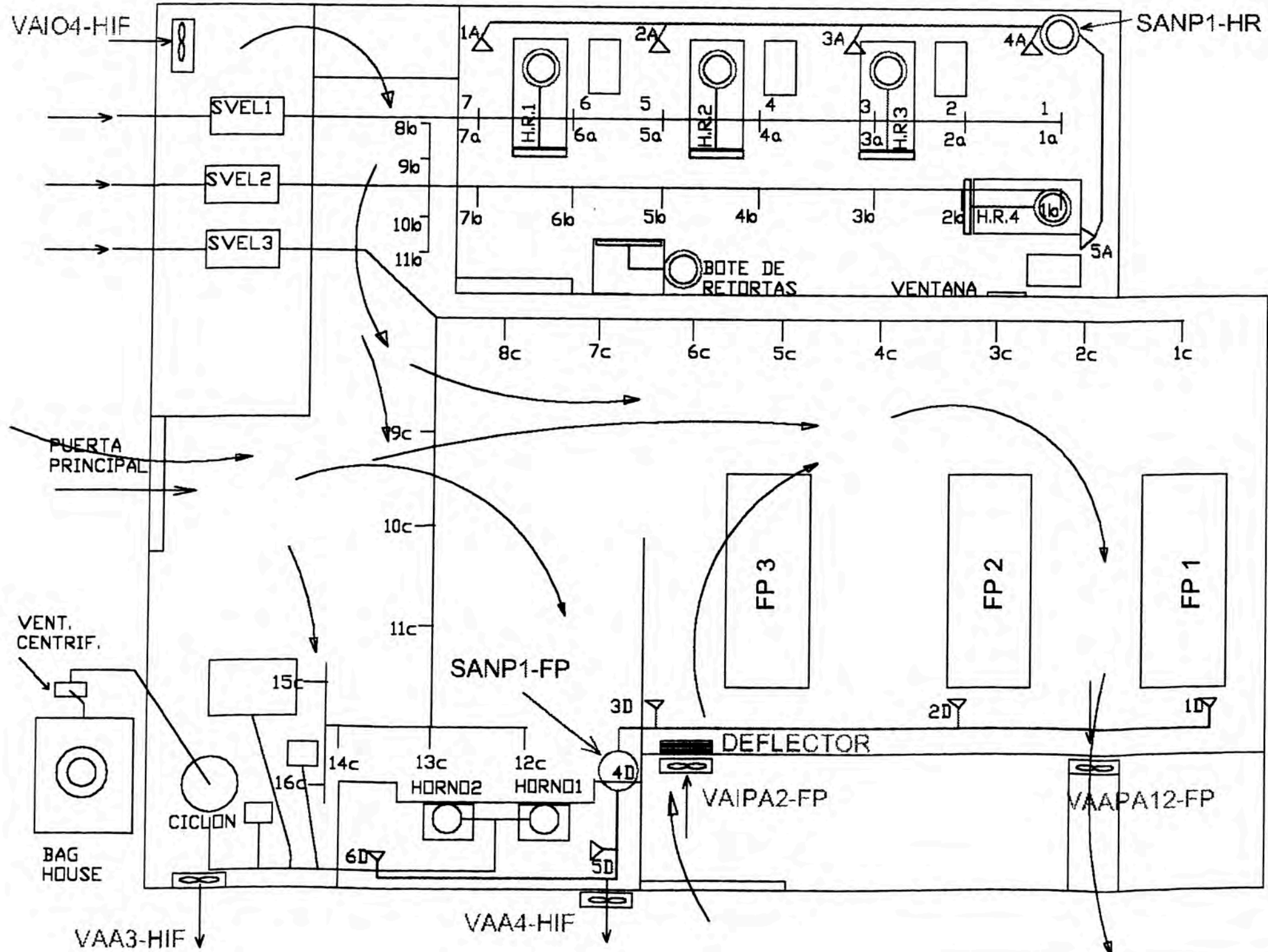
ESC:  
Sin Esc.

FIG. N°  
3 - 2





<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL - REFINERIA</b> <b>PARTE ALTA Y A NIVEL DEL PISO - (INICIO)</b>		
<b>DISEÑO:</b> EDGARD CESAR CONDOR PORRAS	<b>ESC:</b> Sin Esc.	<b>FIG. N°</b> 3 - 3

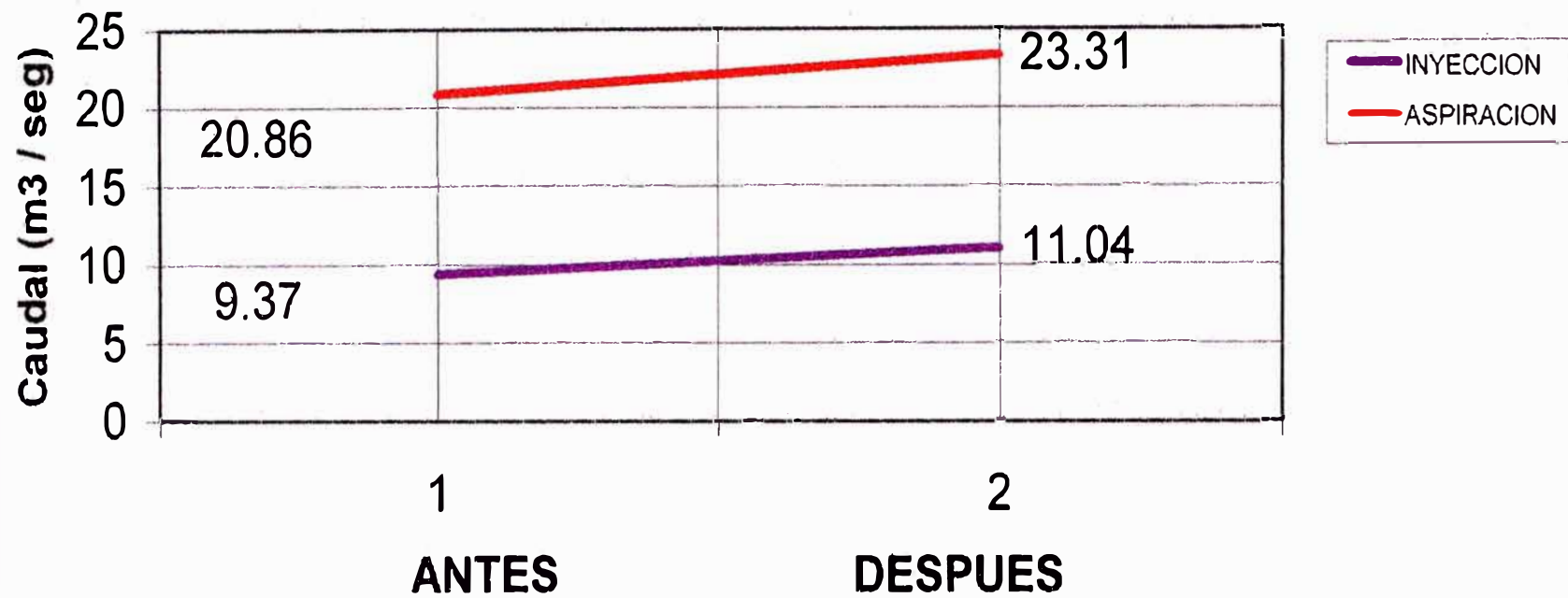


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**SISTEMA DE VENTILACION PRINCIPAL -  
REFINERIA PARTE ALTA Y A NIVEL DEL PISO  
(DESPUES DE PRIMERA ETAPA)**

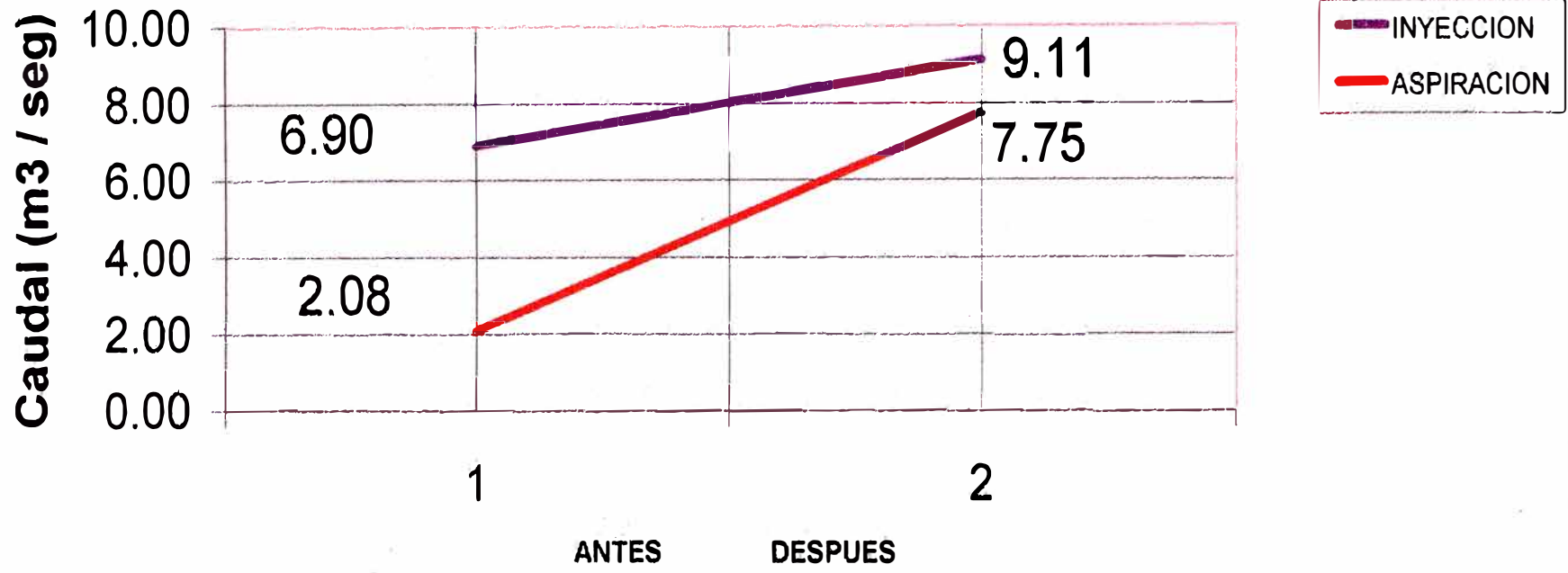
<b>DISEÑO: EDGARD CESAR CONDOR PORRAS</b>	<b>ESC. : Sin Esc.</b>	<b>FIG. N° 3 - 4</b>
---	----------------------------	--------------------------



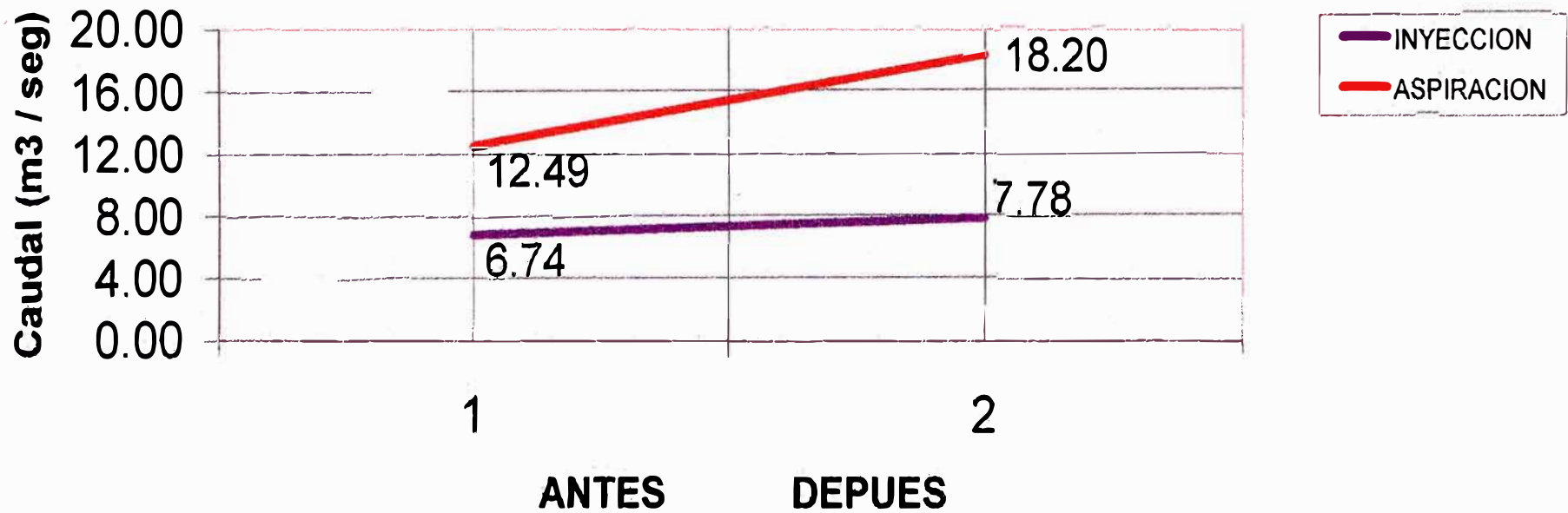


**FIG. N° 3.5 : MEDICION DE CAUDALES (HORNOS DE RETORTA)**





**FIG. N° 3.6 : MEDICION DE CAUDALES (FILTROS PRENSA)**



**FIG. N° 3.7 : MEDICION DE CAUDALES (HORNO DE INDUCCION)**

## **2. CAPITULO IV – SEGUNDA ETAPA**

**FIG. N° 4.0: Ubicación de Puntos para el cálculo del Sistema de Ventilación Auxiliar (SANP2-HR).**

**TABLA N° 4.1: Sistema de Ventilac. Auxiliar de Aspiración Paralelo a Nivel del Piso (Cálculos).**

**TABLA N° 4.2: Conversión Sistema Ingles al Sistema Internacional.**

**FIG. N° 4.1: Hornos de Retorta – Puntos de muestreo de vapor de mercurio (Antes de Segunda Etapa).**

**FIG. N° 4.2: Hornos de retorta – Pruebas de “BARRIDO” con aire.**

**FIG. N° 4.3: Hornos de Retorta (Final de Segunda Etapa).**

**Cuadro Resumen: Datos de vapor de mercurio.**

**Fig. N° 4.4: Muestreos vapor de mercurio – Hornos de retorta.**

**Fig. N° 4.5: Muestreos puntual – Segunda Etapa.**

**Fig. N° 4.6: Evolución de Contaminación por Vapor de Mercurio.**

**Fig. N° 4.7: Vista Isométrica del Sistema De Ventilación Auxiliar de Aspiración a Nivel del Piso (SANP2-HR).**

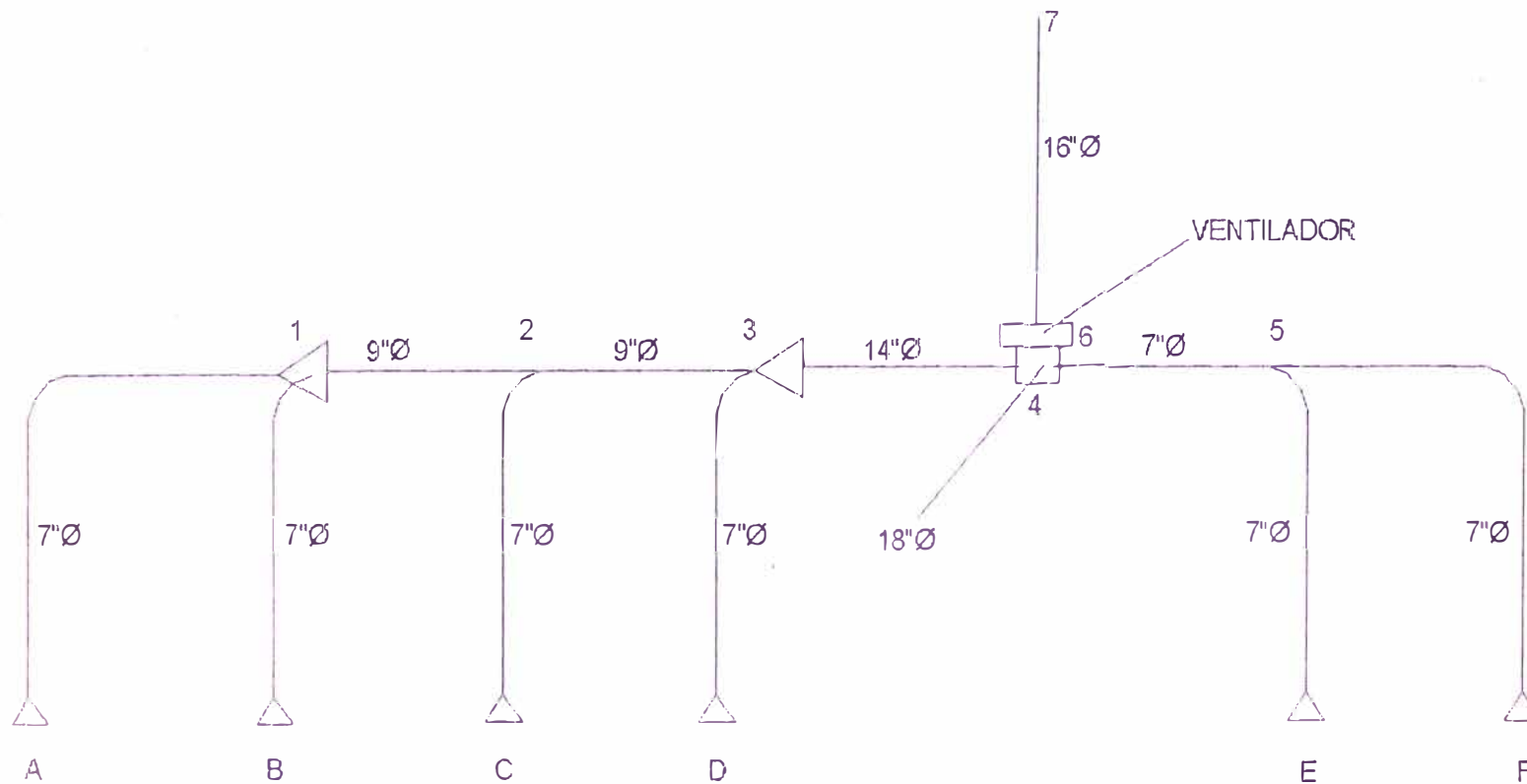


FIG. N° 4.0 : UBICACION DE PUNTOS PARA EL CALCULO DEL SISTEMA DE VENTILACION AUXILIAR (SANP2-HR)

HOJA DE BALANCE

HOJA CALCULO. 4 - 1

SISTEMA DE VENTILACION AUXILIAR PARALELO DE ASPIRACION A NIVEL DEL PISO (SANP2-HR)

AREA : HORNOS DE RETORTA

	Características del Tramo										Factores de Pérdidas						Pérdidas pulg. H2O				
	D eq pulg.	A pies 2	Q CFM	Vd FPM	VPd pulg. H2O	Vs FPM	VPs pulg. H2O	Lr pies	C90	entradas	C90	Hood	Unión	Descarga o entrada	Total	Slot	Lr	Acc	Slot	Tramo	Domina
A-1	7.00	0.267	900	3368	0.707		0.000	28.00	1X90°X2D		0.27	1.25	0.00		1.520	0.000	0.717	1.075	0.000	1.792	
B-1	7.00	0.267	900	3368	0.707		0.000	8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.205	1.106	0.000	1.311	1.792
		brazos A y B :		SPA/SPB:		1.366		Q = QB*(SPA/SPB)"1/2		Q =		1052.08 CFM		OK.							
B-1F	7.00	0.267	1050	3929	0.962		0.000	8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.275	1.506	0.000	1.781	1.792
		Expansión:		R :		0.920		SP1= SPA1+R(VPA-VP1)		SP1 =		1.325									
1 - 2	9.00	0.442	1950	4414	1.215			20.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.631	0.000	0.000	0.631	1.956
C - 2	7.00	0.267	900	3368	0.707		0.000	8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.205	1.106	0.000	1.311	1.956
		brazos 12 y C2 :		SP12/SPD3:		1.491		Q = QC2*(SP12/SPC2)"1/2		Q =		1099.06 CFM		OK.							
C - 2F	7.00	0.267	1100	4116	1.056		0.000	8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.300	1.653	0.000	1.953	1.956
		brazos 12 y C2 F:		SP12/SPD3:		1.001															
2 - 3	9.00	0.442	3050	6904	2.971		0.000	20.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	1.475	0.000	0.000	1.475	3.431
D - 3	7.00	0.267	900	3368	0.707			8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.205	1.106	0.000	1.311	3.431
		brazos 23 y D3 :		SP23/SPD3 :		2.616		Q = QD3*(SP23/SPD3)"1/2		Q =		1455.71 CFM									
D - 3F	7.00	0.267	1460	5463	1.861			8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.565	0.000	0.514	2.912	0.000	3.426	3.431
		brazos 23 y D3F :		SP23/SPD3 :		1.002															
		Expansión:		R :		0.840		SP1= SPD3+R(VPD3-VP4)		SP1 =		4.99									
3 - 4	14.00	1.069	4510	4219	1.110		0.000	15.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.253	0.000	0.000	0.253	5.248
F - 5	7.00	0.267	1050	3929	0.962		0.000	20.00	1X90°X2D		0.27	1.25	0.00		1.520	0.000	0.687	1.463	0.000	2.150	
E - 5	7.00	0.267	1190	4453	1.236		0.000	8.00	0.5X90°X2D	1x30°	0.14	1.25	0.00	0.18	1.570	0.000	0.349	1.941	0.000	2.289	2.289
		brazos F5 y E5 :		SPF5/SPE5:		0.939		Q = QE5*(SPF5/SPE5)"1/2		Q =		1153.17 CFM									
5 - 4	7.00	0.267	2240	8382	4.380		0.000	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	2.173	0.000	0.000	2.173	4.463	
				SP34/SP54:		1.176															
5 - 4F	7.00	0.267	2430	9092	5.154		0.000	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	2.537	0.000	0.000	2.537	4.826	
4 - 6	18.00	1.767	6940	3927	0.962		0.000	1.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.011	5.259
		Ventilador																			
6 - 7	16.00	1.396	6940	4970	1.540			35.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.685	0.000	0.000	0.685	5.944
		f.s.																			

Q = 8675

4.06 SELECCIÓN DE VENTILADOR

SP fan = SP o + SP i - VP i

SP fan = 4.98 in.wg

Factores de Compensación :

Fc 1:	1.20	Por proximidad de codo a entrada de ventilador
Fc 2:	1.00	Por codo de cuatro paños al ingreso
Fc 3:	1.25	Por seguridad
Fc t:	1.50	Factor Total

Presión Corregida :

SP c = SP fan \* Fc t

SP c = 7.47 in.wg

Presión a 3600 msnm

Fc h = 0.69

SP c = 5.16 pulg. H2O

0.0207 Pascal

Potencia al Eje

Efic = 0.65 %

BHP = 10.83 hp

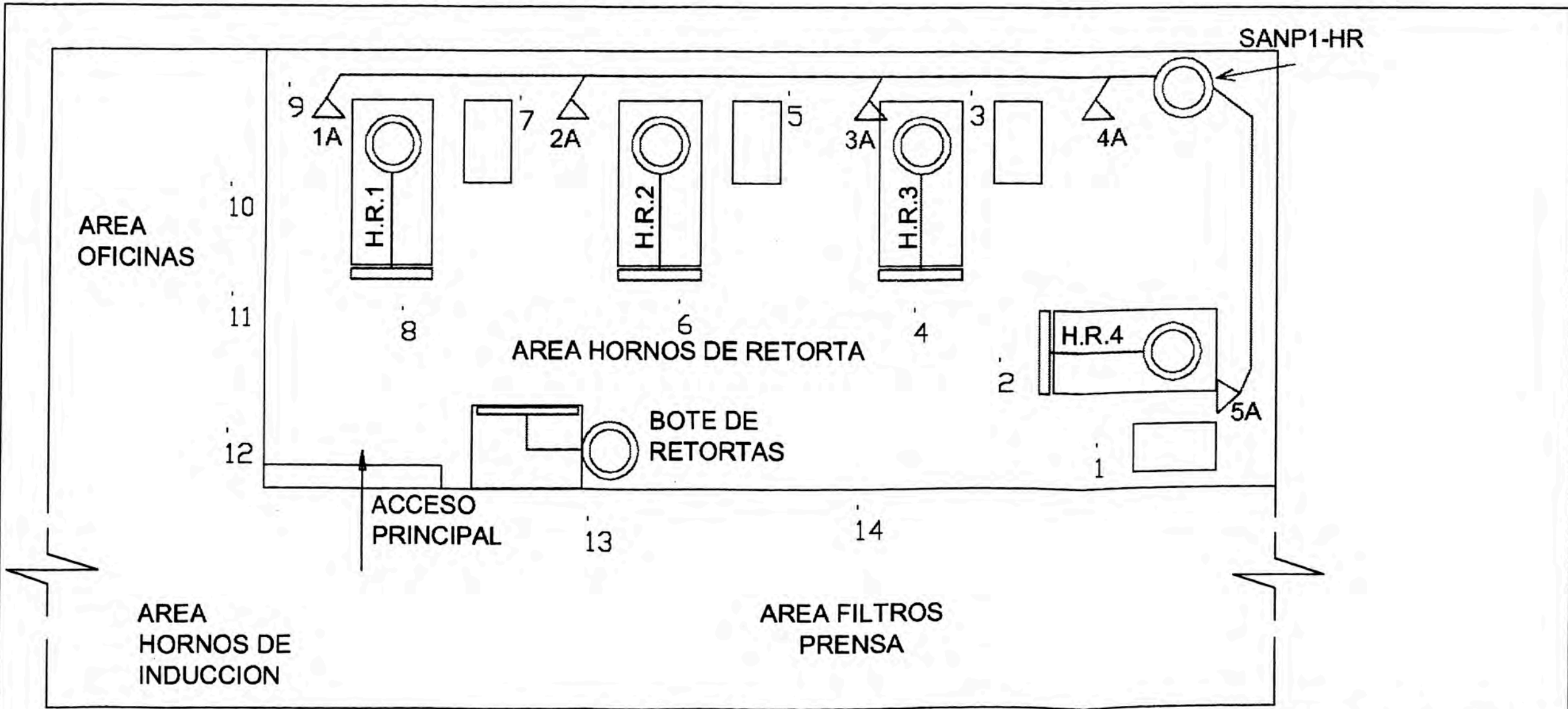
8.08 Kw

SIST. UNIDADES INTERNACIONALES (CONVERSION)

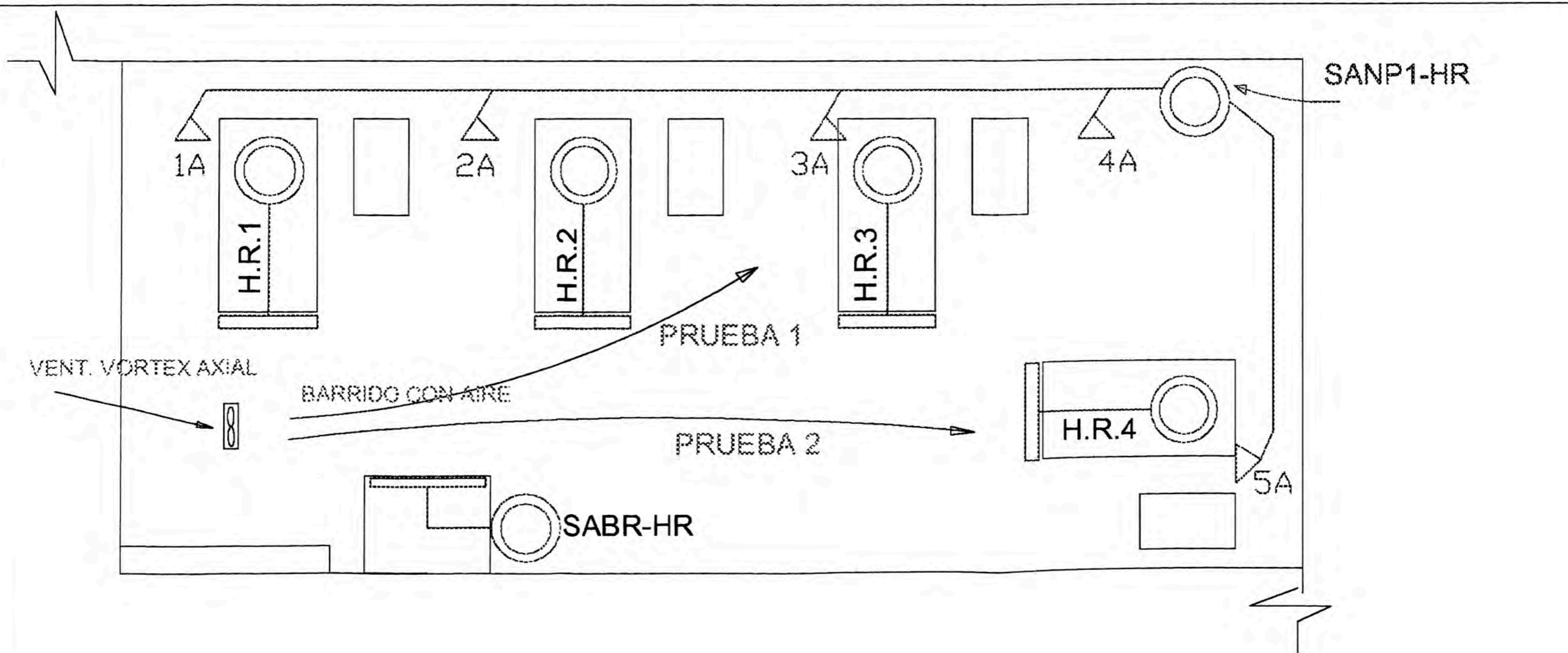
	Diam. m	Q CFM	Q m3/seg	Vd m/seg	VPd Pascal = N/m2
A-1	0.18	900.00	0.42	17.11	0.00284
B-1	0.18	900.00	0.42	17.11	0.00284
B - 1F					
			Expansión		
1 - 2	0.23	1950.00	0.92	22.42	0.00488
C - 2	0.18	900.00	0.42	17.11	0.00284
C - 2F					
2 - 3	0.23	3050.00	1.44	35.07	0.01195
D - 3	0.18	900.00	0.42	17.11	0.00284
D - 3F					
			Expansión		0.00338
3 - 4	0.36	4510.00	2.13	21.43	0.00446
F - 5	0.18	1050.00	0.50	19.96	0.00387
E - 5	0.18	1190.00	0.56	22.62	0.00497
5 - 4	0.18	2240.00	1.06	42.58	0.01761
5 - 4 F					
4 - 6	0.46	6940.00	3.28	19.95	0.00387
			ventilador		
6 - 7	0.41	6940.00	3.28	25.25	0.00619
	f.s.	1.250			
Q =		8675	4.09		

PERDIDAS		PERDIDAS	
Tramo pulg. H2O	Tramo Pascal = N/m2	Domina Pulg. H2O	Domina Pascal = N/m2
1.792	0.00720		
1.311	0.00527	1.792	0.00720
1.781	0.00716	1.792	0.00720
		0.000	0.00000
0.631	0.00254	0.631	0.00254
1.311	0.00527	1.311	0.00527
1.953	0.00785	1.953	0.00785
1.475	0.00593	3.428	0.01378
1.311	0.00527	3.428	0.01378
3.426	0.01377	3.428	0.01378
		0.00	0.00000
0.253	0.00102	0.253	0.00102
2.150	0.00864		
2.289	0.00920	2.289	0.00920
2.173	0.00874	4.463	0.01794
2.537	0.01020	4.826	0.01940
		4.463	0.01794
0.011	0.00004	4.473	0.01798
0.685	0.00276	5.159	0.02074



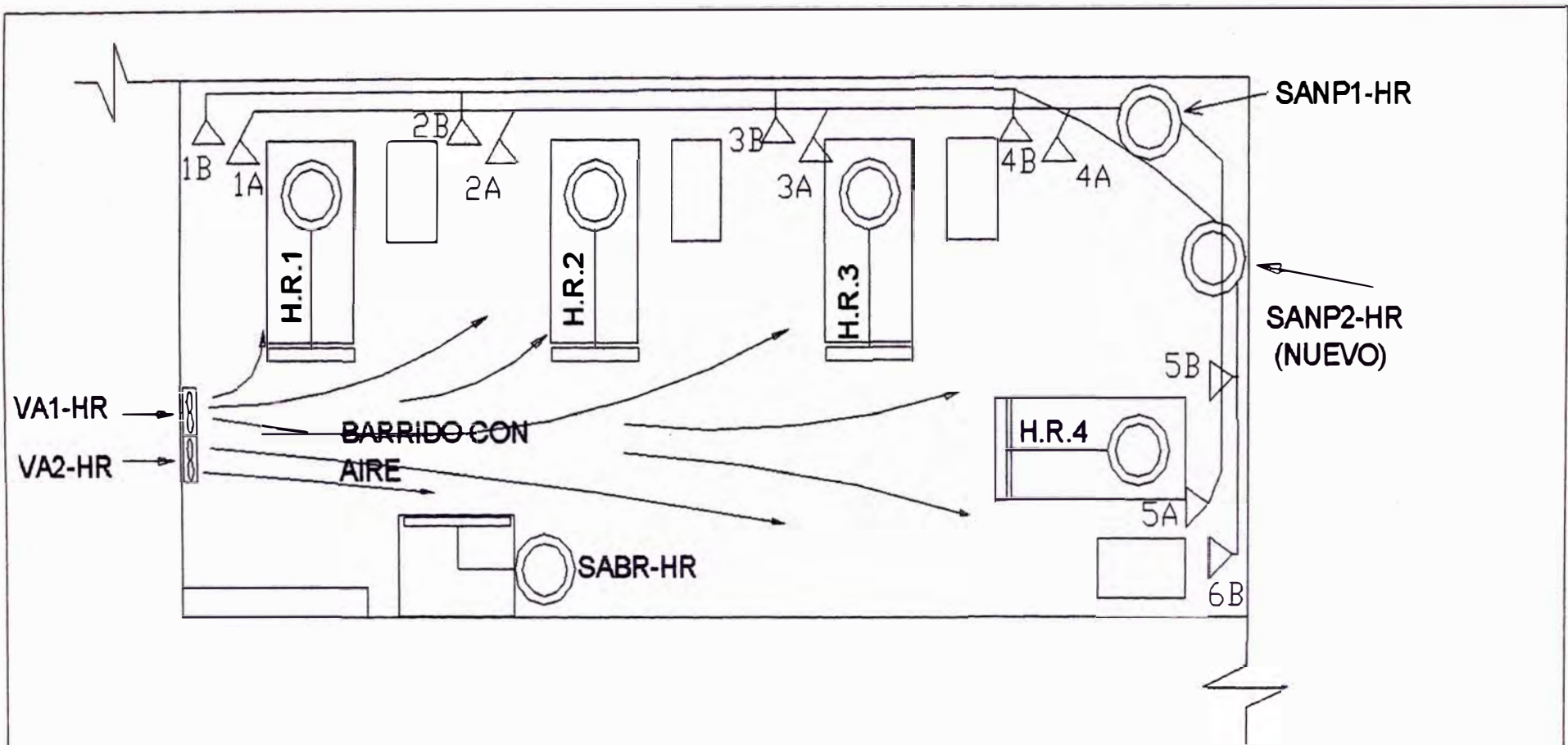


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>HORNOS DE RETORTA - PUNTOS DE MUESTREO (ANTES DE SEGUNDA ETAPA)</b>		
<b>DISEÑO: EDGARD CESAR CONDOR PORRAS</b>	<b>ESC. : Sin Esc.</b>	<b>FIG. N° 4 - 1</b>



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>HORNOS DE RETORTA (PRUEBAS DE "BARRIDO CON AIRE")</b>		
<b>DISEÑO:</b> EDGARD CESAR CONDOR PORRAS	<b>ESC. :</b> Sin Esc.	<b>FIG. N°</b> 4 - 2



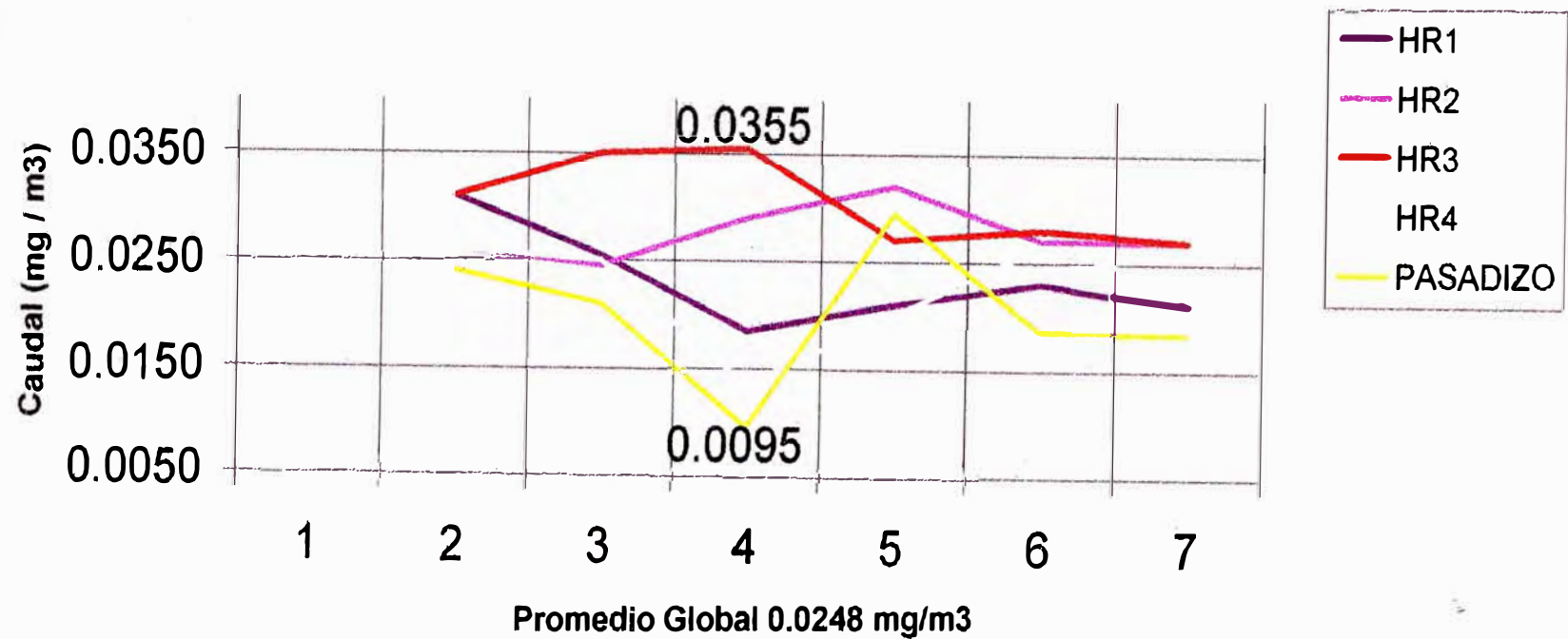


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
<b>HORNOS DE RETORTA (FINAL - SEGUNDA ETAPA)</b>		
<b>DISEÑO :</b> EDGARD CESAR CONDOR PORRAS	<b>ESC. :</b> Sin Esc.	<b>FIG. N°</b> 4 - 3

	AREA	PRUEBAS							Promedio De 1, 2,3,4,5,6,7	Promedio Global de (2..7)
		1	2	3	4	5	6	7		
Cuadro N° 4-2	HR (Marzo 2001)	0.0150			0.0212	0.0259	0.0246		0.0216	
	FP (Marzo 2001)	0.0165			0.0085	0.0220	0.0175		0.0161	
	HI (Marzo 2001)	0.0090			0.0050	0.0040	0.0050		0.0058	
Cuadro N° 4-1	HR1		0.0310	0.0255	0.0185	0.0210	0.0230	0.0210	0.0233	
	HR2		0.0260	0.0245	0.0290	0.0320	0.0270	0.0270	0.0276	
	HR3		0.0310	0.0350	0.0355	0.0270	0.0280	0.0270	0.0306	
	HR4		0.0260	0.0250	0.0135	0.0200	0.0265	0.0230	0.0223	
	PASADIZO		0.0240	0.0210	0.0095	0.0295	0.0185	0.0185	0.0202	0.0248

	AREA	PRUEBAS		
	H. R.	PROM.	MAX.	MIN.
Cuadro N° 4-3	JUNIO	0.0279	0.0355	0.0183
	JULIO	0.0422	0.0770	0.0073
	02/03/01	0.0150	0.0240	0.0060
	03/03/01	0.0225	0.0355	0.0095

**CUADRO RESUMEN – DATOS DE VAPOR DE MERCURIO  
(VALOR MAX. PERMISIBLE: 0.025 mg / m<sup>3</sup> )**



**FIG. N° 4.4: MUESTREO DE VAPOR DE MERCURIO - HORNOS DE RETORTAS**

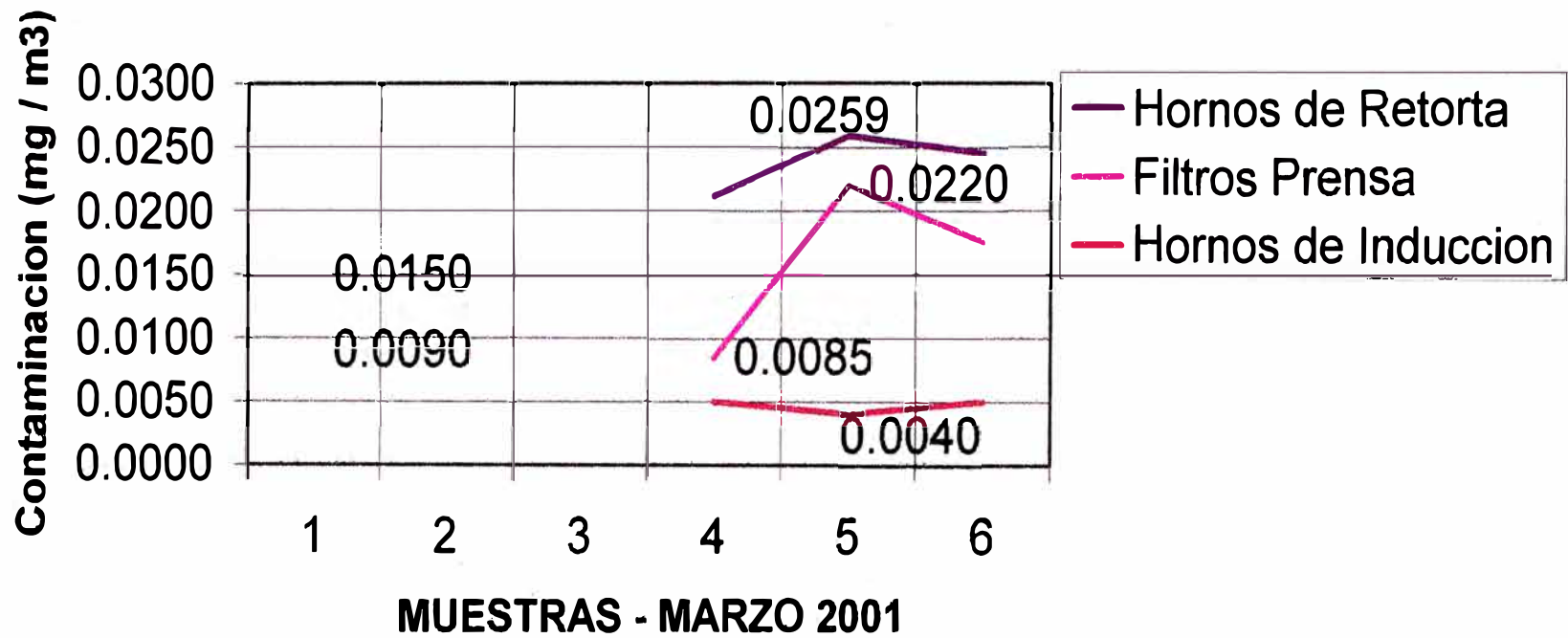
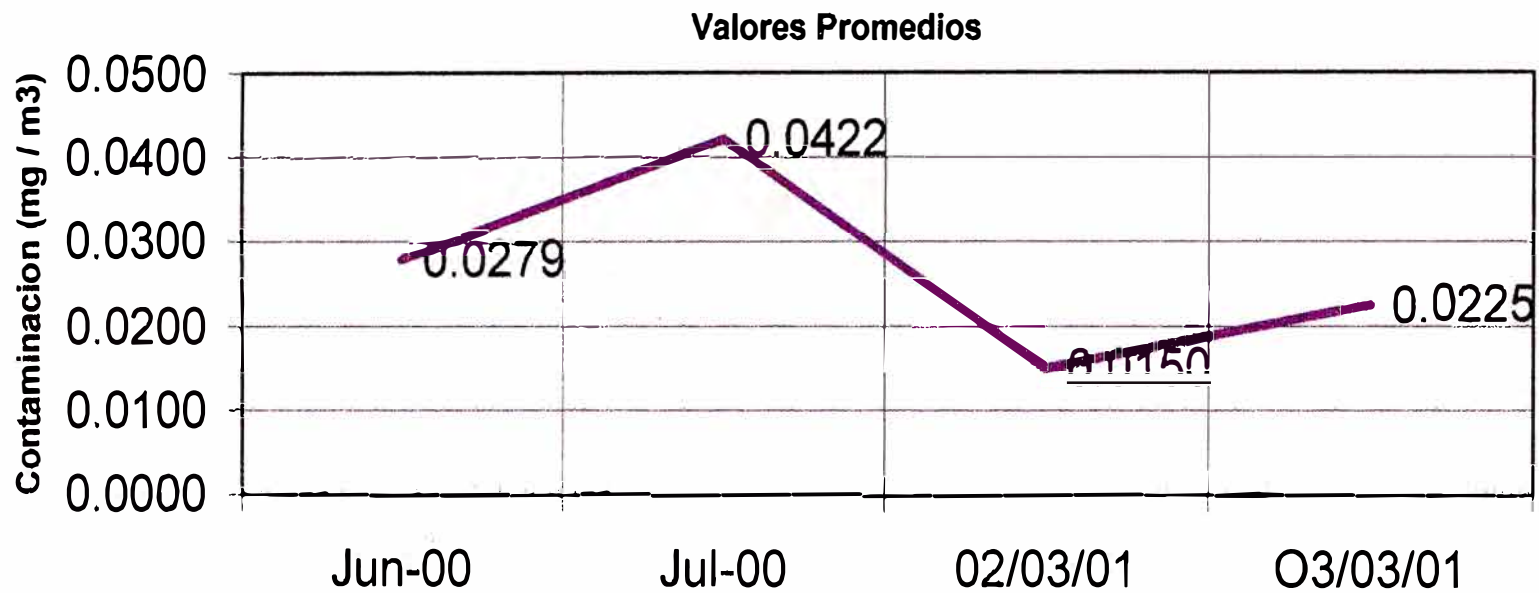
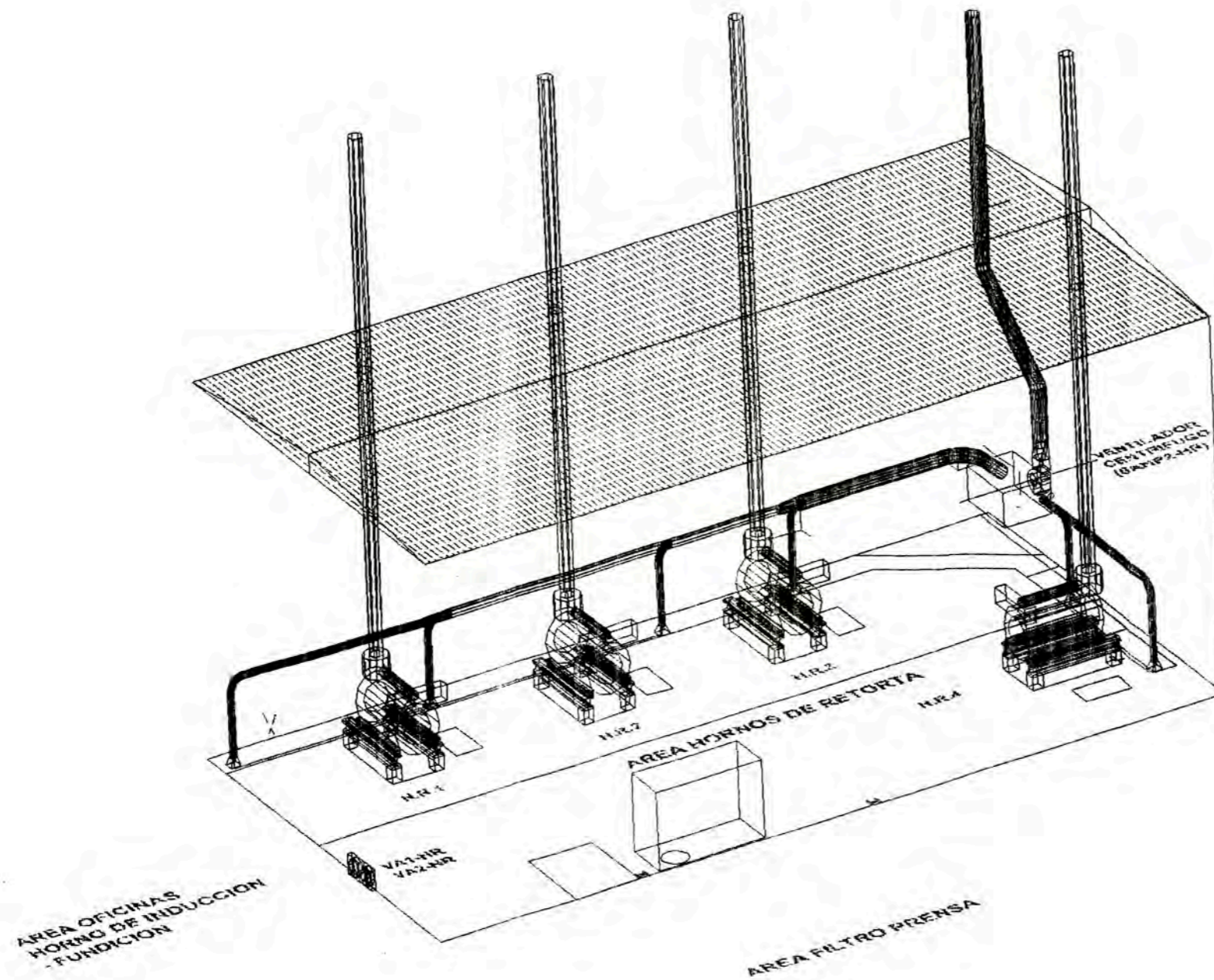


FIG. N° 4.5: MUESTREO PUNTUAL - SEGUNDA ETAPA



**FIG. N° 4.6 : EVOLUCION DE CONTAMINACION POR VAPOR DE MERCURIO**





**FIG. N° 4.7: VISTA ISOMETRICA DEL SISTEMA DE VENTILACION AUXILIAR DE ASPIRACION**

**A NIVEL DEL PISO ( SANP2 – HR)**

### **3. CAPITULO VI – ANALISIS Y PRESUPUESTO ECONOMICO**

#### **ANALISIS ECONOMICO – PRIMERA ETAPA:**

**TABLA N° 6-A3 (Análisis económico – TIR – CASO I)**

**TABLA N° 6-A4 (Análisis económico – TIR – CASO II)**

#### **ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS – PRIMERA ETAPA:**

**TABLA N° 6-A5 (Rendimiento del personal)**

**TABLA N° 6-A6 (Análisis de Costos Unitarios)**

**TABLA N° 6-A7 (Presupuesto global – PRIMERA ETAPA)**

#### **ANALISIS ECONOMICO – SEGUNDA ETAPA:**

**TABLA N° 6-B3 (Análisis económico – TIR – CASO I)**

**TABLA N° 6-B4 (Análisis económico – TIR – CASO II)**

#### **ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS – PRIMERA ETAPA:**

**TABLA N° 6-B5 (Fabricación de ductos)**

**TABLA N° 6-B6 (Análisis de Costos Unitarios)**

**TABLA N° 6-B7 (Presupuesto global – SEGUNDA ETAPA)**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: PRIMERA ETAPA**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: SEGUNDA ETAPA**

**TABLA N° 6-A3**

Periodo  semanal	Inversión Inicial					Egresos Mensuales										Ingresos	Flujo de Caja
	Transporte de equipos	Movilización y Desmovilización	Fabricación y Compra Vent.	Fabricación de chimeneas	Fabricación de campanas	Alojamiento y comida	Pago de salarios	Movilidad de Personal	Telefono	Supervisión	Monto Parcial	Imprevistos (10%)	Gastos Generales (10%)	EGRESOS SEMANALES	EGRESOS MENSUALES	Ingresos Mensuales	
0	10000	3000	4640	4420	2310										24370	0	-24370.00
																30522.94	30522.94
1						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
2						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
3						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
4						280	0	1400	350	6000	8030	803	803	9636.0	38112.0	0	-38112.00
5						280	0	1400	350	1500	3530	353	353	4236.0		0	
6						0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
7						0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
8						0	0	0	0	2850	2850	285	285	3420.0	7656.0	71220.2	67800.20
<b>UTILIDAD EN DOS MESES</b>																<b>35841.14</b>	

**TIR mensual: 47.30%**

**TIR anual: 567.6%**

**ANALISIS ECONOMICO - TIR - PRIMERA ETAPA  
CASO I**



**TABLA N° 6-A4**

Periodo semanal	Inversión Inicial					Egresos Mensuales										Ingresos	Flujo de Caja
	Transporte de equipos	Mobilización y Desmovilización	Fabricación y Compra Vent.	Fabricación de chimeneas	Fabricación de campanas	Alojamiento y comida	Pago de salarios	Movilidad de Personal	Telefono	Supervisión	Monto Parcial	Imprevistos (10%)	Gastos Generales (10%)	EGRESOS SEMANALES	EGRESOS MENSUALES	Ingresos Mensuales	
0	10000	3000	4640	4420	2310											0	-24370.00
1						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
2						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
3						2800	2310	2450	350	0	7910	791	791	9492.0		0	
4						280	0	1400	350	6000	8030	803	803	9636.0	38112.0	0	-38112.00
5						280	0	1400	350	1500	3530	353	353	4236.0		0	
6						0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
7						0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
8						0	0	0	0	2850	2850	285	285	3420.0	7656.0	101743.14	94087.14
<b>UTILIDAD EN DOS MESES</b>																	<b>31605.14</b>

**TIR mensual:** 33%

**TIR anual:** 399.4%

**ANALISIS ECONOMICO - TIR - PRIMERA ETAPA  
CASO II**

**TABLA N °6-A5 : RENDIMIENTO DEL PERSONAL EN INSTALACION Y MANTENIMIENTO**

**MANTENIMIENTO**

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>tiempo (hr)</b>	<b>cant. Pers.</b>
Retiro aislam. Campana	1	3
Retiro de rejilla	2	3
Limpieza de campana	1	3
Instalar campana	4	3
Instalar forros de aislam.	2	3
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Total hrs</b>	<b>30 HH</b>	

**LIMPIEZA DE DUCTERIA**

Limpieza de ductos	0.5 hr/mts
Long.de ductos	150 mts
Cant. Obreros	3

	<b>tiempo (hr)</b>	<b>cant. Pers.</b>	<b>Total (HH)</b>
Limpieza de ductos	75	3	225

**TABLA N° 6-A6 : ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**

**Actividad: Instalac.Campanas y Mantto. de ductos**

ACTIVIDADES	Precio (s/./hr)	HH	cantidad	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
Instalac., Mantto., Retiro campana	10	30	54	16200	
Mantto. de ductos	10	225	1	2250	
					18450.00
Herramientas	5%	1	18450	922.5	922.50
<b>TOTAL</b>					<b>19372.50</b>

**Actividad: Instalación de Chimeneas**

DESCRIPCION	Precio (s/./hr)	HH	cantidad	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
Instalación de chimeneas (4)	10	320	1	3200	3200.00
Herramientas(5% de Instalación)	5%	1	3200	160	160.00
<b>TOTAL</b>					<b>3360.00</b>

**Actividad: Fabricación de campanas**

DESCRIPCION	Precio (S//kg.)	peso (kg)	cantidad	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
Fabric.Campana Aspirac. 6" diam.	10	3	10	300	
Fabric.Campana Aspirac 9" diam.	10	6	2	120	
Fabric.Campana inyecc. de aire	10	4.5	42	1890	2310.00

**Actividad: Fabricación de chimeneas**

DESCRIPCION	Precio (S//kg.)	peso (kg)	cantidad	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
Fabric.Chimenea Aspir.6" diam.	10	48	4	1920	
Fabric.Chimenea Aspir.16" diam.	10	250	1	2500	4420.00

**Instalación de Ventilador Axial**

DESCRIPCION	Precio (s/./hr)	HH	cantidad	Costo Parcial (S/.)	Costo Total (S/.)
Montaje y Desmontaje Vent.Axial	10	200	1	2000	2000.00
Herramientas(5% de Instalación)	5%	1	2000	100	100.00
<b>TOTAL</b>					<b>2100.00</b>

**TIEMPO:**

	Días	Total
Fabric. del ventiladores	15	
Fabricacion de ducteria	15	
Tiempo de estadía :	30	<b>60</b>

**TABLA Nº 6 - A7 : PRESUPUESTO GLOBAL APROBADO - PRIMERA ETAPA**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>P.Unit</b>	<b>Cant.</b>	<b>Parcial</b>
<b>1</b>	<b>Supervisión</b>	glb	5175.00	2.00	10350.00
<b>2</b>	<b>Movilización y desmovilización</b>	glb	3000.00	1.00	3000.00
<b>3</b>	<b>Transporte de equipos</b>	kg	25.00	400.00	10000.00
<b>4</b>	<b>Alojamiento y comida</b>	días	100.00	60.00	6000.00
<b>5</b>	<b>Movilidad del Personal</b>	glb	6300.00	1.00	6300.00
<b>6</b>	<b>Fabricación y Compra Vent.</b>	glb	4640.00	1.00	4640.00
<b>7</b>	<b>Fabricación de chimeneas</b>	glb	4420.00	1.00	4420.00
<b>8</b>	<b>Fabricación de campanas</b>	glb	2310.00	1.00	2310.00
<b>9</b>	<b>Instalac. campanas y mantto.</b>	glb	19372.50	1.00	19372.50
<b>10</b>	<b>Instalac. De Vent. Axial</b>	glb	2100.00	1.00	2100.00
<b>11</b>	<b>Instalación de chimeneas</b>	glb	3360.00	1.00	3360.00
<b>Costo directo</b>					<b>71852.50</b>
<b>Utilid. y Gastos de Administr. 20%</b>					<b>14370.50</b>
<b>Costo total</b>					<b>86223.00</b>
<b>IGV 18%</b>					<b>15520.14</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>101743.14</b>

**TABLA N° 6-B3**

Periodo semanal	Inversión Inicial				Egresos Mensuales										Ingresos	Flujo de Caja
	Transporte de equipos	Movilización y Desmovilización	Fabricación y Compra Vent.	Fabricación de ductos	Alojamiento y comida	Pago de salarios	Movilidad de Personal	Telefono	Supervisión	Monto Parcial	Imprevistos (10%)	Gastos Generales (10%)	EGRESOS SEMANALES	EGRESOS MENSUALES	Ingresos Mensuales	
0	10000	3000	7500	7272										27772	0	-27772.00
															20863.03	20863.03
1					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
2					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
3					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
4					280	0	1400	350	3000	5030	503	503	6036.0	26322.0	0	-26322.00
5					280	0	1400	350	0	2030	203	203	2436.0		0	
6					0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
7					0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
8					0	0	0	0	3000	3000	300	300	3600.0	6036.0	48680.41	42644.41
<b>UTILIDAD EN DOS MESES</b>																<b>9413.44</b>

TIR mensual: 12.4%

TIR anual: 148.5%

**ANALISIS ECONOMICO - TIR - SEGUNDA ETAPA  
CASO I**

**TABLA N° 6-B4**

Periodo semanal	Inversión Inicial				Egresos Mensuales										Ingresos	Flujo de Caja
	Transporte de equipos	Movilización y Desmovilización	Fabricación y Compra Vent.	Fabricación de ductos	Alojamiento y comida	Pago de salarios	Movilidad de Personal	Telefono	Supervisión	Monto Parcial	Imprevistos (10%)	Gastos Generales (10%)	EGRESOS SEMANALES	EGRESOS MENSUALES	Ingresos Mensuales	
0	10000	3000	7500	7272										27772	0	-27772.00
1					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
2					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
3					1680	1155	2450	350	0	5635	563.5	563.5	6762.0		0	
4					280	0	1400	350	3000	5030	503	503	6036.0	26322.0	0	-26322.00
5					280	0	1400	350	0	2030	203	203	2436.0		0	
6					0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
7					0	0	0	0	0	0	0	0	0.0		0	
8					0	0	0	0	3000	3000	300	300	3600.0	6036.0	69543.44	63507.44
<b>UTILIDAD EN DOS MESES</b>																<b>9413.44</b>

**TIR mensual: 11.1%**

**TIR anual: 133.0%**

**ANALISIS ECONOMICO - TIR - SEGUNDA ETAPA  
CASO II**



**TABLA N° 6-B5 : ANALISIS DE COSTOS - FABRICACION DE DUCTOS**

<b>DETALLE</b>	<b>P.U. (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total (\$.)</b>
<b>MC - 1 , Ducto De 7" Diam.</b>	49.50	6.00	297.00	
<b>Acople Vent. Centrif.</b>	100.00	1.00	100.00	
<b>Base Vent. Centrif. , PI 1/ 8 "</b>	16.00	1.00	16.00	
<b>Brida K - para Campanas</b>	4.00	6.00	24.00	
<b>Ducto - 3.5 m. - 16" Diam.</b>	209.00	1.00	209.00	
<b>Ducto - 3.0 m. - 16" Diam.</b>	182.00	1.00	182.00	
<b>Codo ZZ</b>	46.00	1.00	46.00	
<b>Codo PP</b>	48.00	2.00	96.00	
<b>Codo WW</b>	39.00	1.00	39.00	
<b>Codo XX</b>	23.00	2.00	46.00	
<b>Campanas</b>	24.00	6.00	144.00	
<b>Brida B</b>	4.00	12.00	48.00	
<b>Ducto A´ - 1 - 7" Diam.</b>	133.00	1.00	133.00	
<b>Ducto 1 - 2 9" Diam.</b>	151.00	1.00	151.00	
<b>Ducto 2 - 3 9" Diam.</b>	198.00	1.00	198.00	
<b>Ducto 3 - 4 14" Diam.</b>	250.00	1.00	250.00	
<b>Ducto 5 - 4 7" Diam.</b>	80.00	1.00	80.00	
<b>Ducto 6 - 5 7" Diam.</b>	80.00	1.00	80.00	<b>2139.00</b>
<b>TOTAL ( S/ )</b>				<b>7272.60</b>

**TABLA N° 6-B6: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS - II ETAPA**

**Actividad : Instalac.SANP2-HR y Vent. Axi. (2)**

	<b>Tiempo (hr)</b>	<b>Capataz</b>	<b>Ayudante</b>
<b>Instalac. Ducto hasta Ventil.</b>	60	1	3
<b>Instalación Ventil. Centrif.</b>	36	1	3
<b>Instalac.Ducto después de Ventil.</b>	48	1	3
<b>Instalac. De Ventil. Axiales</b>	48	1	3
<b>Instalac. Eléct. Y pintado</b>	48	1	3
<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Total hrs</b>		240	720
<b>Costo Unit. (S/. / hr ))</b>		14	10
<b>Costo Total (S/.)</b>		3360.00	730.00
<b>Total de Días</b>	<b>22 días</b>		

**TIEMPO:**

	<b>Días</b>	<b>Total</b>
<b>Fabric. del ventilad. y Ductería</b>	15	
<b>Tiempo de estadía :</b>	30	<b>45</b>

	<b>(S/. / Día)</b>	<b>días</b>	<b>Tot. (S/. )</b>
<b>Alquiler de Movilidad</b>	150	45	<b>6750</b>



**TABLA N° 6-B7 : PRESUPUESTO GLOBAL APROBADO - SEGUNDA ETAPA**

<b>Item</b>	<b>Característica</b>	<b>Und</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>cantidad</b>	<b>Costo (s/.)</b>
<b>1</b>	<b>Supervisión</b>	glb	6000.00	1.00	6000.00
<b>2</b>	<b>Movilización y desmovilización</b>	glb	3000.00	1.00	3000.00
<b>3</b>	<b>Transporte de equipos</b>	kg	25.00	400.00	10000.00
<b>4</b>	<b>Alojamiento y comida</b>	días	100.00	45.00	4500.00
<b>5</b>	<b>Movilidad del Personal</b>	glb	6750.00	1.00	6750.00
<b>6</b>	<b>Fabricación y Compra Vent.</b>	glb	7500.00	1.00	7500.00
<b>7</b>	<b>Fabricacion de ducterías</b>	glb	7272.60	1.00	7272.60
<b>8</b>	<b>Instalac. SANP2-HR y Vent. Axial</b>	glb	4090.00	1.00	4090.00
<b>Costo directo</b>					<b>49112.60</b>
<b>Utilid. y Gastos de Administr.</b>					<b>9822.52</b>
					<b>20%</b>
<b>Costo total</b>					<b>58935.12</b>
<b>IGV</b>					<b>10608.32</b>
					<b>18%</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>69543.44</b>

**SVEL DE REFINERIA DE ORO**

**COMPAÑIA: MINERA BARRICK - MISQUICHILCA**

**CONTRATISTA: G&G INDUSTRIAL SRL.**

**ETAPA: PRIMERA**

ITEM	ACTIVIDADES	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Limpieza, Mant. Campanas de Inyección	3	G - 1															
2	Limpieza, Mant. Campanas de Aspiración	1	G-2															
3	Desmontaje y Montaje de Ventil. Axiales (2)	7		G - 2														
4	Instalación Campanas Aspiración	8									G - 2							
5	Instalación Campanas Inyección	6				G - 1												
6	Instalación Chimeneas (4) - Horno Retorta	4									G - 1							
7	Instalación Chimenea - Bag House	3														G - 1		

**G - 1 :** Grupo de trabajo N° 1

**G - 2 :** Grupo de trabajo N° 2

**Periodo de Ejecución:**

16 Días laborables (de Lunes a Sábado)

**CUADRO N° 1: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES – PRIMERA ETAPA**

**SVEL DE REFINERIA DE ORO**

**COMPAÑIA: MINERA BARRICK – MISQUICHILCA**

**CONTRATISTA: G&G INDUSTRIAL SRL**

**ETAPA: SEGUNDA**

ITEM	ACTIVIDADES	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	Inst. de Ductos hasta Ventil.	5	G-1																						
2	Inst. de Ventilador Centrifugo	3						G-1																	
3	Inst. de Ductos después del Ventil.	4									G-1														
4	Inst. de los Ventil. Axiales	4												G-1											
5	Inst. Eléctrica de los dos sistemas	4																	G-1						
6	Pruebas Finales	2																						G-1	

**G-1** : Grupo de trabajo Nº 1

**Período de Ejecución:**

22 Días laborables (de Lunes a Sábado)

**CUADRO Nº 2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES – SEGUNDA ETAPA**

#### **4. CURVAS CARACTERISTICAS**

**VENTILADORES CENTRIFUGOS: MODELO IFR**

**VENTILADORES AXIALES : MODELO XT-B**



# industrial tubos s.a.

OFICINA Y FABRICA:  
Av. Néstor Gambetta 205 (antes Av. Centenario)  
Telefax: 429-9744 - 465-0023 - 429-8099 Casilla 115 - Callao - Perú  
Tienda: Av. República de Chile 395 - Jesús María Telf. 433-2373  
e-mail:itsa@terra.com.pe

Callao, 02 de Mayo del 2001

CA: 05 / 001  
Señores: G & G INDUSTRIAL  
Atención: Ing. Elizabeth Gutiérrez  
Telefax: 475-5672

REF: Nuestra cotización MAQ 04/047

De nuestra consideración:

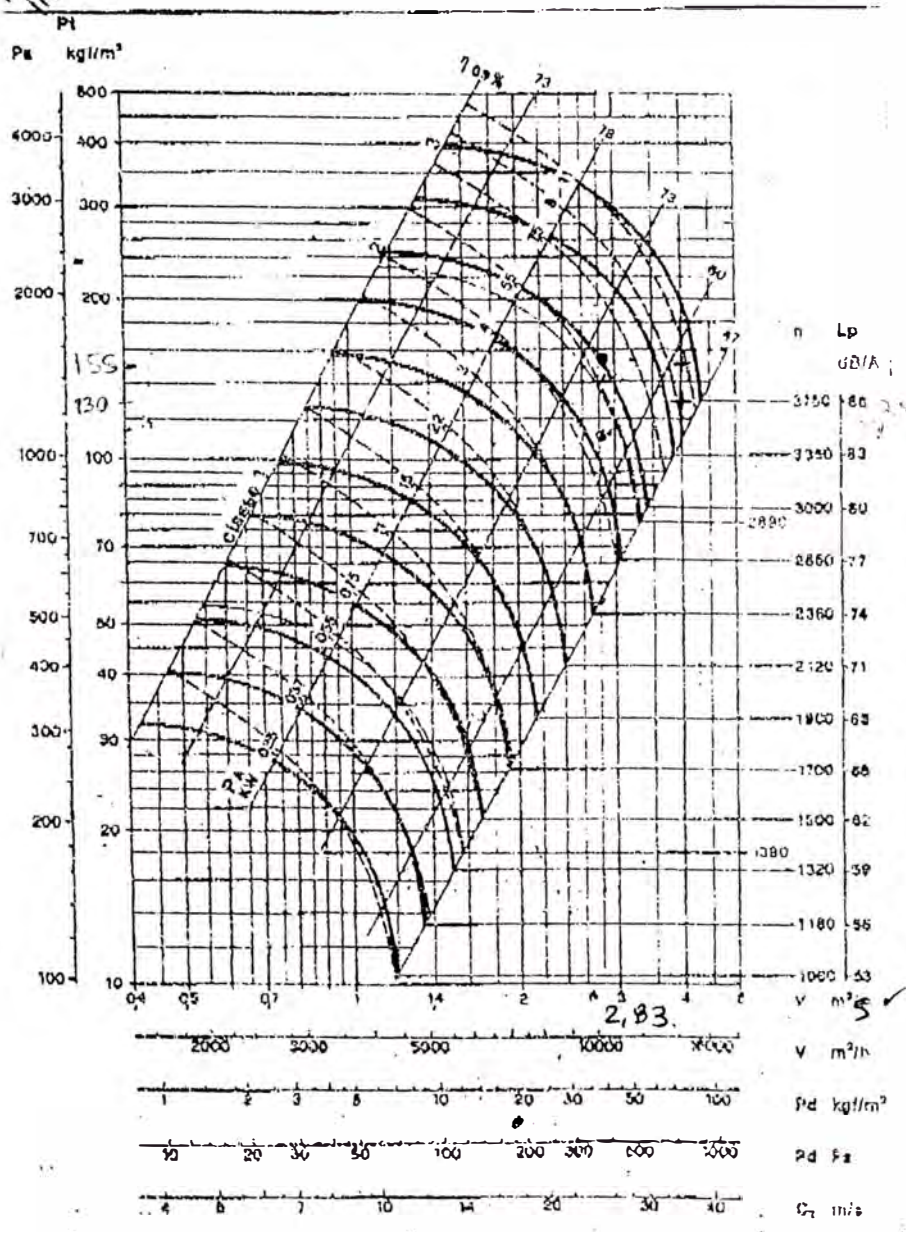
De acuerdo a vuestra solicitud, cumplimos con remitirles información técnica del ventilador Modelo IFR-401 cotizado en la referencia.

### Información Técnica del Ventilador:

Peso aproximado del Ventilador con Bastidor:	85 Kg
Peso del Motor Eléctrico:	58 Kg
Dimensiones del Conjunto:	Largo: 660 mm
	Ancho: 300 mm
	Alto: 850 mm

mmH<sub>2</sub>O

## CURVAS CARACTERISTICAS: VENTILADOR CENTRIFUGO MODELO IFR 401



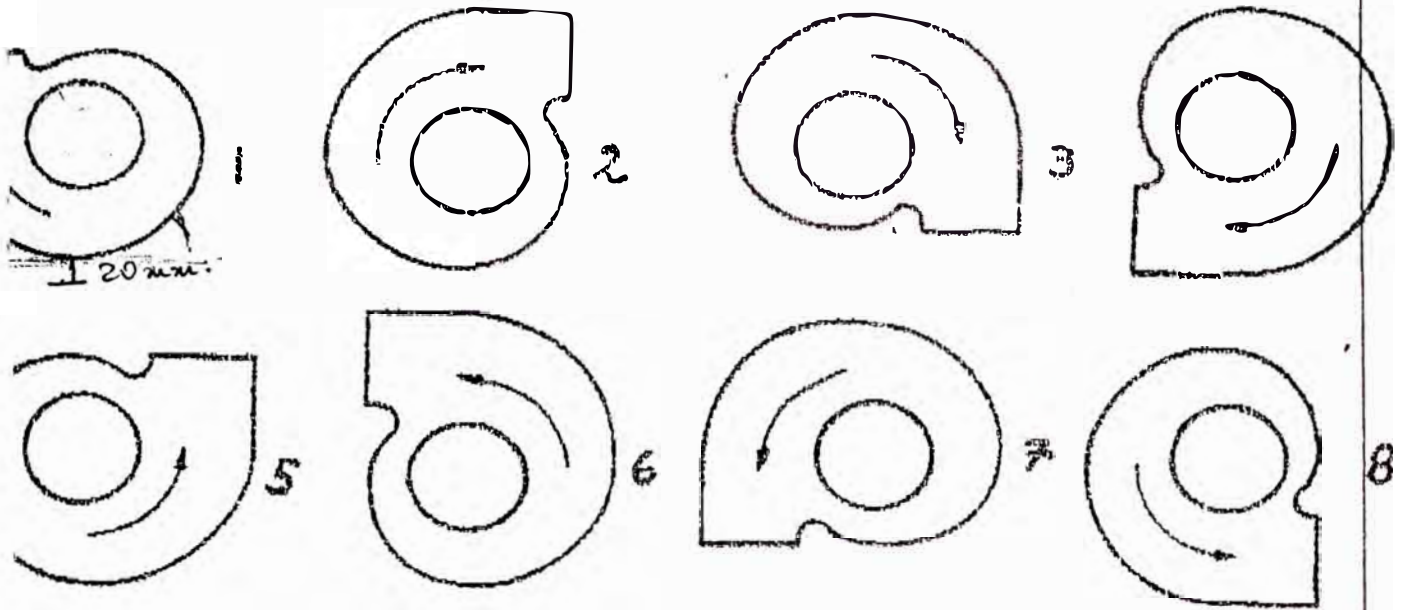
6000CFM  
L > 2,83 m³/s



# DATOS PARA CONFIRMAR EL PEDIDO

POSICION DEL VENTILADOR VISTO DESDE LA BOCA DE SUCCION

MARCAR LA POSICION DESEADA



ESTIMADO CLIENTE AL FORMULAR SU PEDIDO INDIQUENOS LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE SU VENTILADOR.

IDO

1. CAUDAL
2. SI ES AIRE PURO
3. SI ES AIRE Y VAPOR
4. SI ES AIRE Y POLVO
5. LA TEMPERATURA DEL FLUIDO

A)

B)

S

6. SI ES IMPULSION
7. SI ES ASPIRACION
8. SI ES ASPIRACION E IMPULSION

URA MANOMETRICA

9. EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO O M.M. C A
10. EN PULGADAS DE COLUMNA DE AGUA
11. O EN O.S.I.G.

URA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

12. INDICAR SI ES MAYOR DE 500 METROS O 1.500 PIES
13. SI SE USARA MOTOR A EXPLOSION
14. SI SE USARA MOTOR ELECTRICO
15. SI SE DESEA ACOPLAMIENTO DIRECTO O POR MEDIO DE FAJAS
16. FRECUENCIA DE ENERGIA ELECTRICA



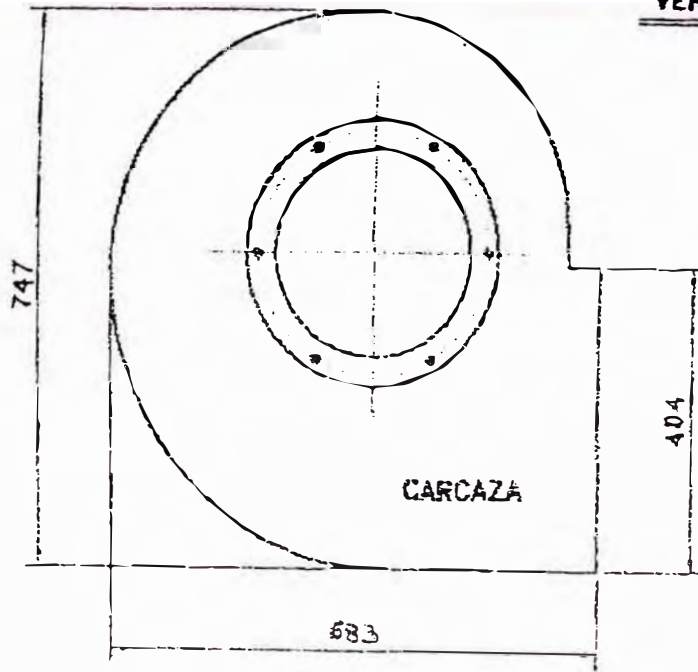
**industrial tubos s. a.**

OFICINAS:

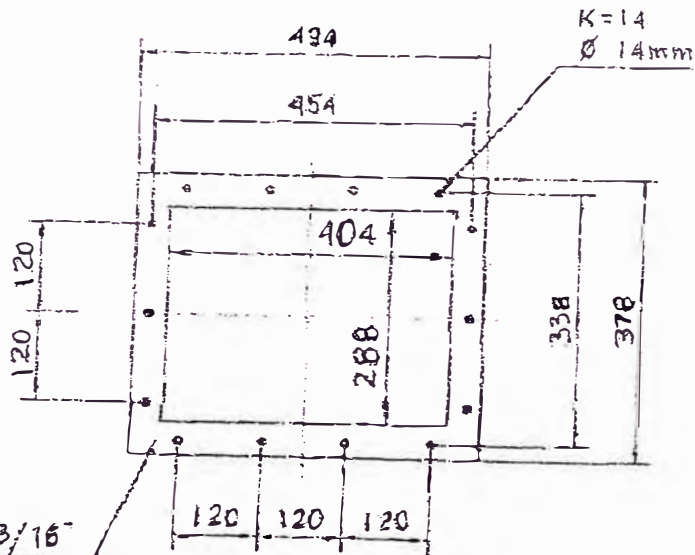
Av. Centenario 205 Callao - Perú

Telf. 29-9744 - Casilla 115 - Cable: ITSAMOTO

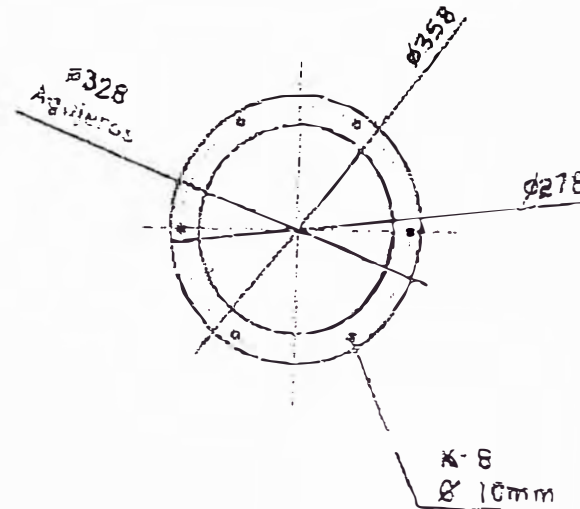
ATENCION: ING. ELIZABETH GUTIERREZ  
TELEFAX: 475-5672



BRIDA DE DESCARGA  
Cont : 01 Pza

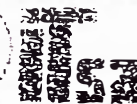


BRIDA DE SUCCION  
Cont : 01 Pza



Notas:

- \* Motor eléctrico trifásico 10 HP  
3450 RPM



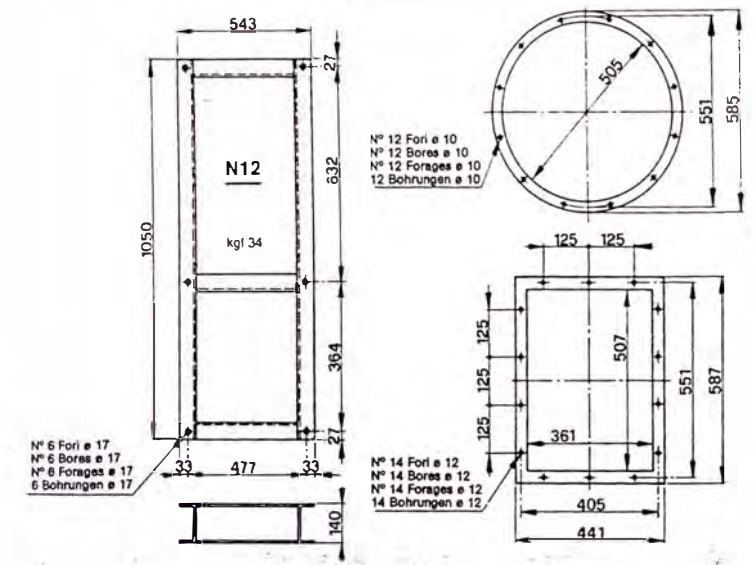
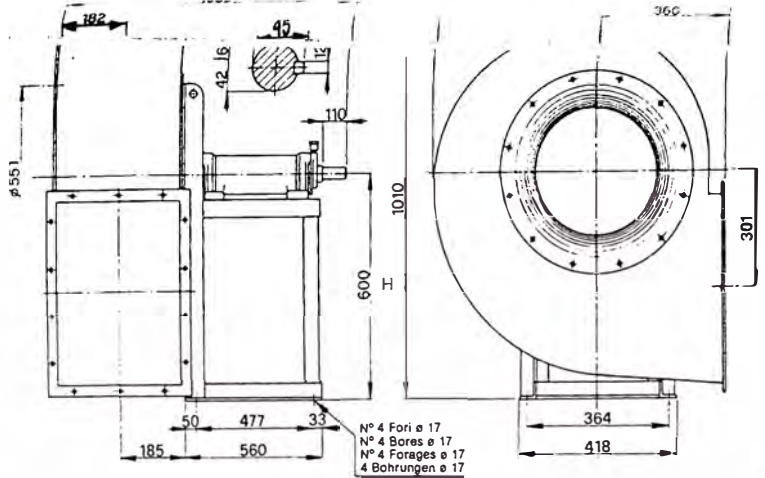
Industrial Tubos S.A.

DESCRIPCION: VENT CENTRIFUGO IFR-401

DISEÑO	J.L.V.G.	ESCALA	S/E	PLANO N°
REVISIÓN	J.L.V.G.	FECHA	MAY-01	







Peso Weight = 138 kgf  
Poids Gewicht = 138 kgf

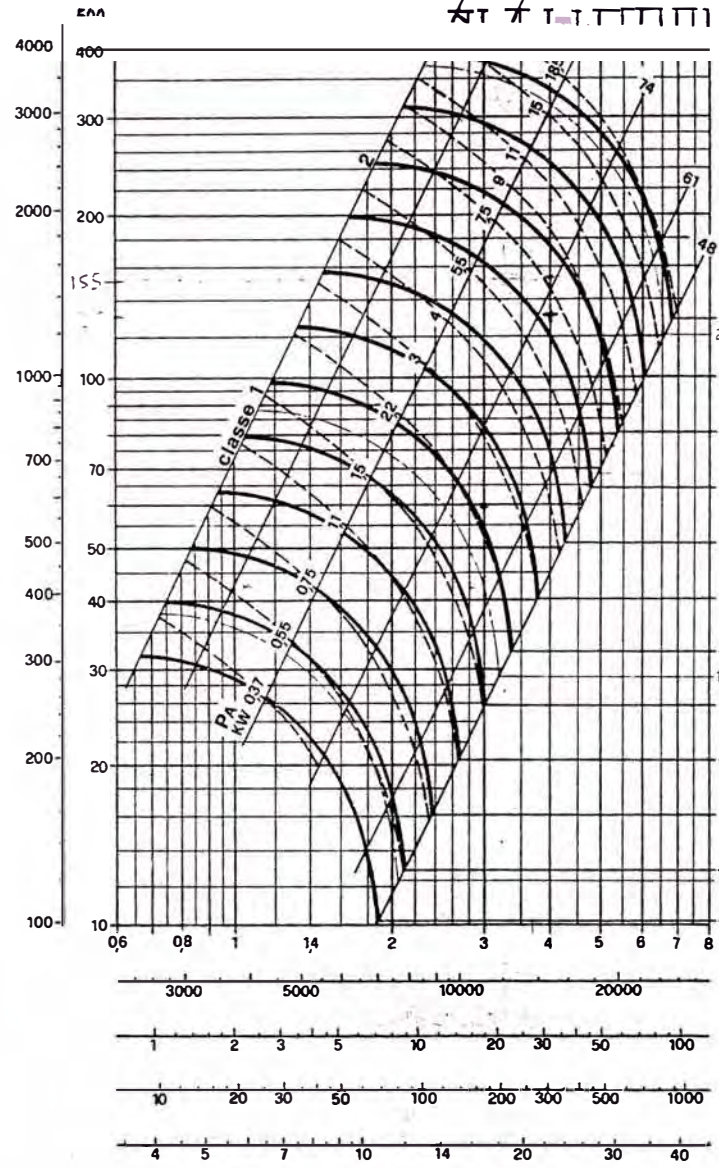
PD<sup>2</sup> GD<sup>2</sup> = 3.3 Kgf·m<sup>2</sup>

RD	RD 0	RD 45	RD 90	RD 135	RD 180	RD 225	RD 270	RD 315
H	600			360			600	
LG	LG 0	LG 45	LG 90	LG 135	LG 180	LG 225	LG 270	LG 315

ventilatore è orientabile  
fan is revolvable  
le ventilateur est orientable  
motor ist drehbar

Tabella non impegnativa  
The above data are unbinding  
Tableau sans engagement  
Unverbindliche Tabelle

Pa kgf/m<sup>2</sup>



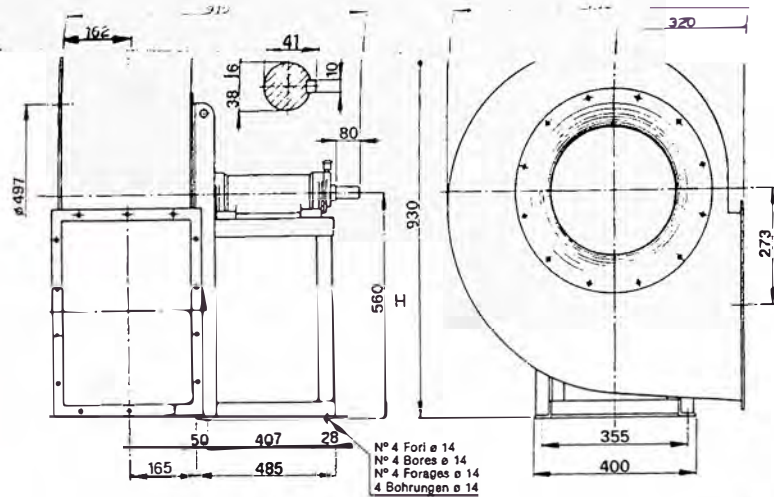
n	Lp	Motor
dB/A		Motor
		Motor
3000	87	160L2
2650	84	160M2
2360	81	160MR2
2120	78	132M2
1900	75	132S2
1700	72	112M2
1500	69	100LB4
1420	66	100LA4
1180	63	90L4
1060	60	90S4
930	57	80B4
850	54	80A4

Giri massimi ammissibili:	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Maximum admissible rounds:	< 100°C = 2000	2500	3150
Tours maxima admissibles:	100 ÷ 200°C = 1800	2240	2800
Drehzahl max:	200 ÷ 300°C = 1600	2000	2500

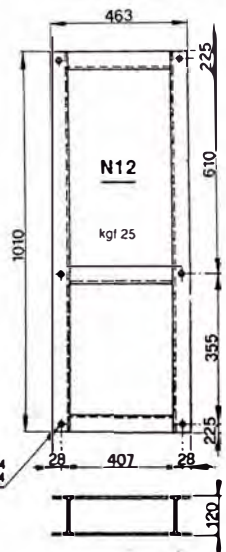
Tolleranza sulla rumorosità ± 3 dB  
Noise level tolerance ± 3 dB  
Toleranz für Schallpegel ± 3 dB

kW assorbiti ventilatore tolleranza ± 3 %  
kW consumed fan tolerance ± 3 %  
Toleranz für Pabs kW ± 3 %  
Toleranz für Wertenleistung ± 3 %

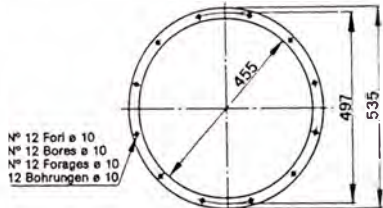




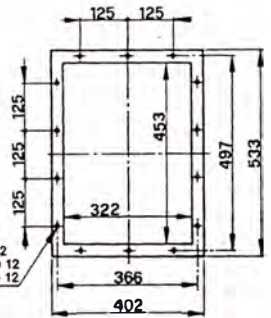
N° 4 Fori ø 14  
 N° 4 Bores ø 14  
 N° 4 Forages ø 14  
 4 Bohrungen ø 14



N° 6 Fori ø 14  
 N° 6 Bores ø 14  
 N° 6 Forages ø 14  
 6 Bohrungen ø 14



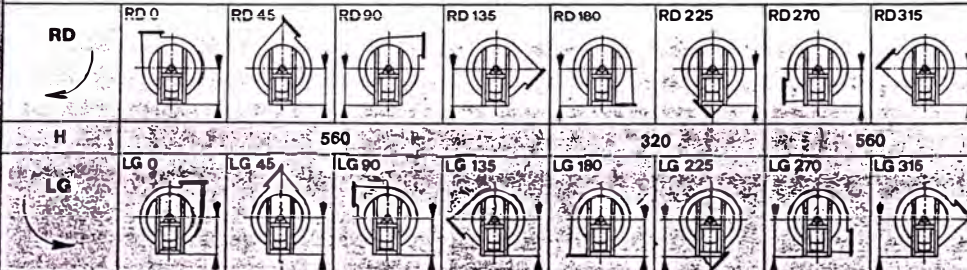
N° 12 Fori ø 10  
 N° 12 Bores ø 10  
 N° 12 Forages ø 10  
 12 Bohrungen ø 10



N° 14 Fori ø 12  
 N° 14 Bores ø 12  
 N° 14 Forages ø 12  
 14 Bohrungen ø 12

Peso Weight = 97 kgf

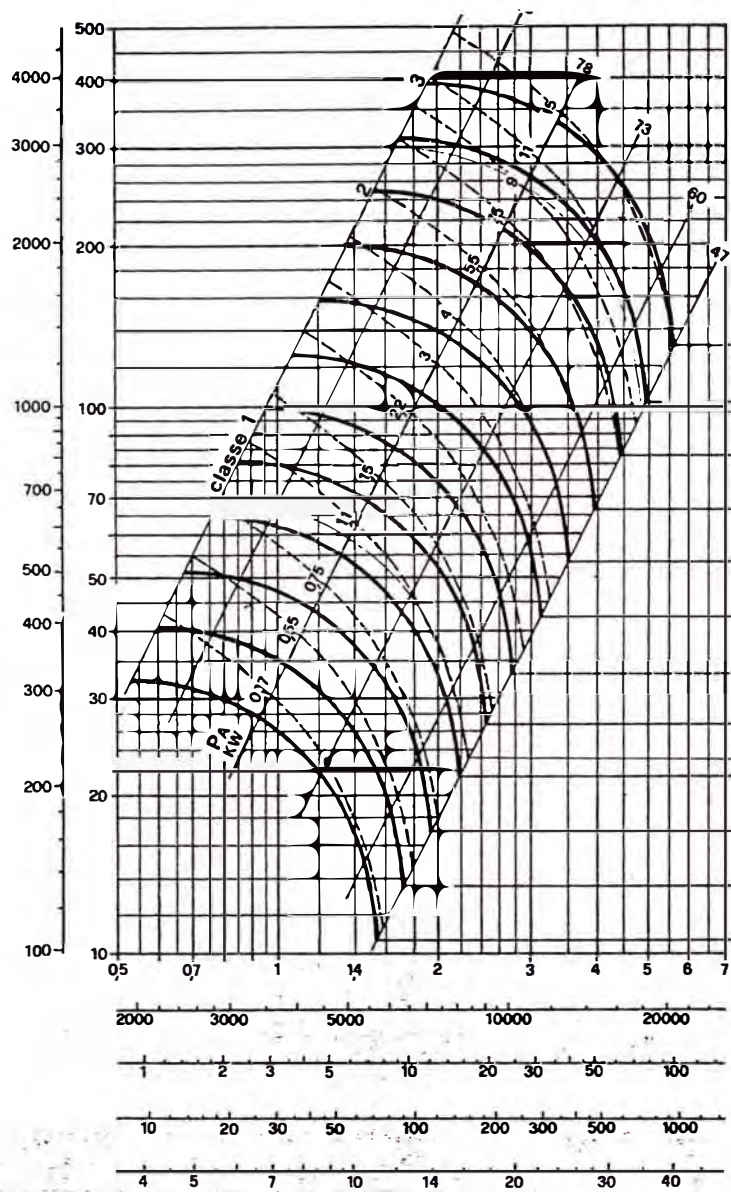
PD<sup>2</sup> GD<sup>2</sup> = 1,9 Kgf-m<sup>2</sup>



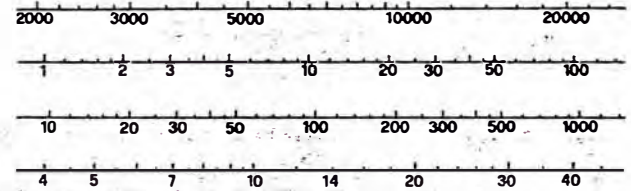
Il ventilatore è orientabile  
 The fan is revolvable  
 Ventilateur est orientable  
 Ventilator ist drehbar

Tabella non impegnativa  
 The above data are unbinding  
 Tableau sans engagement  
 Unverbindliche Tabelle

Pa kgf/m<sup>2</sup>



n	Lp	Motore Motor Moteur Motor
dB/A		
3350	86	160M2
2930	83	160MR2
2650	80	132M2
2360	77	132S2
2120	74	112M2
1900	71	100L2
1700	68	90L2
1500	65	90S2
1390	62	80B2
1180	59	80A2
1060	56	71B2
850	53	71A2



Giri massimi ammissibili:	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Maximum admissible rounds:	≤ 100°C = 2240	2800	3550
Tours maxima admissibles:	100 + 200°C = 2000	2500	3150
Drehzahl max:	200 + 300°C = 1800	2250	2800

Tolleranza sulle rumorosità + 3 dB  
 Noise level tolerance + 3 dB  
 Toleranz sur niveau sonore + 3 dB  
 Toleranz Schallpegel + 3 dB

kW assorbiti ventilatore tolleranza ± 3 %  
 kW consumed fan tolerance ± 3 %  
 Toleranz sur Pabs kW ± 3 %  
 Toleranz für Wellenleistung ± 3 %



# HXT-B

Extractores de aire S & P  
400 y 500 mm. de diámetro



Esta gama de extractores de tipo helicoidal ha sido diseñada para mover volúmenes medios de aire. Destacan entre sus principales características:

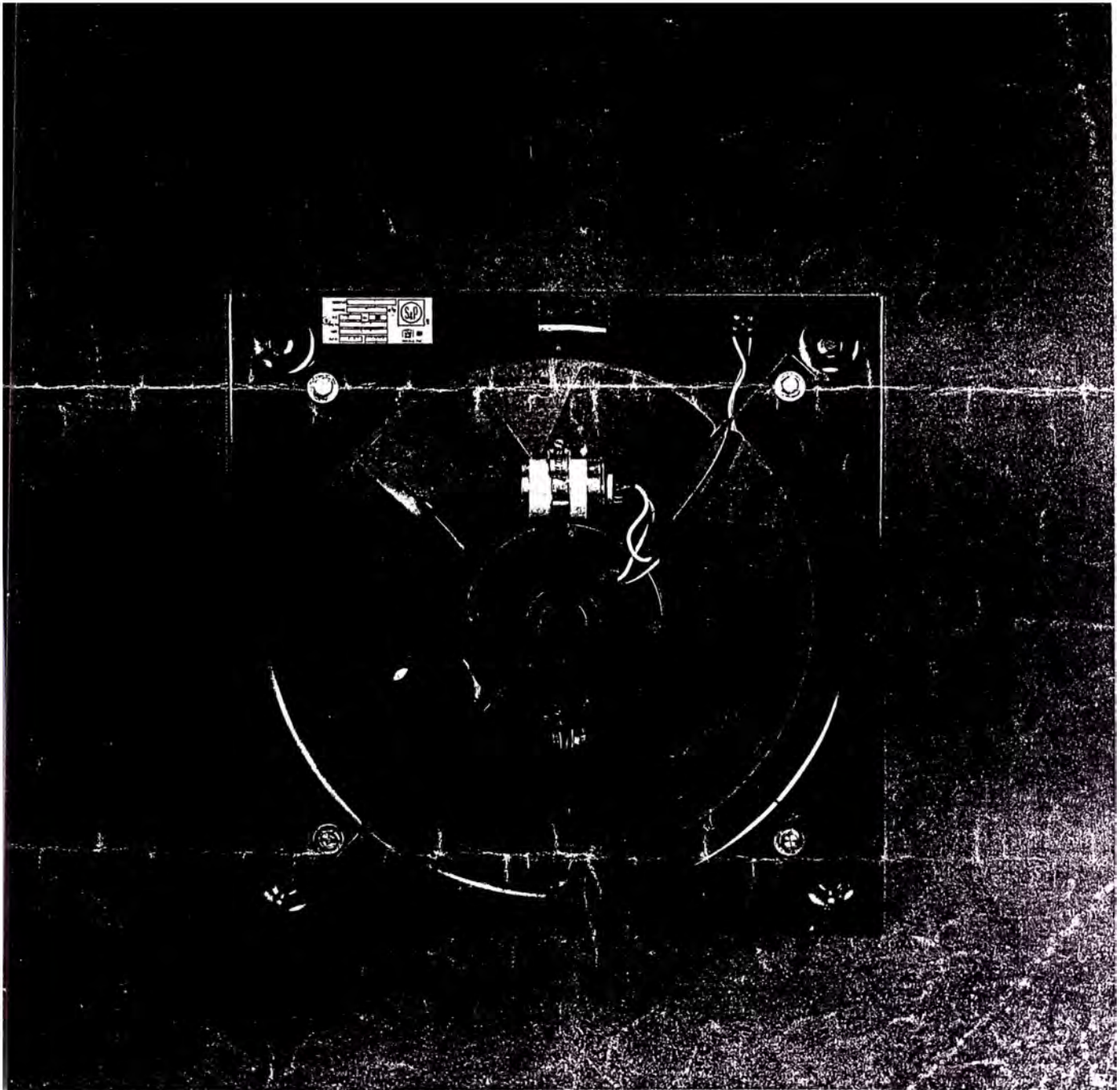
- Construcción ligera pero robusta.
- Ótima relación entre consumo y prestaciones.
- Características determinadas por normas internacionales.

## Características principales

- Motores totalmente cerrados.
- Marco embocadura conformado por embutición.
- Acabado en esmalte acrílico hornado.
- Hélices con alineación y balanceo preciso en 6 palas.
- Hélice HXB 400 en 4 palas de Al.

## Aplicaciones

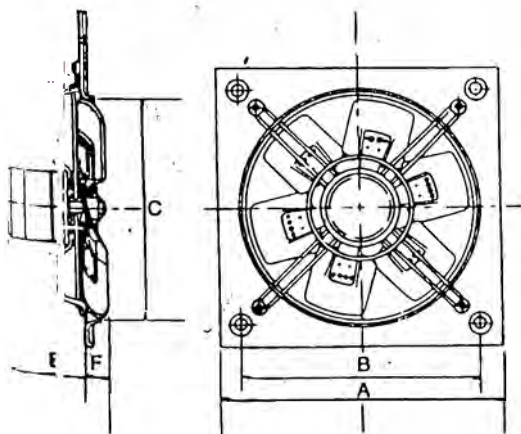
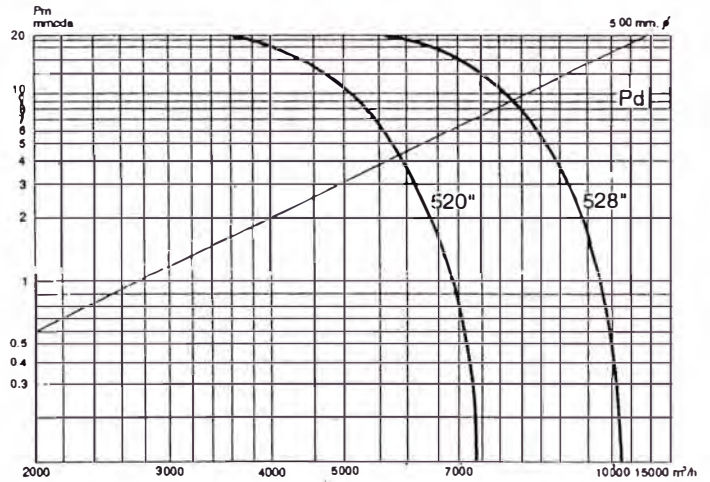
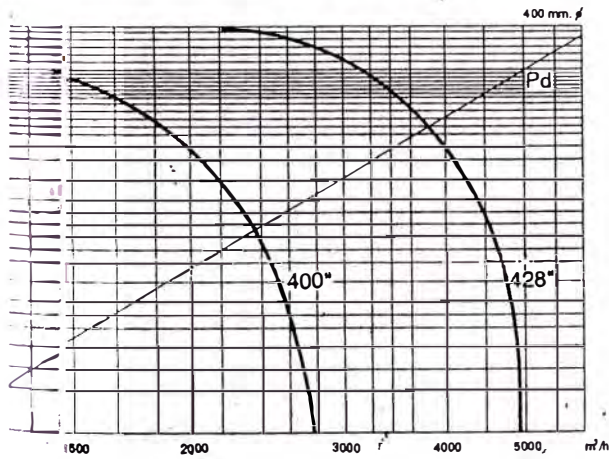
- Ventilación comercial: Lavanderías, panaderías, bodegas, etc.
- Ventilación industrial: Naves, talleres, fábricas, refrigeración de máquinas, etc.
- Ventilación agropecuaria: Avícola, porcícola e invernaderos.





Características técnicas

Modelo	Velocidad R.P.M.	Potencia H.P.	Intensidad Admisible		Caudal descarga libre m <sup>3</sup> /hr.	Nivel sonoro dB	Peso aprox. kg.
			220 V.	127 V.			
HXT-B 400	1625	1/8		1.53	2900	59	14
HXT-B 428	1725	1/4	1.8	2.9	4950	64 <sup>84</sup>	15
HXT-B 520	1725	1/3	2.2	5.2	7300	68	18
HXT-B 528	1725	1/2	2.2	5.2	10300	71 <sup>81</sup>	19



Dimensiones mm.						
Modelo	A	B	C	D	E	F
HXT-B 400	497	415	400	120	130	60
HXT-B 428	497	415	400	145	140	70
HXT-B 520	630	555	500	165	220	70
HXT-B 528	630	555	500	165	220	80

Distribuidor:



**G&G INDUSTRIAL S.R.L.**

Especialistas en Sistemas de Filtración para la Industria

LIMA, 30 de Mayo del 2,000

**ORDEN DE COMPRA N°135**

Señores  
**AIRTEC S.A.**

**At.: Sr. José M. Piscoya**  
**Gerente de Ventas**

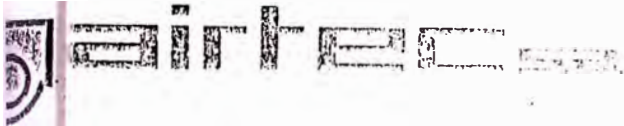
Presente.-

**URGENTE**

Según su cotización N° 2000-0404 del 10-05-2000, solicitamos se proceda a fabricar lo siguiente:

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>P. TOTAL</b>
		<b>U.S. \$</b>
01	<b>VENTILADOR AXIAL</b>	<b>515.00</b>
	VAF-7-700 Tipo PLACA	
	Volumen de aire : 8500 CFM	
	Presión Estática s.n.m. y 20°C : 2.12" de c.a.	
	Consumo Fuerza s.n.m. y 20°C : 6.6 HP	0.9015
	Presión Estática a 3500 m.s.n.m. : 1.50" de c.a.	
	Consumo Fuerza a 3500 m.s.n.m. : 4.65 HP	
	RPM del Ventilador : 1750	
	Transmisión : DIRECTA	
	Material del Impulsor : Fundición de Aluminio	
	Otros : Fierro Negro	
	Revestimiento : Pintura Anticorrosiva	





JR. MANUEL ARISPE 311-321 TLFS 465-5165 - 465-1908 - 469 0690 - URB. LA CHALACA-CALLAO  
P. O. BOX 508 - CALLAO 1 - FAX: 465-1908 - 465-5165

R.U.C. 10040051

FACTURA

001- Nº- 0000015

VENTILADORES INDUSTRIALES, EQUIPAMIENTO DE TRACCION, EQUIPO DE  
PLANCEO DINAMICO Y ELECTROIMPULSION, MAQUINARIA DE TRACCION  
MECANICA EN GENERAL, SERVICIOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION  
TRANSPORTE NEUMATICO, SERVICIOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION  
ELECTRICA, CONSULTAS

Fecha: 02/06/2000

G Y G INDUSTRIAL

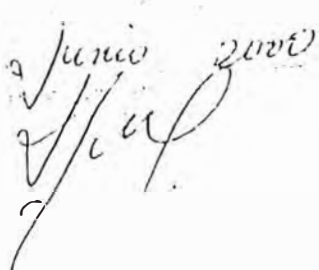
Av. San Luis 2830  
San Borja  
29194858

Cantidad de Unidades: 1

Capacidad de potencia: 135

Consumo: 50% O/C.Y 50 C/E.

ORAT - 8368

DESCRIPCION	US\$	US\$
1° Pago a Cta. 50% por:		
000) VENTILADOR VAF-7-700 PLACA VOLUMEN DE AIRE 8,500 CFM 1750 RPM, EQUIPADO CON MOTOR TRIFASICO 5.0 HP 1750 RPM 220/440 V 60 C/S, MATERIAL IMPULSOR FUNDICION DE ALUMINIO.	670.00	335.00
SC0) TRESCIENTOS NOVENTICINCO Y 30/100 DOLARES AMERICANOS. S. E. ú O.		
<p>02 de Junio 2000</p> 		
	VALOR DE VENTA	335.00
	IGV 18%	60.30
	TOTAL US\$	395.30

**G A R A N T I A**

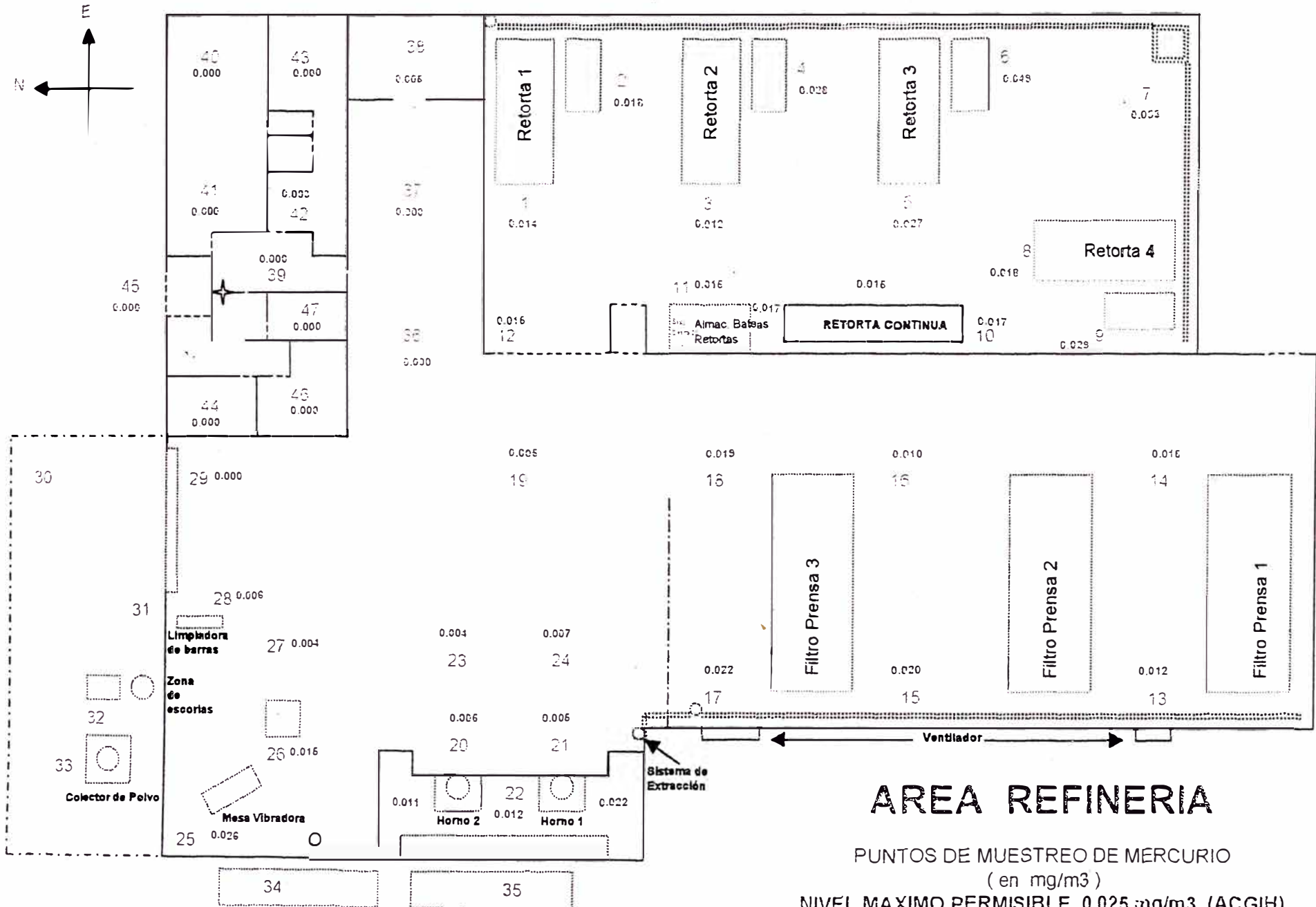
Garantiamos la calidad de nuestros productos durante el periodo de un año desde la fecha de entrega.  
Delecto debido al diseño, material o mano de obra inadecuada serán reconocidos y reparados sin costo alguno.  
La garantía por reparaciones es de tres meses y se limita solamente a las partes reparadas por nosotros.  
Faltas de los motores eléctricos que forman parte de nuestro equipo esta sujeta a la garantía usual del fabricante de los mismos.

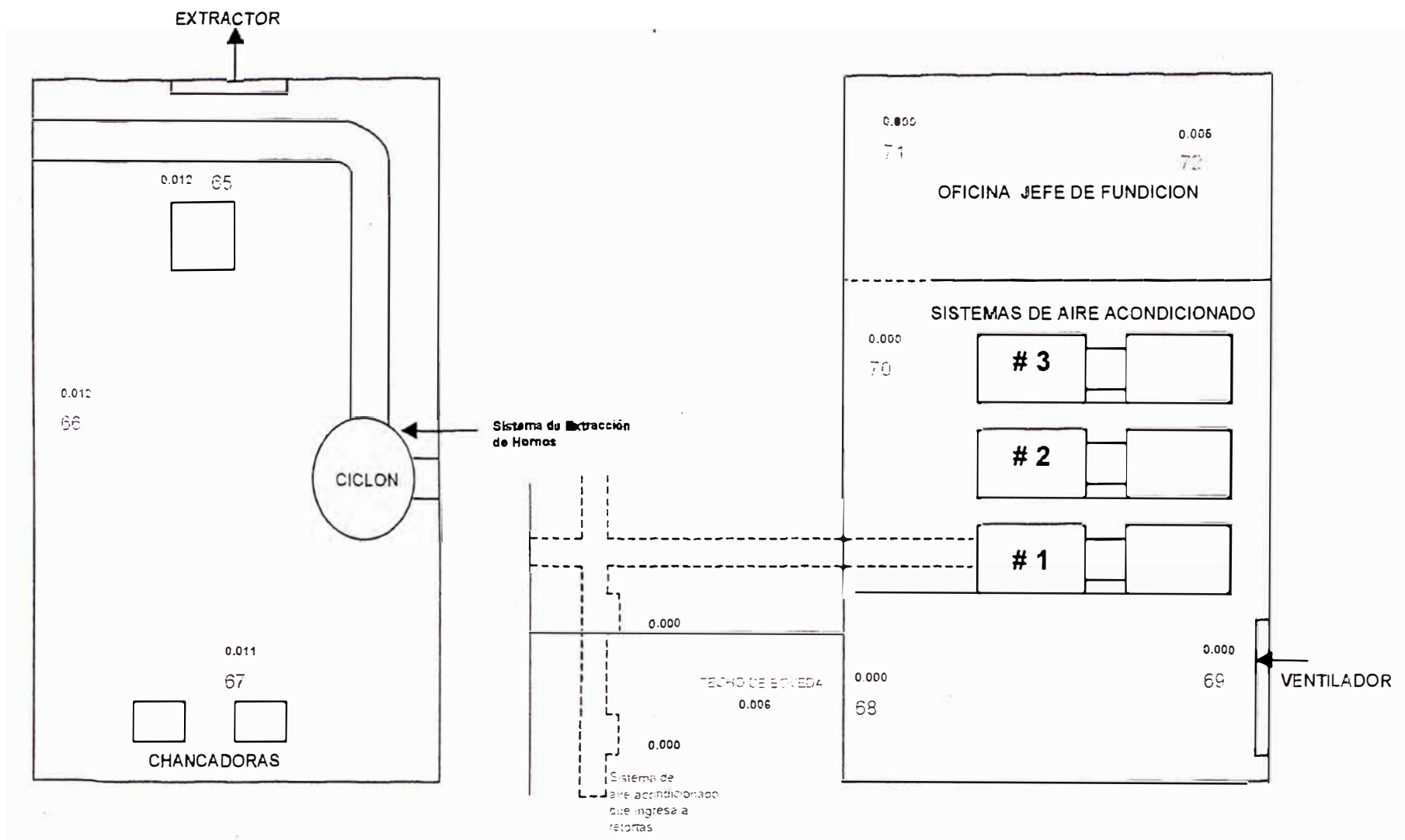
Sírvase pagar con cheque a la orden de AIRTEC S.A.

## **5. MUESTREOS DE VAPOR DE MERCURIO**

**MEDICIONES MES DE JUNIO – 2000**

**MEDICIONES MES DE JULIO – 2000**





## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

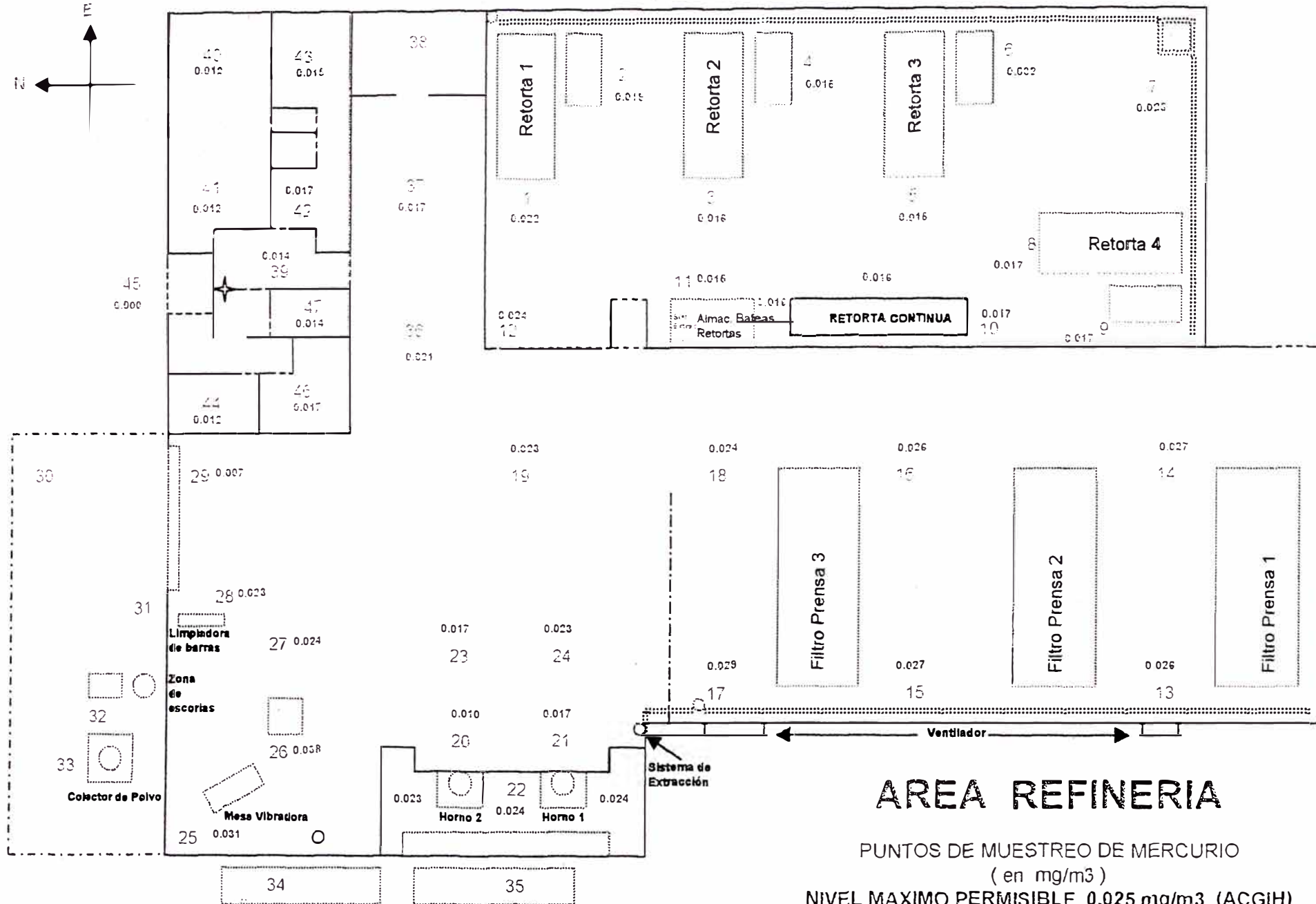
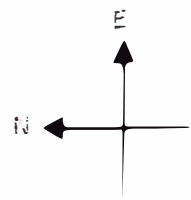
PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )

NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>



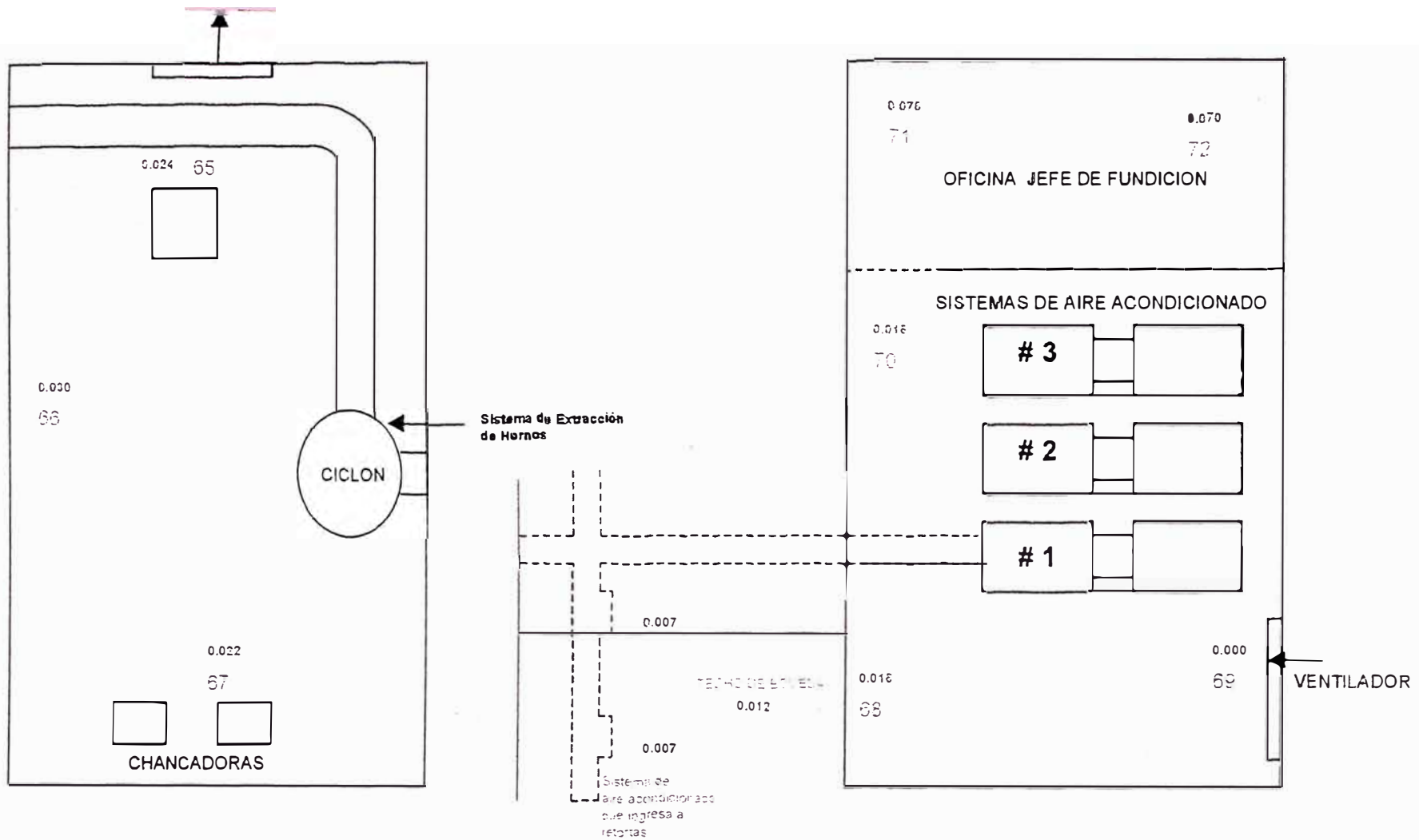
## DATOS GENERALES

Fecha : 01-06-00	Hora : 11:35 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 1 (469°C), # 2 (209°C), # 3 (485°C) y # 4(226°C)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (34psi), # 2 (35psi), # 3 (20psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	Limpieza de barras
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Todas
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	



**AREA REFINERIA**

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )  
NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH)

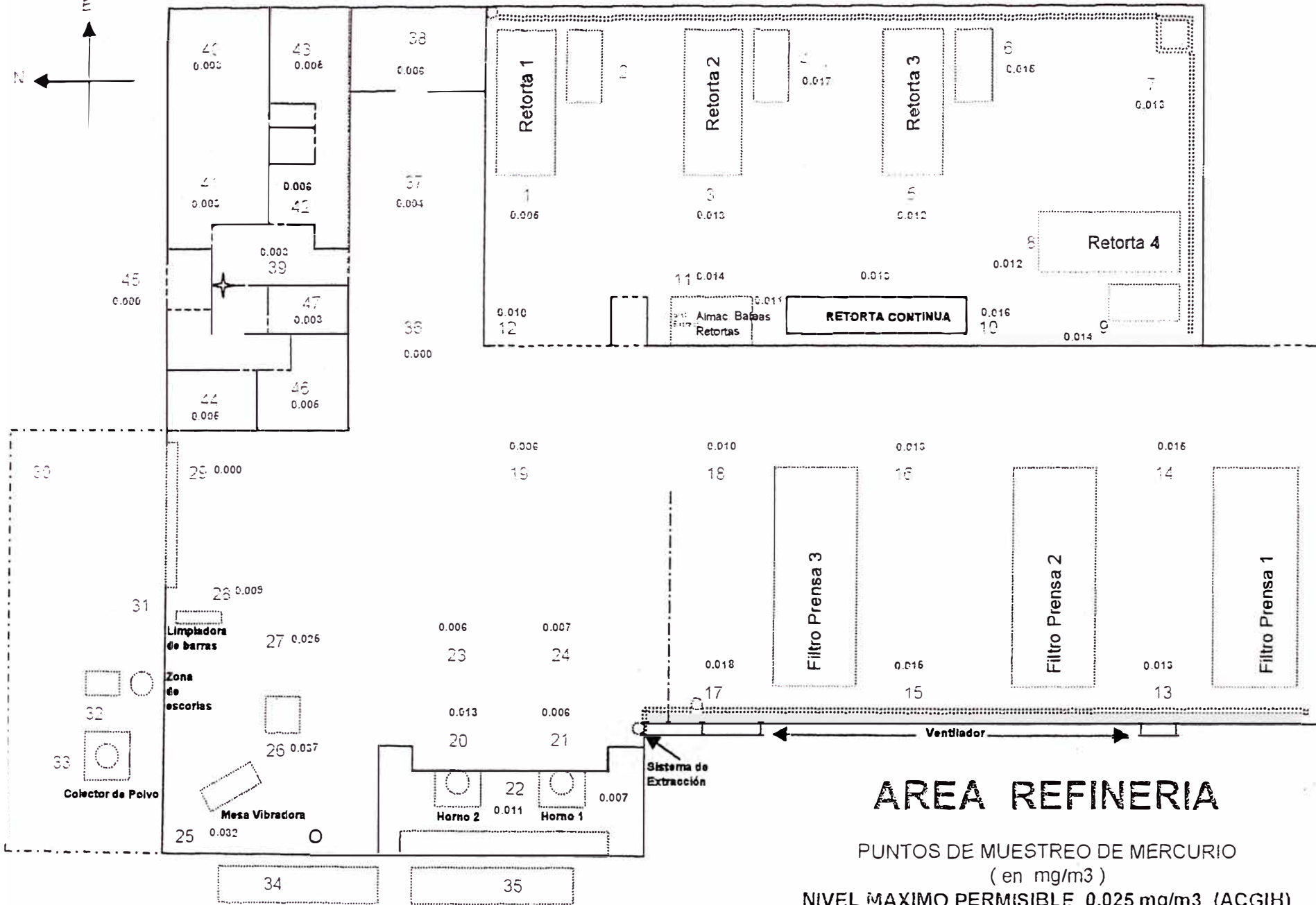
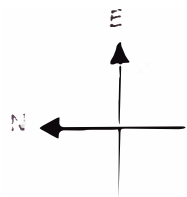


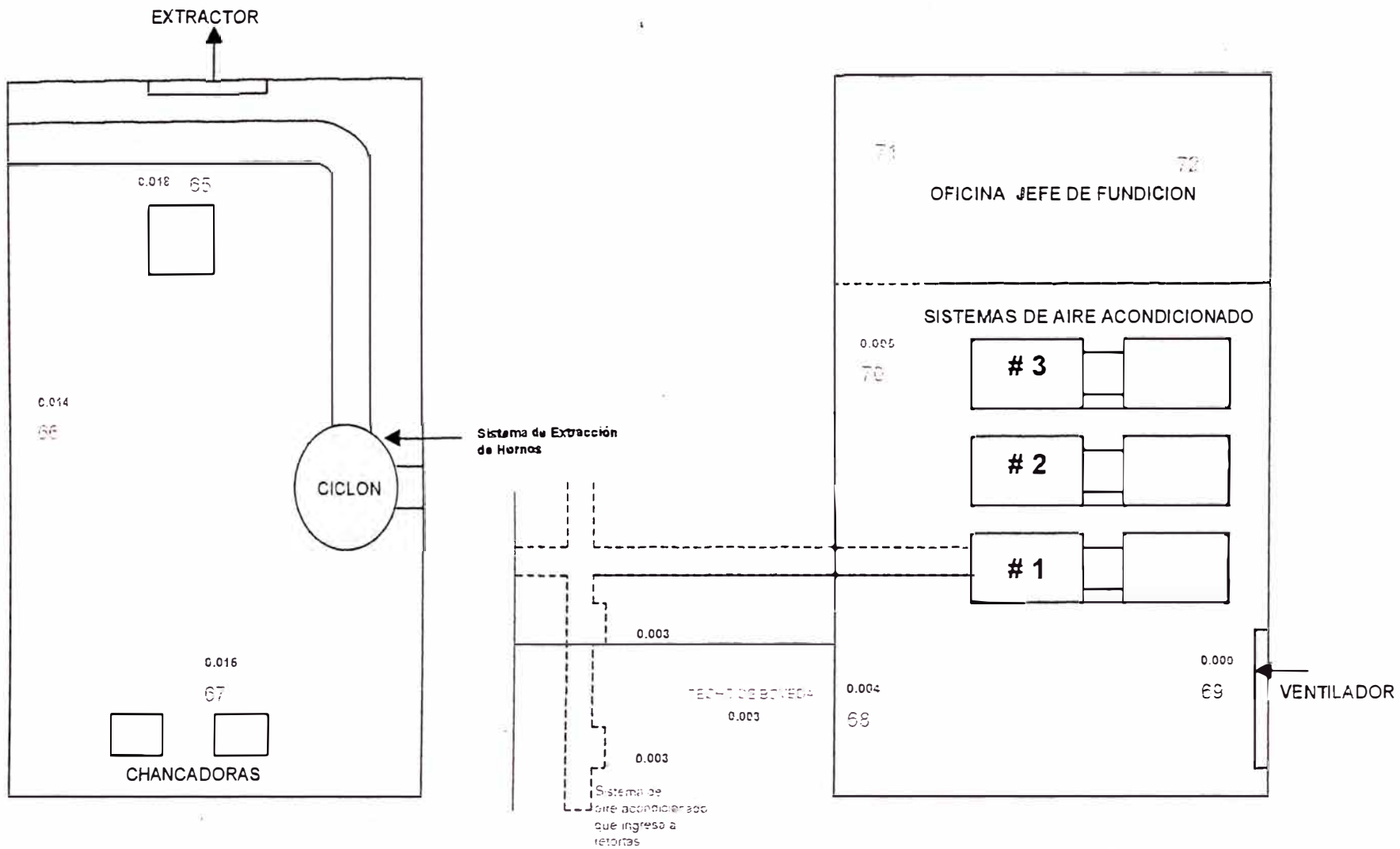
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 (en mg/m<sup>3</sup>)  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

**DATOS GENERALES**

<b>Fecha : 03-06-00</b>	<b>Hora : 09:50 hrs</b>
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Ninguno
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (45psi), # 2 (45psi), # 3 (4psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Todas
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	





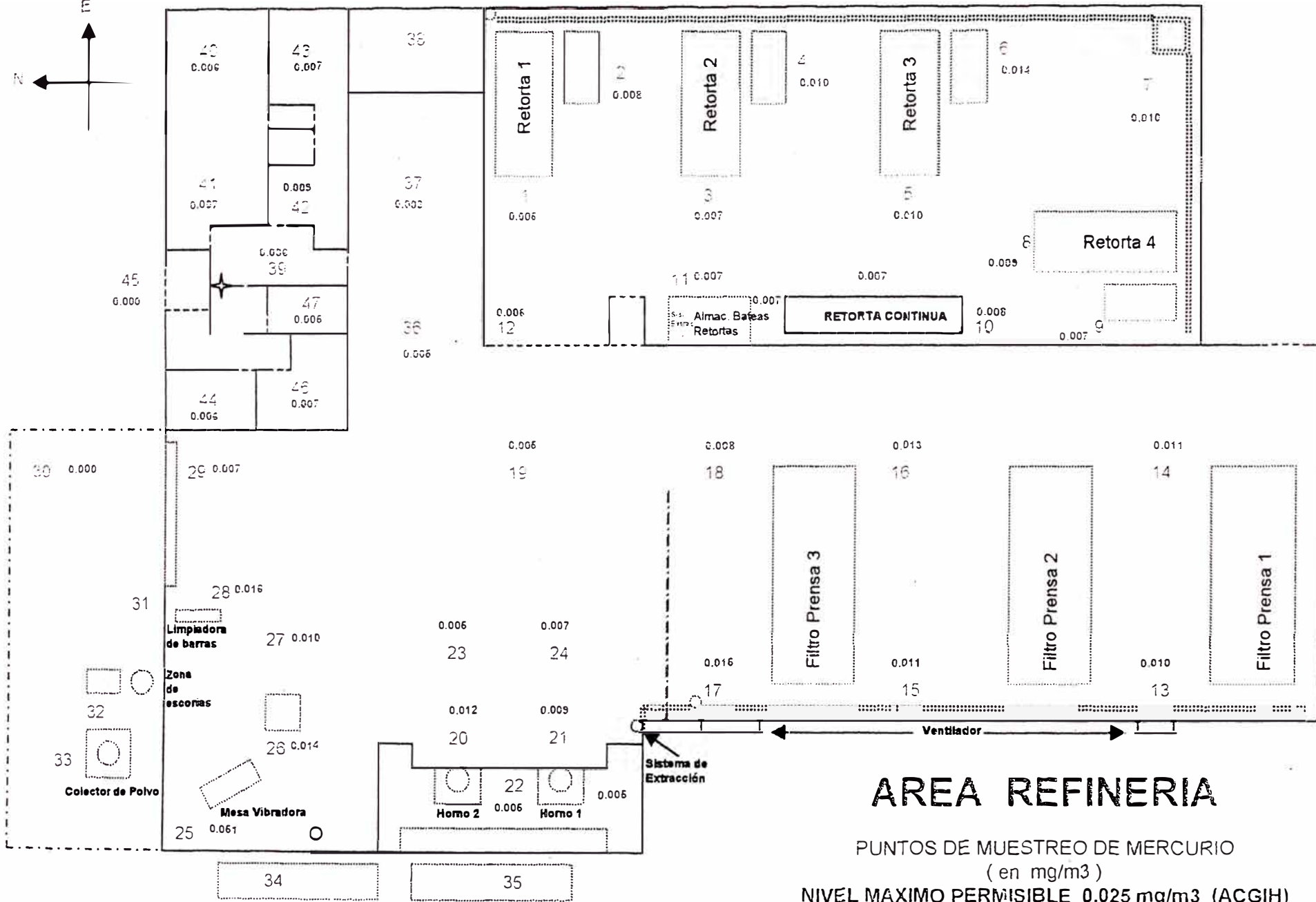
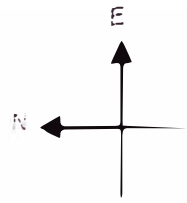
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

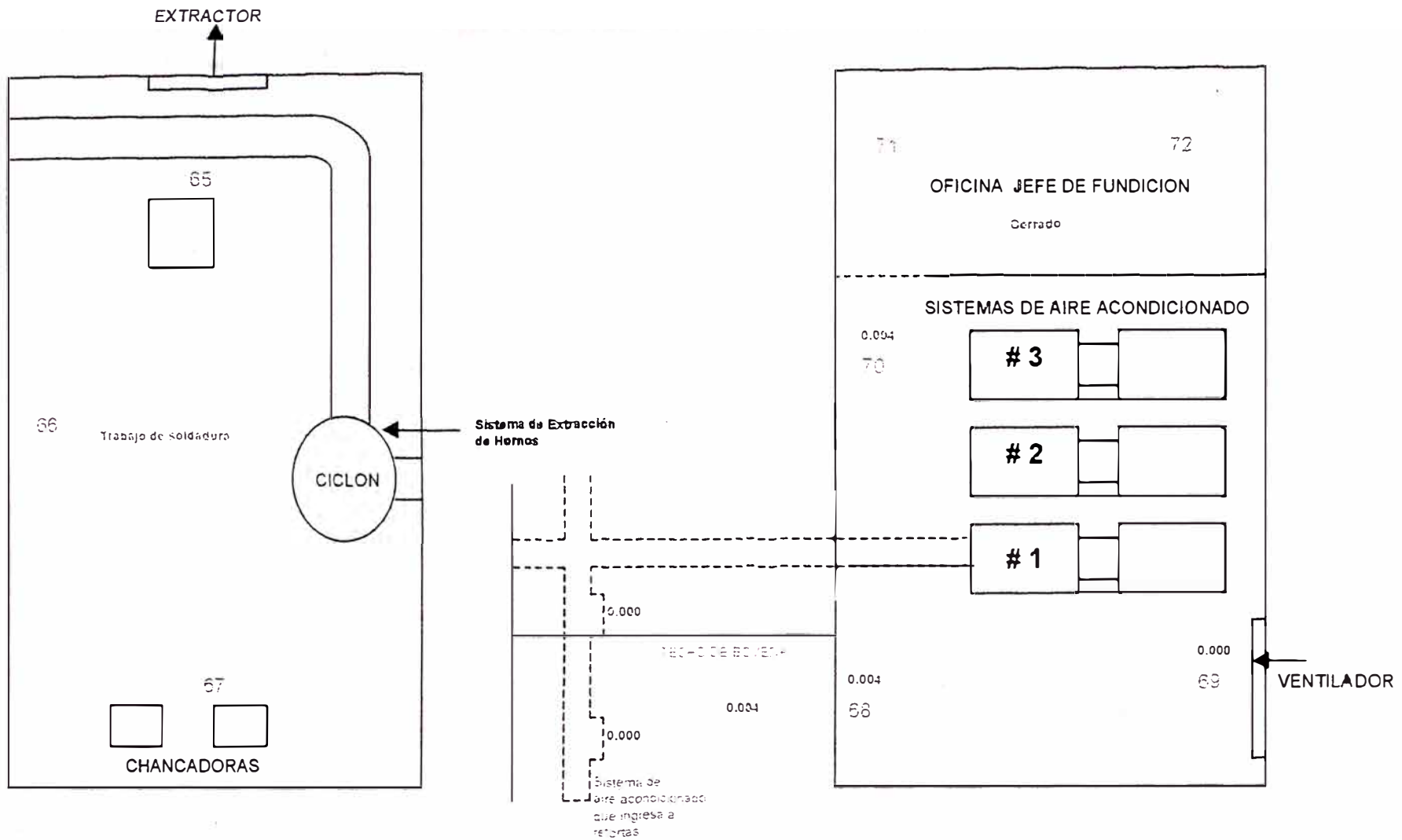
PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

## DATOS GENERALES

Fecha : 03-06-00	Hora : 09:50 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Ninguno
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (45psi), # 2 (45psi), # 3 (4psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Todas
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	





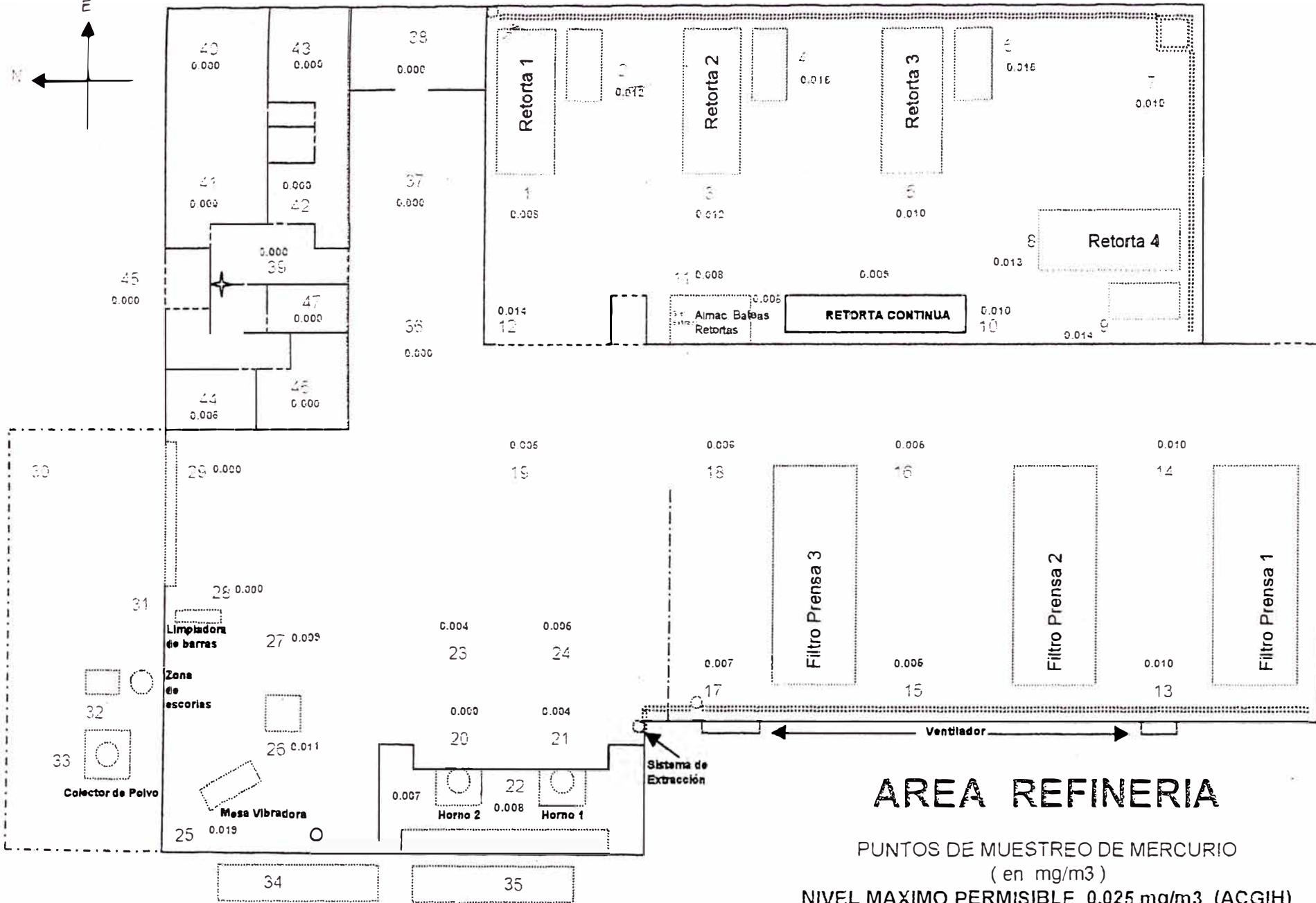
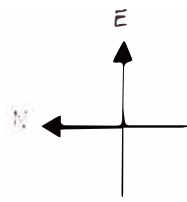


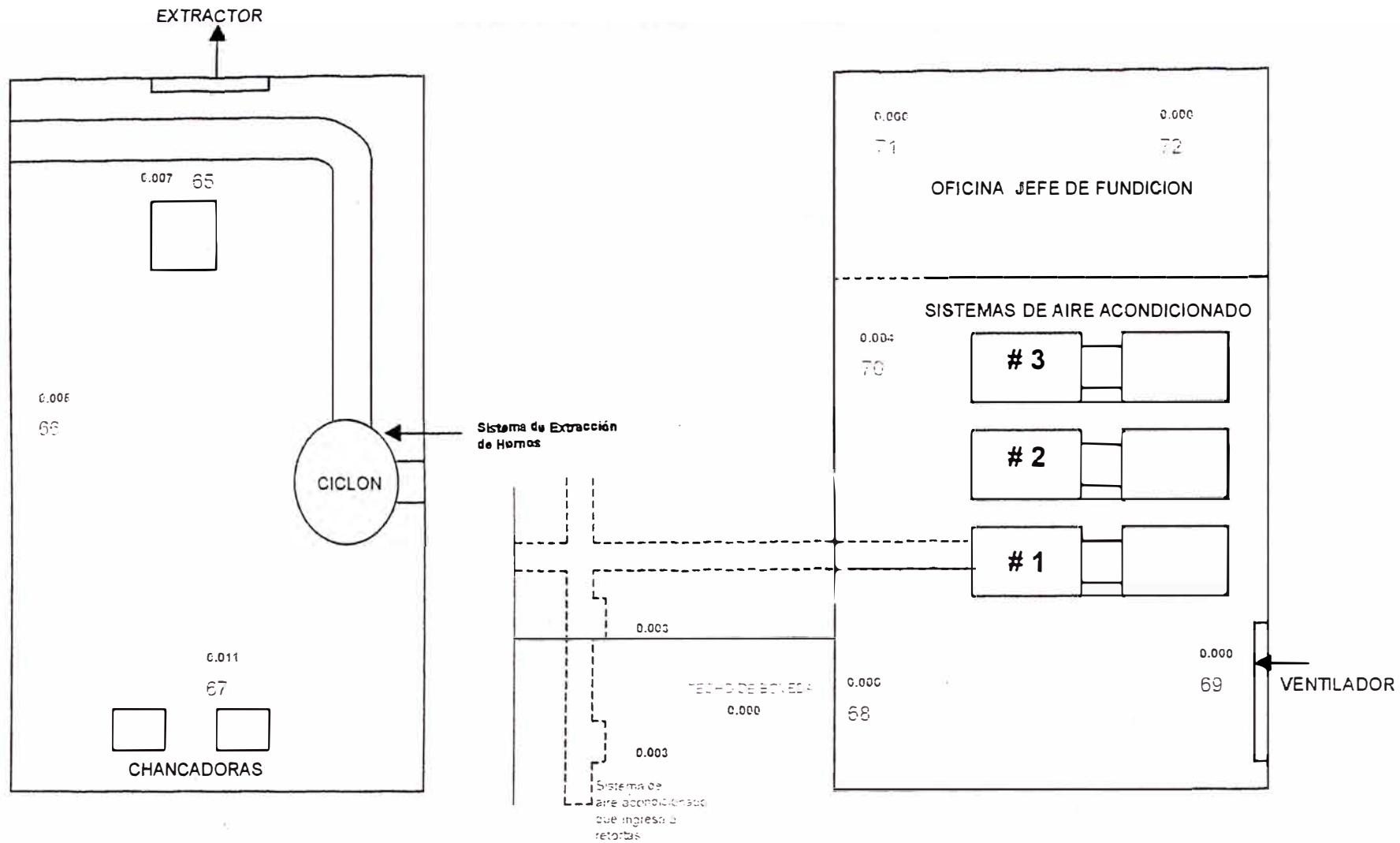
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )  
NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

## DATOS GENERALES

Fecha : 13- 06 - 00	Hora : 16:25 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Retorta No 2 (26 oC)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (45psi), # 2 (45psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	Todos
Sistemas de extracción	Todos
Ventiladores	Todos
Extractores	Si
Otras Actividades	Mantenimiento Sistema aire acondicionado



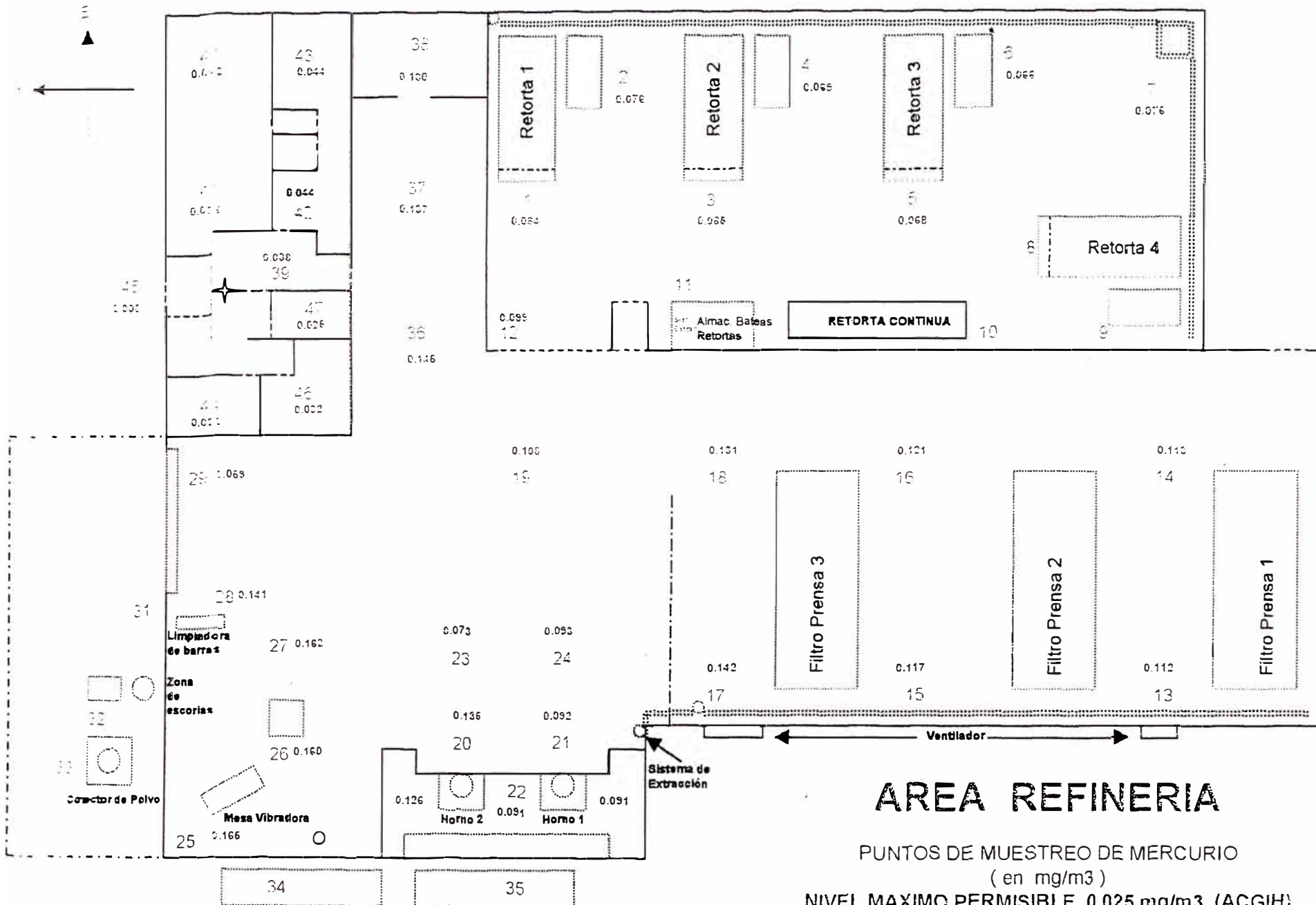


## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

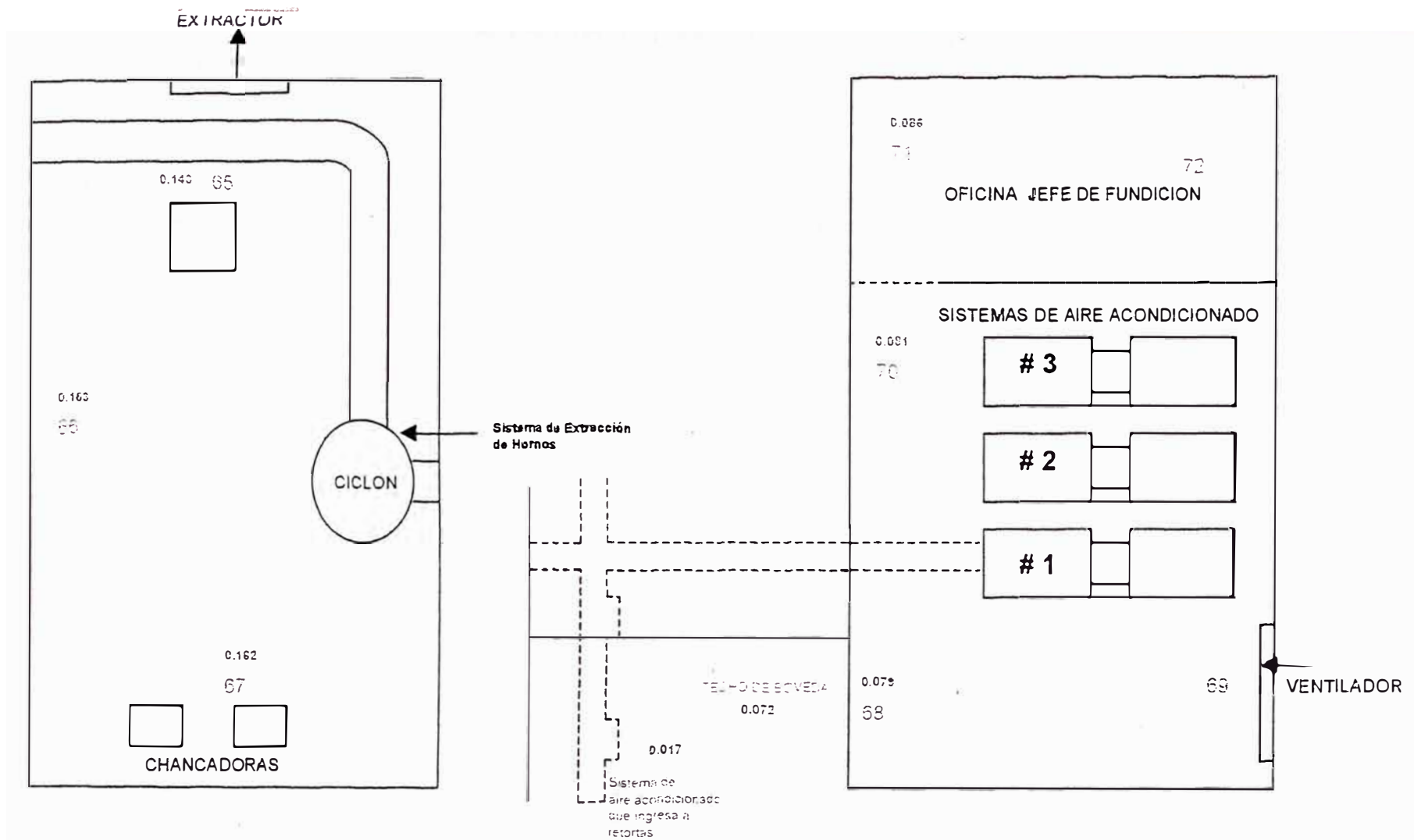
PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m3 )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m3

## DATOS GENERALES

Fecha : 07-06-00	Hora : 10:35 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Retorta No 2 (204 oC)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 2 (40psi), # 3 (35psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	







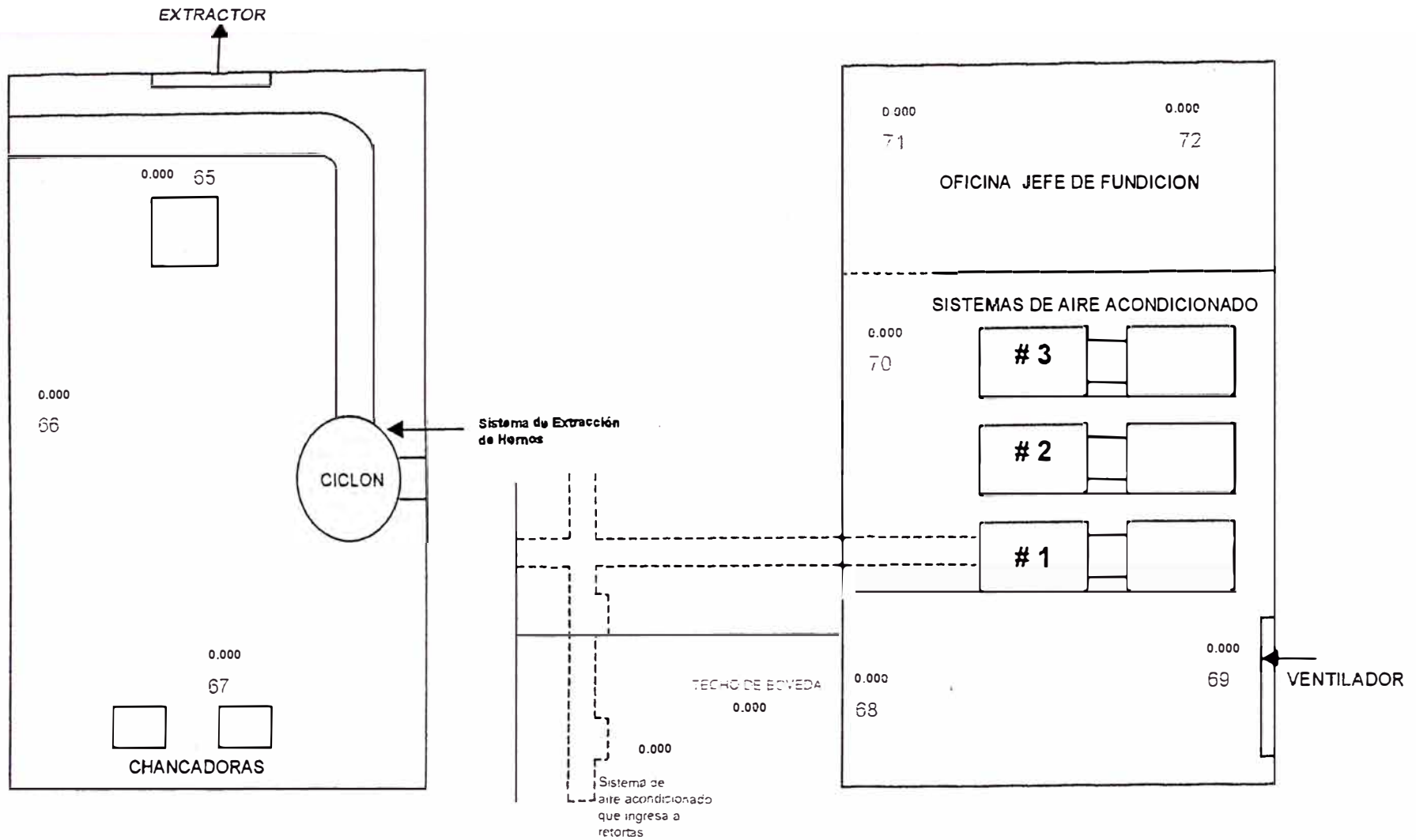
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )

NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

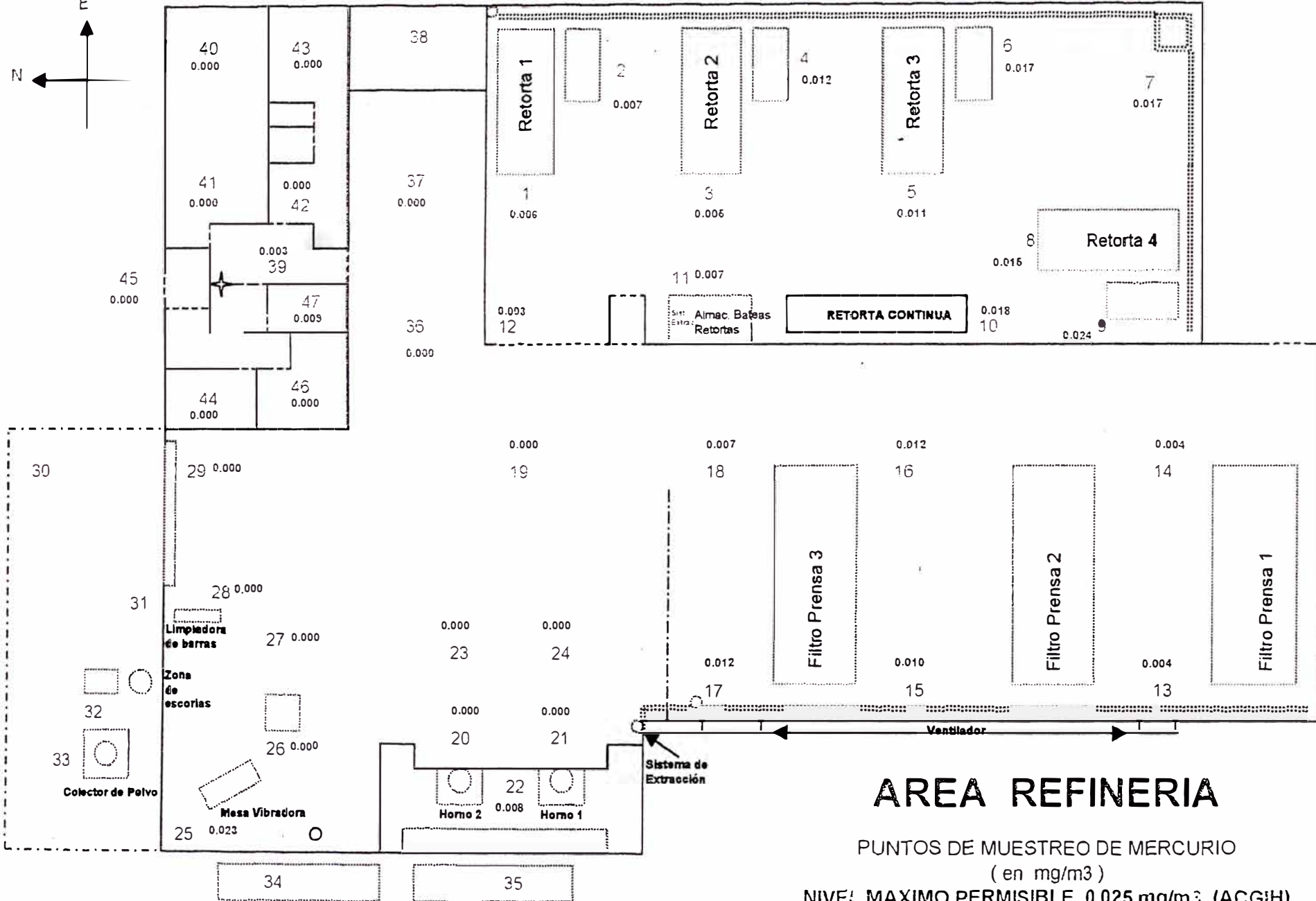
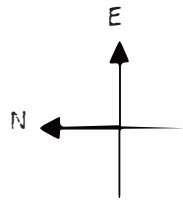
## DATOS GENERALES

Fecha : 02-06-00	Hora : 16:30 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 2 (101 °C)
Hornos	
Filtros Prensa	# 1(40psi), # 2 (40psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	
Sistemas de extracción	Si (retortas, Filtros prensa)
Ventiladores	Si (# 1, # 2)
Extractores	Apagado
Otras Actividades	



## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )  
NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

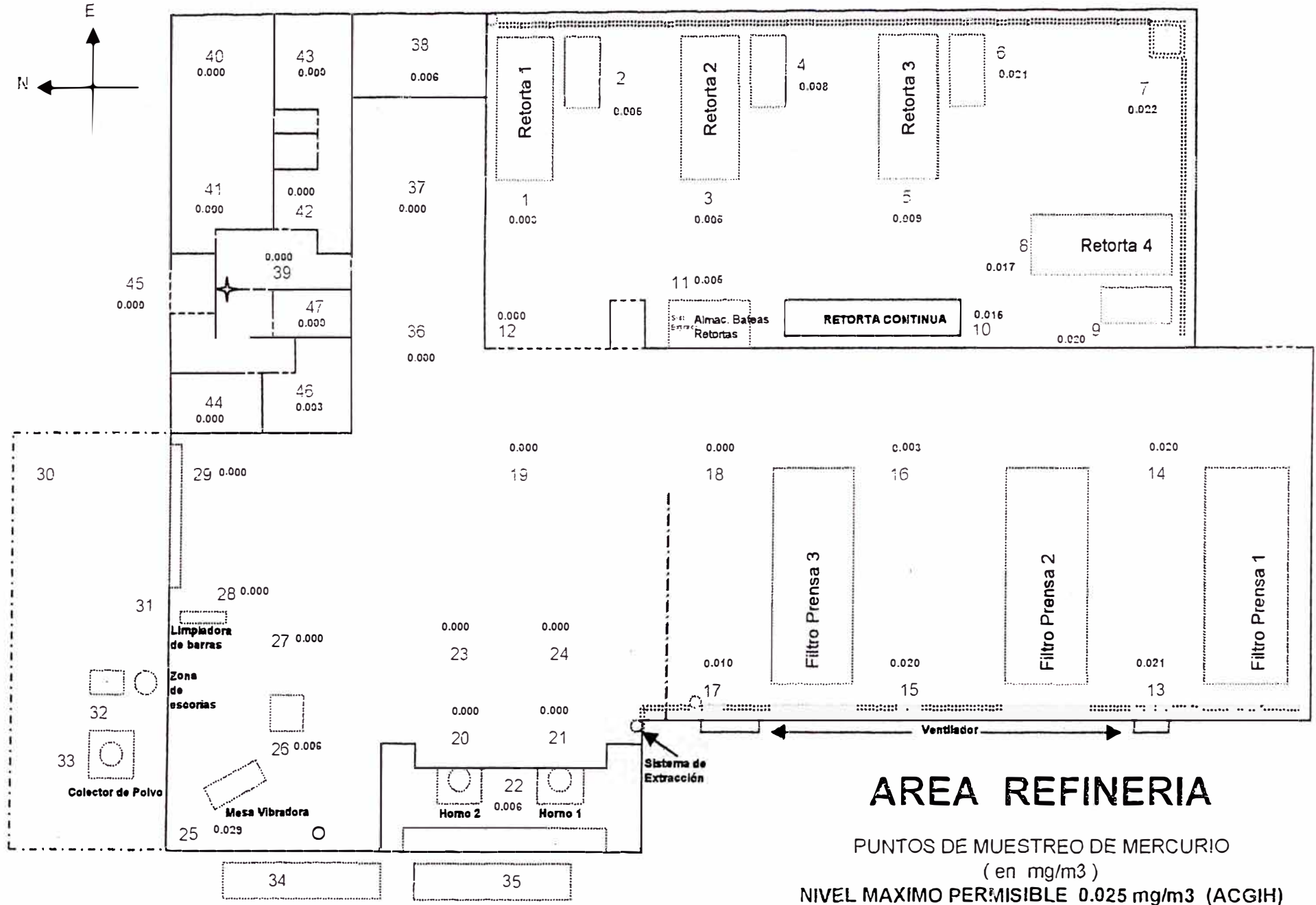


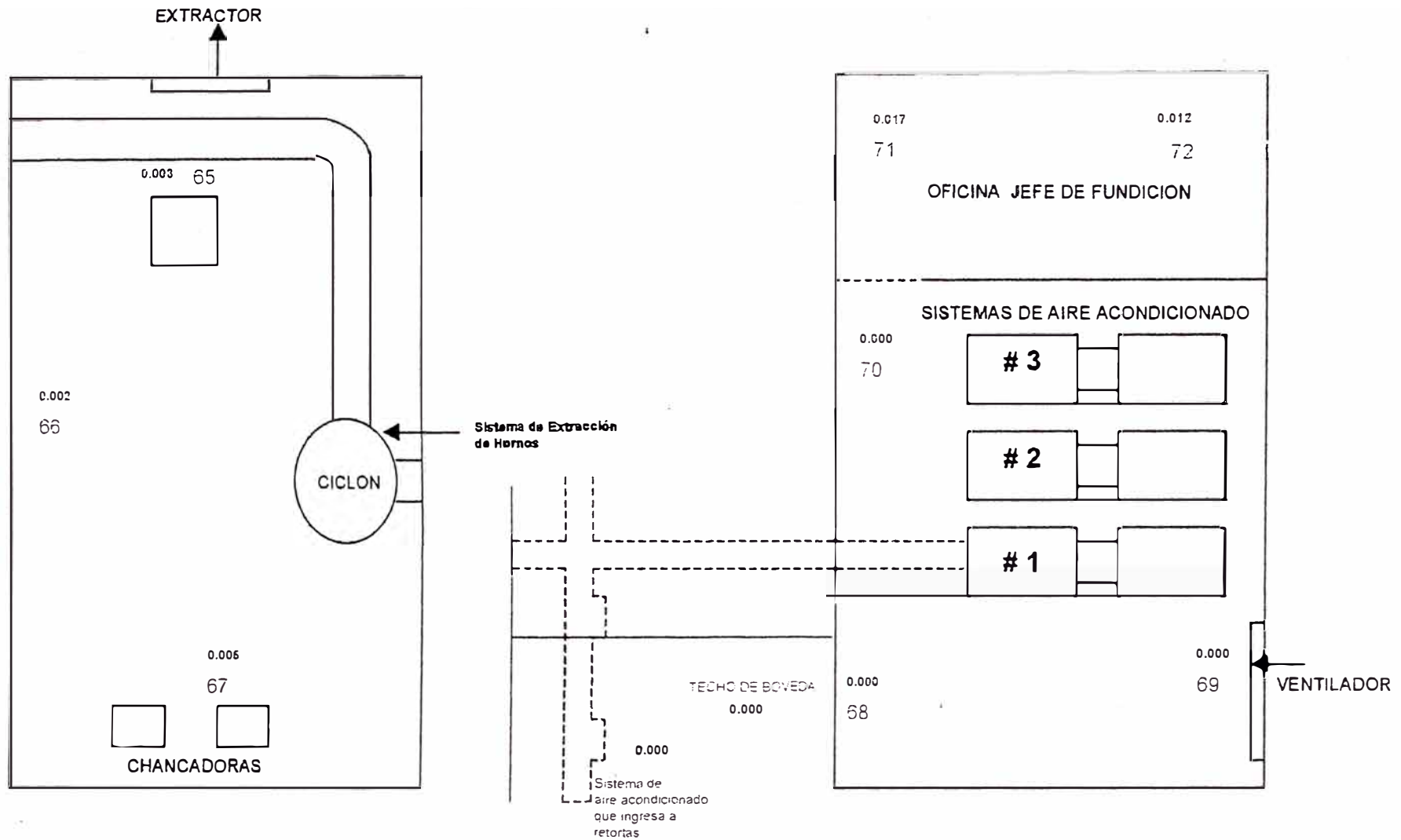
# AREA REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH)

## **DATOS GENERALES**

<b>Fecha : 03-07-00</b>	<b>Hora : 15:35 hrs</b>
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 1 (454°C), # 2 (375°C)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (65psi), # 2 (65psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	Mesa vibradora
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Retortas, Hornos
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	





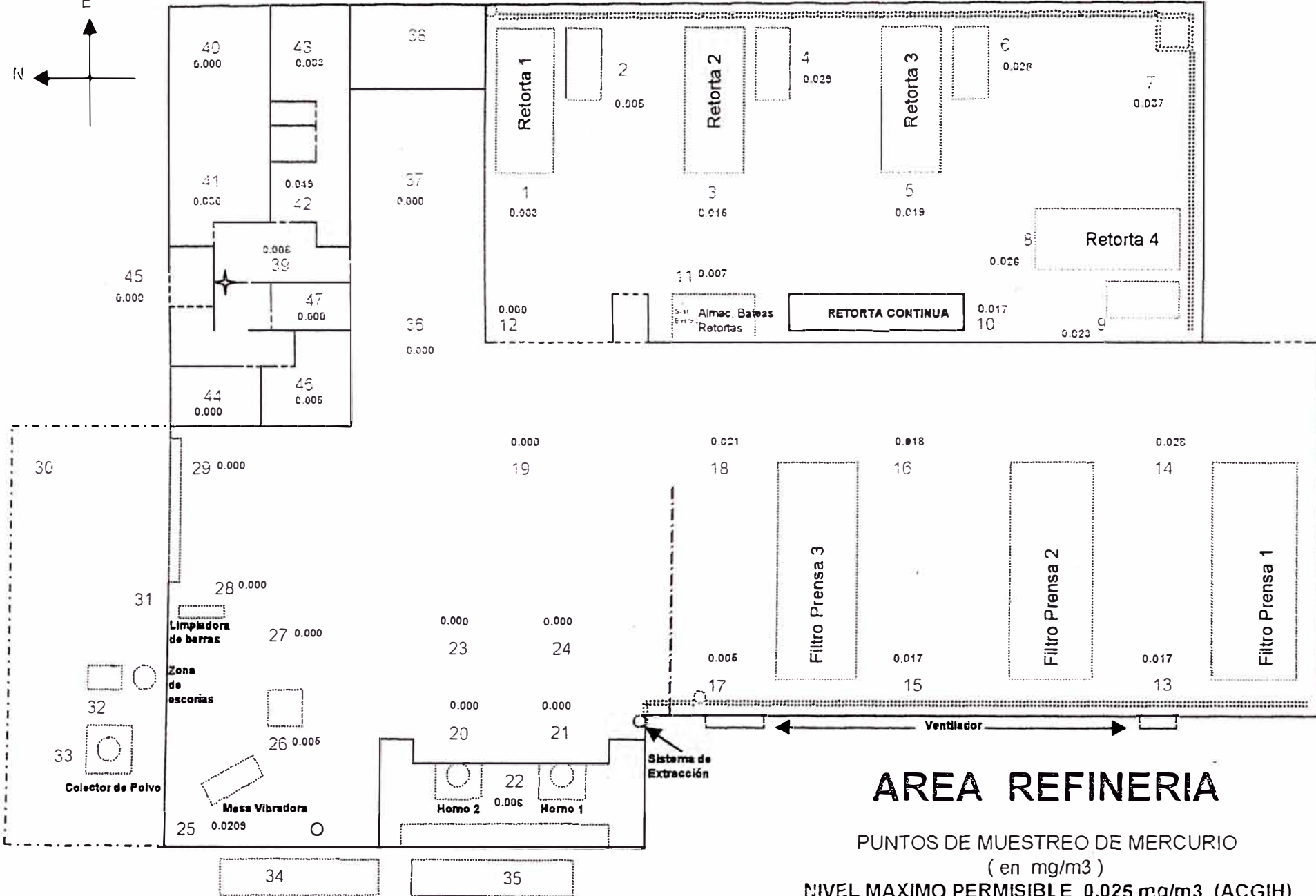
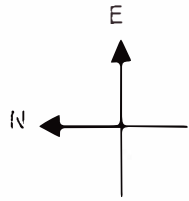
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

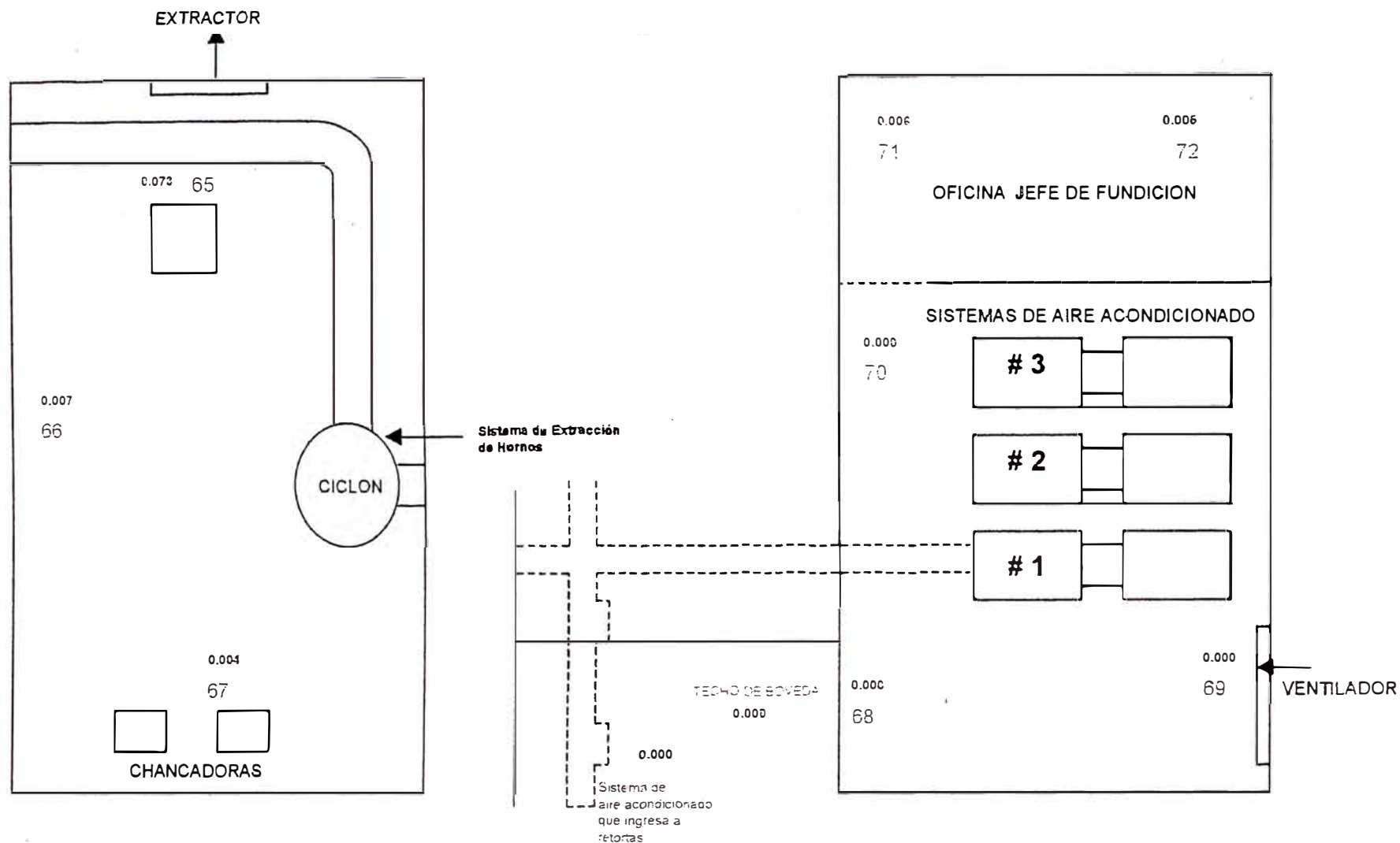
PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>



## DATOS GENERALES

Fecha : 04-07-00	Hora : 11:05 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 1 (86°C), # 2 (75°C), # 4 (225°C)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 2 (10 psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	Mesa vibradora
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Filtros Prensa, Hornos
Ventiladores	Horno, 2do piso oficina-jefe
Extractores	Si
Otras Actividades	



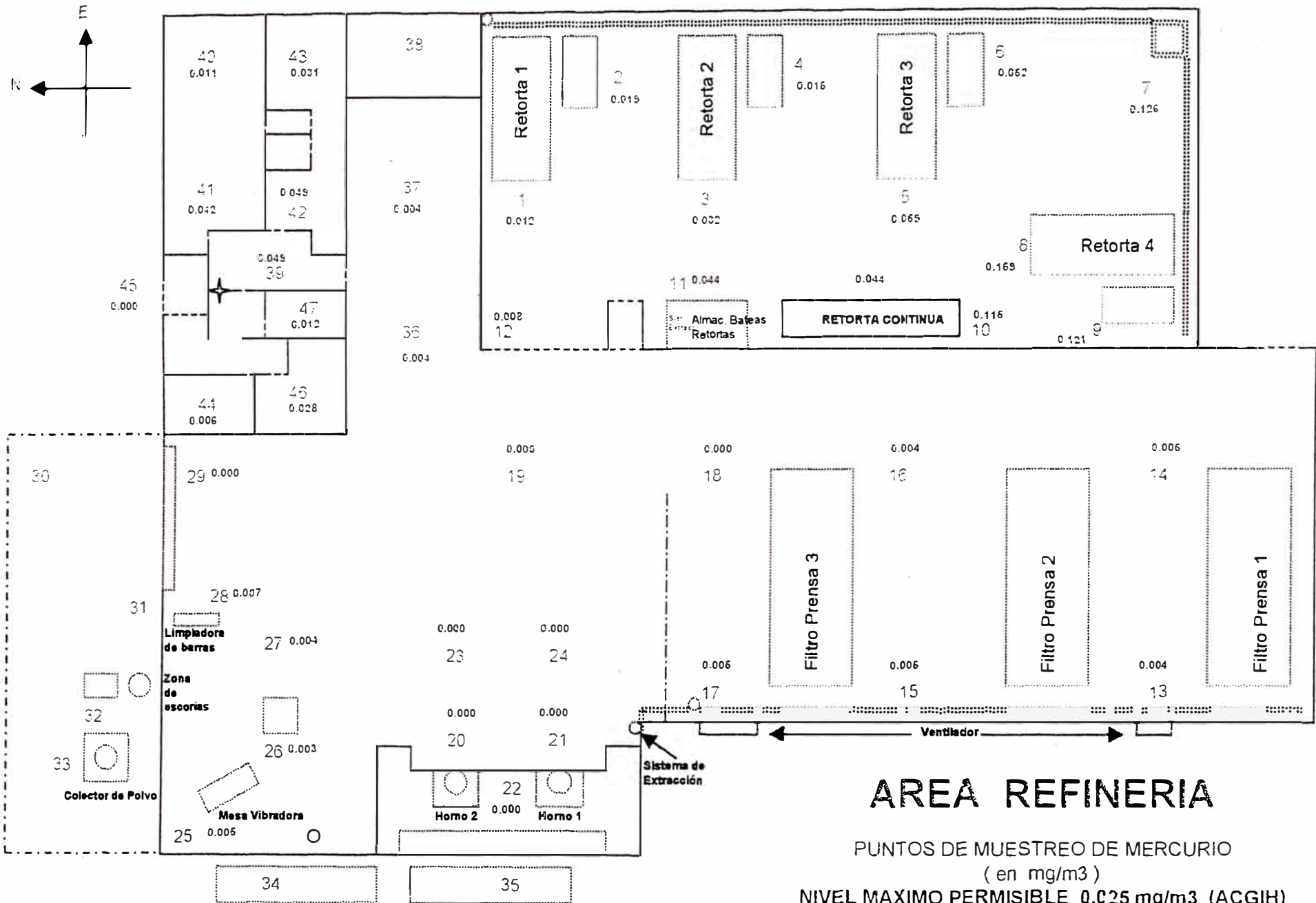


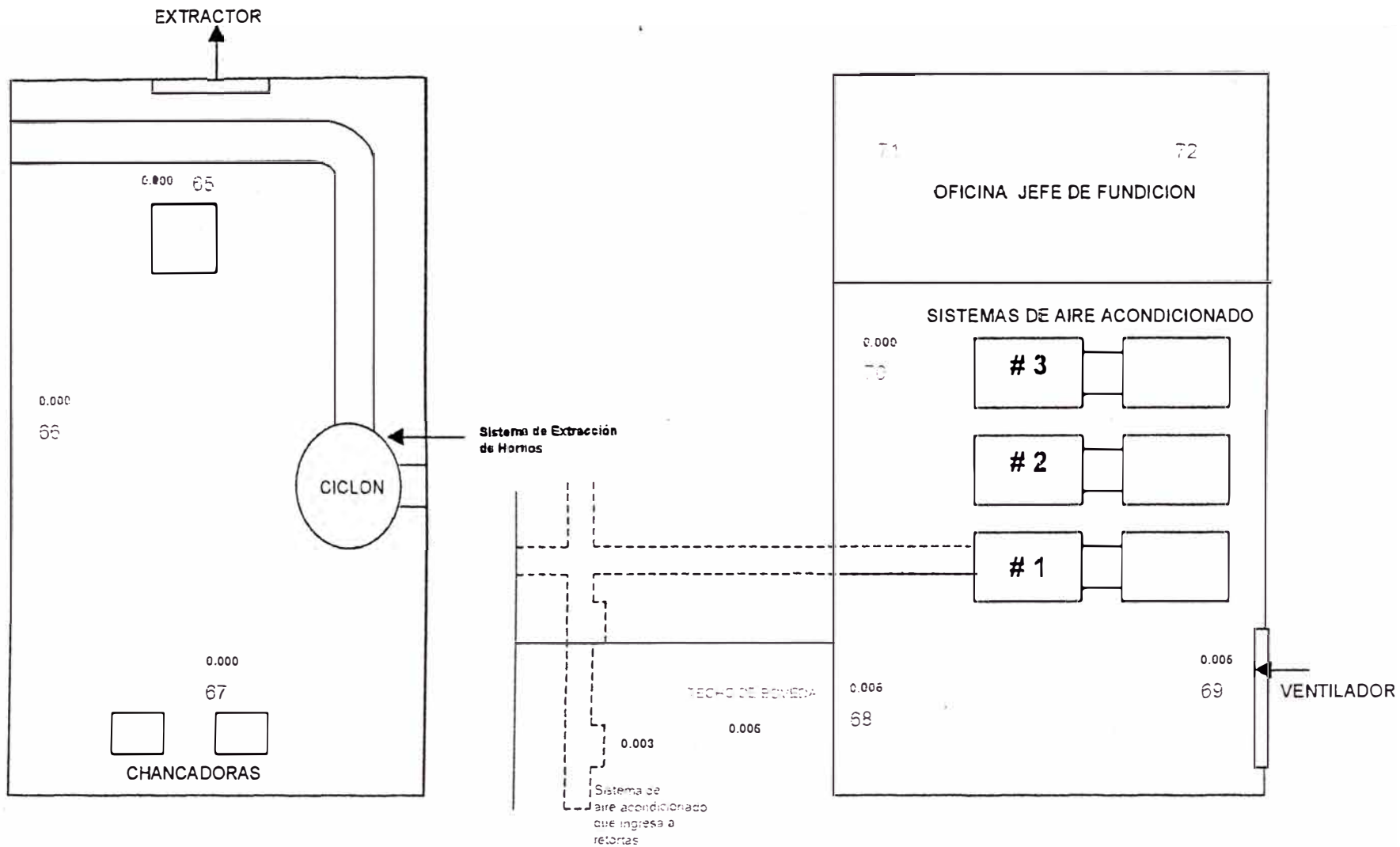
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

## DATOS GENERALES

Fecha : 05-07-00	Hora : 10:55 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 4 (23°C)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 (35 psi ), # 2 (35 psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	Mesa vibradora
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Filtros Prensa
Ventiladores	Horno, 2do piso oficina-jefe
Extractores	Si
Otras Actividades	Limpieza de tubos de condensación.





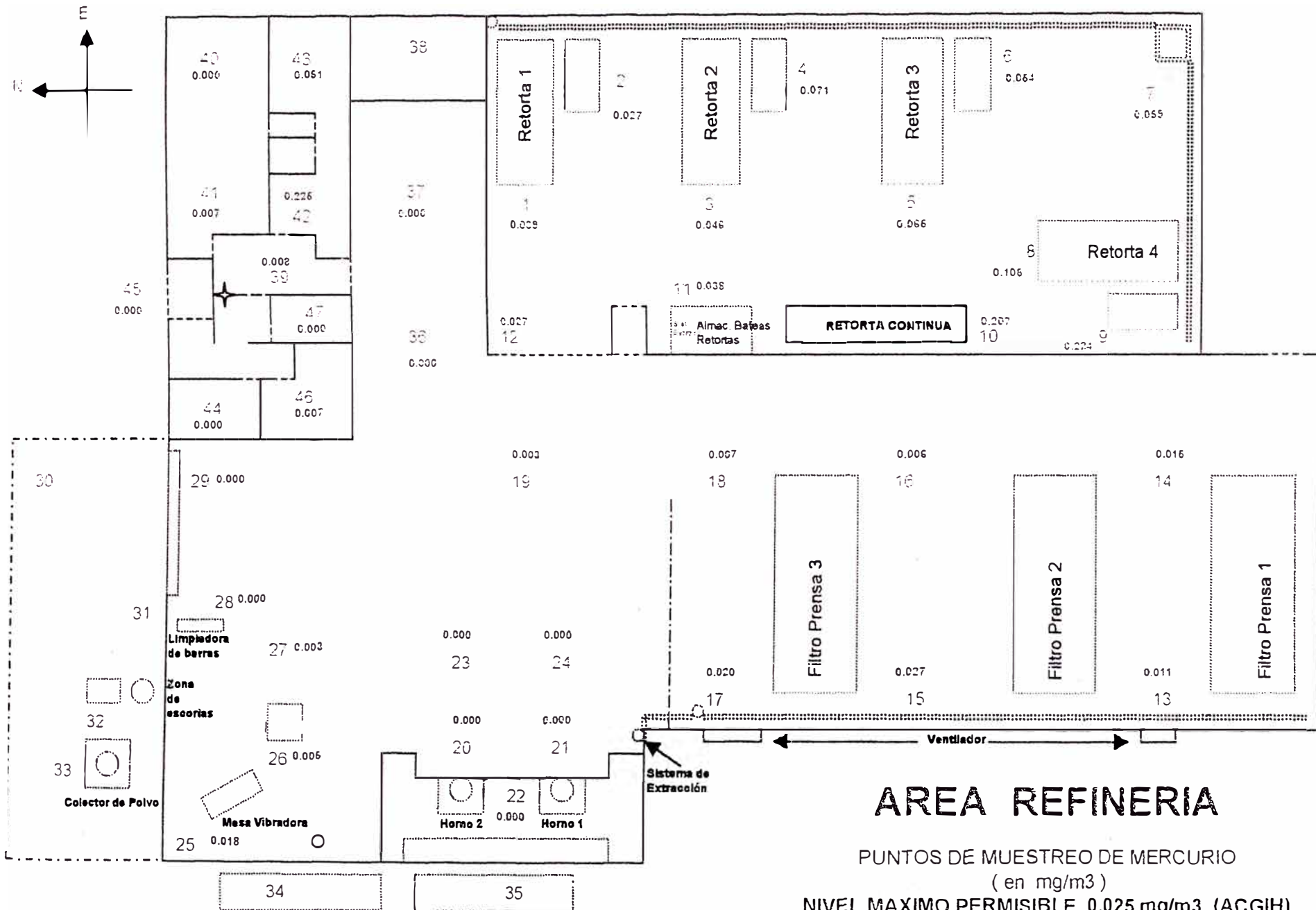
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

## DATOS GENERALES

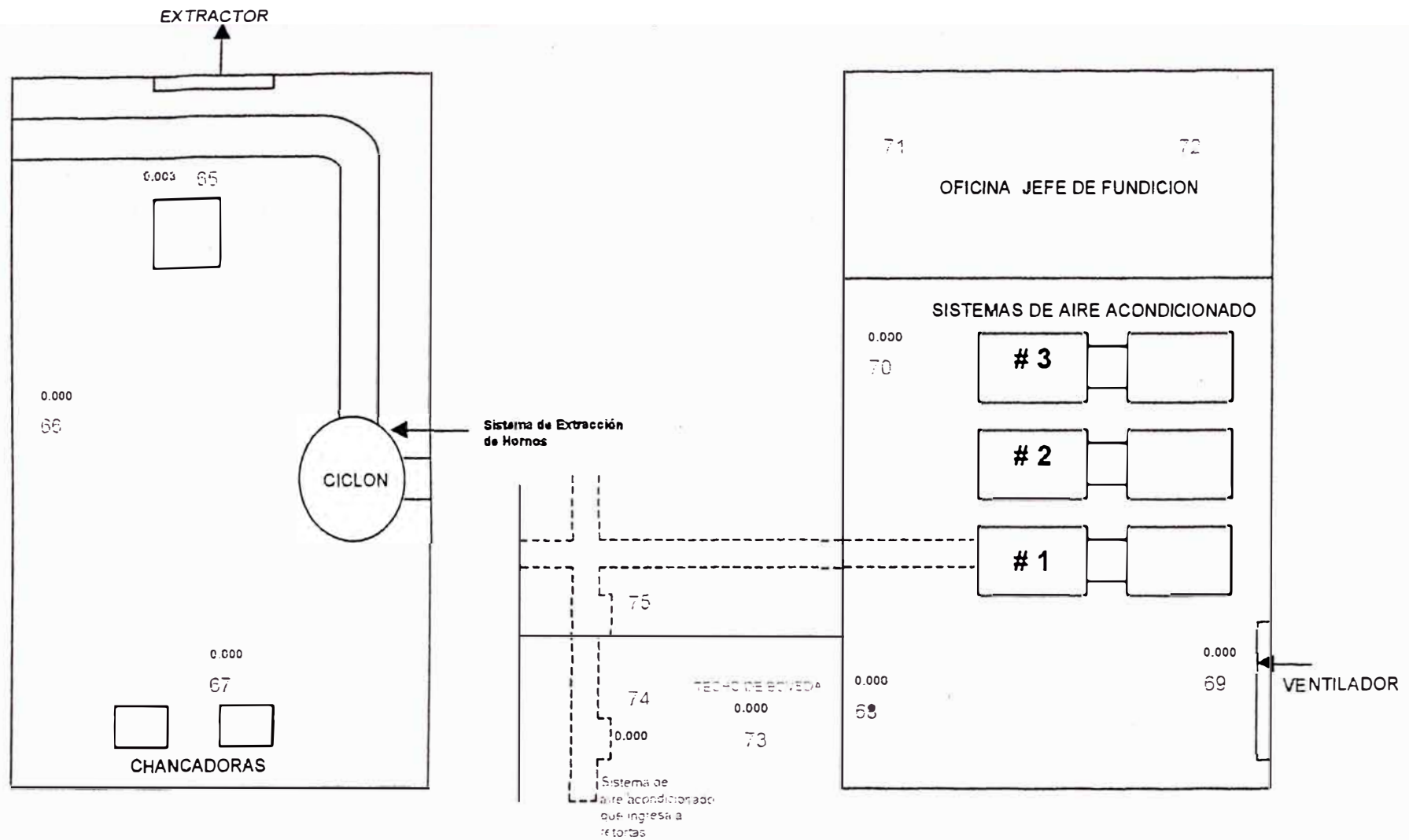
Fecha : 07-07-00	Hora : 14:30 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Ninguno
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 ( 75 psi), # 2 (75 psi)
Equipos para Tratamiento de Escorias	
Aire Acondicionado	Ninguno
Sistemas de extracción	Todos
Ventiladores	Hornos
Extractores	Todos
Otras Actividades	Limpieza de cajas de trampa (3,4)





# AREA REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )  
NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH)



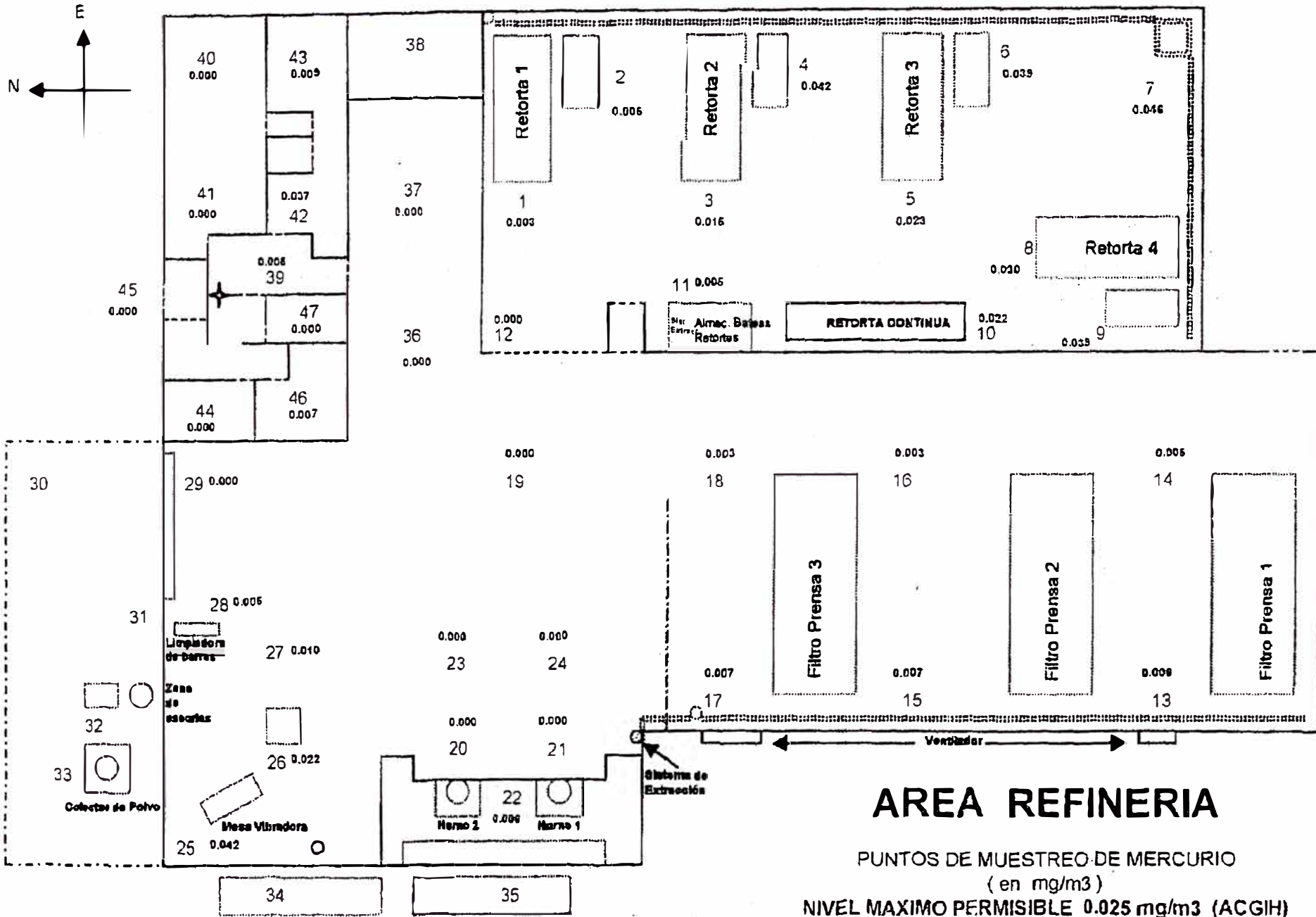
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

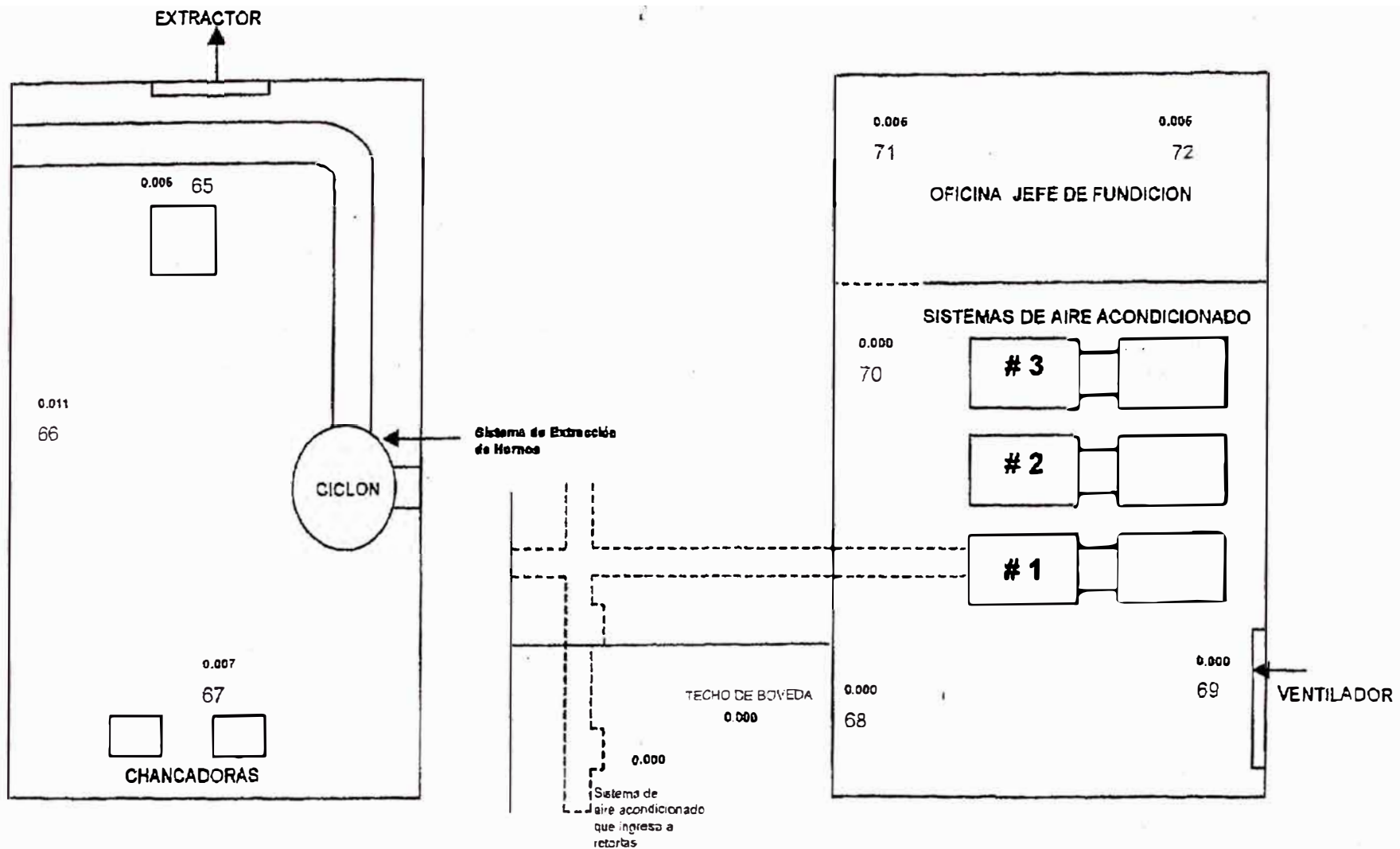
PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
( en mg/m<sup>3</sup> )

NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>

## DATOS GENERALES

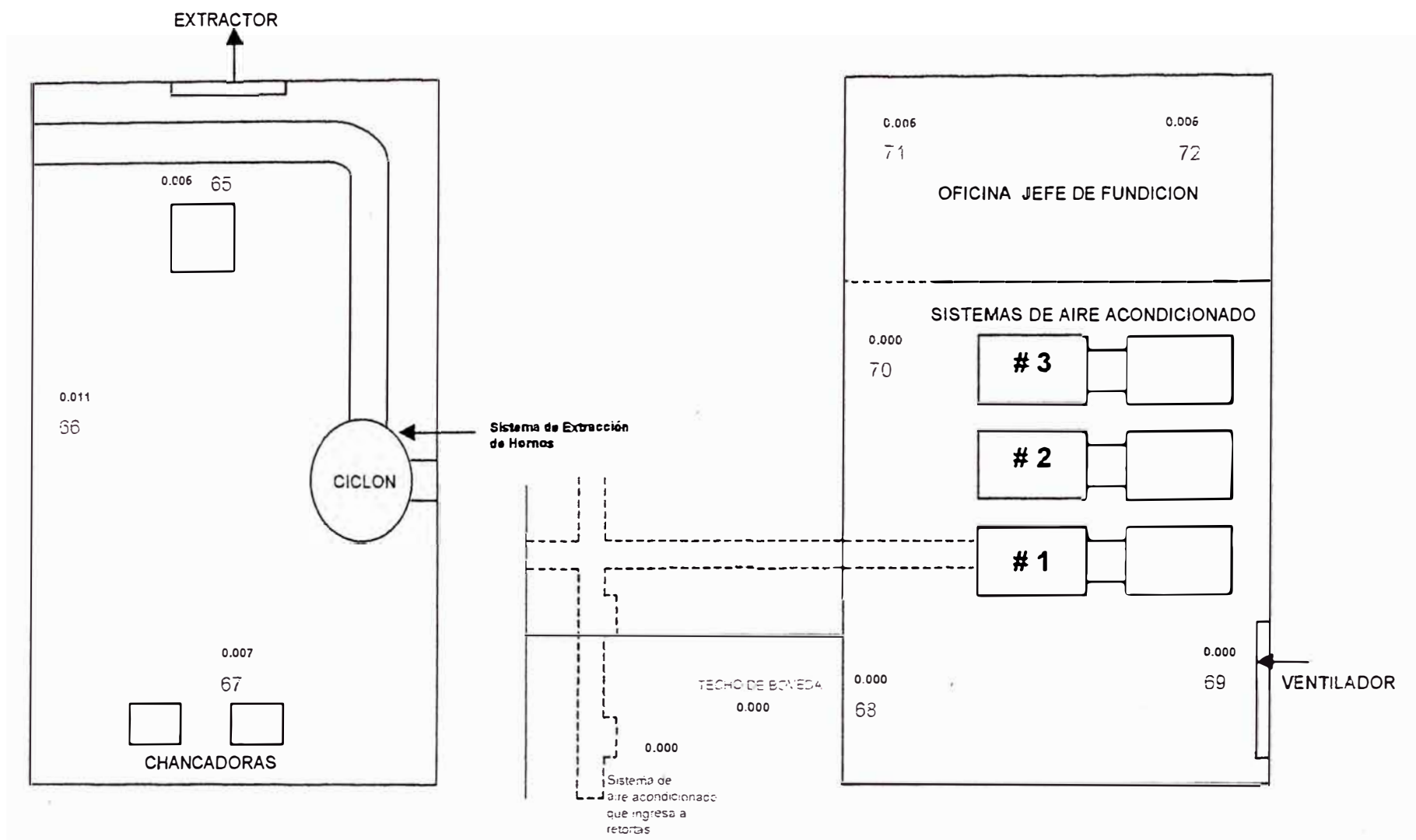
Fecha : 08-07-00	Hora : 15:40 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	# 1 ( 182°C), # 2 (149°C)
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 2 (60°C), # 3 (50°C)
Equipos para Tratamiento de Escorias	Mesa vibradora
Aire Acondicionado	Todos
Sistemas de extracción	Todos
Ventiladores	Todos
Extractor	Si
Otras Actividades	Limpieza de canaletas, Limpieza de cajas de trampas (1, 2)





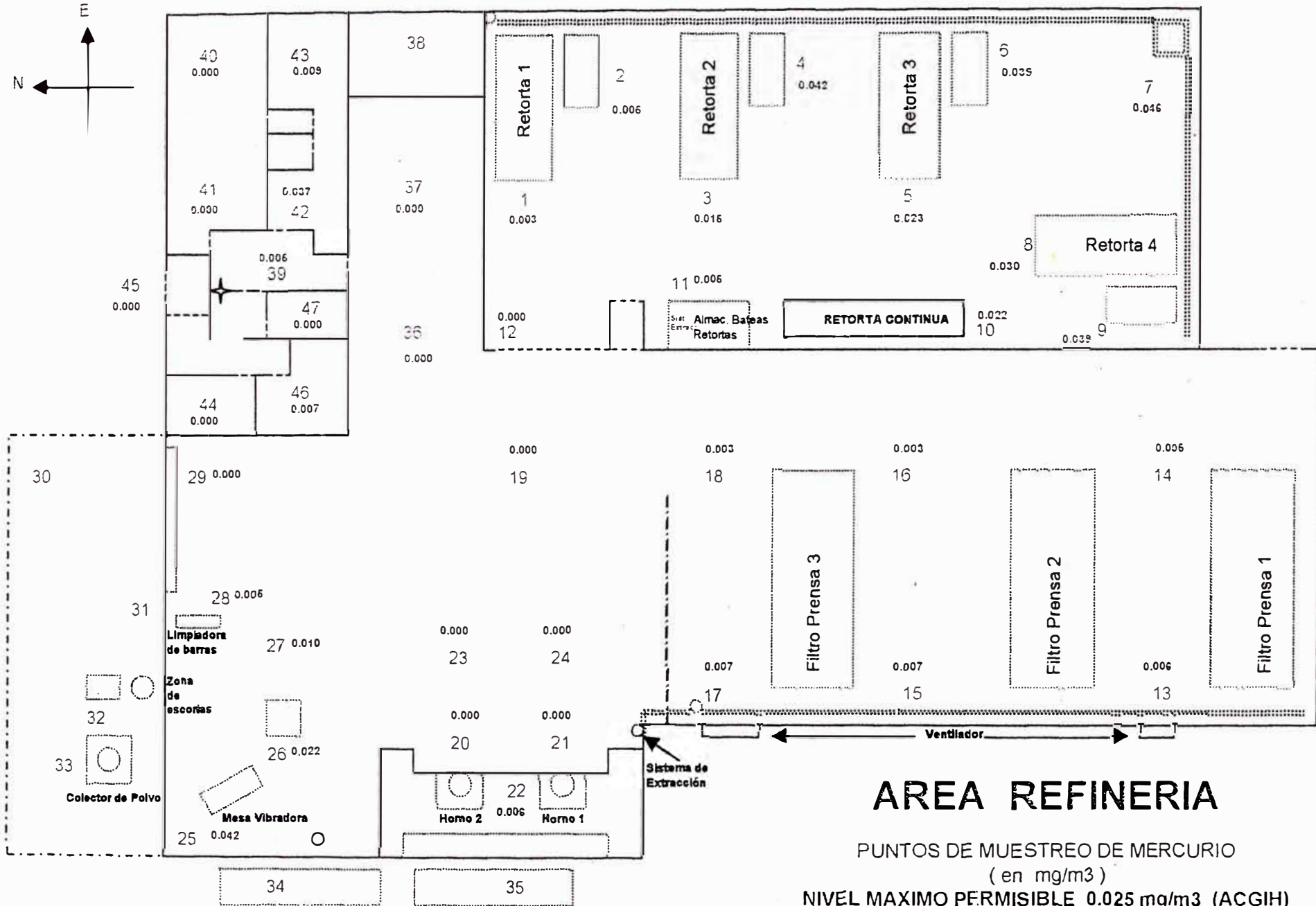
## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 (en mg/m<sup>3</sup>)  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>



## AREA 2do. NIVEL REFINERIA

PUNTOS DE MUESTREO DE MERCURIO  
 ( en mg/m<sup>3</sup> )  
 NIVEL MAXIMO PERMISIBLE 0.025 mg/m<sup>3</sup>





## DATOS GENERALES

Fecha : 06-07-00	Hora : 11:25 hrs
<b>EQUIPOS</b>	<b>EN OPERACION</b>
Retortas	Ninguno
Hornos	Ninguno
Filtros Prensa	# 1 ( <del>50°C</del> ), # 2 ( <del>50°C</del> ) <i>psi psi</i>
Equipos para Tratamiento de Escorias	Mesa vibradora
Aire Acondicionado	Todas
Sistemas de extracción	Todas
Ventiladores	Todas
Extractores	Si
Otras Actividades	