

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA



**INFORME DE INGENIERIA PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO**

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA
REFINERIA DE COBRE DE SOUTHERN PERU COPPER
CORPORATION - ILO”**

JOSE ISIDRO MARTINEZ MILLA

PROMOCION 80 I

LIMA - PERU
2000

INDICE

PROLOGO -----	02
---------------	----

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades -----	03
1.2 Ubicación del Estudio -----	05
1.3 Descripción del Producto -----	06

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS -----	09
----------------------------	----

2.1 Principios de Aire Comprimido -----	10
---	----

2.1.1 Definiciones Básicas -----	10
----------------------------------	----

2.1.2 Proceso de Compresión -----	13
-----------------------------------	----

2.2 Componentes del Sistema de Aire Comprimido -----	16
--	----

2.2.1 Compresoras de Aire -----	17
---------------------------------	----

2.1.1.1. Tipos de Compresores -----	18
-------------------------------------	----

2.2.2 Post Enfriador -----	31
----------------------------	----

2.2.3 Tanque Húmedo -----	32
---------------------------	----

2.2.4 Filtros de Aire -----	33
-----------------------------	----

2.2.5 Secadores de Aire -----	36
-------------------------------	----

2.2.6 Tanque Seco -----	40
-------------------------	----

2.2.7 Tuberías y Accesorios -----	41
-----------------------------------	----

2.2.7.1.1 Válvulas -----	41
--------------------------	----

2.2.7.1.2 Componentes para Control de Condensado --	41
---	----

2.2.7.1.3 Tuberías -----	43
--------------------------	----

2.3 Redes de Distribución de Aire Comprimido -----	44
--	----

2.3.1 Tipos de Redes de Distribución -----	44
--	----

2.3.1.1 Redes de Distribución Lineal -----	45
--	----

2.3.1.2 Redes de Distribución en Anillo -----	45
---	----

2.3.2 Dimensionamiento de Redes de Distribución -----	46
---	----

2.3.3 Fugas en Redes de Distribución -----	47
--	----

CAPITULO 3

DIAGNOSTICO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO DE LA REFINERÍA

3.1 Inspección General del Sistema de Aire Comprimido -----	49
3.1.1 Unidades Operativas -----	49
3.1.2 Equipos de Aire Comprimido -----	50
3.1.3 Levantamiento de Planos de la Red de Aire Comprimido--	52
3.2 Determinación y Ubicación de Puntos de Fuga de Aire -----	54

CAPITULO 4

REDISEÑO DEL SISTEMA

4.1 Determinación de Entrega de Aire Comprimido de Compresoras disponibles . -----	58
4.2 Cálculo del Caudal de Aire -----	63
4.3 Determinación del Consumo del Aire Comprimido por Areas -----	64
4.3.1 Taller de Equipos Móviles -----	66
4.3.2 Talleres de Mantenimiento -----	67
4.3.3 Taller de Maestranza (Aire Húmedo) -----	67
4.3.4 Limpieza de Cátodos-----	68
4.3.5 Planta de Purificación -----	69
4.3.6 Area de Enflejado -----	69
4.3.7 Taller de Maestranza (Aire Seco) -----	70
4.3.8 Planta Electrolítica -----	71
4.3.9 Planta de Anodos -----	71
4.3.10 Planta de Anodos – Hornos Maerz -----	72
4.3.11 Planta de Metales Preciosos -----	72
4.3.12 Hornos (Aire de Baja Presión) -----	73
4.3.13 Resumen de Consumo -----	74
4.4 Rediseño del Sistema -----	75

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

ANEXOS

PROLOGO

La refinería de Southern Perú Copper Corporation a la obtención de cobre electrolítico. La calidad de los cátodos la convierte en el centro productor de uno de los cobres de más alta fuerza en el mundo, cotizados en la bolsa de metales de Londres.

Este complejo metalúrgico inició sus operaciones con la puesta en marcha de la Planta de Anodos, inaugurada el 26 de abril de 1975 y de la planta, Electrolítica el 28 de Setiembre del mismo año.

El Informe está constituido por cinco capítulos donde se muestra el procedimiento del estudio del Rediseño del sistema del aire comprimido en la refinería.

El primer capítulo, Introducción, hace un enfoque de la organización de la Empresa, ubicación del estudio, descripción del producto. En el segundo capítulo, fundamentos teóricos, trata de enunciar los principios de aire comprimido, definiciones básicas y el proceso de compresión. En el capítulo tres se realiza el diagnóstico de la red del aire comprimido de refinería, levantamiento de planos del sistema.

En el capítulo cuatro, Rediseño del sistema, se determina el consumo de aire comprimido por diferentes áreas y el rediseño mismo del sistema. Capítulo cinco, estructura de costo de mantenimiento de equipos, costo de fugas del sistema de aire comprimido.

Finalmente las recomendaciones y las conclusiones del estudio y su implementación.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES.-

El Aire Comprimido esta considerado como una fuente de Proceso importante dentro de los Servicios Auxiliares de toda Planta Industrial que requiere de El para su operación.

Existen muchas Compañías en el mundo que invierten mucho dinero en la Generación de Aire Comprimido a través de Equipos Estacionarios o móviles de diferente índole, pero lo consideran equivocadamente siempre solo como un ente auxiliar dentro de su proceso y en consecuencia le demandan solo la necesaria atención dentro de sus Programas y Planes internos de Mantenimiento.

Para el caso de la Refinería de Southern Perú, cuya principal actividad es precisamente la de obtener Cobre Electrolítico, se diseño el Programa de Rediseño motivo del presente trabajo, encontrándonos con algunas sorpresas respecto a los ahorros que se han podido cuantificar en el mismo. Los gastos generales por Mantenimiento dedicados exclusivamente al Sistema Neumático alcanzan el orden de \$200,000 anuales, siendo casi un 1.5% del Gasto General de la Planta Completa y casi 3.5% del total de Gastos en que incurre solo el Area de Mantenimiento para toda la Refinería.

La Refinación Electrolítica consiste en obtener cobre de alta calidad y pureza y un subproducto en forma de lodo que contiene una mezcla de elementos valiosos como Au, Ag, Se y Te.

En la Refinación electrolítica, el ánodo de cobre se disuelve por la acción de corriente directa y se deposita en el cátodo (electrodo negativo) por acción de la misma corriente.

Tanto la precipitación de cobre puro desde la solución y la disolución de cobre desde el ánodo están gobernadas por las Leyes de Faraday:

“La cantidad de descomposición química producida por una corriente eléctrica, es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa a través de la solución”

“Las cantidades de diferentes sustancias depositadas, disueltas o descargadas por la misma cantidad de electricidad son proporcionales a sus equivalentes químicos”

Según las Leyes anteriores cuando 96500 coulombs (1 Faraday) pasa a través de un electrolito, libera o disuelve 1 Equivalente – gramo de una sustancia.

1.2 UBICACION DEL ESTUDIO

La Refinería de Cobre de Southern Perú Cooper Corporation, esta ubicada en la Pampa Caliche Km. 09 al norte del Puerto de Ilo, Distrito de Pacocha, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua.

Su construcción demandó una inversión superior a los 60 millones de dólares y se diseñó para producir 150,000 TM de cátodos de Cobre Electrolítico, con una Ley superior al 99.99% de pureza de Cobre.

La calidad de los cátodos la convierte en el Centro Productor de uno de los cobres de más alta pureza en el mundo cotizadas en la bolsa de metales de Londres (London Metal Exchange).

Este complejo Metalúrgico inició sus operaciones con la puesta en marcha de la Planta de Anodos inaugurada el 26 de Abril de 1,975 y de la Planta Electrolítica el 28 de Setiembre del mismo año.

La Refinería de Cobre es una realidad tanto en su aspecto tecnológico, que permite producir cátodos elogiados en los mercados mundiales altamente competitivos, tanto en el aspecto humano, contribuyendo a emplear y especializar a un Grupo significativo de trabajadores, así como el aspecto económico, que ha permitido a creación de una fuente generadora de divisas al Perú.

La Capacidad de Producción actual de la Refinería es de 275,000 T.M. de cátodos, superando largamente su capacidad instalada de diseño inicial.

1.3 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

La Refinería trata el Cobre ampolloso (blister) producido por la Fundición de Ilo también de propiedad de Southern Perú Copper Corporation, para obtener en principio ánodos de 99.70% de Cu que tengan ciertas características físicas y químicas, además de tamaño, forma y superficie lisa, para que puedan ser refinados en la Planta Electrolítica.

Composición Química del blister:

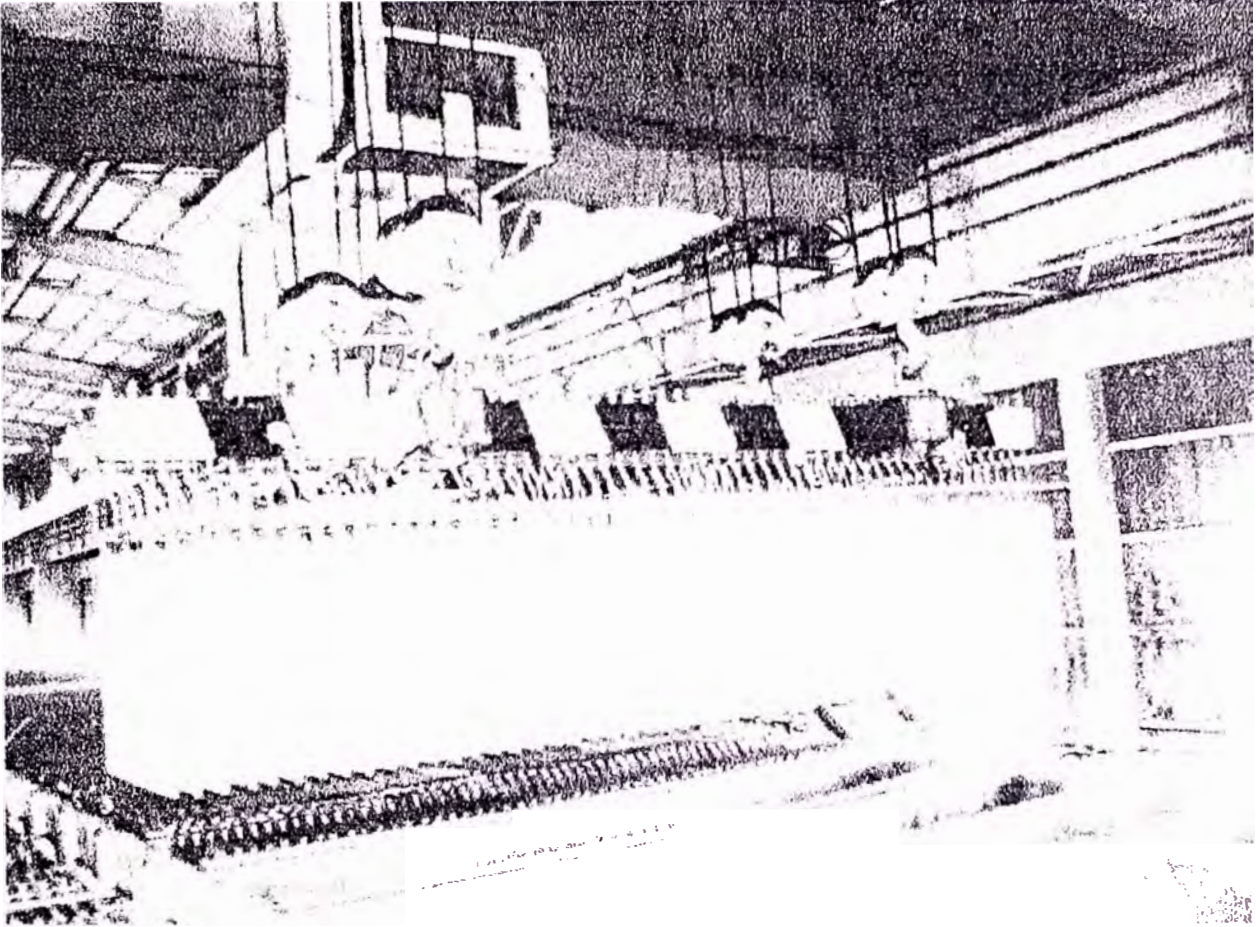
Cobre	Cu	99.265 %
Plata	Ag	0.0280
Oro	Au	0.000059
Azufre	S	0.0210
Oxígeno	O	0.3500
Plomo	Pb	0.0030
Estaño	Sn	0.0004
Hierro	Fe	0.0050
Níquel	Ni	0.0180
Bismuto	Bi	0.0040
Arsénico	As	0.0073
Antimonio	Sb	0.0033
Selenio	Se	0.0062
Teluro	Te	0.0092
Sílice	Si	0.0030
Zinc	Zn	0.0030
Otros		0.2771

Principales Equipos de Planta de Anodos:

2	Hornos Basculantes MAERZ
1	Rueda de Moldeo de 26 anodos
1	Sistema de enfriamiento de Anodos
1	Prensadora de Anodos
1	Grúa Puente de 25/10 TM de carga
1	Grúa Tllescópica de 10TM para blister
1	Caldera Recuperadora de Calor Residual
1	Sistema Compresor de Aire (Alta Presión)
1	Sistema Compresor de Aire (Bja Presión)
1	Equipo Electrógeno de Emergencia
1	Sistema de Enfriamiento de agua
2	Autocargadora DANGO para blister
	Montacargas de 2, 4, 6 y 10 TM

Principales Equipos de Planta Electrolítica:

1	Máquina Receptora y Espaciadora de Anodos
1	Máquina Preparadora de Láminas de Arranque
1	Máquina Deslaminadora de Planchas Madres
1	Máquina Lavadora y Descargadora de Cátodos
1	Máquina Enflejadora de Paquetes de Cátodos
4	Grúas Puente de 30/5 tons P&H
1,300	Celdas de Electrodeposición Electrolítica
43	Bombas DURCO para Electrolito
2	Rectificadores de Corriente de 30 KA cada uno
3	Montacargas de 6 Tons
1	Montacargas de 10 Tons
2	Montacargas de 4 Tons
1	Planta de Purificación de Electrolito
	Tanques de Electrolito



TREN DE CATODOS DE
ALTA PUREZA 99,99% Cu
EN EL MOMENTO QUE SON
EXTRAIDOS DE LAS
CELDAS ELECTROLITICAS

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 PRINCIPIOS DE AIRE COMPRIMIDO

2.1.1 DEFINICIONES BASICAS

Consideramos importante reconocer los términos más utilizados en los Sistemas de Aire Comprimido para un mayor entendimiento del proceso.

PRESION

Presión es la fuerza ejercida en una área determinada y puede darse de varias formas como son:

- **Presión a Nivel Molecular.**

Es la presión que se desarrolla entre los electrones.

- **Presión Atmosférica.**

Es la presión ejercida por la atmósfera sobre la tierra.

- **Presión Manométrica.**

Presión Indicada por el Manómetro. (Diferencia de Presión entre el Sistema y la Atmósfera)

- **Presión Absoluta.**

Presión del sistema resultado de la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica.

HUMEDAD

Humedad Absoluta y Relativa

Vapor de agua presente en el aire ambiente

Puede medirse en términos Absolutos (masa) o Relativos (% presiones)

PUNTO DE ROCIO

Temperatura a la cual la humedad en el aire se condensa (R.H=100%)

CAPACIDAD

- **CFM.**

Es una unidad que sirve para medir cuantos pies cúbicos de aire pasan en un minuto, también existen otras medidas como son: M³/hr, CF/día, M³/min.

- **DESPLAZAMIENTO DEL PISTON**

Es la cantidad de aire desplazado por el pistón

- **ACFM.**

Cantidad de aire disponible en las condiciones del lugar de trabajo

- **SCFM.**

El aire a condiciones ambientales teóricas (14,5 psi; 60 F y 0% Hr), usualmente se utiliza para tener como patrón, para indicar el aire requerido por herramientas y equipos neumáticos.

- **EFICIENCIA VOLUMETRICA**

$$\eta_{vol} = ACFM / PD$$

Es la relación entre el volumen de aire que sale del compresor (que efectivamente pasa por las válvulas) y el volumen que barre el pistón.

POTENCIA

- **Potencia teórica.** Es la potencia requerida, de acuerdo con un proceso teórico, para llevar a cabo el proceso de compresión.
- **Potencia del gas.** Es la potencia requerida para comprimir y entregar el gas. Incluye las pérdidas termodinámica, por escapes y fricción.

- **Potencia al freno.** Es la potencia requerida en el acople de la máquina. Tiene en cuenta todas las pérdidas de la máquina.
- **Potencia específica.** Es la potencia al freno requerida para comprimir 100 CFM. $BHP / 100 \text{ CFM}$. Puede tomarse como una medida de la eficiencia del proceso de compresión.
- **Potencia Nominal y Factor de Servicio.** Es la potencia total que se dispone de un motor, el cual resulta de la suma de la potencia de placa por el factor de servicio.
- **Eficiencia Teórica.** Es la eficiencia del proceso real de compresión comparado con un proceso teórico.

2.1.2 EL PROCESO DE COMPRESIÓN

El proceso de compresión consiste en atrapar una cantidad de aire y desplazarla a una determinada área, el resultado de este proceso es la elevación de presión y temperatura, por lo cual el proceso de compresión es un proceso exotérmico.

La compresión se realiza con diversos propósitos, entre los cuales están los siguientes:

- Transmisión de potencia.
- Alimentación un proceso de combustión.
- Transporte y distribución de gas.
- Hacer circular un gas a través de un proceso o sistema.
- Obtención de condiciones más favorables en una reacción química
- Obtención y mantenimiento de niveles de presión reducidos mediante la remoción de gases del sistema.

METODOS DE COMPRESION

Se utilizan cuatro métodos para comprimir un gas. Dos son de *flujo continuo* y dos de *flujo intermitente*. Estos métodos consisten en:

a.- Desplazamiento Positivo (Flujo Intermitente)

- Atrapar cantidades consecutivas de un gas en una cámara, reducir el volumen (Incrementando así la presión) y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.
- Atrapar cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y, comprimir el gas por contraflujo del sistema de descarga. Finalmente, empujar el gas comprimido fuera de la cámara.

b.- Flujo Continuo

Compresores Dinámicos

- Comprimir el gas por la acción mecánica de un impulsor o rotor con paletas en rápida rotación, el cual imparte velocidad y presión al gas que está fluyendo (la velocidad y presión en difusores estacionarios o paletas).

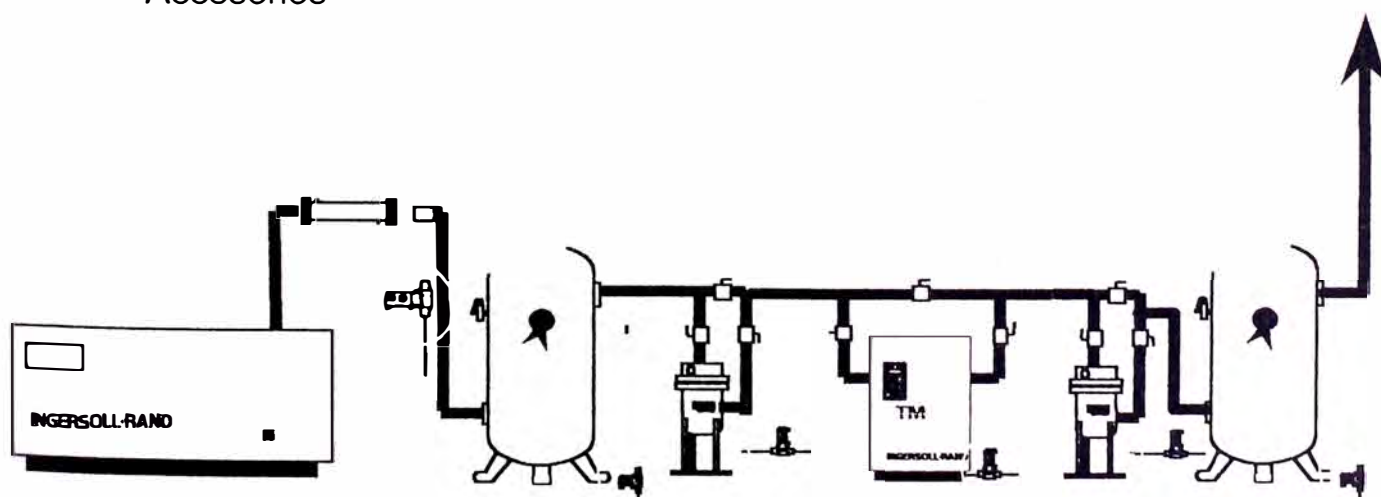
Eyectores

- Utilizar un chorro de gas o vapor que arrastre el gas a comprimir para luego convertir la alta velocidad de la mezcla en presión en un difusor localizado corriente abajo. Los eyectores normalmente operan con una presión de admisión inferior a la atmosférica.

2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Todos los componentes en un sistema de aire comprimido deben ser diseñados para maximizar la eficiencia y minimizar las pérdidas.

- Compresor
- Post-enfriador
- Tanque Húmedo
- Pre-Filtro
- Secador
- Post- Filtro
- Tanque Seco
- Accesorios



2.2.1 COMPRESORES DE AIRE

Un compresor básico consta de una etapa de compresión la cual esta a su vez constituida por uno ó más elementos básicos; sin embargo muchas aplicaciones involucran condiciones que están fuera de la capacidad practica de una sola etapa, debido a que se presenta una relación de compresión (relación entre las presiones absolutas de descarga y de admisión) muy alta, lo cual puede causar una temperatura de descarga excesiva u otros problemas de diseño. En estos casos se hace necesario utilizar dos o mas etapas de compresión. Normalmente el gas es enfriado entre etapas para reducir su temperatura y volumen antes de entrar a la siguiente etapa; el enfriamiento aumenta también la eficiencia del proceso de compresión.

A continuación se introducen los principios de operación de los principales tipos de compresores.

2.1.1.1 TIPOS DE COMPRESORES

Los principales tipos de compresores se clasifican como se indica en la figura y se definen a continuación:



□ De Desplazamiento Positivo (Flujo Intermitente)

Son aquellas en las cuales volúmenes sucesivos de gas son confinados dentro de un espacio cerrado y elevados a una mayor presión.

- Compresores Reciprocantes

1.1 GENERALIDADES.-

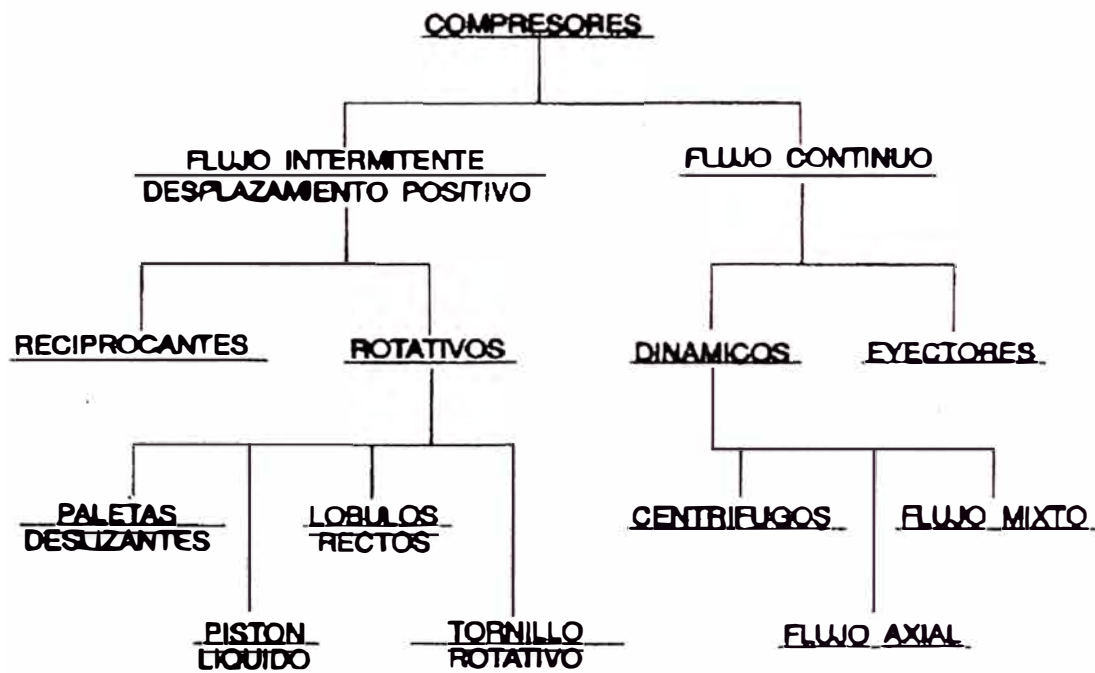
El Aire Comprimido esta considerado como una fuente de Proceso importante dentro de los Servicios Auxiliares de toda Planta Industrial que requiere de El para su operación.

Existen muchas Compañías en el mundo que invierten mucho dinero en la Generación de Aire Comprimido a través de Equipos Estacionarios o móviles de diferente índole, pero lo consideran equivocadamente siempre solo como un ente auxiliar dentro de su proceso y en consecuencia le demandan solo la necesaria atención dentro de sus Programas y Planes internos de Mantenimiento.

Para el caso de la Refinería de Southern Perú, cuya principal actividad es precisamente la de obtener Cobre Electrolítico, se diseño el Programa de Rediseño motivo del presente trabajo, encontrándonos con algunas sorpresas respecto a los ahorros que se han podido cuantificar en el mismo. Los gastos generales por Mantenimiento dedicados exclusivamente al Sistema Neumático alcanzan el orden de \$200,000 anuales, siendo casi un 1.5% del Gasto General de la Planta Completa y casi 3.5% del total de Gastos en que incurre solo el Area de Mantenimiento para toda la Refinería.

2.1.1.1 TIPOS DE COMPRESORES

Los principales tipos de compresores se clasifican como se indica en la figura y se definen a continuación:

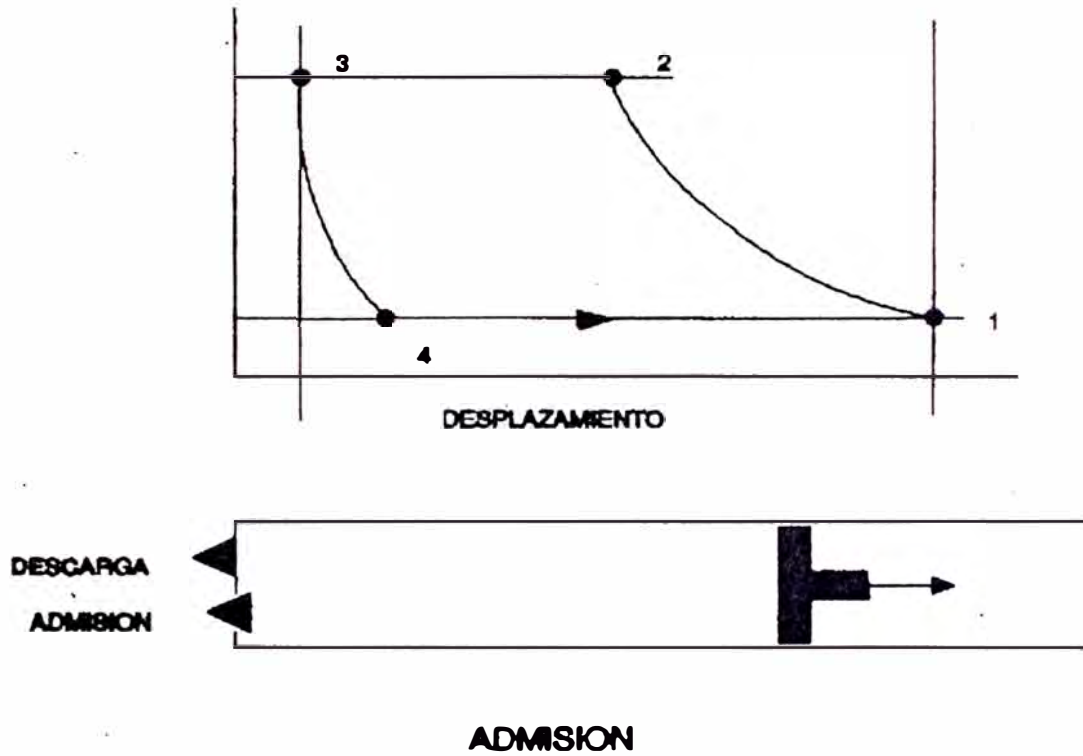


□ De Desplazamiento Positivo (Flujo Intermitente)

Son aquellas en las cuales volúmenes sucesivos de gas son confinados dentro de un espacio cerrado y elevados a una mayor presión.

Compresores Reciprocantes

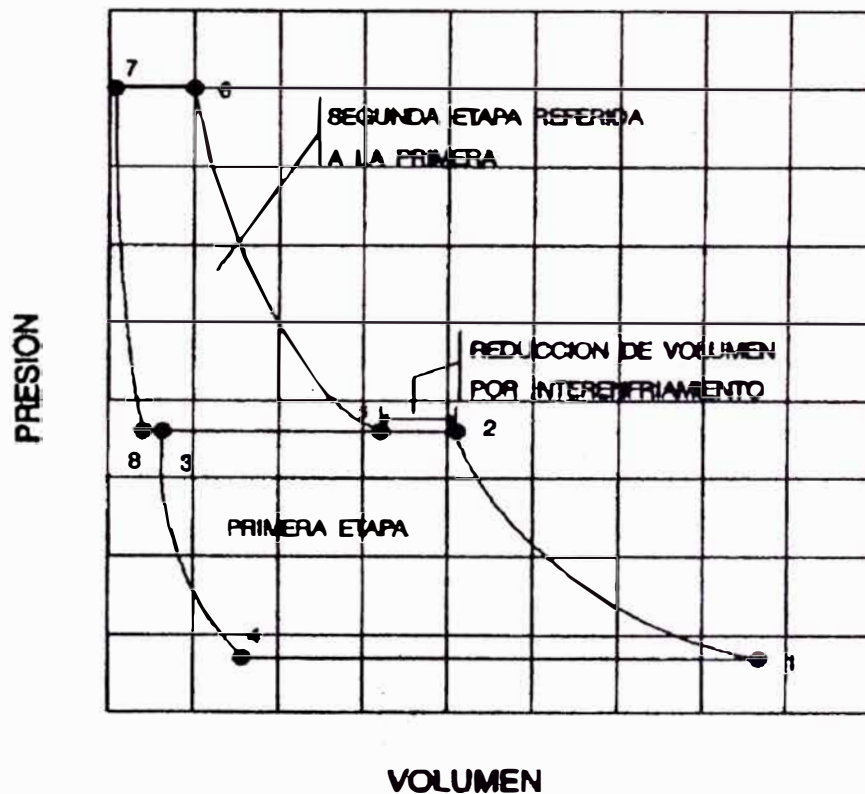
Los compresores recíprocos están compuestos básicamente por un cilindro dentro del cual el gas es comprimido por un pistón que efectúa un movimiento recíprocante en dirección axial.



El aumento de presión se consigue mediante una reducción de volumen la admisión y la descarga del gas se hacen a través de válvulas automáticas, las cuales se abren únicamente cuando existe una presión diferencial adecuada a través de la válvula. Las válvulas de admisión se abren cuando la presión en el cilindro es ligeramente menor que la presión de admisión. Las válvulas de descarga se abren cuando la presión en el cilindro está un poco por encima de la presión de descarga.

En un compresor recíprocante de dos etapas, los cilindros están proporcionados de acuerdo con la relación de compresión total; la segunda etapa es más pequeña que la primera debido a que el gas, habiendo sido parcialmente comprimido y enfriado, ocupa menos volumen que en la primera etapa de admisión.

Observando el diagrama PV del gráfico las compresiones antes de empezar la compresión son los puntos 1 y 5 para la primera y segunda etapa respectivamente.



Después la compresión de los puntos 1 y 6, y después de la descarga los puntos 3 y 7. La expansión del aire atrapado en el espacio muerto a medida que el pistón se regresa no lleva a los



puntos 4 y 8 y en la carrera de admisión los cilindros son llenados nuevamente; el ciclo se repite a partir de los puntos 1 y 5.

Aplicaciones :

- Soplado de Botellas PET/PEN
- Aire de Alta Presión para servicios
- Aire de Instrumentación
- Separación de Aire
- Soplado de Cenizas
- Aire para arranque de Turbinas de Gas
- Gases Especiales
- Ambientes Hostiles, etc. .

INGERSOLL RAND cuenta con la línea de compresores recíprocos de los siguientes tipos:

Modelos	Presión Máxima (PSIG)	Potencia (HP)
Tipo T30	175	30
Compresores XLE	500	2000
Compresores PHE	650	350
Booster	1500	400

Compresores Rotativos de Desplazamiento Positivo

Son máquinas en las cuales la compresión y el desplazamiento son efectuados por la acción de desplazamiento de elementos que están en rotación.

Compresores de Tornillo Rotativo o de Lóbulos Helicoidales

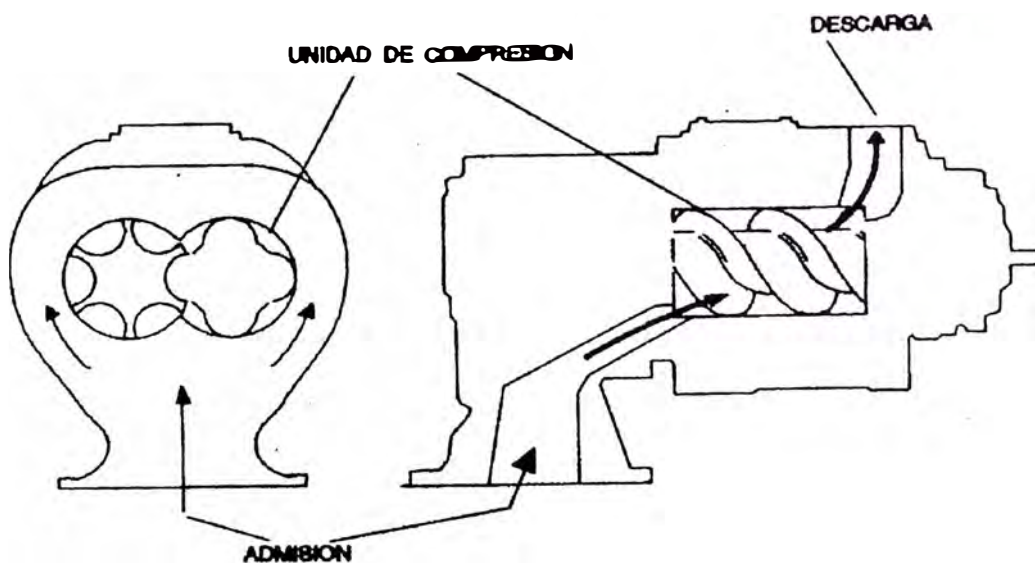
Son maquinas en las cuales los rotores de forma helicoidal encajados entre sí, comprimen y desplazan el gas.

Esta maquina esta constituida por una unidad de tornillo rotativo de desplazamiento positivo con dos rotores helicoidales (o tornillos rotativos) que comprimen el gas entre las cámaras de los lóbulos helicoidales encajados en la carcasa. El elemento básico es la carcasa con su ensamble de rotores los lóbulos en los rotores no son idénticos. El rotor macho ó guía (rotor principal) tiene una forma que coincide en la cavidad del rotor hembra ó guiado al rededor del 85 al 90% de la potencia es utilizada por el rotor principal, el guiado requiere entre 10 a 15% a los sumo hay dos tipos de mecanismos de tornillo rotativo: Uno utiliza piñones acoplados para mantener los dos rotores en fase todo el tiempo: esta fase no requiere lubricación y el sello se consigue mediante tolerancias ajustadas. El segundo tipo usa un baño de aceite a lo largo de la máquina para lubricar, sellar y refrigerar el gas comprimido; en este tipo de mecanismos los piñones acoplados generalmente son omitidos. Estas unidades tiene compresión interna: La relación de compresión esta

determinada por la localización de los bordes de las entrantes, la abertura de descarga y el ángulo del enrollamiento en los lóbulos. No hay válvulas.

Usualmente el rotor principal tiene menos lóbulos que el guiado y por lo tanto opera a mayor velocidad, los diseños varían en el ángulo de hélice y en el contorno de los lóbulos.

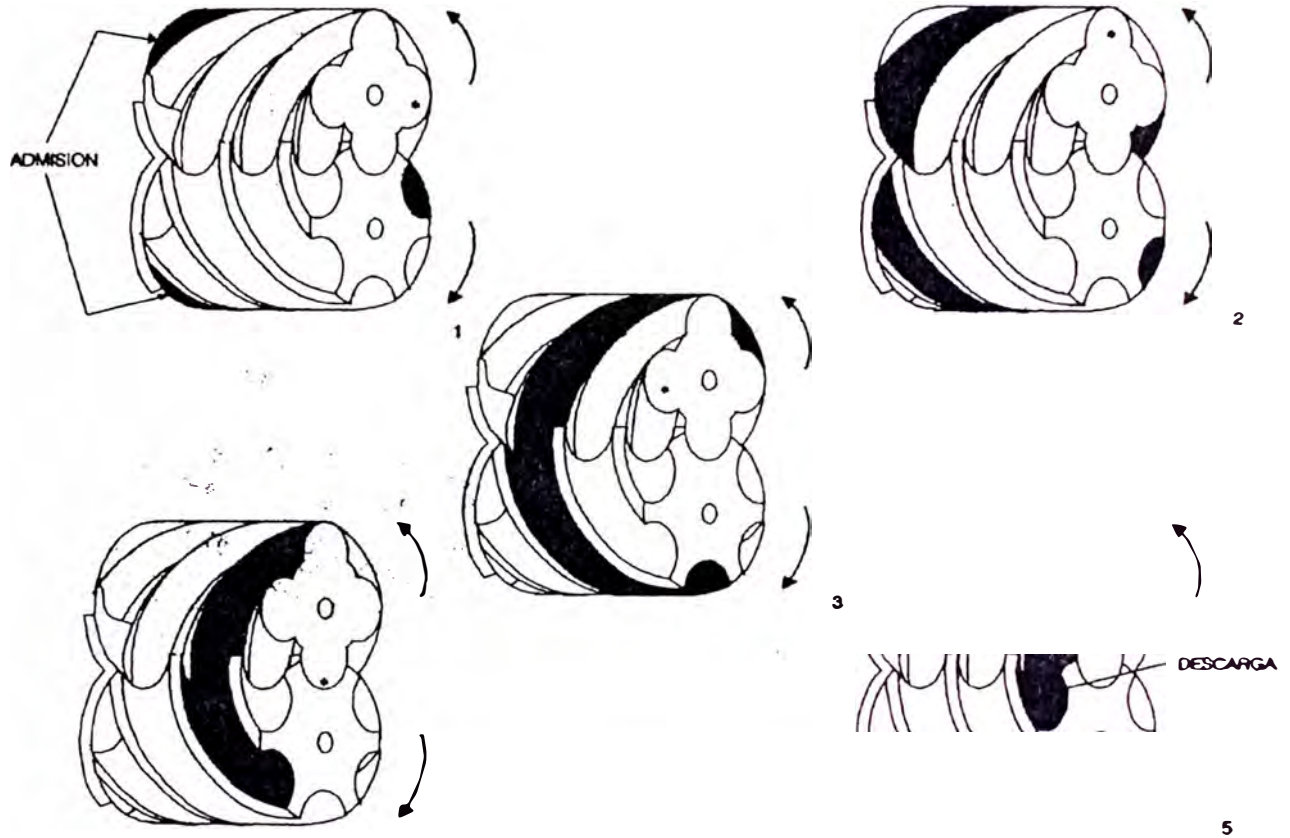
La figura ilustra dos secciones transversales, mostrando en la sección radial el área de admisión en un extremo: La sección longitudinal muestra el flujo del gas a lo largo de la máquina.



En la siguiente figura, las porciones sombreadas muestran que el gas ha sido comprimido, paso a paso considerando una sola de las cámaras formadas entre los rotores y la carcasa durante una revolución completa del rotor principal.

1. La cámara del rotor guiado está totalmente abierta y se llena con el gas de admisión. La cámara del rotor principal esta abierta hacia la admisión, pero todavía no esta lleno en su totalidad.
2. La cámara del rotor guiado se ha cerrado y la cámara del rotor principal se ha llenado, aunque aún está abierta hacia la admisión.
3. Los lóbulos se han entrelazado, las cámaras que casan se juntan y comienzan a disminuir su volumen.
4. Las cámaras espirales se hacen más pequeñas . El gas se comprime a medida que es llevado en dirección axial hacia el extremo de descarga. A lo largo de la secuencia de 1 a 4 la cubierta del extremo de descarga ha estado sellando la cámara.

5. La abertura de descarga se descubre y el gas comprimido es entregado al sistema.



Mientras esto ocurre con una cámara, las demás están siguiendo el mismo ciclo.

El diagrama PV es similar al del compresor recíprocante para el caso en el cual la relación de compresión es igual a la del diseño. El efecto en la eficiencia es pequeño para un intervalo más bien amplio de relaciones de compresión.

Es posible tener doble etapa haciendo un arreglo de dos unidades de compresión en serie. Ocasionalmente las dos etapas están en la misma carcasa comunicadas por conductos internos.

Compresores de Paletas Deslizantes

Son maquinas rotativas en las cuales paletas auxiliares se deslizan radicalmente en un rotor excéntrico montado en una carcasa cilíndrica. El gas atrapado entre las paletas es comprimido y desplazado.

Compresores de Pistón Líquido

Son maquinas rotativas en las cuales agua o cualquier otro líquido hace las veces de pistón para comprimir y desplazar el gas que se maneja.

Compresores de Lóbulo Recto

Son maquinas en las cuales dos impulsores rotativos de lóbulos rectos encajados atrapan el gas y lo trasladan desde la admisión hasta la descarga. En estos no hay compresión interna; el aumento de presión se debe al contraflujo.

Aplicaciones:

- Cementeras
- Minería
- Textiles
- Plásticos
- Alimentos
- Bebidas
- Automotriz
- Aeronáutica
- Metalmecánica
- Aire de Planta
- Industria Farmacéutica
- Electrónica
- Aire de Instrumentación
- Aire de Proceso
- Hidroeléctricas, etc.

Por Ejemplo INGERSOLL RAND cuenta con la línea de compresores rotativos de los siguientes tipos:

Modelos	Presión Máxima (PSIG)	Potencia (HP)
Compresores ESP	125	30
Compresores Jaguar	125	30
Compresores SE	200	50
Compresores SSR	165	450
Compresores SSR 02 Etapas	200	500
Compresores SIERRA *No Lubricado	150	400

□ Flujo Continuo

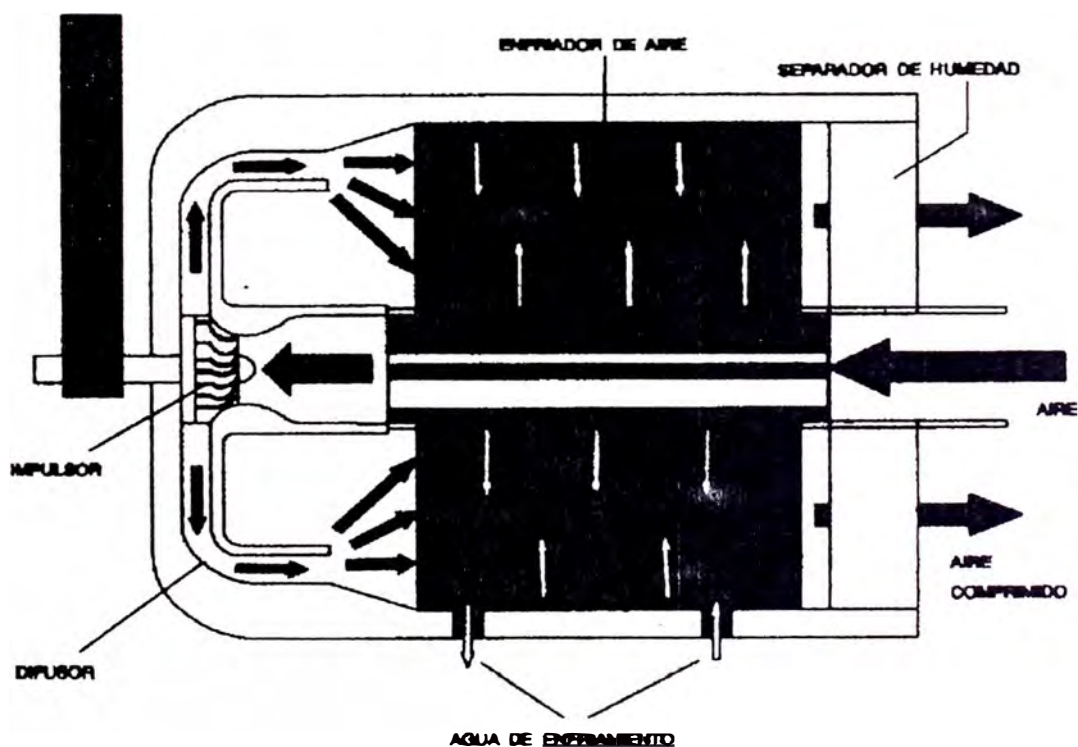
Compresores Dinámicos

Son máquinas rotativas en las cuales un impulsor en rápida rotación acelera el gas que pasa a través de este; la cabeza de velocidad es convertida en presión, parcialmente en el elemento rotativo y parcialmente en los difusores estacionarios o paletas.

Los compresores dinámicos no requieren lubricación interna y pueden suministrar gas libre de aceite.

Compresores Centrífugos

El compresor centrífugo tiene un impulsor con aletas radiales. El gas es inducido a pasar a través del impulsor por acción de las aletas del rotor, las cuales giran rápidamente, impartiendo energía cinética al gas. La velocidad así generada se convierte en presión, parcialmente en el impulsor y parcialmente en los difusores estacionarios que siguen corriente abajo. La siguiente figura ilustra un compresor centrífugo típico .



Es hora de anotar su sencillez; esta puede ser la máquina más simple del mercado hoy día. Su diseño, basado en pocas partes en movimiento asegura una operación confiable y una larga vida útil.

Los compresores centrífugos de varias etapas utilizan dos o más impulsores dispuestos para operar en serie, cada uno provisto de un difusor radial, y conectados mediante inter-enfriadores, los cuales remueven el calor de compresión entre etapas para optimizar la eficiencia.

Aplicaciones

Minería

Petroquímica

Textil

Cemento

Bebidas, etc.

En este caso INGERSOLL RAND cuenta con la línea de compresores centrífugos siguientes:

Modelos / Varios	Presión Máxima (PSIG)	CAUDAL DE AIRE CFM
CENTAC	05-500	1500-30,000

Compresores Axiales

Son máquinas en las cuales el gas se acelera y desacelera por acción conjunta de paletas móviles montada sobre un rotor y paletas fijas montados sobre un estator; este cambio continuo de momento genera un aumento en la presión. El flujo principal es axial.

Compresores de Flujo Mixto

Son maquinas con un impulsor que combina características de los tipos centrífugos y axial.

2.2.2 POST ENFRIADOR

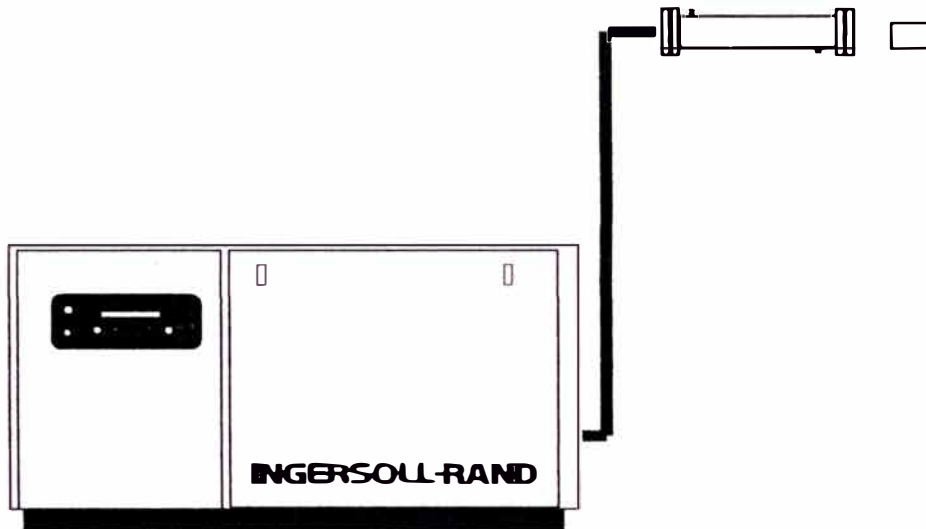
Debido al proceso de compresión (proceso exotérmico), el aire que sale de su ultima etapa tiene una alta temperatura por lo si el proceso lo requiere debe de usarse un Post-Enfriador.

El post-enfriador permite reducir la temperatura de salida de aire.

Reducción Típica: 05-25°F (9-13°C) por encima del ambiente o medio refrigerante.

Ventajas:

Remueve aproximadamente 60% de la humedad presente en el aire. Garantiza que la temperatura del aire en la tubería no presente un peligro debido a que en los compresores reciprocantes la temperatura puede llegar a 370° F y en los compresores de tornillo a 290° F.



2.2.3 TANQUE HUMEDO

El Tanque Húmedo garantiza que haya una reserva de aire para el sistema y evita que el compresor cicle muy frecuentemente.

Ventajas:

- Actúa como estanque de calor para bajar la temperatura.
- Aumenta la vida del compresor
- Amortigua pulsaciones

partículas más pequeñas, pero también presentarán restricción al flujo de aire.

Usos:

Se utiliza a la entrada de los equipos de instrumentación, secadores refrigerados, a la salida de los secadores regenerativos.

INGERSOLL RAND cuenta con el tipo PC DE 10 A 12000 cfm, Contenido de aerosoles líquidos de 05 ppm w/w y de partículas de 1.0 μ m

- **Filtros del tipo Coalescente.**

Filtros que emplean el principio de impacto inercial o de coalescencia, donde las partículas de diferentes tamaños actúan de manera diferente en una corriente de aire. Las partículas suficientemente grandes decantan por su propio peso, las partículas más pequeñas o aerosoles permanecen suspendidas en la corriente de aire.

Usos:

Se utiliza a la entrada de los secadores regenerativos, para atrapar los aerosoles de aceite en la línea de aire comprimido.

INGERSOLL RAND cuenta con el tipo CHE de 5 a 12,000 CFM, pueden atrapar contenido de aerosoles líquidos de 0.001 ppm w/w y partículas de 0.001 μ m

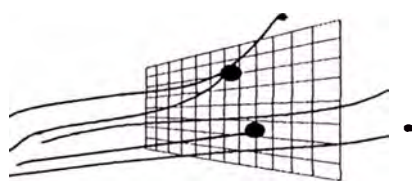
- **Filtros de Vapores ó Absorción.**

El proceso de adsorción comprende la adhesión de las moléculas de contaminante a la superficie de un absorbente poroso con una relación superficie a volumen, operan muy efectivamente en esta clase de filtrado.

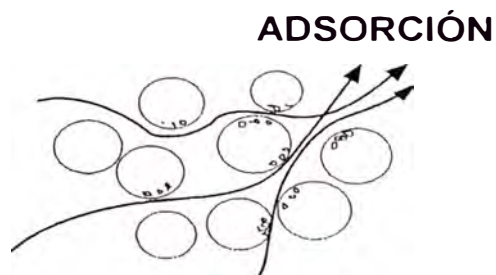
Usos:

Diseñados para remover todos los vapores, olores y sabores orgánicos presentes en la corriente de aire.

INGERSOLL RAND cuenta con el tipo AC filtro de carbón activado con capacidad de 5 a 1890 CFM remueven vapores de Hidrocarburo hasta 0.003 ppm w/w



INTERCEPCIÓN



Ventajas del uso de los filtros de aire comprimido.

- Mantiene limpias las tuberías de aire dentro del secador y evita la contaminación del desecante si es del tipo regenerativo.

Desventajas

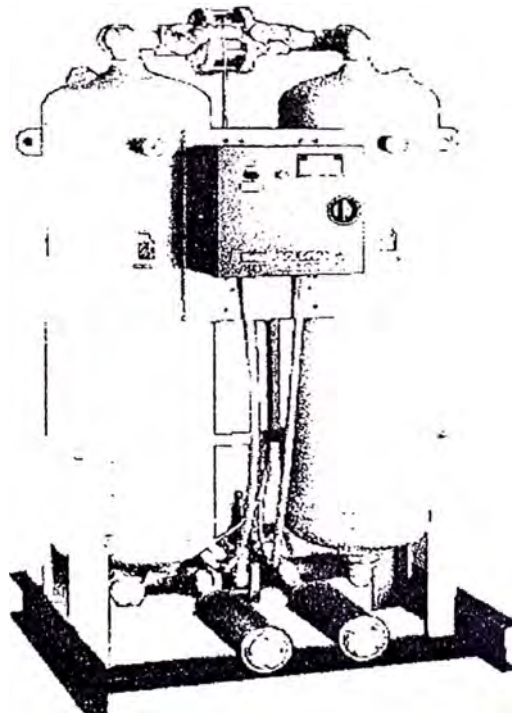
- Caída de presión adicional.
- Mantenimiento adicional.

2.2.5. SECADORES DE AIRE

El secador tiene como propósito reducir el contenido de humedad del aire.

Ventajas :

- Combinado con el postenfriador, el contenido de humedad en a línea de aire se reduce en más de 90% de la humedad del aire.
- Menores requisitos de mantenimiento de equipos neumáticos.
- Mejor calidad del aire.



Contenido de Humedad en el Aire Comprimido

Entre más bajo el Punto de Rocío requerido en el sistema de aire comprimido más alto será el costo del equipo así como su operación para asegurar ese punto de rocío.

Una reducción de Temperatura de 20°F (11°C) condensa la mitad del contenido de vapor en aire saturado.

Un aumento de Temperatura de 20°F (11°C) duplica la capacidad del aire para contener de vapor de agua.

TIPOS DE SECADORES

1. Secadores Refrigerados
2. Secadores Regenerativos
3. Secadores Deliquescentes

Secadores Refrigerados

Ventajas :

- Bajo Costo de Operación
- Bajo mantenimiento
- Operación Simple, mínimas partes en movimiento
- Alta confiabilidad
- Bajo Costo Inicial

Desventajas :

- Mínimo Punto de Rocío es 33°F

Por Ejemplo INGERSOLL RAND cuenta con las siguientes líneas:

Tipo	Modelos	Capacidad CFM
Secadores de Expansión Directa	SDR	5 - 35
Secadores de Expansión Directa	DXR	35 - 30000
Secadores de Masa Térmica	TM	200- 30000

- Secadores Regenerativos

Tipos

a.- Sin Calor

Ventajas

- Alta confiabilidad
- Excelente control del punto de rocío
- Alta duración del desecante
- Bajo mantenimiento
- No requiere fuente de calor externa

Desventajas

- Alto uso de aire para purga.

b.- Con Calor

Ventajas

- Bajo aire de purga

Desventajas

Puntos calientes en el lecho desecante.

Requiere válvulas de alta temperatura.

Picos de temperatura.

Picos de puntos de rocío.

Degradación del desecante.

Alto mantenimiento.

INGERSOLL RAND cuenta con las siguientes líneas:

Tipo	Modelos	Capacidad CFM
Calor Externo y Soplador	EHDB	12000
Calor Externo	EHD	3300
Sin Calor	HRM	200
Sin Calor	HMD	385
Sin Calor	HRD	3250
Calor de Comprensión	CHD	4900

- Secadores Deliquescentes

Ventajas

- Bajo Costo Inicial
- Bajo Costo de operación
- Operación Simple, no existen partes en movimiento.
- Funciona mejor en climas fríos

Desventajas

- Disminución del Punto de Rocío de 15-20 °F máximo
- Reemplazo constante de las tabletas de sal
- Condensado corrosivo
- Puede haber arrastre de solución salina
- Problemas de deshecho del condensado

Sistemas de Enfriamiento

Tipos

- Sistema Directo del Acueducto
- Torre Evaporativa de Enfriamiento Abierta
- Sistema de Fluido Seco Cerrado
- Sistema Evaporativo Cerrado

INGERSOLL RAND cuenta con los siguientes tipos de sistemas:

- Sistema de Fluido Seco Cerrado: Modelo Ace
- Sistema Evaporativo Cerrado modelo Ace Cooler

TANQUE SECO

El Tanque Seco suministra una reserva de aire limpio para cumplir con las demandas del sistema.

Ventajas

- Dimensionado e instalado correctamente minimiza las fluctuaciones de presión en la línea
- Evita que los picos de demanda de aire sobrecarguen el equipo de tratamiento.

2.2.7 TUBERIAS Y ACCESORIOS

2.2.7.1 VALVULAS

Válvulas de Compuerta

- No fueron diseñadas para uso con Aire
- No proporcionan el sello adecuado
- Restricción
- Se pueden trabajar encerrado

Válvulas de Mariposa

- Son adecuadas para usar con aire
- Fáciles de instalar

Válvulas de Bola

Válvulas Tipo Globo

2.2.7.2 COMPONENTES PARA MANEJO DE CONDENSADO

Trampas

Drenajes Manuales

- Bajo costo.
- Potencial inoperancia.

Drenajes Automáticos

Tipo Flotador.

- Bajo costo inicial.
- Alto mantenimiento.
- Se puede atascar o congelar.

Tipo Válvula Solenoide con temporizador.

- Confiables
- No son reguladas por la demanda pueden desperdiciar aire.

Drenajes Electrónicos / Neumáticos controladas por demanda.

- El más alto costo inicial
- Los menores requisitos de mantenimiento.
- La mayor confiabilidad.
- No se desperdicia aire comprimido.

INGERSOLL RAND cuenta con toda una línea de sistemas de drenaje mecánicos ,automáticos y electrónicos.

Conducción del Condensado

Línea Múltiple

- Menor costo inicial
- Riesgo de Reflujos de condensado

Líneas Independientes

- Mayor costo inicial
- Elimina riesgos de reflujo de condensado
- Facilita la realización de un diagnóstico.

Separación

- Regulaciones Ambientales
- Fluidos Biodegradables

2.2.7.3 TUBERIAS

Requisito mínimo es Acero Schedule 40 que pueda resistir la presión, calor, etc...

Materiales:

El tipo de tubería fabricada en material plástico jamás debe utilizarse debido a que se abre, reacciona con los fluido, no soporta el calor. Además debemos considerar que el aire comprimido es explosivo.

Galvanizado el inconveniente es que a veces se cae el recubrimiento.

Acero Inoxidable el inconveniente es que es costoso para comprar y trabajar.

Cobre es fácil de trabajar pero también es costoso.

Líneas Independientes

- Mayor costo inicial
- Elimina riesgos de reflujo de condensado
- Facilita la realización de un diagnóstico.

Separación

- Regulaciones Ambientales
- Fluidos Biodegradables

2.2.7.3 TUBERIAS

Requisito mínimo es Acero Schedule 40 que pueda resistir la presión, calor, etc...

Materiales:

El tipo de tubería fabricada en material plástico jamás debe utilizarse debido a que se abre, reacciona con los fluido, no soporta el calor. Además debemos considerar que el aire comprimido es explosivo.

Galvanizado el inconveniente es que a veces se cae el recubrimiento.

Acero Inoxidable el inconveniente es que es costoso para comprar y trabajar.

Cobre es fácil de trabajar pero también es costoso.

Aluminio Extruído es fácil de trabajar y modificar, mucho menos costoso que el acero inoxidable pero no resiste ambientes químicos.

INGERSOLL RAND cuenta con la línea Simplair que es un sistema modular de Tubería de Aluminio ANODIZADO. Ideal para sistemas de distribución de aire comprimido y estaciones de trabajo.

2.3 REDES DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO.

Las redes de distribución se encargan de llevar el aire comprimido desde los compresores hasta los usuarios finales estos pueden ser desde una llave de impacto hasta una forja o prensa.

Las redes de distribución se pueden clasificar en:

- Red de distribución primaria - "Troncal"

Distribuye el aire en toda la planta. Se busca siempre contar con un sistema homogéneo

- Red de distribución secundaria - "Tomas"

Traen el aire de la troncal a los usuarios individuales. Cada toma es específica para un usuario dado.

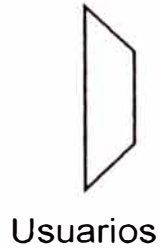
2.3.1 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución de aire son de dos tipos básicos:

- Sistemas Lineales ("flauta")
- Sistemas Cerrados (anillo)

2.3.1.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN LINEAL

Producción
de Aire



U1 U2 U3 U4 U5

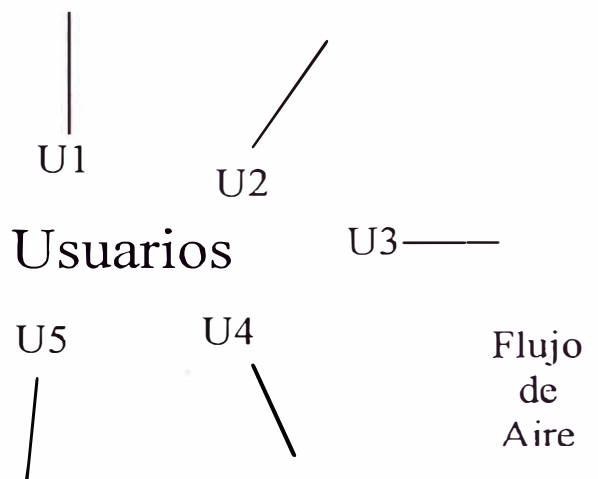
Desventaja

U5 - Debe esperar hasta que U1 a U4 tomen aire de la línea antes de recibir su aire

2.3.1.2 REDES DE DISTRIBUCION EN ANILLO

Los Usuarios pueden tomar aire de cualquier dirección

Producción
de Aire



2.3.2 DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION

Los parámetros principales para el dimensionamiento de la red son los siguientes:

- Flujo
- Presión
- Longitud

El Ideal de una red de distribución sería 0 PSI de caída de presión a través de toda la tubería. Por esta razón es que tomamos como punto de partida la caída de presión que genera la tubería en función del caudal y la presión de trabajo.

Ejemplo de cálculo:

Sistema de 1 000 CFM @ 100 PSIG

Longitud total de la red = 2 000 pies

Tubería de Acero Schedule 40

La tabla de caída de presión muestra:

- Tubo de 3" a 100 PSIG para 1000 CFM = 0,76 PSI por cada 100 pies de línea
- Tubo de 4" a 100 PSIG para 1000 CFM = 0,19 PSI por cada 100 pies de línea

$$3" = 20 \times 0,76 = 15,2 \text{ PSI}$$

$$4" = 20 \times 0,19 = 3,8 \text{ PSI}$$

Ahorro por usar 4" = 11,4 PSI

Cada 1 PSI = 0,5% en energía

11,4 PSI = 5,7% en potencia del sistema

Haciendo una aproximación del costo de cada CFM: 1 CFM

= 0,0124 \$/hr A 8 000 horas/ año el sistema usará 8000 hrs x 1000

CFM x 0,0124 \$/hr CFM = \$99,200

5,7% de \$99 200 = \$5 654 por año

El tubo de 3" cuesta \$4,24 / pié

El tubo de 4" cuesta \$6,15 / pié

En 2000 pies, el tubo de 4" cuesta \$3,820 más

RDI es $3820/5654 = 0,67$ u 8 meses

2.3.3 FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCION

Las causas más comunes de fugas:

a) Juntas Roscadas

Ningún sistema con juntas roscadas puede ser libre de fugas

Opciones:

- Tubería soldada para tubos de más de 2"
- Tubería de Aluminio Anodizado

b) Trampas de condensado

Trampas mecánicas Pegadas

Desperdicio en Trampas con Temporizador

Opciones:

- Trampas de condensado mecánicas con mecanismo externo

c) Corrosión en la Tubería

Se “abren” grietas

Particularmente en las uniones roscadas

También aumenta la caída de Presión

Puede afectar herramientas y Producto

Opciones:

- Cambiar tramos de tubería

d) Líneas de aire no utilizadas

Acoples rápidos desgastados

Opciones:

- Reemplazar periódicamente los acoples
- Usar válvulas manuales para aislar los acoples

CAPITULO 3

DIAGNOSTICO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

3.1 INSPECCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

Para el desarrollo de la inspección de la Red de aire comprimido de la Planta de Refinería se desarrollo en coordinación con el área de Plantas Auxiliares, quién realizo la descripción de cada una de las áreas de trabajo, para su seguimiento adecuado determinando los siguientes usuarios.

3.1.1 Unidades Operativas

- Planta de desalinización
- Taller de mantenimiento mecánico
- Taller de maestranza
- Taller de Instrumentación
- Laboratorio
- Taller de equipo Móvil
- Planta de purificación
- Planta Electrolítica nave AB
- Area de enflejado
- Planta Electrolítica nave CD
- Area de laminado
- Nave central
- Planta de metales preciosos
- Arenado y Pintado

3.1.2 Equipos de aire comprimido

- Recip Ingersoll Rand
- Recip. Ingersoll Rand
- Recip. Ingersoll Rand
- Tornillo Ingersoll Rand
- Tornillo Ingersoll Rand
- Tornillo Ingersoll Rand
- Tornillo Ingersoll Rand
- Recip. A C
- Tornillo A C
- Recip. A C
- Recip A C

Las características técnicas de los equipos se adjuntan al presente en el cuadro siguiente:

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS

Tipo	Marca	Modelo	Serial	No.	HP	CFM PLACA	PSIG	Ubicación
Recip. XLE	Ingersoll Rand	17&10x7	JH 6118	1	200	1102	100	P. Electrolítica
Recip. XLE	Ingersoll Rand	17&10x7	JH 6119	2	200	1102	100	P. Electrolítica
Recip. XLE	Ingersoll Rand	17&10x7	JH 6680	3	200	1102	100	P. Electrolítica
Tornillo	Ingersoll Rand	SSR EP150	D7217U8 9E	1	150	650	125	P. Electrolítica
Tornillo	Ingersoll Rand	SSR EP150	D7216U8 9E	2	150	650	125	P. Auxiliares
Tornillo	Ingersoll Rand	SSR XF100	CK1024U 98203	1	100	490	100	Pta. Anodos
Tornillo	Ingersoll Rand	SSR XF100	CK1023U 98203	2	100	490	100	Pta. Anodos
Reciprocante	A C	EA62	EA62	1	250	2048	35	Pta. Anodos
Tornillo	A C	GAU45	NN	1	60	225	125	P. Met. Preciosos
Reciprocante	A C	REC	NN	1	5	20	100	P. Desalinizadora
Reciprocante	A C	REC	NN	1	5	20	100	Laboratorio

Nota 1 :

Durante la inspección se encontraron los siguientes compresores inoperativos:

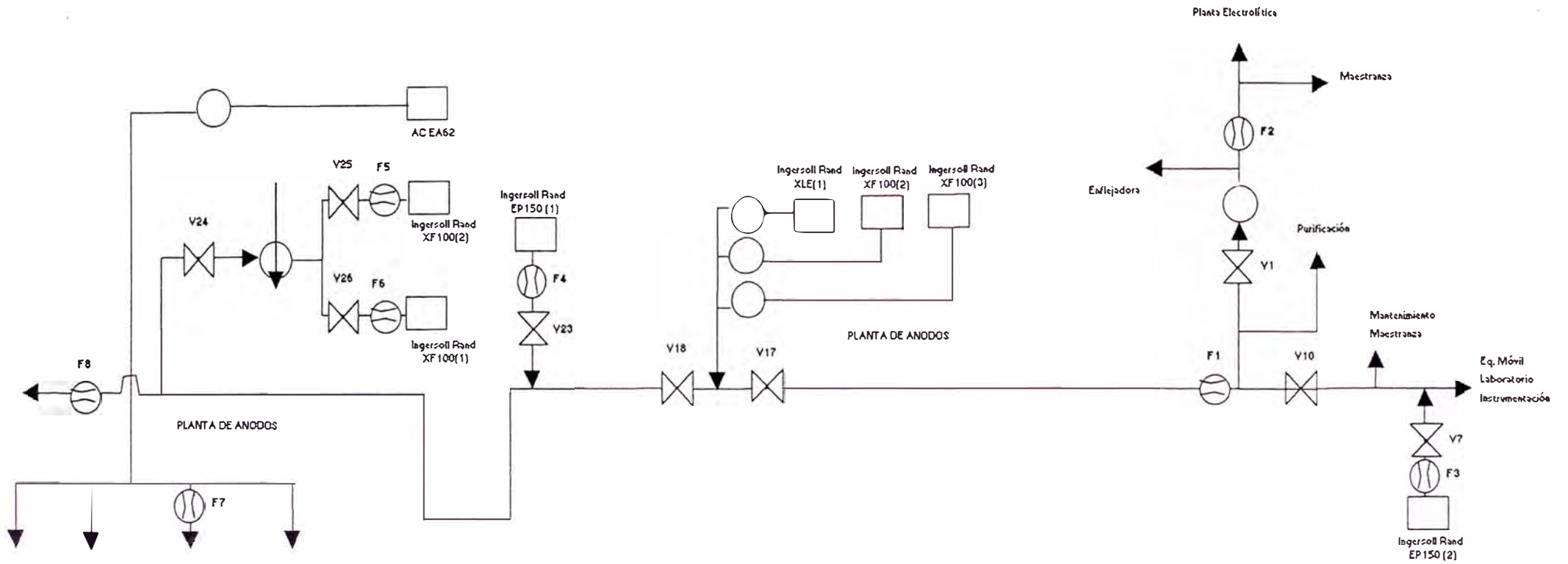
- Compresor Reciprocante 50HP Mikuni , ubicado en la planta Electrolítica
- Compresor Reciprocante 15HP ubicado en Mantenimiento de vehículo

3.1.3 Levantamiento de Planos de la Red de Aire Comprimido

Basándose en la inspección realizada en el párrafo anterior se desarrollo el levantamiento de los planos generales y a detalle por cada área de la Planta de Refinería de Ilo Unidad Operativa de Southern Peru Copper Corporation.

- Plano Esquemático del Sistema General 99-11-0001
- Plano General de Aire Comprimido de Refinería 99-11-0002
- Plano a detalle del Taller de Mantenimiento 99-11-0003
- Plano a detalle del Planta Electrolítica 99-11-0004
- Plano a detalle del Planta Electrolítica 99-11-0005
- Plano a detalle de Planta de Anodos 99-11-0006
- Plano a detalle de Equipo Móvil y Laboratorio 99-11-0007
- Plano a detalle de Planta de Plomo y Arenado 99-11-0008
- Plano a detalle de Metales Preciosos 99-11-0009

ESQUEMA 2.1.- UBICACIÓN DE FLUJÓMETROS RED DE AIRE COMPRIMIDO SPCC-REFINERÍA-ILO



3.2 Determinación de entrega efectiva de Aire Comprimido de los Compresores disponibles en Planta.

Para el desarrollo del presente se utilizará 08 sensores ubicados estratégicamente según el diagrama esquemático de planta. (ver diagrama 2-1)



Estos sensores son instalados de acuerdo a la figura adjunta y funciona bajo el principio de pitot por lo cual tiene dos conexiones de alta y baja presión, el cual posteriormente es medido obteniendo el diferencial de presión, base para los cálculos que se efectuaran a continuación:

Empleando la siguiente formula.

$$Q = 128.8 * K * D^2 \sqrt{\frac{P * \Delta P}{(T + 460) * S_s}}$$

Donde:

Q = Caudal en CFM

K = Coeficientes de Flujo, según tabla

D = Diámetro Interno en pulgadas

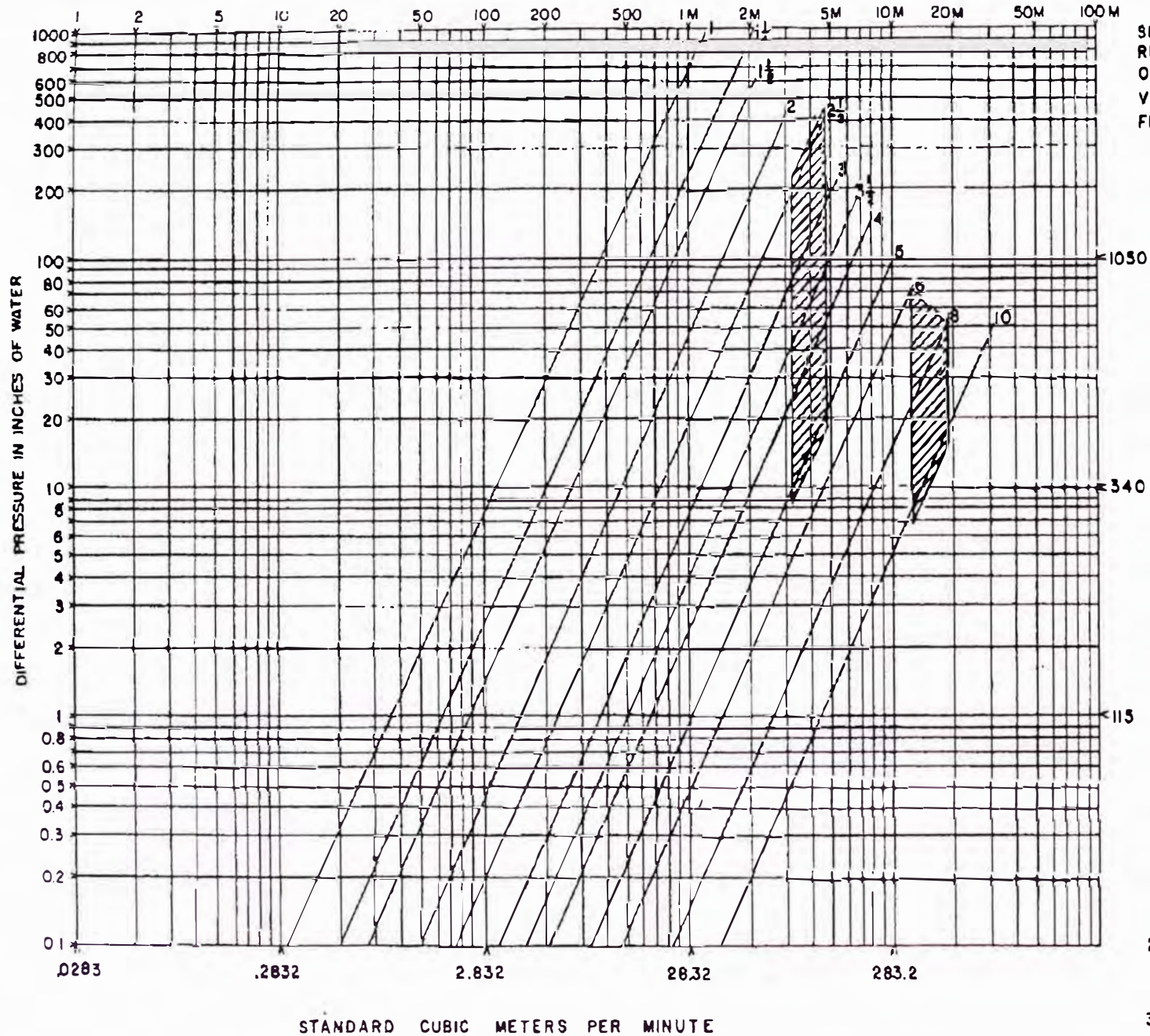
P = Presión estática en psia

ΔP = Diferencial de presión expresado en pulgadas de agua

T = Temperatura en grados Fahrenheit

SCFM AIR AT 70°F. 100 PSIG

(M=000)



SHADED AREA INDICATES FLOW REGION WHERE CONTINUOUS OPERATION MAY CAUSE VIBRATIONAL DAMAGE TO FLOW METER

1. ENTER CHART WITH FLOW RATE
2. GO VERTICALLY DOWN TO NOMINAL PIPE SIZE
3. READ DIFFERENTIAL PRESSURE AT LEFT

TABLA 1 - COEFICIENTES DE FLUJO K

Diámetro de tubería - SCH40 (pulg)	Velocidad* FPS	K
1	13.0	0.521
1 1/4	13.3	0.536
1 1/2	13.0	0.556
2	15.0	0.586
2 1/2	15.1	0.625
3	15.2	0.645
4	15.6	0.670
5	16.0	0.681
6	16.6	0.652
8	16.0	0.669

*Velocidad a un diferencial de presión de 100" de Agua
FPS = Velocidad promedio Ft/sec (Agua)

TABLA 2 - PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Altitud (pies)	Presión Atmosférica (psia)
0	14.696
500	14.433
1000	14.173
1500	13.917
2000	13.664
2500	13.416
3000	13.171
3500	12.930
4000	12.692
4500	12.458
5000	12.227
6000	11.777
7000	11.340
8000	10.916
9000	10.505
10000	10.106
15000	8.293

CAPITULO 4

REDISENO DEL SISTEMA

4.1 DETERMINACION DE ENTREGA EFECTIVA DEL COMPRESOR

SSR EP150 # 2 –

Procedimiento

- Mediciones realizadas con el Flujómetro F3, ubicado a la descarga del compresor.
- Las pruebas se realizaron aislando el sistema, mediante la válvula V10, luego simulamos máximo consumo abriendo las válvulas de limpieza de cátodos.

Mediciones

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H ₂ O)	P _{man} (psi)
A1	99/11/24	8:20	71.1	2	0.16	94.27
A2	99/11/24	8:25	71.1	2	11.81	101.53
A3	99/11/24	9:15	71.1	2	15.35	85.57
A4	99/11/24	9:35	71.1	2	15.75	79.77

Resultados

TBS (°F) = 53

TBH (°F) = 53

Hr = 51.1 %

 $P_{atm} = 14.696$ psia $S_s = 1$ P_a (psia) = $P_{man} + P_{atm}$

$$Q_{A1} = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 94.27) * 0.16}{(71.1 + 460) * 1}}$$

 $Q_{A1} = 54,70$ CFM

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
A1	99/11/24	8:20	54.70	94.27
A2	99/11/24	8:25	485.34	101.53
A3	99/11/24	9:15	513.95	85.57
A4	99/11/24	9:35	505.32	79.77

 $Q_{max} = 513,95$ CFM

**Compresor de tornillo INGERSOLL RAND Modelo: SSR EP150
Nº.1**

Procedimiento

- Mediciones realizadas con el Fluómetro F4, ubicado a la descarga del compresor.
- Las pruebas se realizaron aislando el sistema, mediante la válvula V18 y V24, se determina como zona de prueba planta de ánodos.

Mediciones

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H ₂ O)	P _{man} (psi)
B1	99/11/24	12:10	88.7	2	1.89	97,18
B2	99/11/24	14:37	84.9	2	15.97	89,00

Resultados

$$TBS (°F) = 57$$

$$TBH (°F) = 65$$

$$Hr = 39\%$$

$$P_{atm} = \text{psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a (\text{psia}) = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_{B1} = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 97.18) * 1.89}{(88.7 + 460) * 1}}$$

$$Q_{B1} = 187,42 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
B1	99/11/24	12:10	187.42	97,18
B2	99/11/24	14:37	526.30	98,63

$$Q_{max} = 526,30 \text{ CFM}$$

- **Compresor de tornillo INGERSOLL RAND Modelo: SSR XF100 No.1**

Procedimiento

- Mediciones realizadas con el Flujómetro F6, ubicado a la descarga del compresor.
- Las pruebas se realizaron aislando el sistema, mediante la válvula V26 y V24, se determina la entrega máxima durante el periodo de carga del compresor.

Mediciones

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H ₂ O)	P _{man} (psi)
C1	99/11/24	11:07	83.3	2	12.2	98.6

Resultados

$$TBS (°F) = 54,8$$

$$TBH (°F) = 65,4$$

$$Hr = 37,4\%$$

$$P_{atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a (\text{psia}) = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_{C1} = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 98.6) * 12.2}{(83.3 + 460) * 1}}$$

$$Q_{C1} = 481,55 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P _{man} (psi)
C1	99/11/24	11:07	382.90	98.6

$$Q_{max} = 481,55 \text{ CFM}$$

- **Compresor de tornillo INGERSOLL RAND Modelo: SSR XF100 No.2**

Procedimiento

- Mediciones realizadas con el Flujómetro F5, ubicado a la descarga del compresor.
- Las pruebas se realizaron aislando el sistema, mediante la válvula V25 y V24, se determina la entrega máxima durante el periodo de carga del compresor.

Mediciones

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
D1	99/11/24	11:44	81.6	2	12.1	98.63

Resultados

TBS (°F) = 53,7

TBH (°F) = 64,5

Hr = 42%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

P_a (psia) = P_{man} + P_{atm}

$$Q_{D1} = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 98.63) * 12.1}{(81.6 + 460) * 1}}$$

$$Q_{D1} = 479,7 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P _{man} (psi)
D1	99/11/24	11:44	479.57	98.63

$$Q_{\max} = 479,57 \text{ CFM}$$

**- Compresor Reciprocante INGERSOLL RAND Modelo: XLE
Nro 1.**

Procedimiento

- Para la determinación de la entrega aislamos el compresor del sistema con el tanque de aire comprimido.
- Tomar el tiempo de carga del tanque entre los rangos de presión de 70 a 100 psi
- Por cada lectura realizar los cálculos de caudal de aire.

Mediciones

Rango	P1 (psi)	P2 (psi)	T (min)
1	70	80	0.103
2	80	90	0.113
3	90	100	0.102

Volumen del Tanque: 1000 gal. = 133 FT³

4.2 CALCULO DEL CAUDAL DE AIRE

Formula para el calculo

$$ACFM = \frac{V(p_2 - p_1)}{P_o (T)}$$

Donde:

T = Tiempo requerido en min.

V = Volumen del tanque (pies³ = gal/7,48)

Po= Presión inicial del tanque - PSIA

P1= Presión inicial del tanque - PSIA (atmosférica
usualmente)

P2= Presión final del tanque , - PSIA

RANGO	Q (CFM)
1	883,1
2	804,9
3	891,7

Caudal Promedio XLE# 1

$$Q_{\text{prom}} = 859,9 \text{ CFM}$$

- Compresor Reciprocante INGERSOLL RAND Modelo: XLE Nro 2.

Procedimiento

- Para la determinación de la entrega aislamos el compresor del sistema.
- Se tomó el tiempo de carga del tanque entre los rangos de presión de 70 a 100 psi
- Para cada una de las lecturas estableceremos un caudal.

Mediciones

Rango	P1 (psi)	P2 (psi)	T (min)
1	70	80	0,076
2	80	90	0,091
3	90	100	0,083

Volumen del Tanque: 1000 gal. = 133 pies³

CALCULO DEL CAUDAL

Formula para el calculo

$$ACFM = \frac{V(p_2 - p_1)}{P_o (T)}$$

Donde:

T = Tiempo requerido en min.

V = Volumen del tanque (pies³ = gal/7,48)

Po= Presión inicial del tanque - PSIA

P1= Presión inicial del tanque - PSIA (atmosférica
usualmente)

P2= Presión final del tanque , - PSIA

RANGO	Q (CFM)
1	1196
2	988,7
3	1095

Caudal Promedio XLE# 3

$$Q_{\text{prom}} = 1\,094 \text{ CFM}$$

RESUMEN DE ENTREGA EFECTIVA DE COMPRESORES

COMPRESOR	Q _{PLACA} (CFM)	Q _{MEDIDO} (CFM)
SSR EP150 (1)	650	514
SSR EP150 (2)	650	526
SSR XF100 (1)	490	482
SSR XF100 (2)	490	480
XLE (2)	1102	860
XLE (3)	1102	1094

4.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO POR ÁREAS DE AIRE COMPRIMIDO

4.3.1. EQUIPO MOVIL

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (pulg H ₂ O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	9:30	71	2	3,78	89,9

Resultados

TBS (°F) = 51,3

TBH (°F) = 61,6

Hr = 43%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

P_a (psia) = P_{man} + P_{atm}

$$Q_a = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 89.9) * 3.78}{(71 + 460) * 1}}$$

Q_A = 260,513 CFM

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	9:30	260,513	89,9

Q_A = 261 CFM

4.3.2 TALLERES DE MANTENIMIENTO

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	9:15	79	2	9,055	88,47

Resultados

TBS (°F) = 51,3

TBH (°F) = 61,6

Hr = 39%

P_{atm} = 14.696 psia

S_s = 1

$$P_a \text{ (psia)} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

$$Q_B = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 88.47) * 9.055}{(79 + 460) * 1}}$$

$$Q_B = 397,46 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	9:15	397.46	88.47

$$Q_B = 397,46 \text{ CFM}$$

4.3.3 TALLER DE MAESTRANZA (AIRE HUMEDO)

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	9: 20	79	2	1,181	94,25

Resultados

TBS (°F) = 51,3

TBH (°F) = 61,6

Hr = 43%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

$$P_a \text{ (psia)} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

$$Q_C = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 94.25) * 1.181}{(79 + 460) * 1}}$$

$$Q_C = 147,506 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	9:20	147,506	94,25

$$Q_C = 147,506 \text{ CFM}$$

4.3.4 LIMPIEZA DE CATODOS

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	9:35	79	2	15,35	79,75

Resultados

TBS (°F) = 51,3

TBH (°F) = 61,6

Hr = 39%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

$$P_a \text{ (psia)} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

$$Q_D = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 79.75) * 15.35}{(79 + 460) * 1}}$$

$$Q_D = 478,24 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	9:35	478,24	79,75

$$Q_D = 478,24 \text{ CFM}$$

4.3.5 PLANTA DE PURIFICACION

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	20:50	75	4	0,945	94,25

Resultados

TBS (°F) = 53

TBH (°F) = 61,43

Hr = 46%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

Pa (psia) = P_{man} + P_{atm}

$$Q_E = 128.8 * 0.670 * 4^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 94.25) * 0.945}{(75 + 460) * 1}}$$

$$Q_E = 605,70 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	20:50	605,70	94,25

$$Q_E = 605,70 \text{ CFM}$$

4.3.6 AREA DE ENFLEJADO

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/25	9:50	80	4	0,02	97,15

Resultados

TBS (°F) = 56,5

TBH (°F) = 65,2

Hr = 45%

P_{atm} = 14,696 psia

S_s = 1

Pa (psia) = P_{man} + P_{atm}

$$Q_F = 128.8 * 0.670 * 4^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 97.15) * 0.02}{(80 + 460) * 1}}$$

$$Q_F = 88,16 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/25	9:50	88,16	97,15

$$Q_F = 88,16 \text{ CFM}$$

4.3.7 TALLER DE MAESTRANZA (AIRE SECO)

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H ₂ O)	P _{man} (psi)
1	99/11/23	16:30	70.52	2	0,375	94,25

Resultados

$$TBS (\text{°F}) = 61,7$$

$$TBH (\text{°F}) = 55,58$$

$$Hr = 43\%$$

$$P_{atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a (\text{psia}) = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_G = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 94.25) * 0.375}{(70.52 + 460) * 1}}$$

$$Q_G = 83,78 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/23	16:30	83,78	94,25

$$Q_G = 83,78 \text{ CFM}$$

4.3.8 PLANTA ELECTROLITICA

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/25	8:56	73.8	2	6.299	92.8

Resultados

$$TBS (°F) = 52,1$$

$$TBH (°F) = 60,9$$

$$Hr = 48.8\%$$

$$P_{atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a \text{ (psia)} = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_H = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 92.8) * 6.299}{(73.8 + 460) * 1}}$$

$$Q_H = 340,029 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/25	8:56	340,029	92,8

$$Q_H = 340,029 \text{ CFM}$$

4.3.9 PLANTA DE ANODOS

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	14:37	84.9	2	5,354	98,6

Resultados

$$TBS (°F) = 57,2$$

$$TBH (°F) = 67,1$$

$$Hr = 37.6\%$$

$$P_{atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a \text{ (psia)} = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_I = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 98.6) * 5.354}{(84.9 + 460) * 1}}$$

$$Q_i = 310,278 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	14:37	310,278	98,6

$$Q_i = 310,28 \text{ CFM}$$

4.3.10 PLANTA DE ANODOS – HORNOS MAERZ

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/24	11:44	81.6	2	4,331	98,6

Resultados

$$TBS (\text{°F}) = 53,7$$

$$TBH (\text{°F}) = 64,5$$

$$Hr = 42\%$$

$$P_{atm} = 14,696 \text{ psia}$$

$$S_s = 1$$

$$P_a (\text{psia}) = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_J = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 98.6) * 4.331}{(81.6 + 460) * 1}}$$

$$Q_J = 287,366 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	11:44	287,366	98,6

$$Q_J = 287,37 \text{ CFM}$$

4.3.11 PLANTA DE METALES PRECIOSOS

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H2O)	P _{man} (psi)
1	99/11/25	10:39	80,3	1 1/2	1,521	98,6

Resultados

TBS (°F) = 56,5

TBH (°F) = 65,2

Hr = 47%

 $P_{atm} = 14,696$ psia $S_s = 1$

$$P_a \text{ (psia)} = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_K = 128.8 * 0.586 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 98.6) * 1.521}{(81.6 + 460) * 1}}$$

$$Q_K = 170,30 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/25	10:39	170,30	98,6

$$Q_K = 170,30 \text{ CFM}$$

4.3.12 HORNOS (AIRE DE BAJA PRESION)

Punto	Fecha	Hora	Ta (°F)	Di (pulg)	ΔP (in H ₂ O)	P_{man} (psi)
1	99/11/24	20:30	76.8	6	0,157	29

Resultados

TBS (°F) = 56

TBH (°F) = 63,8

Hr = 48.2%

 $P_{atm} = 14,696$ psia $S_s = 1$

$$P_a \text{ (psia)} = P_{man} + P_{atm}$$

$$Q_L = 128.8 * 0.652 * 2^2 \sqrt{\frac{(14.696 + 29) * 0.157}{(76.8 + 460) * 1}}$$

$$Q_L = 341,7 \text{ CFM}$$

Punto	Fecha	Hora	Q (CFM)	P (psi)
1	99/11/24	20:30	341,7	29

$$Q_L = 341,7 \text{ CFM}$$

El caudal encontrado corresponde a 02 lanzas del Horno número 01.

Si tuviéramos en funcionamiento 03 de ellas en el Horno 01 y en el

Horno 02, obtendríamos el siguiente Caudal.

$$Q_L = 1025 \text{ CFM}$$

4.3.13 RESUMEN DE CONSUMOS POR AREAS

AREA	Q (CFM)	FECHA	HORA
PLANTA ELECTROLITICA	340	99/11/25	08:56
PLANTA DE ANODOS	310	99/11/24	14:37
PLANTA DE ANODOS-HORNOS	287	99/11/24	11:44
PURIFICACION	606	99/11/24	20:50
ENFLEJADORA	88	99/11/24	09:50
LIMPIEZA DE CATODOS	478	99/11/24	09:35
TALLERES DE MANTENIMIENTO	398	99/11/24	09:15
MAESTRANZA (AIRE HUMEDO)	148	99/11/24	09:20
MAESTRANZA (AIRE SECO)	84	99/11/23	16:30
EQUIPO MOVIL	261	99/11/24	9:30
METALES PRECIOSOS	170	99/11/24	10:35

PLANTA DE ANODOS-HORNOS Aire baja presión	1025	99/11/24	20:30
--	------	----------	-------

AREA	Q (CFM)	USE FACTOR	
PLANTA ELECTROLITICA	340	0.65	221
PLANTA DE ANODOS	310	1.00	310
PURIFICACION	606	0.65	394
ENFLEJADORA	88	0.60	53
LIMPIEZA DE CATODOS	478	0.20	96
TALLERES DE MANTENIMIENTO	398	0.50	199
MAESTRANZA (AIRE HUMEDO)	148	0.30	44
MAESTRANZA (AIRE SECO)	84	0.30	25
EQUIPO MOVIL	261	0.35	91
METALES PRECIOSOS	170	0.65	110

PLANTA DE ANODOS-HORNOS	287	1	287
PLANTA DE ANODOS-HORNOS Aire baja presión	1025		

4.4 Rediseño del Sistema

4.4.1 Determinación y ubicación de puntos de fuga de aire comprimido

#	AREA	Nro. Plano	Nro. Fuga	Ø EQUIV. APROX	Observaciones
1	Maestranza	99-11-0010	01	1/32"	Filtro de aire
2	Maestranza	99-11-0010	02	1/64"	Válvula de control
3	Pta. Desalinizadora	99-11-0010	03	1/16"	Filtro de secador
4	Plantas Auxiliares	99-11-0010	04	1/16"	Válvula de control
5	Taller de PVC	99-11-0010	05	1/16"	Pierna de condensado
6	Electrolítica	99-11-0011	01	1/64"	Pre-Filtro secador
7	Electrolítica	99-11-0011	02	1/8"	Val-Serv. 3er Nivel
8	Electrolítica	99-11-0011	03	1/16"	Val-Ser. 2do Nivel
9	Electrolítica	99-11-0011	04	1/16"	Val-Ser. 1er Nivel
10	Electrolítica	99-11-0011	05	1/32"	Val-Ser. 2do Nivel
11	Electrolítica	99-11-0011	06	1/16"	Prensa de Laminas
12	Electrolítica	99-11-0011	07	1/32"	Desplazadora Barras
13	Electrolítica	99-11-0011	08	1/8"	Cortadora de orejas
14	Electrolítica	99-11-0011	09	1/32"	Val-Ser. 1er Nivel
15	Electrolítica	99-11-0011	10	1/16"	Pistón Elevadora
16	Electrolítica	99-11-0011	11	1/16"	Válvula Servicio
17	Electrolítica	99-11-0011	12	1/16"	Eq - Lavado cátodos
18	Electrolítica	99-11-0011	13	1/16"	Pistones Extractora
19	Electrolítica	99-11-0011	14	1/16"	Unión FRL
20	Electrolítica	99-11-0011	15	1/32"	Unión FRL
21	Electrolítica	99-11-0012	01	1/32"	Val- Servicio
22	Electrolítica	99-11-0012	02	1/16"	Unión Válvula
23	Planta de Anodos	99-11-0013	01	1/16"	Drenaje separador
24	Planta de Anodos	99-11-0013	02	1/8"	Pistón de compuerta
25	Planta de Anodos	99-11-0013	03	1/16"	Fin de tubería
26	Planta de Anodos	99-11-0013	04	1/32"	Unión FRL
27	Planta de Anodos	99-11-0013	05	1/16"	FRL salida manguera
28	Planta de Anodos	99-11-0013	06	1/32"	Unión Universal
29	Planta de Anodos	99-11-0013	07	1/32"	Filtro a manómetro
30	Equipo Móvil	99-11-0014	01	1/16"	Pique Válvula servicio
31	Equipo Móvil	99-11-0014	02	1/32"	Codo de válvula Serv.
32	Equipo Móvil	99-11-0014	03	1/16"	Válvula servicio
33	Equipo Móvil	99-11-0014	04	1/16"	Unión válvula Llaves
34	Equipo Móvil	99-11-0014	05	1/32"	Válvula enllante

- Plano de Fugas Talleres de Mantenimiento 99-11-0010
- Plano de Fugas Planta Electrolítica 99-11-0011
- Plano de Fugas Planta Electrolítica 99-11-0012
- Plano de Fugas Planta de ánodos 99-11-0013
- Plano de Fugas Equipo Móvil. 99-11-0014

4.4.2 Determinación de presión a diferentes puntos de uso.

PRESION EN DIFERENTES PUNTOS DEL SISTEMA

AREA	PRESION (psi)	CAIDAS DE PRESION
EQUIPOS MOVIL	95,70	2,90
TANQUE DE ALMACEN (SOLDADURA TUBOS PVC)	95,70	2,90
ALMACEN (NUEVO TALLER DE REPARACION DE PLANCHAS MADRE)	97,15	1,45
PLANTA ELECTROLITICA	96,00	2,60
PLANTA DE ANODOS – SOTANO	97,15	1,45
PLANTA DE ANODOS – TALLER DE REFRACTARIOS	97,15	1,45
TALLER DE PINTURA	92,80	5,80
PLANTA DE PLOMO	95,70	2,90

CAPITULO 5

ESTRUCTURA DE COSTOS

5.1. COSTOS ENERGETICOS:

Para determinar estos costos nos basaremos en los datos de la entrega efectiva de los equipos (capitulo 4).

Adicionalmente consideraremos para los cálculos el valor de **\$0.064/Kw-Hr** (dato proporcionado por SPCC- Refinería)

CUADRO 3 – 1

COMPRESOR*	Q _{PLACA} (CFM)	Q _{MEDIDO} (CFM)
XLE (2)	1102	860
XLE (3)	1102	1094
SSR EP150 (1)	650	514
SSR EP150 (2)	650	526
SSR XF100 (1)	490	482
SSR XF100 (2)	490	480

* Solo considerados los compresores operativos al momento de la medición

- Costo de Operación del Compresor XLE # 2

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
XLE (2)	200 HP	860

$$\text{Potencia Consumida} = 200\text{Hp} \times 0.746 \text{ [kW/HP] } / 0.9$$

$$= 165,78 \text{ kW} \quad (0.829 \text{ kW/HP})$$

$$\text{Potencia por CFM} = 165,78 \text{ kW} / 860 \text{ CFM}$$

$$= 0,192 \text{ kW/CFM}$$

$$\text{Costo:} = 0,192 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr}$$

$$= \mathbf{\$0,0123/CFM-HR}$$

- Costo de Operación del Compresor XLE # 3

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
XLE (2)	200 HP	1094

$$\begin{aligned} \text{Potencia Consumida} &= 200\text{Hp} \times 0,746 \text{ [kW/HP]} / 0,9 \\ &= 165,78 \text{ kW} \quad (0,829 \text{ kW/HP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia por CFM} &= 165,78 \text{ kW} / 1094 \text{ CFM} \\ &= 0,192 \text{ kW/CFM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo:} &= 0,151 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr} \\ &= \mathbf{\$0,0096/CFM-HR} \end{aligned}$$

- Costo del Compresor SSR EP150 # 1

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
SSREP150 (1)	150 HP	514

$$\begin{aligned} \text{Potencia Consumida} &= 150\text{Hp} \times 0.746 \text{ [kW/HP]} / 0,9 \\ &= 124,33 \text{ kW} \quad (0,829 \text{ kW/HP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia por CFM} &= 124,3 \text{ kW} / 514 \text{ CFM} \\ &= 0,242 \text{ kW/CFM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo:} &= 0,242 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr} \\ &= \mathbf{\$0,0151/CFM-HR} \end{aligned}$$

- Costo del Compresor SSR EP150 # 2

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
SSREP150 (2)	150 HP	526

$$\begin{aligned} \text{Potencia Consumida} &= 150\text{Hp} \times 0.746 \text{ [kW/HP]} / 0,9 \\ &= 124,33 \text{ kW} \quad (0,829 \text{ kW/HP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia por CFM} &= 124,33 \text{ kW} / 526 \text{ CFM} \\ &= 0,242 \text{ kW/CFM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo:} &= 0,242 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr} \\ &= \mathbf{\$0,0151/CFM-HR} \end{aligned}$$

- Costo del Compresor SSR XF100 # 1

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
SSR XF100 (1)	100 HP	482

$$\begin{aligned} \text{Potencia Consumida} &= 100\text{Hp} \times 1.1 \text{ SF} \times 0,746 \text{ [kW/HP]} / 0.92 \\ &= 89,19 \text{ kW} \quad (0,891 \text{ kW/HP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia por CFM} &= 89,19 \text{ kW} / 482 \text{ CFM} \\ &= 0,185 \text{ kW/CFM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo:} &= 0,185 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr} \\ &= \mathbf{\$0,012/CFM-HR} \end{aligned}$$

- Costo del Compresor SSR XF100 # 2

COMPRESOR	POTENCIA	Q _{MEDIDO} (CFM)
SSR XF100 (2)	100 HP	480

$$\begin{aligned} \text{Potencia Consumida} &= 100\text{Hp} \times 1.1 \text{ SF} \times 0,746 \text{ [kW/HP]} / 0.92 \\ &= 89,19 \text{ kW} \quad (0,829 \text{ kW/HP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia por CFM} &= 89,19 \text{ kW} / 480 \text{ CFM} \\ &= 0,185 \text{ kW/CFM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo:} &= 0,185 \text{ kW/CFM} \times \$0,064 \text{ /kW-hr} \\ &= \mathbf{\$0,012/CFM-HR} \end{aligned}$$

- Cuadro Resumen De Costo Energético Por Equipos

CUADRO 5-2

COMPRESOR	Q _{MEDIDO} (CFM)	COSTO _{energ} U\$ /CFM-Hora
XLE (2)	860	0,0123
XLE (3)	1094	0,0096
SSR EP150 (1)	514	0,0151
SSR EP150 (2)	526	0,0151
SSR XF100 (1)	482	0,0120
SSR XF100 (2)	480	0,0120

Para efectos de tener un análisis proporcional, debemos obtener el promedio del costo energético, el cual será:

$$\mathbf{COSTO \text{ ENERGETICO} = \$ 0,0126 / CFM-HR}$$

5.2. COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DE EQUIPOS

- Mano de Obra

CUADRO 5-3

EQ	COMPRESOR	U\$
1	XLE # 1 Modelo 17&10x7 serial JH 6118	1,272.95
2	XLE # 2 Modelo 17&10x7 serial JH 6119	1,760.45
3	XLE # 3 Modelo 17&10x7 serial JH 6680	1,726.72
4	SSR # 1 EP150 serial D7217U89E	995.35
5	SSR # 2 EP150 serial D7216U89E	562.85
	TOTAL US.\$	6,318.32

Fuente: Ingeniería de Mantenimiento SPCC-REFINERIA - 99

- Repuestos y Accesorios Diversos

CUADRO 5-4

EQ	COMPRESOR	U\$
1	XLE # 1 Modelo 17&10x7 serial JH 6118	7,933.30
2	XLE # 2 Modelo 17&10x7 serial JH 6119	2,579.55
3	XLE # 3 Modelo 17&10x7 serial JH 6680	7,402.43
4	SSR # 1 EP150 serial D7217U89E	1,881.10
5	SSR # 2 EP150 serial D7216U89E	860.89
	TOTAL US.\$	20,657.27

Fuente: Ingeniería de Mantenimiento SPCC-REFINERIA - 99

- Costo Total por Mantenimiento Anual

Este resultado es obtenido por la suma de los costos de mano de obra más los repuestos y accesorios utilizados.

Es importante recalcar que nos se está considerando los costos por los diversos overhaul realizados, debido a que no representan el gasto por mantenimiento.

$$\begin{aligned} \text{COSTO} &= \$ 6,318.32 + 20,657.27 \\ &= \$ 26,975.59 \end{aligned}$$

- **Costo Por Mantenimiento en CFM-HR**

La base para este calculo es el cuadro **del CONSUMO PROMEDIO POR AREAS** (Capitulo 5.1)

CUADRO 5-5

AREA	CAUDAL MAXIMO CFM	FACTOR DE USO	CAUDAL MINIMO CFM
PLANTA ELECTROLITICA	340	0.65	221
PLANTA DE ANODOS	310	1.00	310
PURIFICACION	606	0.65	394
ENFLEJADORA	88	0.60	53
LIMPIEZA DE CATODOS	478	0.20	96
TALLERES DE MANTENIMIENTO	398	0.50	199
MAESTRANZA (AIRE HUMEDO)	148	0.30	44
MAESTRANZA (AIRE SECO)	84	0.30	25
EQUIPO MOVIL	261	0.35	91
METALES PRECIOSOS	94	1	94
		TOTAL CFM	1527
Otros consumos			
PLANTA DE ANODOS-HORNOS (XF100)	287	1	287
PLANTA DE ANODOS-HORNOS Aire baja presión (EA-62)	1025		

Para obtener el costo por mantenimiento a **CFM-HR**, es necesario considerar los costos por mantenimiento por año referidos en 8000 horas de operación anuales, para el caudal obtenido:

$$\text{COSTOMANTENIMIENTO} = \$ 26,975.59 / 1527 \text{ CFM} \times 8000\text{HRs}$$

$$\text{COSTOMANTENIMIENTO} = \$ 0,0022 / \text{CFM-HR}$$

- COSTO CFM – HR

Este costo representa la sumatoria del costo energético más los costos por mantenimiento:

$$\text{COSTO}_{\text{TOTAL}} = \text{COSTO}_{\text{ENERG.}} + \text{COSTO}_{\text{MANT.}}$$

$$\text{COSTO}_{\text{TOTAL}} = \$ 0,0126 / \text{CFM-HR} + \$ 0,0022/\text{CFM-HR}$$

$$\text{COSTO}_{\text{TOTAL}} = \$ 0,0148 / \text{CFM-HR}$$

- COSTO DE AIRE COMPRIMIDO PÒR AREAS

CUADRO 5-6

AREA	CAUDAL MINIMO CFM	COSTO _{PROM} \$/CFM-HR	OPER. HR/AÑO	COSTO ANUAL \$
PLANTA ELECTROLITICA	221	.0148	8000	26,166.40
PLANTA DE ANODOS	310	.0148	8000	36,704.00
PURIFICACION	394	.0148	8000	46,649.60
ENFLEJADORA	53	.0148	8000	6,275.20
LIMPIEZA DE CATODOS	96	.0148	8000	11,366.40
TALLERES DE MANTENIMIENTO	199	.0148	8000	23,561.60
MAESTRANZA (aire HUMEDO)	44	.0148	8000	5,209.60
MAESTRANZA (aire SECO)	25	.0148	8000	2,960.00
EQUIPO MOVIL	91	.0148	8000	10,774.40
PLANTA METALES PRECIOSOS	94	.0148	8000	11,129.60
TOTALES	1527	.0148	8000	180,796.80

5.3. COSTO POR FUGAS DEL SISTEMA DE AIRE

En la Planta se encontró un total de 31 fugas de diferentes diámetros, los cuales se identifican a continuación:

CUADRO 5-7

L	AREA	Nro. Plano	Nro. Fuga	Ø EQUIV. APROX	Observaciones
1	Maestranza	99-11-0010	01	1/32"	Filtro de aire
2	Maestranza	99-11-0010	02	1/64"	Válvula de control
3	Pta. Desalinizadora	99-11-0010	03	1/16"	Filtro de secador
4	Plantas Auxiliares	99-11-0010	04	1/16"	Válvula de control
5	Taller de PVC	99-11-0010	05	1/16"	Pierna de condensado
6	Electrolítica	99-11-0011	01	1/64"	Pre-Filtro secador
7	Electrolítica	99-11-0011	02	1/8"	Val-Serv. 3er Nivel
8	Electrolítica	99-11-0011	03	1/16"	Val-Ser. 2do Nivel
9	Electrolítica	99-11-0011	04	1/16"	Val-Ser. 1er Nivel
10	Electrolítica	99-11-0011	05	1/32"	Val-Ser. 2do Nivel
11	Electrolítica	99-11-0011	06	1/16"	Prensa de Laminas
12	Electrolítica	99-11-0011	07	1/32"	Desplazadora Barras
13	Electrolítica	99-11-0011	08	1/8"	Cortadora de orejas
14	Electrolítica	99-11-0011	09	1/32"	Val-Ser. 1er Nivel
15	Electrolítica	99-11-0011	10	1/16"	Pistón Elevadora
16	Electrolítica	99-11-0011	11	1/16"	Válvula Servicio
17	Electrolítica	99-11-0011	12	1/16"	Eq - Lavado cátodos
18	Electrolítica	99-11-0011	13	1/16"	Pistones Extractora
19	Electrolítica	99-11-0011	14	1/16"	Unión FRL
20	Electrolítica	99-11-0011	15	1/32"	Unión FRL
21	Electrolítica	99-11-0012	01	1/32"	Val- Servicio
22	Electrolítica	99-11-0012	02	1/16"	Unión Válvula
23	Planta de Anodos	99-11-0013	01	1/16"	Drenaje separador
24	Planta de Anodos	99-11-0013	02	1/8"	Pistón de compuerta
25	Planta de Anodos	99-11-0013	03	1/16"	Fin de tubería
26	Planta de Anodos	99-11-0013	04	1/32"	Unión FRL
27	Planta de Anodos	99-11-0013	05	1/16"	FRL salida manguera
28	Planta de Anodos	99-11-0013	06	1/32"	Unión Universal
29	Planta de Anodos	99-11-0013	07	1/32"	Filtro a manómetro
30	Equipo Móvil	99-11-0014	01	1/16"	Pique Válvula servicio
31	Equipo Móvil	99-11-0014	02	1/32"	Codo de válvula Serv.
32	Equipo Móvil	99-11-0014	03	1/16"	Válvula servicio
33	Equipo Móvil	99-11-0014	04	1/16"	Unión válvula Llaves
34	Equipo Móvil	99-11-0014	05	1/32"	Válvula enllante

CUADRO 5-8

DIMENSION	QTY	CFM * ESTIMADO	CFM TOTAL ESTIMADO	OPERAC. HR/AÑO	COSTO \$/CFM-HR	COSTO TOTAL \$
1/64"	2	.406	0.812	8000	.0148	96.14
1/32 "	11	1.62	17.82	8000	.0148	2,109.88
1/16"	18	6.49	116.82	8000	.0148	13,831.48
1/8 "	3	26	78	8000	.0148	9,235.20

					TOTAL US\$	25,272.70
--	--	--	--	--	-------------------	------------------

* datos aproximados tomados del data condensed, (ver anexos)

El costo por fugas representa el **13.97%** del total del costo del aire producido en refinería.

5.4. COSTO DE CAIDAS DE PRESIÓN EN EL SISTEMA.

En un sistema de aire comprimido una de las deficiencias más comunes, es la referida a las perdidas por caída de presión, las cuales representan un costo adicional.

En la realidad se presentan caídas de presión en la mayoría de sistemas de aire comprimido, principalmente en redes muy amplias. Es por ello que en la practica, y analizando los costos de tubería, en función del gasto por estas perdidas, se permite entre **3 a 5 PSIG (0.2 – 0.35 Kg/cm²)** de caída o diferencial de presión, desde el punto de generación, hasta el punto más alejado del sistema.

CUADRO 5-9

UBICACION plano 99-11-0002	AREA CORRESPONDIENTE	PRESION GENERADA PSIG	PRESION EN LA Ubicación PSIG	ΔP PSIG
P0	SISTEMA - PRESION AREA DE COMPRESORES	98.6	98.6	
P1	TALLER EQUIPO MOVIL	98.6	95.70	2.9
P2	TALLER SOLDADURA TUBOS PVC, (TANQUE DE ALMACEN)	98.6	95.70	2.9
P3	NUEVO TALLER DE REPARACION DE PLANCHAS MADRE	98.6	97.15	1.45
P4	PLANTA ELECTROLITICA	98.6	96.00	2.6
P5	PLANTA DE ANODOS – SOTANO	98.6	97.15	1.45
P6	PLANTA DE ANODOS - TALLER DE REFRACTARIOS	98.6	97.15	1.45
P7	TALLER DE PINTURA	98.6	92.80	5.8
P8	PLANTA DE PLOMO	98.6	95.70	2.9

Como conclusión a este cuadro no se considerara costos por caídas de presión.

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

- El costo del **CFM energético** en la planta de refinería es de **0,0126 \$ / CFM-HR** (ver cuadro 5-2)
- El costo del **CFM mantenimiento** calculado en función de los costos de mantenimientos de los equipos, es de **0,0022 \$ / CFM-HR**
- El costo total del **CFM producido en la planta de Refinería** es de **0,0148 \$ / CFM-HR**, el mismo que deberá ser utilizado en los diferentes consumos, a fin de estimar el costo por áreas.
- Este valor de **0,0148 \$/CFM-HR**, deberá ser analizado cada tiempo, el mismo que podrá ser reajustado en la medida que se obtengan menores costos en los diferentes rubros considerados para su calculo, como fugas, consumos indebidos, costos por mantenimiento, etc.
- El mayor consumo de aire comprimido se presenta en la **planta de Purificación** con **394 CFM**. El mismo que es realizado en dos turnos; seguido del área de **planta de ánodos** con **310 CFM**, pero en lo tres turnos.

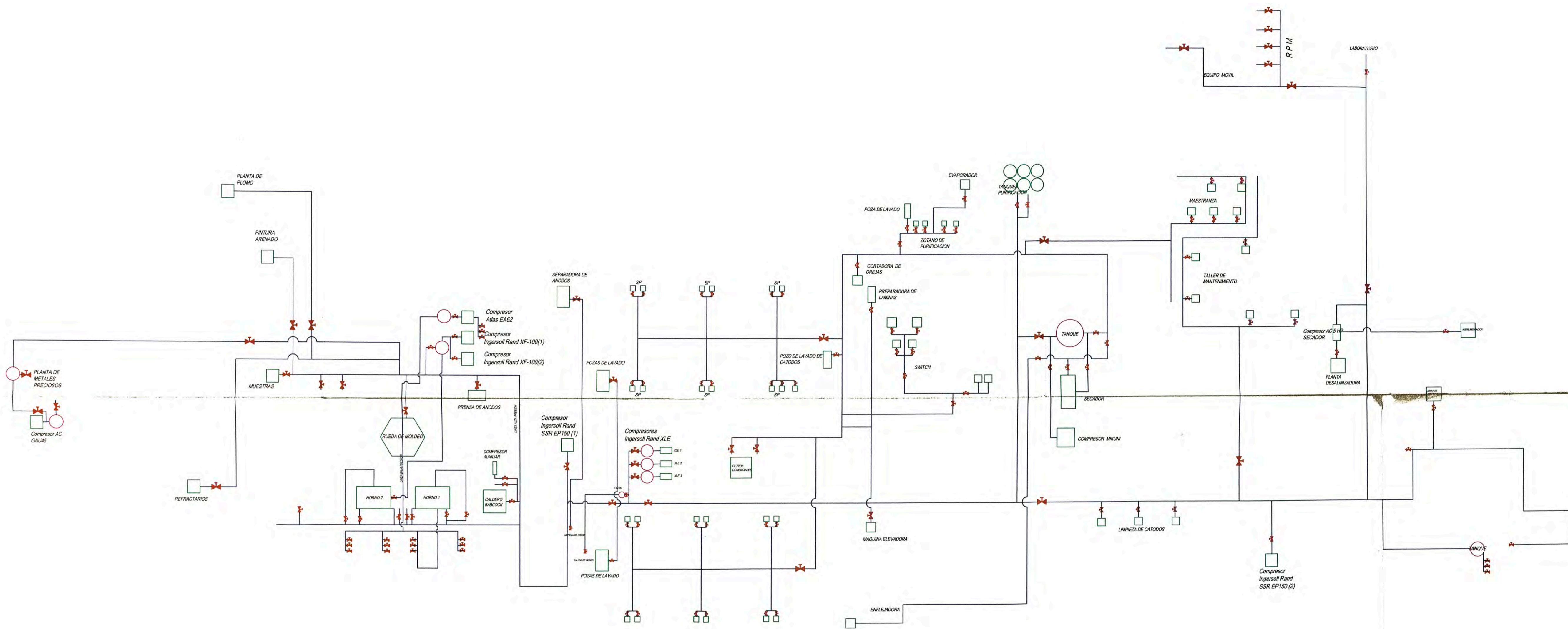
- El factor de uso considerado en el (cuadro 5-5) está referido al % de las horas de operación, considerando los tres turnos, en un total de 24 horas.
- El costo del aire comprimido, utilizado, en la refinería, en un periodo de 1 año (8000 horas) representa **180 796,80 dólares anuales** (ver cuadro 5-6)
- El costo por fugas encontrado en las líneas de aire comprimido esta en **25 272,70 dólares anuales**, siendo el estimado de **US\$ 2 106,05/ MES** (cuadro 5-8), y esto representa el **13,97 % del costo total** del aire utilizado en la planta.
- El costo por caídas de presión no es considerado, debido a que se encuentra en el rango mínimo aceptado en la practica, el mismo que no representa un costo elevado. (sin embargo a modo de referencia, **1 PSIG = 0,5%** de la potencia de energía utilizado para generar esa presión de aire)

RECOMENDACIONES GENERALES

- Reubicar los compresores XLE, y el compresor SSR #1, los mismos que se encuentran en una zona bastante contaminada por efectos de los gases ácidos, aire de admisión caliente no circulante.
- Permitir el aislamiento de la red neumática mediante válvulas dispuestas de tal forma que cada área quede independiente de las demás, a fin de realizar mantenimiento, mediciones o análisis de consumo posteriores
- Seleccionar una torre de enfriamiento de los compresores XLE, que proporcione el caudal y la presión adecuadas para la operación de por lo menos dos compresores XLE a plena carga, sin paradas por altas temperatura.
- Utilizar pistolas de soplado (blow gun) en las mangueras de limpieza, las mismas que deben tener baja presión de descarga (30 PSIG) en el orificio de salida , y permitir el efecto venturi de sus boquilla a fin de disminuir los CFM para limpieza.

- Realizar un análisis de espesores de las diversas tuberías de la red neumática, debido a que se encuentran desgastadas internamente por efectos de la humedad del agua condensada.
- Reparar y/o cambiar las válvulas y las tuberías que se encuentran defectuosas o corroídas. (usar válvulas de acero inoxidable, de buena calidad y si fuera conveniente soldada a la tubería)
- Realizar conexiones puntuales en algunos puntos de la red neumática (ver plano 99-11-0015), a fin de obtener anillos, que proporcionen menos caídas de presión diferencial y permitan una presión constante en el sistema.
- Colocar una tubería de aire paralela a la tubería a fin de aislar la planta Electrolítica e independizar la línea de aire para purificación.(plano 99-11-0015)
- Analizar la eficiencia del aire que es tratado (secado y filtrado) a fin de obtener la mejor calidad, que es el que interviene en el proceso de producción.
- Llevar una línea de baja presión hasta la planta de purificación a fin de utilizar el aire de baja presión (35 PSIG), del compresor atlas copco, permitiendo ahorrar costos energéticos. (No es rentable reducir la línea de alta presión a baja presión).

- Reinstalar las tuberías que se encuentran enterradas, a fin de colocarlas en canaleta, permitiendo su inspección y la condición a la cual se encuentran en la actualidad.
- Aislar el área de arenado, ya que es un consumidor potencial al momento de su operación.
- Instalar una tubería de 2" en forma de anillo, en torno de la planta de ánodos, independiente de la línea de aire que viene de los compresores de planta, el mismo que tenga una conexión de suministro de aire también independiente. Este anillo permitirá el trabajo de mantenimiento o cambio de refractarios o similares, (por terceros), a la planta sin alterar el consumo de aire de producción.



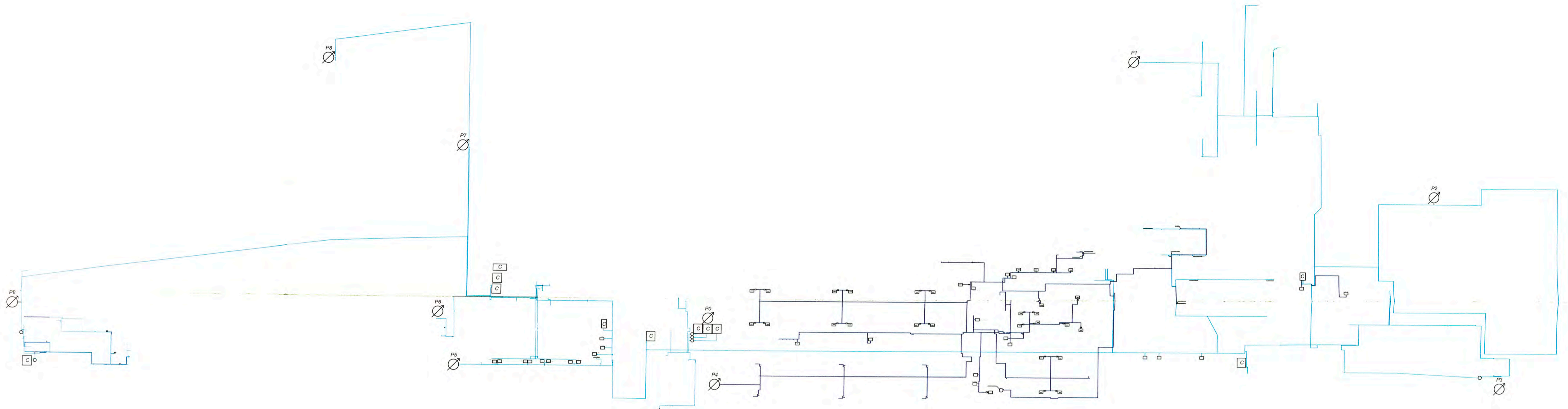
LEYENDA

- VALVULAS
- TUBERIAS
- EQUIPOS
- TANQUES

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
 ESQUEMA GENERAL
 RED PRINCIPAL DE AIRE COMPRIMIDO

ESCALA:	S/E
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-RI4
DIBUJO No. :	



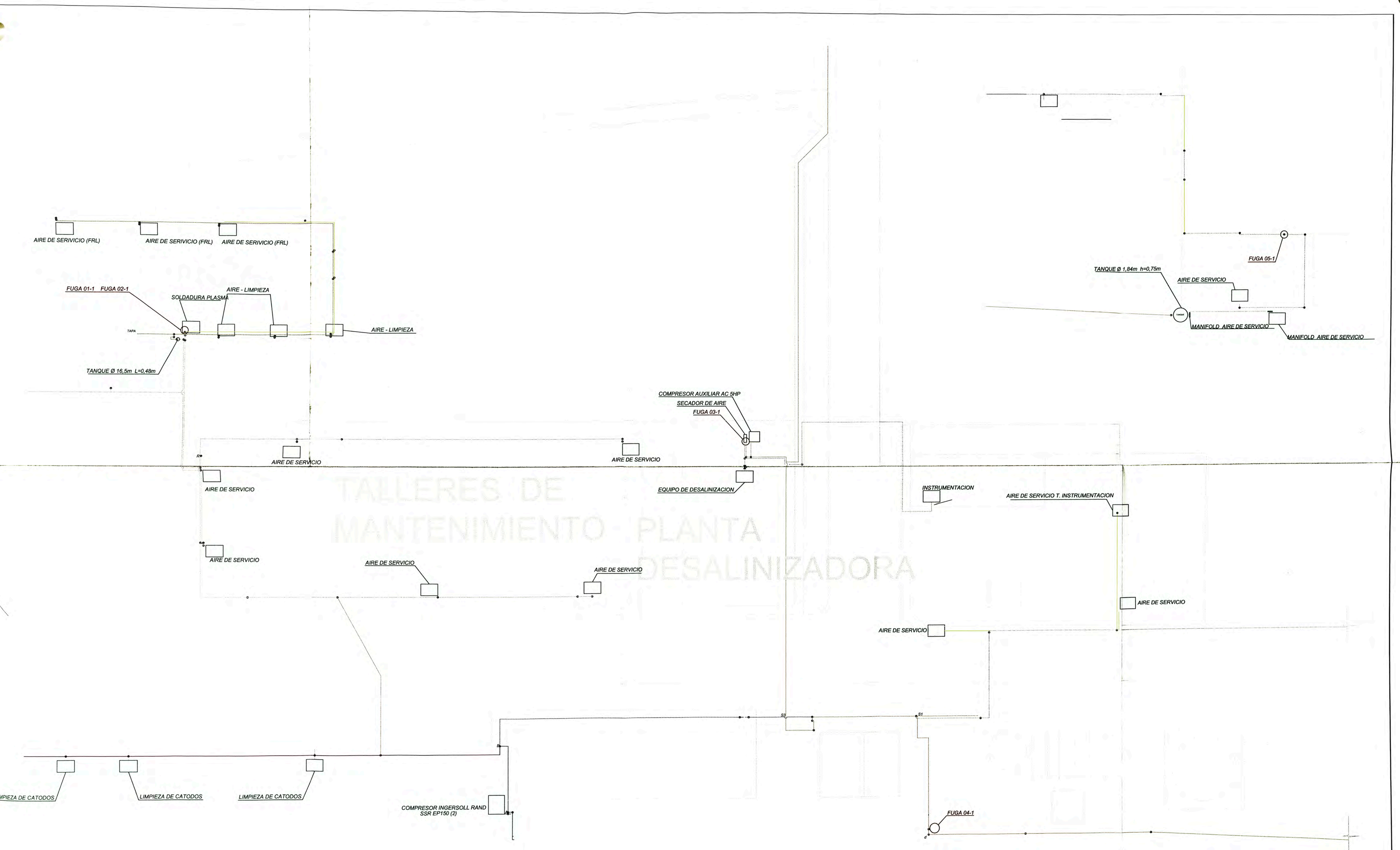
LEYENDA

- LINEAS DE AIRE SECO ———
- LINEAS DE AIRE HUMEDO ———

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				APROBADO	FIRMA	FECHA	ESCALA: 1/1250	JOB No.:	SOFTWARE - VERSION : ACAD-R14	DIBUJO No. :
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA							

LAYOUT - REFINERIA

RED PRINCIPAL DE AIRE COMPRIMIDO

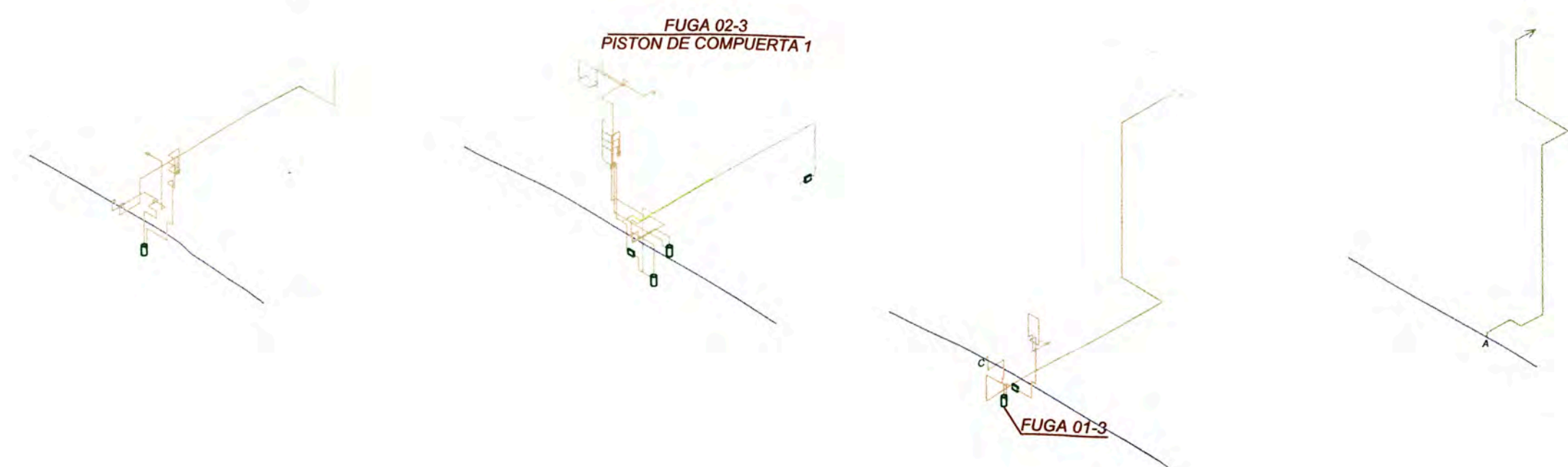
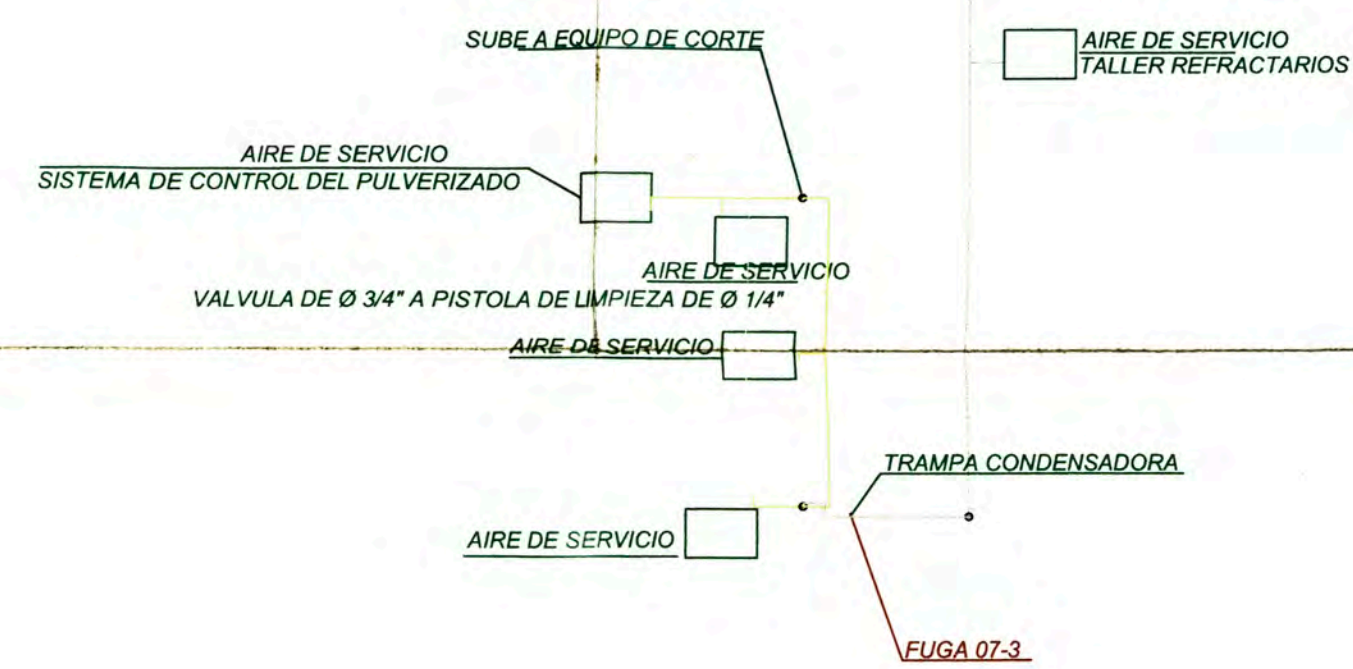
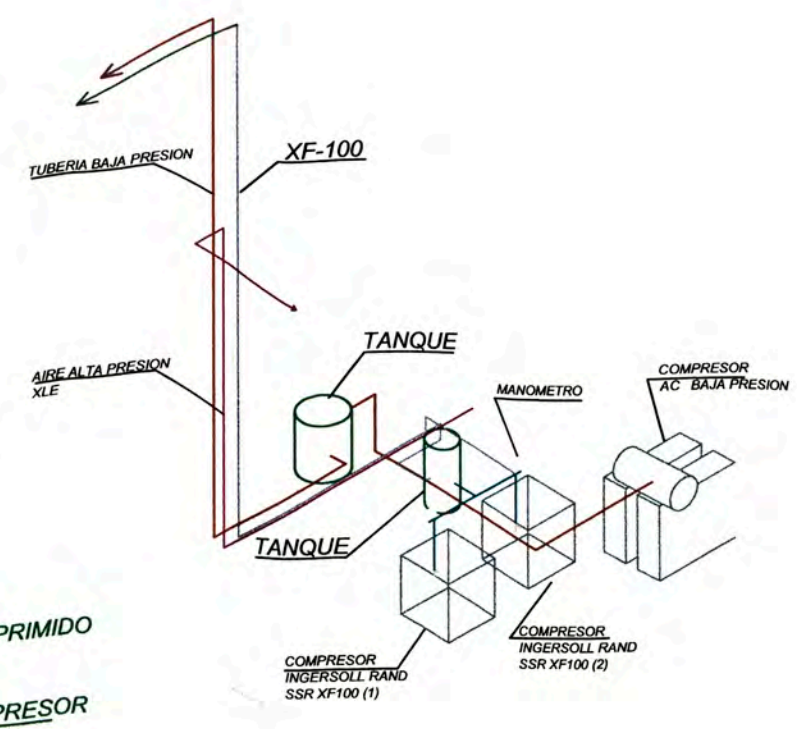
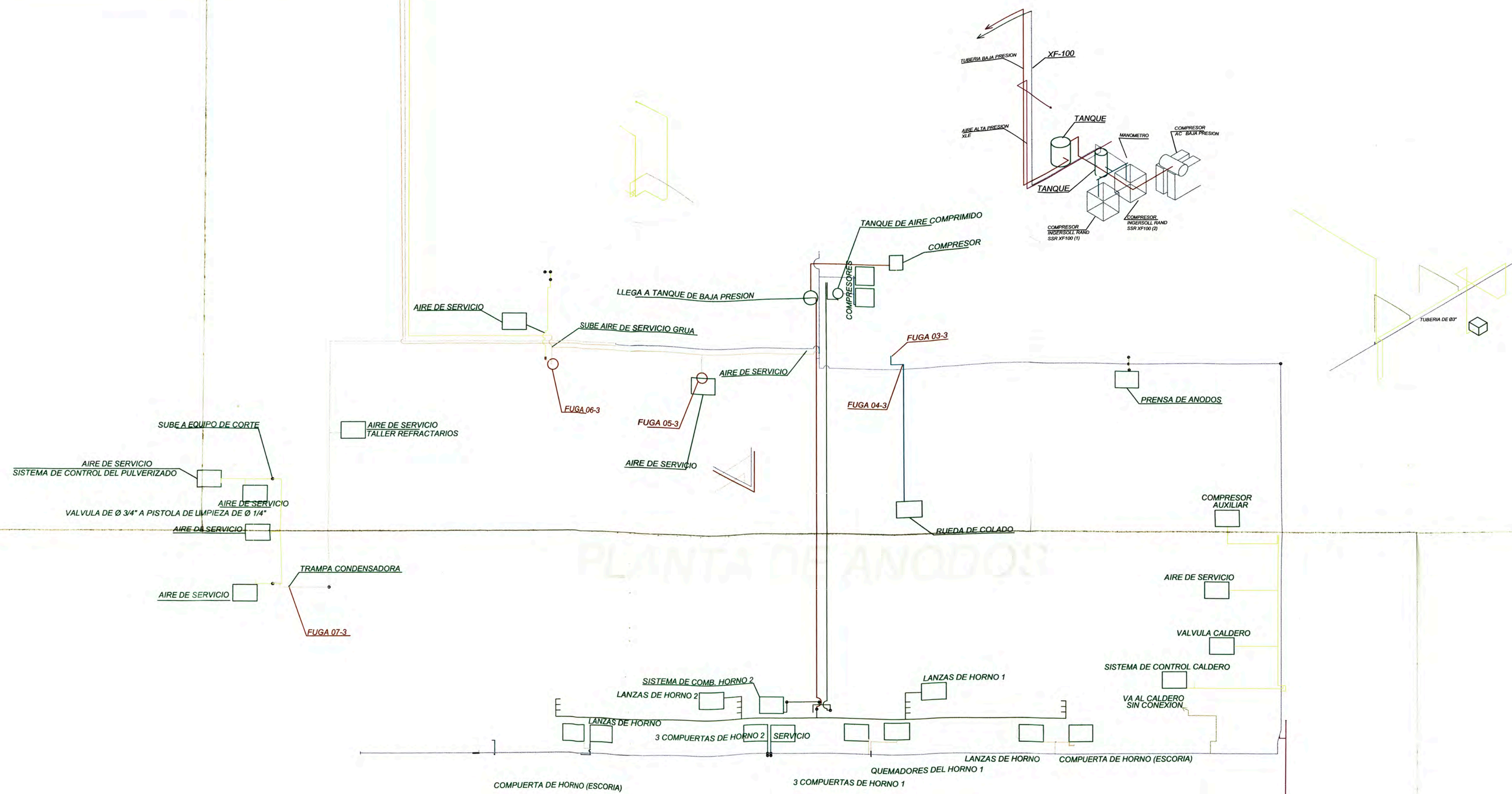


TALLERES DE MANTENIMIENTO - PLANTA DESALINIZADORA

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
 DATALLE DE FUGAS - AIRE COMPRIMIDO
 TALLER DE MANTENIMIENTO - MAESTRANZA
 PLANTA DESALINIZADORA

ESCALA:	1/250
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-R14
DIBUJO No. :	0

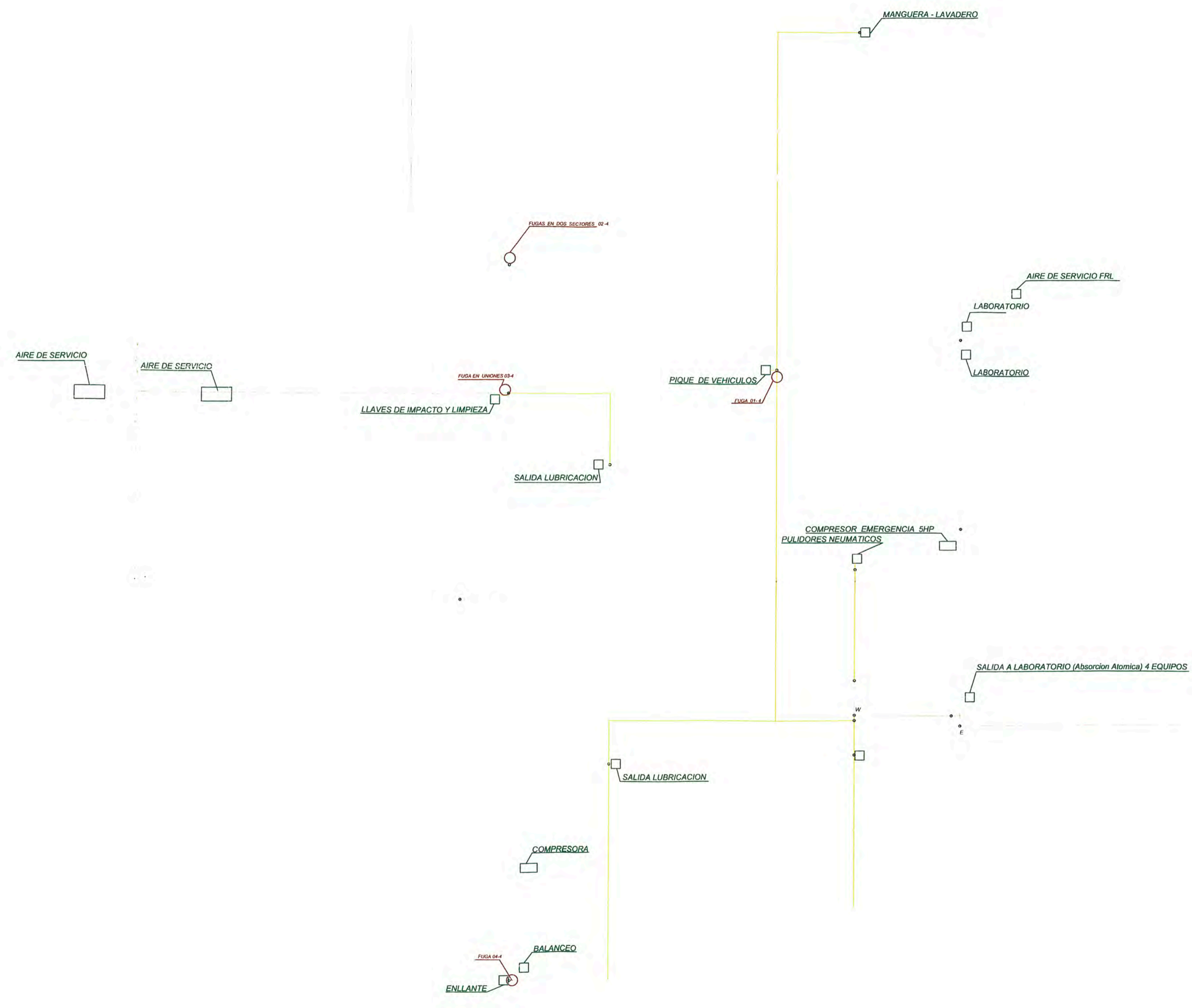


No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
 DETALLE DE LA FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO
 PLANTA DE ANODOS

ESCALA: 1/250
 JOB No.:
 SOFTWARE - VERSION : ACAD-R14
 DIBUJO No. :

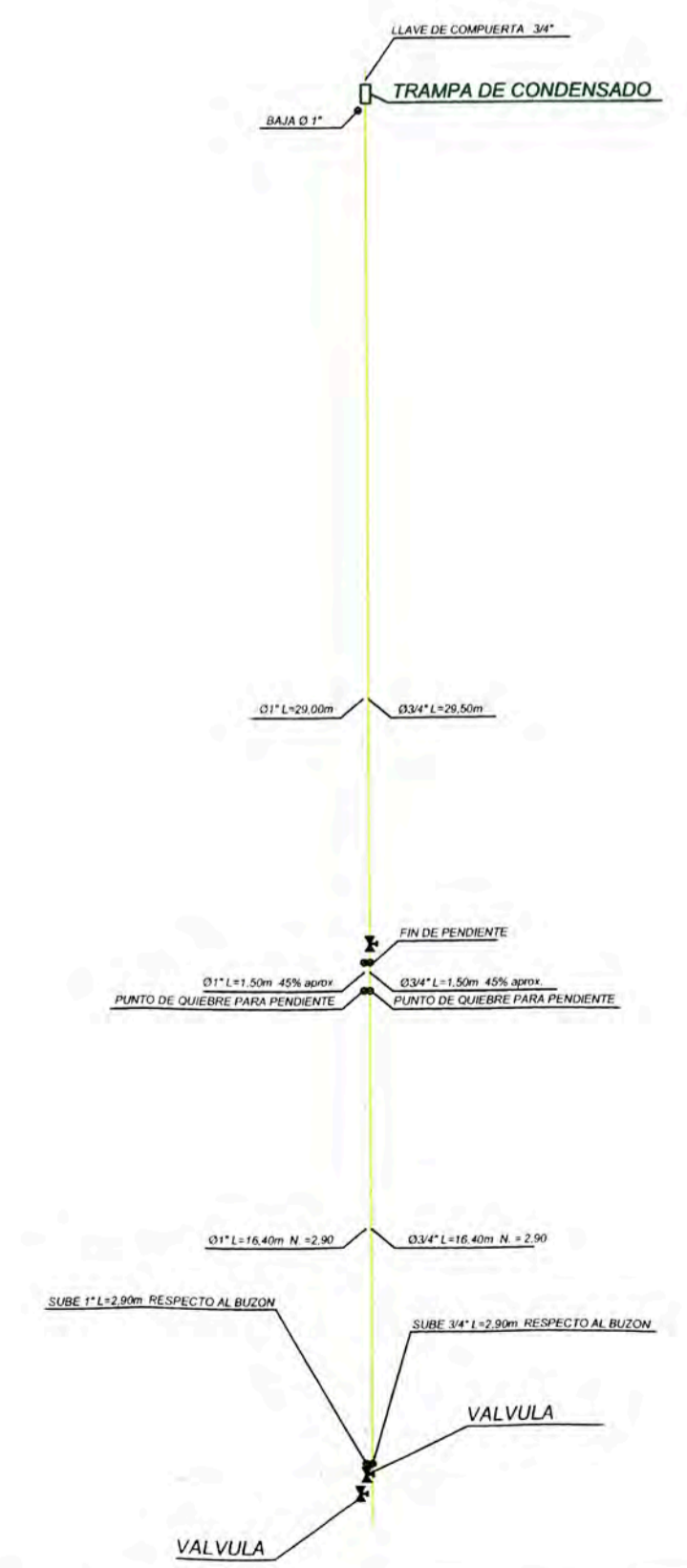
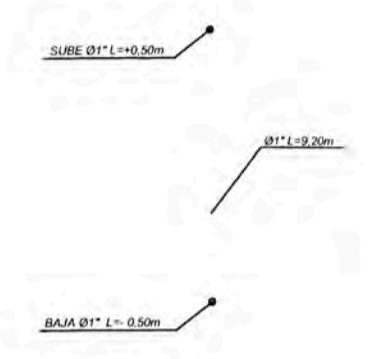
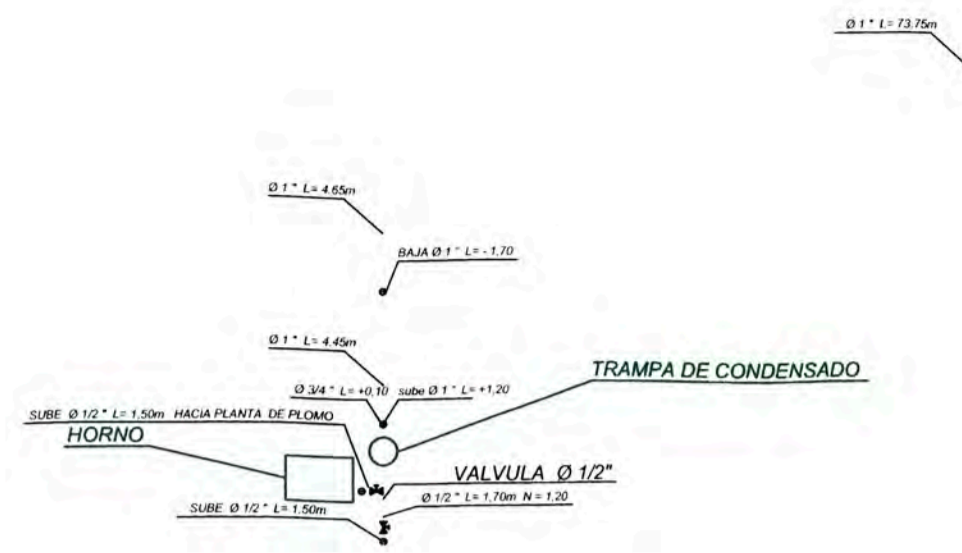




No.	REVISIONES	DIBUADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
 DETALLE DE FUGAS - AIRE COMPRIMIDO
 EQUIPO MOVIL Y LABORATORIO

ESCALA:	1/250
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-R14
DIBUJO No. :	0

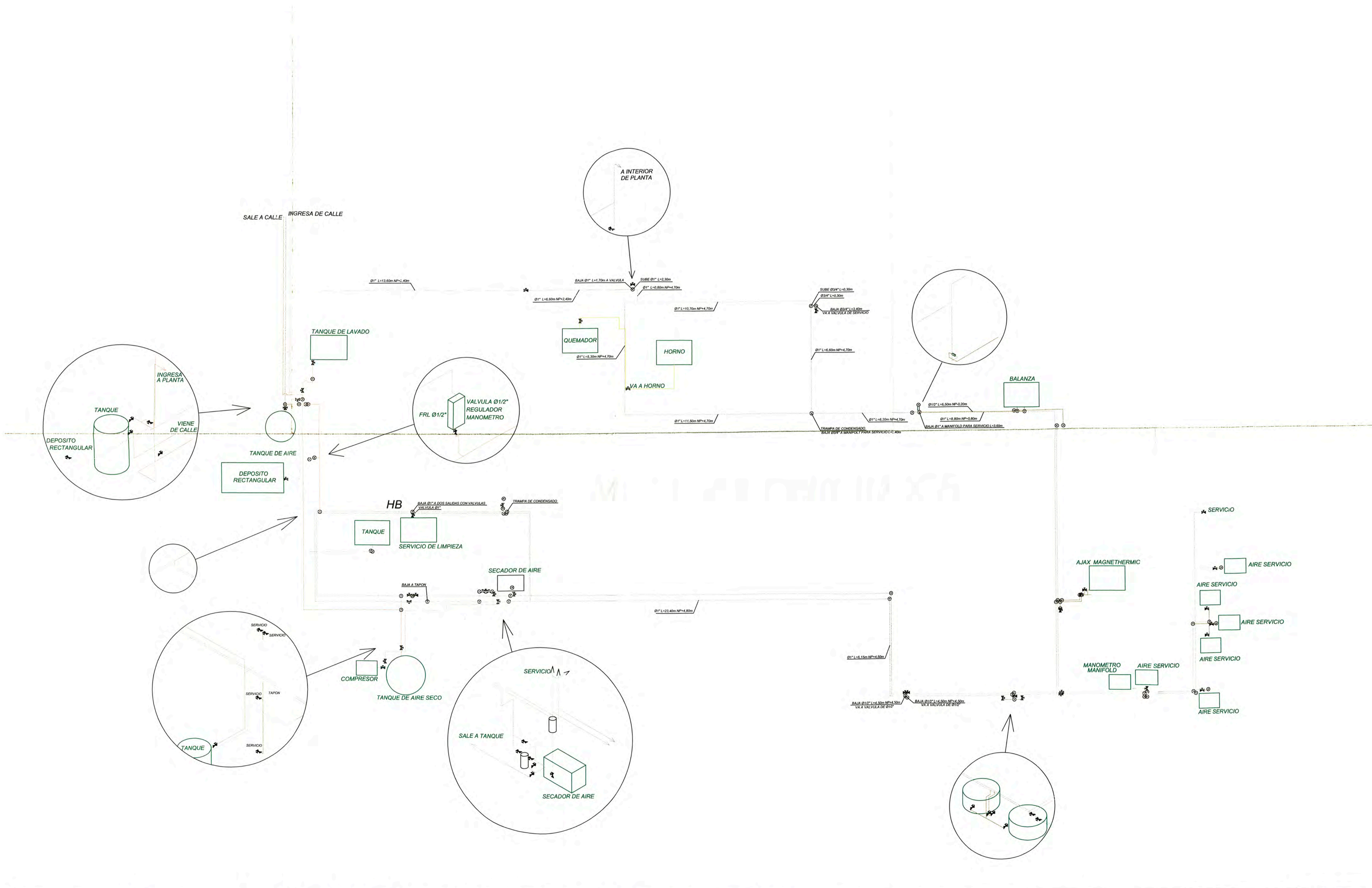


No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				APROBADO	FIRMA	FECHA		
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA					

LAYOUT - REFINERIA
 DETALLE DE RED - AIRE COMPRIMIDO
 PLANTA DE PLOMO Y ARENADO

ESCALA:	1/250
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-R14
DIBUJO No. :	

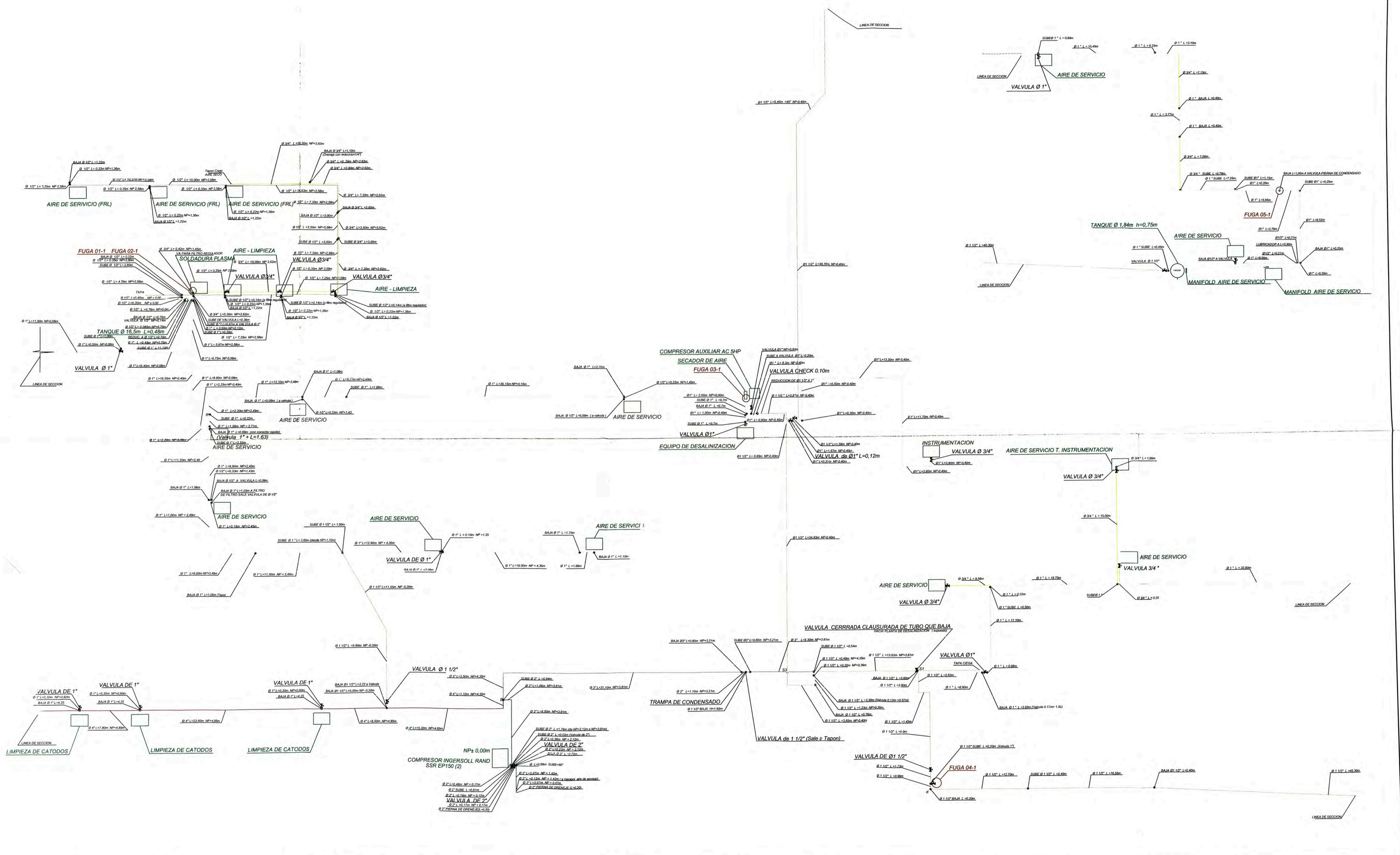




No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
DETALLE DE RED - AIRE COMPRIMIDO
PLANTA DE METALES PRECIOSOS

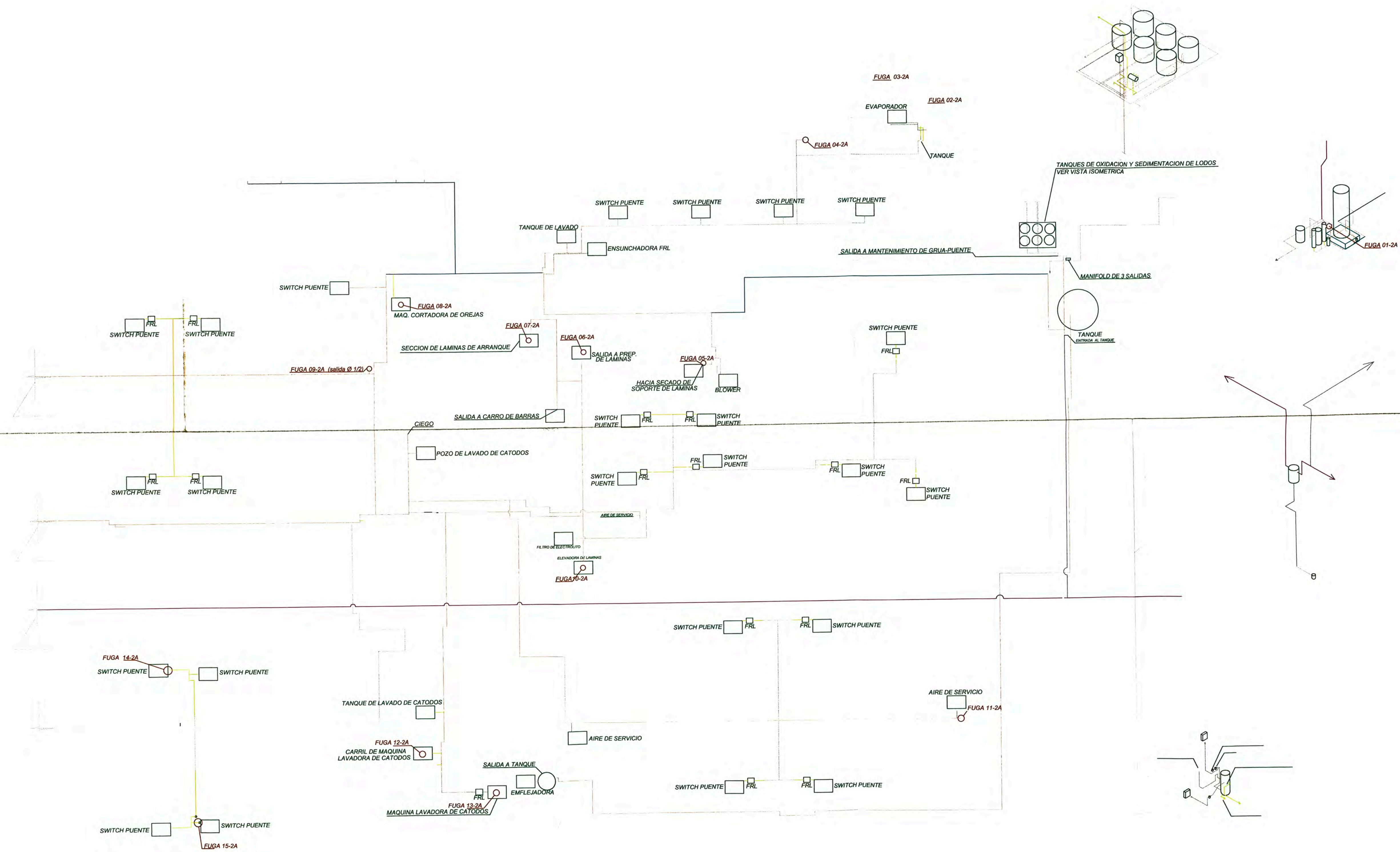
ESCALA:	1/125
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-R14
DIBUJO No. :	



No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION					
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA		

LAYOUT - REFINERIA
 DATALE DE RED - AIRE COMPRIMIDO
 TALLER DE MANTENIMIENTO - MAESTRANZA
 PLANTA DESALINIZADORA

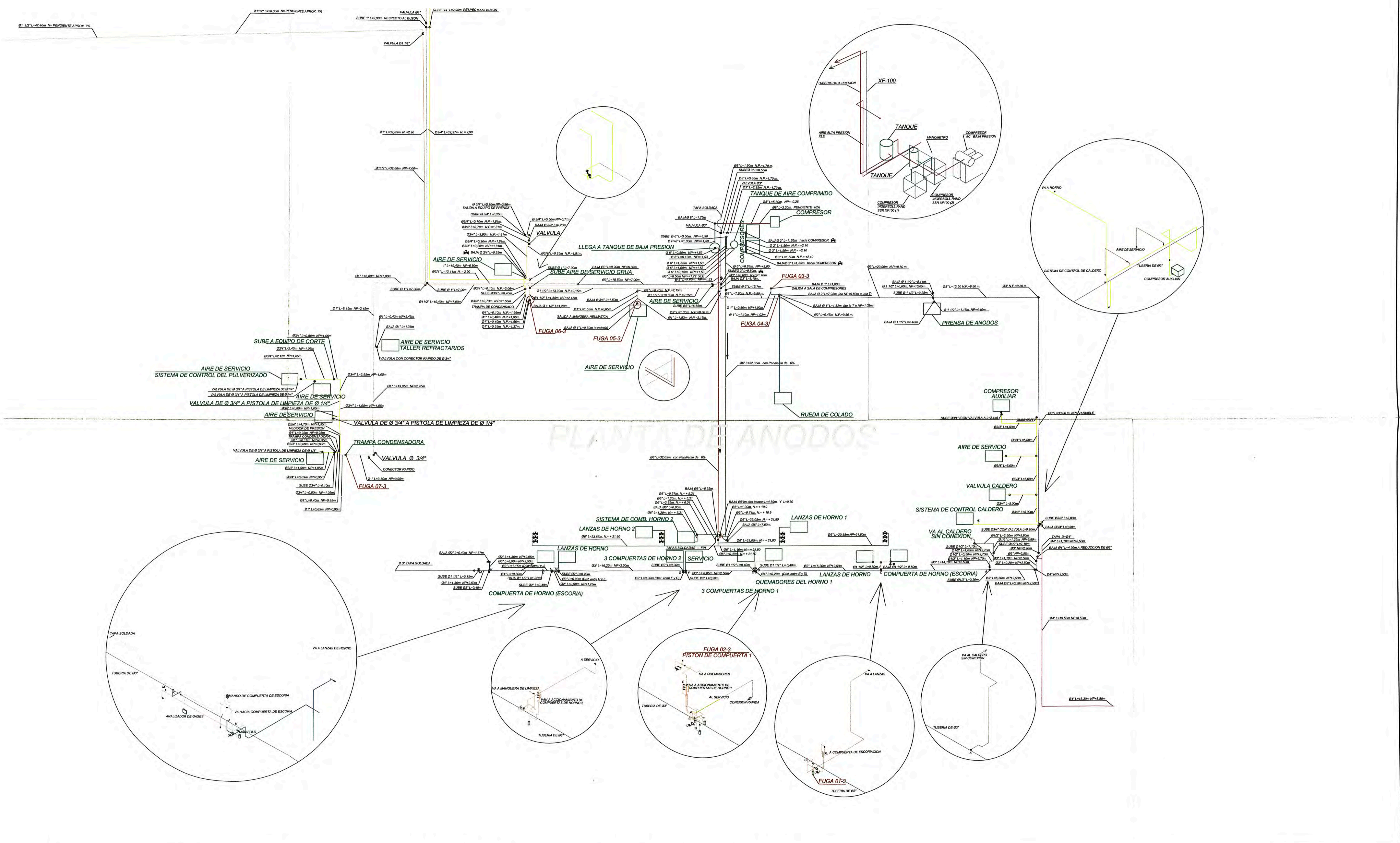
ESCALA: 1/250
 JOB No.:
 SOFTWARE - VERSION: ACAD-R14
 DIBUJO No.: 0



No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION			"REDISEÑO DEL SISTEMA NEUMATICO EN LA REFINERIA DE COBRE DE S.P.C.C."	APROBADO	FIRMA	FECHA	ESCALA: 1/250	JOB No.:	SOFTWARE - VERSION : ACAD-R14	DIBUJO No. : JM-011
								RESPONSABLE	POR	FIRMA								
								DIBUJO	G. SALAS			99/11/01						
								DISENO	J. MARTINEZ			99/11/01						
								SENIOR/COORD	J. MARTINEZ			99/11/01						
								APROBACION	J. MARTINEZ			99/11/01						

LAYOUT - REFINERIA
 DETALLE DE FUGA - AIRE COMPRIMIDO
 PLANTA ELECTROLITICA - A



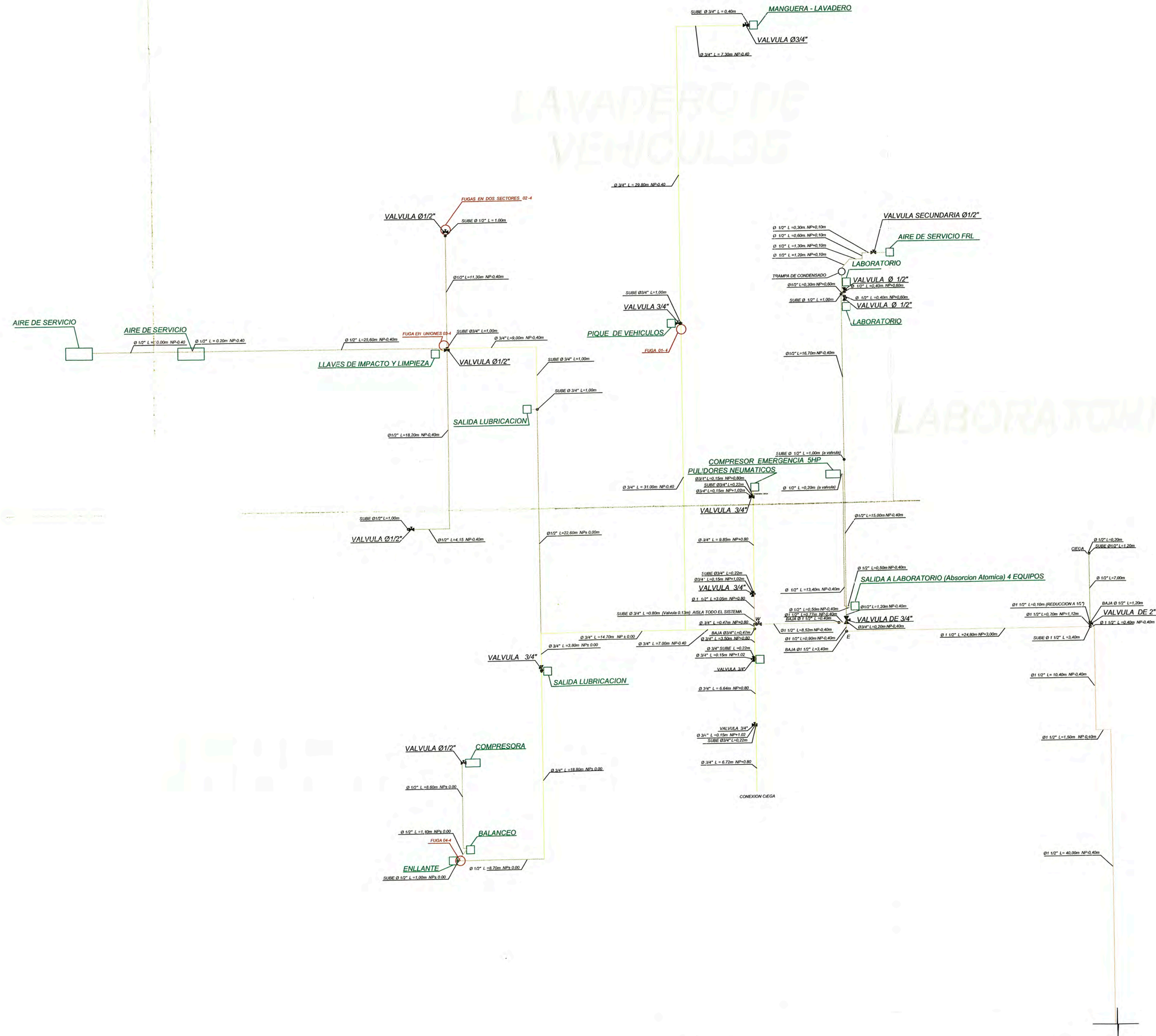


PLANTA DE ANODOS

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				APROBADO	FIRMA	FECHA	ESCALA: 1/250
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA				

LAYOUT - REFINERIA
DETALLE DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO
PLANTA DE ANODOS

ESCALA: 1/250
JOB No.:
SOFTWARE - VERSION : ACAD-R14
DIBUJO No.: 0



No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(ING.)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				
								RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	

LAYOUT - REFINERIA
 DETALLE DE RED - AIRE COMPRIMIDO
 EQUIPO MOVIL Y LABORATORIO

ESCALA:	1/250
JOB No.:	
SOFTWARE - VERSION :	ACAD-R14
DIBUJO No. :	0