

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera



OPERACIÓN DE LAS PLANTAS DE AGUA Y OXIGENO, DIRECCION Y CONTROL DE LABORATORIO QUIMICO

INFORME TECNICO

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

Presentado por:

José Luis Castilla Rebatta

Promoción 90-II

UNI, Setiembre de 1998

INTRODUCCION

El presente informe nace como un aporte a la optimización del proceso de producción de la siderúrgica Aceros Arequipa, En el se da cuenta de las actividades realizadas en el ejercicio de la profesión del Ingeniero Químico. La labor corresponde fundamentalmente a operar, controlar y administrar las plantas de agua, de oxígeno y el laboratorio químico. Que se encuentran dentro del sector servicios a la producción.

El suscrito ingresa en junio del 91 como practicante de Ingeniería Química al departamento de control de calidad en la sección del laboratorio químico realizando los análisis químico del agua de la planta de Osmosis Inversa y del agua de refrigeración. Posteriormente me trasladan a la planta de agua para realizar el tratamiento químico de el agua de refrigeración. En octubre del 92 me contratan como jefe de la planta de agua haciéndome cargo de la operación, planificación del mantenimiento y responsable de los pedidos de materiales y repuestos de dicha planta. En marzo del 93 adicionalmente a mis labores asumo el cargo de jefe de la planta de oxígeno, incrementando mis responsabilidades en la empresa.

En este informe se explica las actividades que realizo como jefe de las plantas de agua y oxígeno, coordinando acciones y mejoras del servicio con las áreas de producción.

En agosto del 97 asumí el cargo de jefe del laboratorio químico, dejando los demás cargos. En esta nueva faceta encontré una forma de trabajar diferentes a las anteriores, por que se supervisaba el trabajo del personal del laboratorio desde el momento que se tomaba las muestras que traían los proveedores a la empresa, se realizaba los análisis granulométricos, se

preparaba las muestras para el análisis químico, se verificaba la valoración de las soluciones químicas y el chequeo de los analistas con standares, para garantizar los resultados de los análisis quimicos.

Espero que este informe ayude a los futuros colegas y conozcan que nuestra profesión tiene un gran campo de acción en las empresas y que deben estar preparado para ello.

CAPITULO I

UBICACION Y LOS PROCESOS DE FABRICACION DE LA PLANTA

II.1.A.1 NOMBRE Y RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA

Corporación Aceros Arequipa S.A.

La empresa fue constituida el 13 de Mayo de 1964 y su planta N° 01 en Arequipa fue inaugurada el primero de Noviembre de 1966. Posteriormente la planta N° 02 en Pisco fue inaugurada el 8 de Enero de 1983.

Aceros Arequipa S.A. en mérito a la calidad de sus productos obtiene el Sello de Calidad otorgado por el Ex-ITINTEC en el año 1986.

En 1992 Aceros Arequipa dio inicio a un proceso de Calidad Total planeado para llevarse a cabo en tres etapas, cada uno de ellas con un objetivo definido.

La primera etapa buscaba introducir en nuestra organización el trabajo en equipo, capacitando para ello al personal en la filosofía de los principios de Calidad Total, con el uso de la metodología y herramientas básicas de la calidad.

La segunda etapa tenía como objetivo diseñar e implementar un sistema de aseguramiento de la Calidad que respondiera a las exigencias de la Norma ISO-9002; en Julio de 1997 se obtuvo la Certificación ISO-9002 alcanzado luego de una exigente Auditoria de Certificación llevada a cabo por A.B.S. Qualities Evaluations.

Actualmente Aceros Arequipa se encuentra en la ultima etapa que es el Control Estadístico de Procesos, para lo cual se esta capacitando a los Jefes de Departamento y Secciones.

II.1.A.2 DIRECCIÓN

Oficina Lima : Av. Enrique Meiggs N° 297
Callao
Teléfonos: 4521704 - 4520365

Planta Arequipa : Calle Jacinto Ibañez N° 111
Parque Industrial
Teléfonos: 232430 - 215341

Planta Pisco : Panamericana Sur Km. 241
Teléfonos: 532970 - 532969

II.1.A.3 SECTOR AL CUAL PERTENECE

II Sector de la Economía, Empresa Metalúrgica

II.1.A.4 ESTRUCTURA ORGÁNICA

Ver Organigrama(Anexo1)

II.1.A.5 LAYOUT DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

II.1.A.5.1 Línea de Producción a que se Dedic

Productos no planos

II.1.A.5.2 Principales Productos de Fabricación

- Barras corrugadas y alambres para construcción.
- Perfiles y barras lisas de acero

Otros

- Alambres para trefilería
- Alambres para recabado.

- Alambres y barras de acero de fácil corte.
- Alambrones y barras para calibrado.
- Barras para molienda de minerales.
- Barras para maquinaria.
- Barras para bolas de molino.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE HIERRO ESPONJA

La Planta de Hierro esponja, utiliza como materia prima pellets de mineral de hierro, traídos de la Empresa Shougan-Marcona, también los insumos de carbón bituminoso como reductor y la caliza como desulfurante. En el horno rotatorio aproximadamente a 1100°C se elimina el oxígeno del óxido de hierro, el producto conserva la forma original de pellets que fue alimentado, obteniéndose productos con mayor porosidad. Por esta condición recibe el nombre de "Hierro Esponja". La calidad final de la producción es controlada con el grado de metalización, que es la relación entre el hierro metálico del producto reducido y el hierro total del mineral empleado. (Ver Anexo 3: Layout de la Planta Hierro Esponja)

PROCESO DE PRODUCCION DE ACERIA

El horno eléctrico produce acero al carbono las materias primas que se requieren son: la chatarra, hierro esponja, ferroaleaciones y antracita e insumos adicionales; la electricidad, oxígeno, cal y caliza, entre otros. El horno eléctrico produce actualmente una colada de 40 toneladas en una hora. La temperatura de operación es de 1600°C aproximadamente. La chatarra y el hierro esponja

forma el acero líquido principalmente, la adición de ferroaleaciones con la antracita es para darle la composición química requerida.

Con el objetivo de acelerar el tiempo de fusión se insufla oxígeno gaseoso, el calor desprendido por la oxidación del Manganeso, Silicio, Carbono y Fierro, acelera la fusión del metal. La cal y caliza son desfosforizante y desulfurante para reducir el contenido de fósforo y azufre..

En la colada continua ocurre el proceso de solidificación del acero líquido en una lingotera que está incluido dentro de un equipo complejo que es oscilado y refrigerado, finalmente la barra de acero solidificado es extraído por rodillos.(Ver Anexo 4: Layout de Producción de Acero)

PROCESO DE PRODUCCION DE LAMINACION

Se inicia con el calentamiento de las barras de acero hasta 1110°C aproximadamente, para conseguir un movimiento plástico del acero al pasar por los conductos de los cilindros de desbaste que van reduciendo la sección transversal y estirando su longitud hasta formar los diversos productos que se desarrollan en la planta N° 2 de la Corporación de Aceros Arequipa. En la mesa de enfriamiento, se reduce la temperatura del metal para después cortarlo, empaquetarlo, codificarlo y dejarlo listo para la venta.(Ver Anexo 5: Layout de Producción de Laminación)

CAPITULO II

PLANTA DE AGUA

II.2.B RELACION PROFESIONAL - EMPLEADOR

II.2.B.1 CONDICION

Monitoreo

II.2.B.2 DOCUMENTOS PROBATORIOS

Ver Anexo 5

II.2.C CARGO PROFESIONAL DESARROLLADO

II.2.C.1 CARGO DESEMPEÑADO

Jefe de Planta de Agua.

II.2.C.2 ACTIVIDADES ASIGNADAS AL CARGO DESEMPEÑADO

• Operación, monitoreo y control de la planta de tratamiento de agua. Se incluye también explotación de agua de pozo y galerías filtrantes.

• Elaboración de reportes de producción de agua controlada, stock de agua en los tanques y análisis químico del agua, se entregaban diariamente al jefe de mantenimiento de planta.

• Se realizaron estudios, de implementación y elaboración de mejoras físicas o de procedimiento para la optimización del proceso o reducción del costo de producción de agua tratada.

• Elaboración, planeamiento y supervisión del programa de mantenimiento de la planta de agua.

- Gestión logística para el suministro de productos químicos, equipos y repuestos para la programación de las actividades de mantenimiento o trabajos de mejoras de la planta de agua.

II.2.C.3 TIEMPO DE PRESTACION DE SERVICIOS EN LA ACTIVIDAD DESCRITA

En Aceros Arequipa desempeñe el cargo de Jefe de Planta de Tratamiento de Agua durante 5 Años.

II.2.D FUNCIONES QUE REQUIEREN EL CONOCIMIENTO DE TECNICAS PROFESIONALES

II.2.D.1 TECNICAS DE INGENIERIA NECESARIAS

- a) Conocimiento de tratamiento químico del agua: circuito de refrigeración abierta, intercambio iónico, ósmosis inversa, coagulación y floculación, control de corrosión, incrustamiento y tratamiento microbiológico.
- b) Conceptos de transferencia de cantidad de movimiento, bombas centrífugas, pérdidas de carga.
- c) Transferencia de calor.
- d) Operaciones unitarias: filtración.
- e) Conceptos de electricidad industrial.
- f) Técnicas estadísticas para el tratamiento de los resultados de análisis químico de agua, producción y consumo de agua.
- g) Control automático: instrumentación y lazos de control.
- h) Conocimiento de transferencia de masa: Humidificación - Torres de enfriamiento.

II.2.D.2 CANTIDAD Y TIPO DE PERSONAL

Como jefe de planta estuvo a mi cargo nueve operadores con nivel técnico de electricidad y mecánica del SENATI.

II.2.E OBJETIVOS, ALCANCES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CADA ACTIVIDAD

II.2.E.1 OBJETIVOS

Garantizar la calidad química y cantidad de agua para la refrigeración, de los diversos equipos de los procesos de producción.

II.2.E.2 ALCANCES

El alcance del servicio es entregar agua para ser utilizado en el proceso de enfriamiento a las condiciones de operaciones requeridas, de presión y temperatura, por cada uno de los equipos de refrigeración en los diversos puntos de la producción.

II.2.E.3 CARACTERISTICA PRINCIPAL DE LA ACTIVIDAD EN PLANTA DE AGUA

II.2.E.3.1 CIRCUITO DE REFRIGERACION ABIERTA

Es el sistema que refrigera los equipos de producción de la planta de Aceros de Arequipa

Este sistema enfría el agua por evaporación de cierta cantidad de agua que es recirculada. Para reemplazar el agua pérdida por evaporación y pérdida por purga, se repone un agua de bajo contenido de sólidos totales disueltos, mediante el siguiente balance.

$$\text{Reposición} = \text{Evaporación} \times \frac{\text{Ciclos de concentracion}}{\text{Ciclos de concentracion} - 1}$$

Debido a las pérdidas de agua como vapor y reemplazo de esta por agua que contiene sólidos totales disueltos, el agua de recirculación es más concentrada que el agua de reposición. Los ciclos de concentración indican en número de veces que el agua de reposición se concentra en el sistema de enfriamiento.

$$\text{Ciclo de concentración} = \frac{\text{Concentracion de (Cl}^- \text{) en agua de recirculacion}}{\text{Concentracion de (Cl}^- \text{) en agua de reposicion}}$$

El ciclo de concentración permitida está en rango de 1,5 a 2,5.

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DEL CIRCUITO DE ACERIA KT1 Y KT2

| | |
|--|--------------------------|
| Caudal de agua | : 1263 m ³ /h |
| Temperatura de agua fría | : 40°C |
| Capacidad de refrigeración | : 18.9 G Cal/h* |
| Temperatura de Agua Caliente | : 55°C |
| Temperatura de bulbo húmedo | : 24°C |
| Pérdidas de evaporación | : 2.3% |
| Pérdidas de pulverización | : 0.05% |
| Número de Celdas | : 2 |
| Potencia requerida en el árbol del motor | : 2x19 kw. |
| Número de revoluciones del ventilador | : 350 min ⁻¹ |
| Potencia del Motor | : 22.0 kw. |

Fabricante : GEA-ALEMANIA.

* G: giga

**CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO
DEL CIRCUITO SECUNDARIO DE ACERIA KT3**

Caudal de agua : 360 m³/h
Temperatura de agua fría : 40°C
Capacidad de refrigeración : 7.92 G Cal/h
Temperatura de Agua Caliente : 66°C
Temperatura de bulbo húmedo : 24°C
Pérdidas de evaporación : 3.37%
Pérdidas de pulverización : 0.05%
Número de Celdas : 1

Potencia requerida en el árbol del

motor : 10 kw

Número de revoluciones del ventilador : 350 min⁻¹

Potencia del Motor : 15 kw.

Fabricante : GEA-ALEMANIA.

**CARACTERISTICAS TECNICAS DE EL FILTRO GRAVA-CUARZO
DEL CIRCUITO SECUNDARIO**

Caudal de agua : 360 m³/h
Temperatura de agua fría : 40°C
Caudal de agua de lavado en retorno : 540 m³/h
Volumen de agua de lavado en retorno : 90 m³
Caudal de aire de lavado : 720 m³/h
Volumen de aire de lavado : 60 m³
Presión de aire de lavado : 0.5 bar
Presión de servicio : 6 bar
Presión de prueba : 8 bar
Diferencia de presión admisible : 5 m de C. H₂O*

Temperatura de servicio : 40°C
Fabricación : ALEMANIA.

***C. H₂O: Columna de Agua**

II.2.E.3.2 INTERCAMBIO IONICO - ABLANDAMIENTO

El intercambio iónico remueve del agua cruda los iones indeseables transferidos a un material sólido, llamado resinas contenidas en un intercambiador iónico, el cual los acepta cediendo un número equivalentes de iones de una especie deseable que se encuentra almacenada en el esqueleto del intercambiador de iones. El ablandamiento con resinas catiónicas, elimina la dureza del agua, incluyendo el hierro, si este constituyente puede mantenerse en forma iónica reducida. Cuando el lecho de intercambiador de iones esta saturado con los constituyentes de la dureza, el intercambiador se regenera con una salmuera que es una solución de cloruro de sodio. El equipo es simple, y consta de un armazón de acero que soporta el lecho intercambiador de iones, provistos de tuberías y válvula multiport que permite las operaciones esenciales de ablandamiento, retrolavado, regeneración y enjuague.

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO ABLANDADOR

Caudal : 30 m³/h
Presión de servicio : 1 bar
Volumen de resina catiónica : 55 pies³
Válvula multiport con conexión de tubería de 2 pulg.
Altura total : 3.5 m
Diámetro : 1.0 m
Capacidad de tanque de salmuera : 1 m³

Cantidad de sal 350 kilos
Fabricante : LIMPESA

II.2.E.3.3 OSMOSIS INVERSA - PERMEADOR DE FIBRA HUECA

La ósmosis es un proceso natural que consiste en el paso de un líquido de menor concentración a otro de mayor concentración, a través de una membrana semipermeable, el solvente pasa a través de ella y no los sólidos disueltos. La dirección de flujo del solvente es determinada por el potencial químico de la solución, el cual es función de la temperatura, presión y concentración de los sólidos disueltos.

La ósmosis inversa es la aplicación de una fuerza o presión externa sobre el agua de mayor concentración, para vencer la presión osmótica natural. En la planta de ósmosis inversa el agua salada es bombeada a alta presión a la membrana (permeador) Una válvula reguladora de flujo permite el escape de la salmuera concentrada, y a la vez regula la presión del trabajo dentro del permeador con lo cual se rompe el equilibrio de la presión osmótica y permite que cierta cantidad de agua pase a través de la membrana y salga como agua producto o permeado.

PERMEADOR DE FIBRA HUECA

La membrana seleccionada para desalar agua por el proceso de ósmosis inversa, debe ser altamente permeable al agua e impermeable a las sales con el objeto de obtener la mayor cantidad de agua de aceptable calidad. Asimismo, debe ser extremadamente

delgada para maximizar el flujo, pero suficientemente resistente para soportar altas presiones.

La membrana de fibra hueca B-9 (Figura N° 2.1) es fabricada de un polímero de poliamida aromática (aramida). Sus dimensiones son: diámetro interior = 42 μm y diámetro externo = 93 μm . las fibras son asimétricas, lo cual significa que consisten de una membrana en la superficie, que es una capa muy delgada (0.1 - 1.0 μm) y una gruesa capa porosa envuelta por la membrana a la que sirve de soporte.

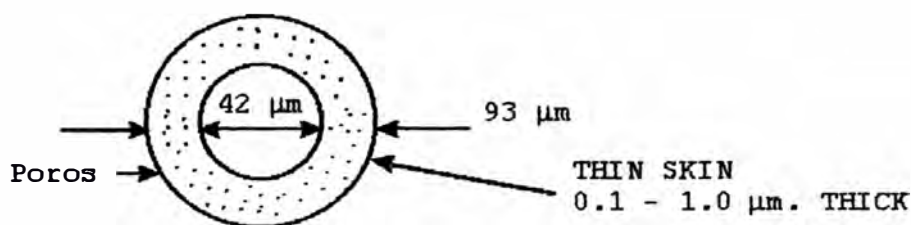


Figura N° 2.1 Fibra hueca B-9

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

Permeadores Modelo B9-0040

| | |
|--|------------------------------|
| Membrana tipo | : B-9 Aramida |
| Membrana configuración | : Fibra hueca |
| Capacidad inicial de agua producto a 400 psig, 25°C y 75% conversión, (m^3/hr) | : 3.94 nominal \pm 10% |
| Rechazo de sales (mínimo 90%) | : 92% nominal |
| Presión rango de operación | : 350-400 psig |
| Temperatura rango | : 0-40°C |
| pH rango, continua exposición | : 4-11 |
| Mínimo caudal de rechazo | : 2.61 m^3/h |

Máximo caudal de rechazo 6.36 m³/h

Bomba de Alta Presión Marca GOULD

Caudal : 120 m³/h
Presión : 400 psig
Número de Etapas : 2
Potencia : 160 kw

Filtro Fino de Cartucho

Caudal : 130 m³/h
Tamaño de Filtración : 5 µm
Caída de Presión Máximo : 1 bar

II.2.F DESARROLLO DEL PROCESO

II.2.F.1 CAPTACION DE AGUA DE POZO Y GALERIA FILTRANTE

La planta de Pisco tiene 4 pozos profundos y 2 galerías filtrantes como fuente de agua. A seguir se muestra en el Cuadro N° 2.1 la composición química de cada una de las fuentes de alimentación de agua.

CUADRO N° 2.1: Composición del Agua de pozo y galerías filtrante.

| | Pzo 2 | Pzo 6 | Pzo10 | Pzo15 | GF 3 |
|---|-------|-------|-------|-------|------|
| Dureza Total (ppm CaCO ₃) | 65 | 34 | 36 | 37 | 64 |
| Alcalinidad Total (ppm CaCO ₃) | 113 | 103 | 76 | 80 | 123 |
| Cloruros (ppm Cl ⁻) | 85 | 7 | 93 | 89 | 77 |
| Sulfatos (ppm SO ₄ ⁻²) | 70 | 55 | 60 | 141 | 70 |
| Sílice (ppm SiO ₂) | 60 | 64 | 64 | 49.4 | 68 |
| Fierro Total (ppm Fe) | 0.06 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| pH | 8.0 | 8.0 | 8.1 | 8.47 | 8.1 |
| Conductividad (µmhos/cm) | 750 | 550 | 550 | 636 | 700 |

La extracción de agua de estos pozos es continua durante las 24 horas del día. Para esto se ha regulado la válvula de descarga de cada pozo con su nivel dinámico.

El agua obtenida para la planta es la mezcla, de todos los pozos y de la galería filtrante N° 3 .El análisis químico de esta mezcla se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 2.2: Composición química de la mezcla de agua de pozo y la galería filtrante.

| | |
|--|------|
| Dureza Total (ppm CaCO ₃) | 50 |
| Alcalinidad Total (ppm CaCO ₃) | 84 |
| Cloruros (ppm Cl ⁻) | 89 |
| Sulfatos (ppm SO ₄ ⁼) | 120 |
| Sílice (ppm SiO ₂) | 60 |
| Fierro Total (ppm Fe) | 0.08 |
| pH | 8.2 |
| Conductividad (µmhos/cm) | 630 |

El agua es almacenada en dos grandes tanques, el primero en el sector de Acería con una capacidad de $2.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ y el otro en el sector de Laminación con una capacidad de $1.6 \times 10^3 \text{ m}^3$.

II.2.F.2 TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACION DE LA PLANTA ACERIA

Inicialmente, la producción de agua tratada de esta planta se obtenía por el proceso de ósmosis inversa hasta 1992. En Octubre de ese año se comenzó a operar recién con el equipo ablandador.

II.2.F.2.1 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA POR OSMOSIS INVERSA

El agua de alimentación a la planta de ósmosis inversa se inicia al transportar agua de el tanque R8 de acería (Cap. $2.0 \times 10^3 \text{ m}^3$) con una bomba centrífuga a la torre de oxidación.

DATOS CARACTERISTICOS DE LA TORRE DE OXIDACION

| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Altura total | : 5710 mm |
| Posición del ventilador de aire | : 2700 mm de Altura |
| Diámetro del lecho con flujo de aire. | : 2000 mm |
| Altura del lecho de monturas BERL | : 1400 mm |
| Flujo de aire | : 60 m ³ /h |

En la torre de la oxidación el ion ferroso Fe^{+2} pasa a ion ferrico Fe^{+3} por la acción del aire en contracorriente.

En el tramo de la torre de oxidación al filtro de grava-cuarzo, se inyecta un coagulante-floculante en la succión de la bomba para minimizar la acción de coloides y del hierro oxidado sobre la membrana, reteniéndose el sedimento (floc) en el filtro de grava-cuarzo.

DATOS CARACTERISTICOS DEL FILTRO GRAVA-CUARZO KF2.

| | | |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| Caudal | : | 100 m ³ /h |
| Velocidad de filtración | : | 16 m/h |
| Flujo de retrolavado | : | 370 m ³ /h |
| Volumen de agua de lavado | : | 62 m ³ |
| Flujo de enjuague | : | 500 m ³ /h |
| Volumen de agua de enjuague | : | 40 m ³ |
| Presión de enjuague | : | 0.5 bar |
| Presión de servicio | : | 6 bar |
| Presión de ensayo | : | 8 bar |
| Presión diferencial admisible | : | 5 m de C. H ₂ O |
| Temperatura de servicio | : | 40°C |

DIMENSIONES

| | | |
|--------------------|---|---------|
| Diámetro | : | 2800 mm |
| Altura de cilindro | : | 3000 mm |
| Altura total | : | 5200 mm |

El Cuadro N° 2.3 nos muestra el tamaño necesario de grava-cuarzo y la altura requerida de cada capa.

CUADRO N° 2.3: Capas Filtrantes

| Naturaleza | Tamaño | Altura |
|-----------------------------------|---------------|---------------|
| Capa Superior : Hidro-anthrasit-P | — | 500 mm |
| Capa Intermedia: Grava-cuarzo | 0.71-1.25 mm | 900 mm |
| Capa inferior : Grava-cuarzo | 3.15-5.0 mm | 100 mm |

En el tramo del filtro de grava-cuarzo al filtro fino de cartucho se inyecta tres productos químicos.

El primero un inhibidor de incrustación, por las características del agua en cuanto a dureza y alcalinidad, y la posibilidad de depósitos de hierro.

Segundo se dosifica ácido sulfúrico para mantener el rango de pH de 6.0 a 6.5 del agua de alimentación a los permeadores.

Tercero se inyecta una mezcla de biocida no oxidante, con un dispersante de sólidos en suspensión y materia orgánica para mantener limpios los permeadores

En el tramo de filtro fino de cartucho a la bomba de alta presión, no se inyecta ningún producto químico, solamente se hace los cambios de cartucho del filtro fino cada vez que la caída de presión llegue a 1 bar.

La bomba de alta presión alimenta el agua a los permeadores a 400 PSI, para que separe en dos flujos de agua. El agua que sirve para el sistema de refrigeración de acería, y el agua de rechazo con alto contenido de sólidos totales disueltos se envía al desagüe.

El tanque de almacenamiento de agua producto se llama R6 con capacidad de 450 m³. (Ver Anexo 7: Layout de planta de Osmosis Inversa).

II.2.F.2.2 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA POR ABLANDADOR

Para este sistema de operación se utiliza las instalaciones y los equipos de la planta de osmosis inversa.

El agua de alimentación al ablandador se toma del tanque R8, con una bomba centrífuga de agua se pasa a través de la torre de oxidación. Después con otra bomba de agua se pasa a través de el filtro de grava-cuarzo que se encarga de eliminar los sólidos suspendidos que pueden obstruir el funcionamiento del ablandador.

El ablandador cuando esta en servicio se controla cada hora la dureza del agua ablandada para determinar la calidad de agua que se va a enviar al sistema de refrigeración. También tiene un caudalimetro con totalizador para el control del volumen de agua ablandada entre regeneraciones con salmuera.

No se realiza ningún tipo de dosificación de productos químicos al agua antes de ablandarlo.

El agua ablandada se envía al tanque de almacenamiento R6. (Ver anexo 8: Layout de Equipo Ablandador)

II.2.F.3 SISTEMA DE REFRIGERACION DE ACERIA

La planta de agua de acería consta de 3 circuitos de refrigeración que son los siguientes:

II.2.F.3.1 CIRCUITO PRIMARIO DE ENFRIAMIENTO

Es el circuito en el cual se requiere la mejor calidad de agua. Este es un circuito de refrigeración indirecta, el agua no tiene contacto con la zona caliente. La refrigeración se da con intercambiadores de calor, enchaquetamiento u otros.

REQUERIMIENTO DE CALIDAD DE AGUA PARA CIRCUITO PRIMARIO

| | | | |
|---------------|-------------------------------------|---|-----------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | : | 36 máx. |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | : | 50 máx. |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁼) | : | 150 máx. |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | : | 50 máx. |
| Fe Total | (ppm Fe) | : | 1 máx. |
| pH | Rango | : | 7-8 máx. |
| Conductividad | (µmhos/cm) | : | 1000 máx. |

El circuito primario es un circuito de refrigeración abierta, tiene 2 torres de enfriamiento KT1 y KT2. El agua de aporte es el agua ablandada que se almacena en el tanque R6, el agua de recirculación es el agua concentrada de sales, es el agua que se evapora. El Cuadro N° 2.4 nos muestra esta diferencia de sales entre el agua tratada y el agua de recirculación.

CUADRO N° 2.4: Composición química del agua ablandada y del agua de recirculación.

| | | Agua Fuente | Agua Ablandada | Agua Recirculación |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | 50 | 02 | 27 |
| Alcalinidad Total | (ppm CaCO ₃) | 84 | 84 | — |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | 89 | 95 | 273 |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁼) | 120 | 120 | 360 |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | 60 | 60 | 132 |
| Fe Total | (ppm Fe) | 0.08 | 0.08 | 1.56 |
| pH | | 8.2 | 8.25 | 8.85 |
| Conductividad | (µmhos/cm) | 630 | 6.25 | 1920 |

El circuito primario recircula agua de enfriamiento con un flujo de 1260 m³/h para enfriar los diversos

equipos de producción. Esta agua es enfriada en dos torres de enfriamiento de tiro forzado en donde se evapora cierta cantidad de agua de 7 m³/h. Este circuito tiene dos tanques, el primero de agua caliente y el otro de agua enfriada, con una capacidad de 300 y 400 m³ respectivamente. El tratamiento químico del agua es para el control de la corrosión, ensuciamiento e incrustación de sólidos suspendidos que contiene este tipo de sistemas. También es dosificado con biocidas para el control de las algas que pueden presentarse en la torre de enfriamiento y los tanques.

Por último se le añade ácido sulfúrico para que el pH del agua este en el rango de 8 a 9.

El Circuito Primario de Acería tiene 4 usuarios (Ver Anexo 9: Layout de Circuito Primario)

1. Horno Eléctrico: Esta equipado con tapa, paredes y ducto circular para escape de los gases calientes.

- **Paneles:** Son la paredes laterales del horno, es un enchaquetamiento que es refrigerado interiormente y revestido con refractario en la zona que esta en contacto con el acero líquido que esta a temperaturas por encima de 1600°C.
- **Bóveda:** Es la tapa del horno, zona que resiste los gases calientes y la radiación del calentamiento con los electrodos de grafito. Es refrigerado interiormente y revestido con refractario la zona externa que da al baño de acero líquido.

- **Ducto:** Es una sección circular por donde se extraen los gases calientes, es refrigerado interiormente y no son revestidos con refractarios.

2. Colada Continua

El tratamiento correcto del agua y su distribución son críticos en la colada continua. El acero que sale del horno eléctrico se pasa a una cuchara para luego vaciar su contenido a un distribuidor llamado "TUNDISH", el fondo de este recipiente tiene 4 aberturas por donde se distribuye el acero líquido. La lingotera donde se recibe el acero líquido tiene una chaqueta de cobre enfriada por agua, diseñadas para altas tasas de intercambio de calor. En esta lingotera se forma la barra de acero mediante la extracción de calor de sobrecalentamiento y de fusión del acero que ocurre a 1540°C aproximadamente. Para la producción de la barra de acero en la colada continua basta con que se forme en la lingotera una cáscara o capa metálica que resista la presión ferrostática del acero líquido. La solidificación del resto se hace fuera de la lingotera mediante el enfriamiento directo.

3. Planta de Hierro Esponja

El circuito primario refrigera interiormente los polines (rodamientos) de los hornos rotatorios que

son los soportes que originan el giro de los hornos.

4. Planta de Oxígeno

Enfriamiento del aire comprimido en las dos etapas del compresor, refrigeración del chiller para eliminación de la humedad del aire, enfriamiento del calefactor de aceite de el eje de la turbina de expansión.

II.2.F.3.2 CIRCUITO SECUNDARIO DE ENFRIAMIENTO

Es un circuito de refrigeración directa donde el agua entra en contacto con la zona caliente del equipo. La calidad de agua requerida es el siguiente:

| | | |
|---------------|---------------------------|------|
| Dureza Total | (ppm CaCO_3) | 267 |
| Cloruros | (ppm Cl^-) | 400 |
| Sulfatos | (ppm SO_4^{2-}) | 600 |
| Sílice | (ppm SiO_2) | 200 |
| pH | Rango | 7-9 |
| Conductividad | ($\mu\text{mhos/cm}$) | 6000 |

El aporte de agua al circuito secundario es la purga del circuito primario, con esta agua se repone las pérdidas de agua por evaporación y purgas de este circuito.

En el siguiente cuadro se encuentran los análisis químicos de el agua de aporte y de recirculación.

CUADRO N° 2.5: Composición química del agua de aporte y recirculación.

| | | Agua Aporte | Agua Recirculación |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | 27 | 67 |
| Alcalinidad Total | (ppm CaCO ₃) | — | 400 |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | 273 | 440 |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁻²) | 360 | 375 |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | 132 | — |
| Fe Total | (ppm Fe) | 1.56 | 1.72 |
| pH | | 8.85 | 8.46 |
| Conductividad | (µmhos/cm) | 1920 | 2776 |

El circuito secundario tiene un solo usuario que es el proceso de colada continua, el cual una vez que la barra de acero sale de la lingotera, todavía tiene su núcleo líquido. Para controlar la solidificación restante del núcleo líquido de la barra, se refrigera en la guía de la barra mediante una línea de rociadores hasta que la barra este enteramente solidificada. El agua que es rociado está en contacto con la barra de acero está se contamina con partículas de óxido de hierro, cuando el metal caliente se oxida con el oxígeno del medio ambiente. También el equipo mecánico auxiliar de la máquina de colada continua se enfría con agua y se contamina con la grasa que recubre sus equipos.

Para eliminar las impurezas físicas de esta agua se envía a un tanque sedimentador donde las partículas metálicas quedan atrapadas en el fondo y la grasa que flota en el agua se retira por un canal que esta

ubicado en la parte superior al nivel del agua del tanque sedimentador.

Si aun permanece algunos sólidos suspendidos en el agua, se hace pasar a través de un filtro de grava-cuarzo KF3 para eliminar estas impurezas y así pasar a la torre de enfriamiento y enfriar el agua y así ser recirculado para refrigerar las palanquillas por medio de los rociadores.(Ver Anexo 10: Layout de Circuito Secundario).

II.2.F.3.3 CIRCUITO SECUNDARIO DE PLANTA DE HIERRO ESPONJA

Este circuito es un sistema abierto, refrigera los gases de salida del horno mediante unos rociadores. También refrigera el cilindro rotativo donde se enfría el hierro esponja que está a 1100°C.

II.2.F.4 SISTEMA DE REFRIGERACION DE LAMINACION

La planta de agua de laminación consta de dos circuitos de refrigeración:

II.2.F.4.1 CIRCUITO DE REFRIGERACION AGUA "A"

Es un circuito de refrigeración indirecta, este sistema no tiene torre de enfriamiento, su enfriamiento se realiza por recirculación en un tanque al descubierto con capacidad de 400 m³. El flujo de recirculación es de 180 m³/h.

Este circuito refrigera los motores eléctricos de los cilindros laminadores, también la puerta del horno de recalentamiento. El agua de este circuito no es ablandada por que las sales disueltas del agua no

precipitan. Solamente son dosificados con productos químicos, para el control de corrosión, incrustación, ensuciamiento. También se adicionan biocidas para el control de algas u otros microorganismos y ácido sulfúrico para control del pH.

En el siguiente cuadro se presenta la calidad de agua que se aporta y se recircula. El agua de aporte se toma del tanque R8 de laminación con capacidad de $1.6 \times 10^3 \text{ m}^3$.

CUADRO N° 2.6: Composición del agua de aporte y recirculación

| | | Agua Aporte | Agua Recirculación |
|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO_3) | 44 | 48 |
| Alcalinidad Total | (ppm CaCO_3) | — | 70 |
| Cloruros | (ppm Cl^-) | 103 | 127 |
| Sulfatos | (ppm SO_4^-) | — | 150 |
| Sílice | (ppm SiO_2) | — | 51.2 |
| Fe Total | (ppm Fe) | — | 0.09 |
| pH | | 8.42 | 8 |
| Conductividad | ($\mu\text{mhos/cm}$) | 722 | 752 |

II.2.F.4.2 CIRCUITO DE REFRIGERACION AGUA "B"

Es un circuito de refrigeración directa, de sistema abierto. El proceso de laminación se inicia con el calentamiento de las barras de acero en el horno de recalentamiento, el agua "B" refrigera los rodillos de extracción de las palanquillas de acero. En esta zona es necesario que el agua sea alimentada a alta presión sobre la superficie de la palanquilla, para quitarle cualquier incrustación de óxido y que no

causen imperfecciones al laminar este deshecho en el metal.

El agua se usa también para enfriar los rodillos y para rociarla directamente sobre el acero antes de manejarlo directamente sobre la máquina. A medida que va pasando el agua sobre el metal caliente de una estación laminadora a otra, los óxidos lavados del metal se llevan a una fosa de incrustaciones (recolección).

Las partículas de mayor tamaño se retiran en la zona de desbaste saliendo del horno y las partículas más finas en la zona de los cilindros acabadores al final del laminado.

La eliminación de estas partículas encontradas en las palanquillas, son sedimentadas mayormente en la fosa de recolección, y los más finos en los tanques sedimentadores del circuito de agua "B". (Ver Anexo 11: Layout de Proceso de Agua "B").

II.2.G ALTERNATIVAS DE SOLUCION, ANALISIS TECNICO-ECONOMICO

SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AGUA

El sistema de refrigeración del proceso de colada continua en una siderúrgica, es uno de los puntos más críticos de la producción de acero. Esto se debe a que las lingoteras de cobre son las encargadas de formar la piel de las barras o palanquillas de acero.

En 1991, con el equipo de osmosis inversa desactivada, la planta de Aceros Arequipa tenía un

gran problema. Las lingoteras de cobre se deterioraban rápidamente por la baja calidad del agua, no se podía mantener una producción continua, debido a que las lingoteras tenían que ser bajadas cada cuatro coladas de los puntos de recepción del acero líquido. La producción de acero era de 11 a 12 coladas por día. Este problema generó un cuello de botella en la producción de acero, esto encareció el costo de producción.

En el Brasil la Siderúrgica Mendes Junior normalmente baja una lingotera cada 100 coladas para la limpieza, esto hace que la producción sea continua y su costo sea menor.

CAUSAS QUE AFECTARON LA OPERACION DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

1. Alto contenido de SiO_2 en el agua de alimentación.
2. Disminución de la captación del agua fuente. Desde el año 1983 hasta el año 1991 disminuye en 50% la producción de agua de pozos y galerías filtrantes.
3. Alto costo del programa de pre-tratamiento químico del agua de alimentación.
4. La planta de osmosis inversa es de operación continua, las paradas bruscas por corte de energía eléctrica afecta el funcionamiento de la membrana.
5. Alto consumo de energía eléctrica por la bomba de alta presión.

6. Deterioro prematuro de los permeadores de fibra hueca, los fabricantes indican que su tiempo de duración esta por encima de 3 años. En la planta de Aceros Arequipa duraron máximo 6 meses.
7. Alto costo de los permeadores para la renovación oportuna.
8. El aumento de consumo de agua en la planta por el incremento de producción.
9. La alimentación de agua a la planta de ósmosis inversa solo el 50% de el flujo es aprovechada, y el otro 50% se envía al desagüe por tener alto contenido de sales disueltas.
10. Calidad de agua que producía la planta de osmosis inversa a los 5 meses de poner en operación los permeadores nuevos. Es mostrados en el Cuadro N°2.7.

CUADRO N° 2.7: Calidad de agua despues de 5 meses de operación

| | | Alimentación | Producto |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | 50 | 22 |
| Alcalinidad Total | (ppm CaCO ₃) | 69 | 53 |
| Calcio | (ppm Ca ⁺²) | 17.28 | 6.96 |
| Magnesio | (ppm Mg ⁺²) | 1.65 | 1.18 |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | 80.0 | 45 |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁻) | 90.0 | 45 |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | 72.0 | 48 |
| Fe Total | (ppm Fe) | 0.10 | 0.05 |
| pH | | 6.2 | 6.1 |

CONSIDERACIONES TECNICAS PARA LA PUESTA EN OPERACIÓN DE UN ABLANDADOR.

1. El ablandador elimina la dureza del agua que es el componente químico más peligroso por que produce la deposición del carbonato de calcio sobre la superficie refrigerada de las lingoteras de cobre.
2. El ablandador elimina casi toda la dureza del agua en la misma cantidad que es alimentada.
3. El costo de operación es el consumo de sal para la regeneración.
4. La resina de intercambio ionico tiene una duración de 8 años, utilizando un filtro para el agua de alimentación al ablandador.
5. La operación del ablandador es sencillo con la válvula multiport, se reduce la manipulación de válvulas cuando se realiza la regeneración.
6. La calidad de agua no se altera al ser ablandada. Se presenta el análisis de agua en el Cuadro N°2.8 realizado el 20 de Agosto de 1998.

CUADRO N° 2.8: Analisis de agua realizada 20/08/98

| | | Agua Alimentación | Agua Ablandada |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | 44 | 1 |
| Alcalinidad Total | (ppm CaCO ₃) | — | 85 |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | 92 | 95 |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁻²) | — | 148 |
| Fe ²⁺ | (ppm Fe) | — | 0.03 |

| | | | |
|---------------|-------------------------|------|------|
| Fe Total | (ppm Fe) | — | 0.15 |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | — | 53.2 |
| pH | | 8.42 | 8.52 |
| Conductividad | (μmhos/cm) | 722 | 744 |

7. El agua ablandada en el sistema de refrigeración, para los límites máximos permisible de calidad de agua por concentración en el circuito abierto no afecta sus componentes químicos a la refrigeración de la lingotera usando productos químicos. Los valores de la calidad de agua del sistema de recirculación son como siguen. (Cuadro N° 2.9).

CUADRO N° 2.9: Calidad de agua requerida y agua de recirculación

| | | Agua Requerida | Agua de Recirculación |
|---------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Dureza Total | (ppm CaCO ₃) | 36 máx. | 27 |
| Cloruros | (ppm Cl ⁻) | 50 máx. | 273 |
| Sulfatos | (ppm SO ₄ ⁻) | 150 máx. | 360 |
| Sílice | (ppm SiO ₂) | 50 máx. | 132 |
| Fe Total | (ppm Fe) | 1 máx. | 1.56 |
| pH | | 7-8 máx. | 8.85 |
| Conductividad | (μmhos/cm) | 1000 máx. | 1920 |

COSTO DE OPERACIÓN DE PLANTA DE OSMOSIS INVERSA

En el siguiente cuadro se muestra el calculo realizado para obtener el costo total de operación de la planta de ósmosis inversa

CUADRO N° 2.10: Costo de Operación de la planta de ósmosis inversa

| | Consumo (Kg/día) | Costo Unit. (\$/Kg) | Costo Mensual \$ |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Coagulantes-Floculantes | 2,80 | 6,30 | 529,2 |
| Inhibidor de inscrustaciones | 3,96 | 10,25 | 1217,7 |
| Acido Sulfúrico | 38,22 | 0,16 | 183,5 |
| Biocida | 2,75 | 4,40 | 363,0 |
| Dispersante de sólidos | 0,825 | 3,40 | 84,2 |
| Consumo de Energia Electrica | | | 3384 |
| Costo total de Operación | | | 5761,6 |

COSTO DE OPERACIÓN DE EQUIPO ABLANDADOR

De manera similar que el caso anterior es determinado el costo de operación de un ablandador (Cuadro N° 2.11)

CUADRO N° 2.11: Costo de operación de un ablandador

| | Consumo (Kg/mes) | Costo Unit. (\$/Kg) | Costo Mensual \$ |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Sal Industrial | 3500 | 0,1 | 350 |
| Costo total de operación | | | 350 |

Comparando los dos cuadros anteriores podemos afirmar que se obtiene un ahorro de \$5411,6 por mes.

II.2.H CONCLUSIONES Y RESULTADOS

- Para diseñar una planta de osmosis inversa se debe realizar un análisis químico completo del agua de alimentación para determinar que configuración de membrana se utilizará.

- Determinar la calidad de agua que se usará en el sistema de refrigeración para determinar el tipo de equipo de tratamiento químico a utilizar.
- La membrana de fibra hueca de la planta de osmosis inversa se incrusta con una concentración de silice mayor de 45 ppm SiO₂.
- La buena calidad de agua de refrigeracion de las lingoteras de la colada continua garantizan la producción continua de acero, sin problemas de incrustación.
- Para un buen control de la calidad de agua debe de mantenerse un programa de analisis quimico del agua diario y un equipo de personal capacitado para la corrección oportuna.
- Comparando los cuadros 2.10 y 2.11 podemos afirmar que se obtiene un ahorro de \$ 5411,6 por mes.
- Tambien podemos afirmar que el costo de operación del ablandador es aprecialblemente menor que el costo de operación por ósmosis inversa, esto nos llevo a decidir por el proceso de ablandamiento.

CAPITULO III

PLANTA DE OXIGENO

II.3.B RELACION PROFESIONAL - EMPLEADOR

II.3.B.1 CONDICION

Nombrado

II.3.B.2 DOCUMENTOS PROBATORIOS

Ver anexo 6

II.3.C TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

II.3.C.1 CARGO DESEMPEÑADO

Jefe de Planta de Oxigeno

II.3.C.2 FUNCIONES ASIGNADAS AL CARGO DESEMPEÑADO

- Operación, monitoreo y control de la planta de fraccionamiento de aire.
- Elaboración de reportes de producción de oxígeno, nitrógeno en forma diaria al jefe de mantenimiento de planta.
- Estudio, elaboración e implementación de mejoras físicas o de procedimiento para la optimización del proceso o reducción del costo de producción de oxígeno y nitrógeno.
- Elaboración, planeamiento y supervisión del programa de mantenimiento de la planta de oxígeno.
- Gestión logística para el suministro de productos químicos, equipos y repuestos para la programación

de las actividades de mantenimiento o trabajos de mejoras de la planta de oxígeno.

- Coordinación de compra de oxígeno y nitrógeno a empresas de terceros para abastecimiento de los usuarios: Hornos Eléctricos, Colada continua, horno de recalentamiento de laminación.
- Responsable de la distribución de los gases de oxígeno y nitrógeno a los usuarios y el control del consumo diario.

II.2.C.3 TIEMPO DE PRESTACION DE SERVICIO EN LA ACTIVIDAD DESCRITA

El cargo de jefe de planta en el procesamiento de Oxígeno y Nitrogeno fue durante 3años.

II.2.D LAS FUNCIONES DESEMPEÑADAS REQUIEREN EL CONOCIMIENTO DE TECNICAS PROFESIONALES

II.2.D.1 TECNICAS DE INGENIERIA NECESARIAS

- a) Conocimiento de transferencia de masa: destilación, humidificación.
- b) Conocimientos básicos de termodinámica.
- c) Conocimiento de mecánica de fluidos.
- d) Transferencia de calor.
- e) Conocimientos de criogénica.
- f) Conceptos de electricidad industrial.
- g) Técnicas estadísticas para el tratamiento de datos de los parámetros de operación como son presión, temperatura y producción de oxígeno y nitrógeno.
- h) Control automático: instrumentación y lazos de control.

II.3.D.2 CANTIDAD Y TIPO DE PERSONAL ADMINISTRADO

En el cargo que desempeñaba estuvo a mi cargo cuatro operadores con nivel técnico de electricidad y mecánica del SENATI.

II.3.E OBJETIVOS, ALCANCES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CADA ACTIVIDAD

II.3.E.1 OBJETIVO

Garantizar el suministro de oxígeno y nitrógeno en cantidades suficientes, de pureza y presión de entrega.

II.3.E.2 ALCANCES

El alcance del servicio es entregar en la zona de consumo a las condiciones requeridas por los usuarios.

II.3.E.3 CARACTERISTICA PRINCIPAL DE LA ACTIVIDAD EN PLANTA DE OXIGENO

Datos Principales de la Planta

| | |
|---|------|
| Cantidad de Aire Nm ³ /h | 5350 |
| presión de aire bar abs | 10 |
| Cantidad de aire Nm ³ /h (Recirculación) | 3150 |
| Cantidad de Oxígeno Líquido Nm ³ /h | 360 |
| Pureza de Oxígeno Líquido % | 99.5 |
| Cantidad de nitrógeno líquido Nm ³ /h | 10 |
| Pureza de nitrógeno líquido ppm O ₂ | 10 |

EQUIPOS PRINCIPALES

1. Compresor de aire C2101

| | | |
|---------------------------|------|--------------------|
| Caudal | 5400 | Nm ³ /h |
| Presión de Aspiración | 1.0 | bar abs |
| Temperatura de Aspiración | 21.0 | °C |
| Humedad relativa | 70 | % |
| Presión de descarga | 10 | bar abs |
| Temperatura de salida | 45.0 | °C |
| Número de revoluciones | 1770 | r.p.m. |
| Necesidad de fuerza | 673 | kw |
| Potencia de motor | 750 | kw |
| Fabricante del compresor | GHH | STERKRADE |
| Tipo | STK | 321/204 |

2. Turbo Compresor de Aire C2501

| | | |
|---------------------------|--------|--------------------|
| Caudal | 5400 | Nm ³ /h |
| Presión de Aspiración | 9.81 | bar abs |
| Temperatura de Aspiración | 45 | °C |
| Humedad relativa | 100 | % |
| Presión de descarga | 11.77 | bar abs |
| Temperatura de salida | 71 | °C |
| Número de revoluciones | 30000 | r.p.m. |
| Necesidad de fuerza | 50 | kw |
| Caudal de Turbina | 64 | kw |
| Fabricante del compresor | LINDE | SORTH |
| Tipo | ETB 15 | NS5 |

3. Turbina de Expansión de Aire X2501

| | | |
|------------------|------|--------------------|
| Impulsión | 100 | % |
| Cantidad de paso | 3400 | Nm ³ /h |

| | | |
|------------------------|--------|---------|
| Presión de entrada | 11.38 | bar abs |
| Presión de salida | 1.21 | bar abs |
| Temperatura de entrada | 148.6 | °K |
| Temperatura de salida | 89.2 | °K |
| Número de revoluciones | 30000 | r.p.m. |
| Fabricante | LINDE | KT |
| Tipo | ETB 15 | N5S |

4. Adsorbedor A2601 A/B de Tamices Moleculares.

| | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------------|
| Caudal medio de transporte | aire | |
| Caudal volumen | 5350 | Nm ³ /h |
| Temperatura de funcionamiento | 281 | °K |
| Presión de funcionamiento | 12 | bar abs |
| Material de relleno | UCC molsieb | 13X |
| Gránulo | 1/16 | pulg. |
| Peso de gránulo | 0.62 | kg/lt |
| Calor específico | 0.23 | Kcal/kg |
| Diámetro de la carga | 1146 | mm |
| Altura de la carga | 685 | mm |
| Período | 1.7 | h |
| Duración de la regeneración | 25 | min. |
| Duración del enfriamiento | 52 | min. |
| Duración de la formación de presión | 18 | min. |
| Gas de regeneración | Nitrógeno | |
| Temperatura de regeneración | 428 | °K |
| Flujo de gas de regeneración | 750 | Nm ³ /h |

5. Instalación frigorífica para enfriamiento del agua de enfriamiento R2401

| | | |
|------------------------|----------|-------------------|
| Potencia frigorífica | 80000 | Kcal/h |
| Medio a enfriar | Agua | |
| Presión de proceso | 14 | bar |
| Cantidad de paso | 13 | m ³ /h |
| Temperatura de entrada | 10 | °C |
| Temperatura de salida | 4 | °C |
| Fabricante | LUWA | |
| Tipo | LAC 2400 | WK36HW |

6. Condensador E3202

Función: Licuación de un gas por un lado y por otro evaporación de un líquido, para mantener el proceso de rectificación en la columna.

Construcción: Condensador de placas cuya superficie de transmisión esta formada por uno o varios bloques de intercambiador de placas.

7. Columnas de Rectificación T3201, T3202

Función: Separación de los diversos componentes que mezclados constituyen el aire, con un más o menos alto grado de pureza.

Construcción: Las columnas son recipientes cilíndricos con una serie de platos perforados

II.3.E.3.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE

La composición del aire atmosférico, con excepción de la humedad, varia muy poco. Los componentes principales del aire seco se indican en el Cuadro N° 3.1.

CUADRO N° 3.1: Composición del aire atmosférico.

| MEDIO | SÍMBOLO | % VOLUMEN | % PESO |
|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Nitrógeno | N ₂ | 78,1 | 75,5 |
| Oxígeno | O ₂ | 20,95 | 23,1 |
| Argón | Ar | 0,93 | 1,29 |
| Dióxido de Carbono | CO ₂ | 0,03 | 0,05 |
| Otros Gases | - | 0,002 | - |

El 99.04% del aire se compone de una mezcla de oxígeno y nitrógeno. El contenido de estos dos gases alrededor de la tierra se mantiene casi constante. Lo mismo ocurre con los gases nobles que forman el 0.93% volumen del aire, mientras que el contenido de hidrógeno, dióxido de carbono e hidrocarburos varia en cierto margen. Muy variable es el contenido de vapor en el aire, que depende de la temperatura del medio, que repercute sobre el grado de saturación. Las condiciones meteorológicas locales hacen variar la humedad relativa del aire.

II.3.E.3.2 EL PROCESO DE PRODUCCION DE OXIGENO Y NITROGENO

Con la finalidad de explicar la producción de Oxígeno y Nitrógeno, dividiremos el proceso total en los pasos siguientes:

1. Compresión de aire
2. Separación de la humedad y anhídrido carbónico e hidrocarburos del aire.
3. Enfriamiento del aire a la temperatura de licuación.
4. Producción de frío.

5. Licuación.
6. Fraccionamiento del aire (rectificación).
7. Separación de impurezas peligrosas.

1. Compresión del Aire

El aire necesario para la licuación se aspira a través de filtros para eliminar las partículas sólidas que contiene el aire y se comprime hasta 9.0 bar. aproximadamente El calor de compresión se elimina en un intercambiador de calor con agua que actua como refrigerante.

2. Separación de anhídrido carbónico, hidrocarburos y humedad del aire

La humedad y anhídrido carbónico del aire, provocarían en la zona fría del aparato, depósitos de hielo y nieve carbónico. También entre los hidrocarburos, el acetileno es sumamente peligroso en las instalaciones de separación del aire, el exceso de acetileno produce explosiones. Este tipo de accidentes pueden ocurrir. La concentración de acetileno en el oxígeno líquido no debe sobrepasar 0.1 ppm. Estos componentes se separan en los absorbedores de tamices moleculares. Como el relleno solamente puede absorber cierta cantidad de estos componentes, el absorbedor tiene que ser regenerado después de un tiempo definido. Estos absorbedores estan ubicados antes de la zona fria por donde circula el flujo de aire y se trabaja en un rango de temperatura de 0 a 2°C, el arreglo de

los absorbedores es en paralelo. Mientras uno esta en servicio, el otro se está regenerando.

3. Enfriamiento del aire a la temperatura de licuación.

El enfriamiento del aire tiene lugar en los intercambiadores de calor a contracorriente, conocidos aquí abreviadamente como cambiadores. En estos cambiadores, los gases fríos que salen de las columnas de rectificación del aparato intercambian su energía con el aire que llega, de esta manera el aire se enfría hasta una temperatura próxima a su licuación, mientras que los productos se calientan a su vez hasta la temperatura ambiente.

4. Producción de Frío

Para mantener el proceso a temperaturas bajas y compensar las pérdidas por aislamiento, intercambio de calor y extracción de líquidos se logra mediante la expansión de aire en turbinas de expansión y por válvulas de expansión.

5. Licuación

La formación de líquido tiene lugar en el condensador.

Esto es provocado mediante el intercambio de calor entre el nitrógeno gaseoso de la columna de presión con una presión de 5 atm. aproximadamente y el oxígeno líquido en el condensador con una presión de 0.4 atm. De esta forma se licúa por un

lado el nitrógeno, mientras que por el otro lado se evapora oxígeno. Ambos componentes son necesarios en la columna respectiva para mantener una rectificación correcta.

6. Fraccionamiento del Aire (Rectificación)

En la columna de presión tiene lugar un primer fraccionamiento del aire líquido rico en oxígeno y nitrógeno. El líquido rico en oxígeno se lleva a través de una válvula de expansión desde el fondo de la columna de presión hasta la columna de baja presión. El líquido penetra por un punto de la columna de baja presión correspondiente a su composición. Una parte del nitrógeno líquido de la cabeza de la columna de presión es introducido igualmente en la parte superior de la columna de baja presión mediante otra válvula de expansión. El flujo de nitrógeno es subenfriado en un intercambiador a contracorriente antes de la válvula de expansión.

En la columna de baja presión ocurre el fraccionamiento final del aire. Los productos oxígeno de la parte inferior y el nitrógeno de la cabeza de la columna de baja presión, se calientan hasta la temperatura ambiente al salir del aparato atravesando diversos intercambiadores en contracorriente.

7. Separación de impurezas peligrosas

En la evaporación continua de oxígeno en el condensador existe el peligro de acumulación de

hidrocarburos. Un medio para evitar estas peligrosas impurezas estriba en el soplado del oxígeno líquido. Se retira aproximadamente 1.00% de oxígeno líquido que contiene el condensador. Esta cantidad de oxígeno líquido es evaporado en el evaporador total, el cual se encuentra montado en la línea de oxígeno gaseoso. (Ver Anexo 12 Layout de Proceso de Planta de Oxígeno).

II.3.E.3.3 LA DISTRIBUCION DE OXIGENO Y NITROGENO

Los equipos y zonas que utilizan estos gases son:

1. Horno eléctrico.
2. Parque de metálicos.
3. Planta de laminación.
4. Taller de maestranza y mantenimiento.
5. Almacén.

1. Horno eléctrico.

El oxígeno de 99.5% de pureza es requerido para la etapa de oxidación en el proceso de fusión de el acero. En esta etapa se oxida el Mn, Si, C y Fe en ese orden. El calor desprendido acelera la fusión del metal. También es utilizado para obtener una composición química adecuada del acero, al oxidarse los componentes químicos (Mn, Si, C y Fe) son eliminados como escoria. El flujo instantáneo de oxígeno alcanza valores de 2000 Nm³/h y una presión de 12 a 13 bar.

El nitrógeno con 10 ppm de O₂ es usado para el stirring que es la homogenización del acero líquido en el horno a una temperatura de 1600°C.

2. Parque de metálicos.

El oxígeno es utilizado por los equipos de corte con los cuales se reduce los tamaños de la chatarra para ser introducido en el horno eléctrico y así tener mayor densidad metálica para la fusión del acero.

3. Planta de laminación.

Se usa el oxígeno para enriquecer el aire de alimentación al horno y mejorar la combustión para aprovechar en mayor proporción el combustible al realizarse una combustión completa. De esta manera se reduce el tiempo de calentamiento de las barras de acero.

4. Taller de maestranza y mantenimiento.

Se usa el oxígeno para los trabajos de corte, soldadura y otros trabajos requeridos.

5. Almacén.

Son llenados con gases de Oxígeno y Nitrógeno los cilindros de alta presión para los equipos que no están conectados al gaseoducto de Oxígeno y Nitrógeno.

II.3.F ALTERNATIVAS DE SOLUCION, ANALISIS TECNICO-ECONOMICO

RED DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE OXIGENO GAS A HORNOS ELECTRICOS

El consumo de oxígeno en la planta de Aceros Arequipa es mayor que 12000 kilos por día que es la producción de la planta de oxígeno LINDE. Para satisfacer la demanda interna se compra oxígeno a terceros y se almacena en forma líquida en tanques criogénicos especialmente aislados para este servicio. Se suministra como gas luego de pasar el oxígeno líquido a través de unos tubos de aluminio con aletas para captar el calor del medio ambiente y así vaporizar el oxígeno líquido.

De la misma manera la planta de oxígeno vaporiza sus productos a través de estos vaporizadores.

El suministro se realiza a través de tuberías con longitud de 290 m. aproximadamente desde la planta de oxígeno hasta el horno eléctrico.

El suministro de oxígeno debería de entregar 2000 Nm³/h aproximadamente con una presión de 13 bar manométrico para que no afecte el proceso en el horno eléctrico. El minuto de parada del horno esta considerado en \$ 40.00.

Para disminuir la caída de presión en el suministro de oxígeno se realiza un estudio de la red desde la planta de oxígeno hasta el horno eléctrico según LAYOUT siguiente. (Ver Anexo 12)

La red se ha dividido por tramo y se presenta en el siguiente Cuadro con sus respectivos accesorios:

CUADRO N° 3.2: Accesorios de la red de oxígeno

| Accesorios Tramo | Longitud m | Diámetro Pulg. | Codo 90° | Válvula Globo | Codo 45° | TEE | Válvula de Retención |
|---------------------|---------------|-------------------|----------|------------------|----------|-----|-------------------------|
| 1 | 200.39 | 3 | 10 | 3 | 3 | — | 1 |
| 2 | 12.89 | 3 | 2 | — | 1 | 1 | — |
| 3 | 2.67 | 3 | 1 | — | 1 | — | — |
| 4 | 163.76 | 4 | 2 | — | 5 | — | — |
| 5 | 74.9 | 4 | 7 | — | 1 | — | — |
| 6 | 16.0 | 1½ | 7 | 1 | — | — | — |
| 7 | 17.1 | 1½ | 5 | 1 | — | — | — |

Se calcula las caídas de presión por tramos y se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 3.3: Caídas de presión en cada tramo

| Flujo Nm ³ /h | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Temp. °C | 288 | 288 | 293 | 293 | 298 | 298 | 288 | 288 | 293 | 293 | 298 | 298 |
| Presión Bar | 8 | 16 | 8 | 16 | 8 | 16 | 8 | 16 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| Δp (mbar) Tramo 1 | 782.5 | 391.2 | 796.6 | 398.3 | 810.7 | 405.3 | 1665.5 | 832.8 | 1695.3 | 847.6 | 1725 | 862.5 |
| Δp (mbar) Tramo 2 | 58.6 | 29.3 | 59.7 | 29.8 | 60.7 | 30.4 | 125 | 62.5 | 127.2 | 63.6 | 129.4 | 64.7 |
| Δp (mbar) Tramo 3 | 17.5 | 8.7 | 17.8 | 8.9 | 18.1 | 9.0 | 37.3 | 18.7 | 38.0 | 19.0 | 38.7 | 19.3 |
| Δp (mbar) Tramo 4 | 86.5 | 43.3 | 88.2 | 44.1 | 89.8 | 44.9 | 181.3 | 90.6 | 184.7 | 92.3 | 188.1 | 94.0 |
| Δp (mbar) Tramo 5 | 59.1 | 29.5 | 60.2 | 30.0 | 61.3 | 30.6 | 125.3 | 62.3 | 127.6 | 63.5 | 129.9 | 64.6 |
| Δp (mbar) Tramo 6 | 3658.4 | 1829.2 | 3722.4 | 1861.2 | 3786.2 | 1893.2 | 7853.7 | 3926.9 | 7990.8 | 3995.4 | 8127.4 | 4064.0 |
| Δp (mbar) Tramo 7 | 3406.8 | 1703.4 | 3466.5 | 1733.3 | 3526.2 | 1763.1 | 7311.4 | 3655.7 | 7439.1 | 3719.6 | 7566.8 | 3783.4 |

Del Cuadro N° 3.3 se encuentra que en los tramos 6 y 7 las caídas de presión son altas por lo que se hace el cálculo para reemplazar esas tuberías por otra de mayor diámetro, como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 3.4:Caídas de presión en los tramos 6 y 7

| Flujo Nm ³ /h | Diamet. Calcul. Pulg. | Diámetro Comercial Pulg. | ΔP mbar | Presión Bar abs | Temp °K |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|-----------------|---------|
| 1300 | 2,734 | 3.0 | 250 | 9 | 298 |
| 1500 | 2,926 | 3.0 | 250 | 9 | 298 |
| 1300 | 2,335 | 2.5 | 500 | 9 | 298 |
| 1500 | 2,497 | 2.5 | 500 | 9 | 298 |
| 1300 | 2,129 | 2.5 | 750 | 9 | 298 |
| 1500 | 2,276 | 2.5 | 750 | 9 | 298 |
| 1300 | 1,997 | 2.0 | 1000 | 9 | 298 |
| 1500 | 2,135 | 2.5 | 1000 | 9 | 298 |

El Cuadro N° 3.4 se asumió las caídas de presión para el cálculo del diámetro, también se tuvo en cuenta la máxima velocidad permisible del oxígeno en tuberías de acero al carbono que es de 25 m/seg. Si se pasará esta velocidad la tubería alcanzaría su punto de ignición para combustionar, siendo un riesgo para el personal que labora en planta y para los equipos mismo.

Del Cuadro N° 3.4 se puede decir que el diámetro adecuado para la tubería es de 2.5 pulg. que da una caída de presión de 1 bar, para un flujo de 1500 Nm³/h a 9 bar abs y 25°C.

Se evalúa los diámetros a otras condiciones para la decisión final, como se muestra en el Cuadro N° 3.5.

CUADRO N° 3.5: Caidas de Presión considerando el flujo y diámetro

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Flujo Nm³/h | 1300 | 1300 | 1300 | 1500 | 1500 | 1500 |
| Temp. °K | 298 | 298 | 298 | 298 | 298 | 298 |
| Presión Bar abs | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Diámetro Pulg. | 2 | 2.5 | 3 | 2 | 2.5 | 3 |
| Δp (mbar) Tramo 6 | 566.8 | 219.0 | 101.6 | 753.6 | 291.1 | 135.1 |
| Δp (mbar) Tramo 7 | 520.0 | 198.9 | 91.7 | 691.2 | 264.4 | 121.8 |

De este cuadro decimos que si aumentamos la presión de suministro a 15 bar abs la caída de presión disminuye a 0.3 bar aproximadamente para un flujo de 1500 Nm³/h. Por lo que la tubería de diámetro 2.5 pulg. es la mas adecuada.

Supongamos que si seguimos suministrando oxígeno con la tubería de diámetro 1 pulg. y se pierde un minuto de producción por colada.

$$19 \frac{\text{Colada}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ minuto perdido}}{\text{colada}} = \frac{19 \text{ minuto}}{\text{dia}}$$

$$365 \frac{\text{dia}}{\text{año}} \times \frac{19 \text{ minuto}}{\text{dia}} = 6935 \frac{\text{minutos}}{\text{año}}$$

Costo de un minuto perdido por colada = \$ 40.00

$$\text{Costo Perdido} = \frac{\$40}{\text{min}} \times 6935 \frac{\text{min}}{\text{año}}$$

Costo perdido = \$ 277400/año

II.3.G CONCLUSIONES Y RESULTADOS

- Para el uso de oxígeno en siderúrgica es muy importante la presión de suministro y el flujo de consumo, se disminuye los costos de producción dimensionando las tuberías de la red de suministro en forma adecuada.
- El comportamiento del gas oxígeno en la tubería es que la caída de presión disminuye cuando se aumenta la presión de suministro, ocurre lo contrario cuando se aumenta la temperatura o el flujo.
- Para el funcionamiento de una planta fraccionadora de aire hay que tomar en cuenta las disposiciones locales de seguridad y las instrucciones para la prevención de accidentes.
- Es importante verificar el sistema de filtración de aire y los equipos de tamices moleculares que estén en buen estado para garantizar que el aire de alimentación a la planta sea limpio y seco.

- El personal empleado en este tipo de plantas, debe estar perfectamente bien informado e instruido sobre la ordenanzas para la prevención de accidentes y familiarizado con las medidas de seguridad.
- De acuerdo al calculo técnico económico realizado el cambio de diámetro de tubería, disminuiría el tiempo de producción de acero liquido, por el incremento de presión de oxígeno liquido para incrementar la fusión de la chatarra.

CAPITULO IV

LABORATORIO QUIMICO

II.4.B RELACION PROFESIONAL-EMPLEADOR

II.4.B.1 CONDICION

Nombrado

II.4.B.2 DOCUMENTOS PROBATORIOS

Ver anexo 6

II.4.C TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

II.4.C.1 CARGO DESEMPEÑADO

Jefe de Laboratorio Químico

II.4.C.2 FUNCIONES ASIGNADAS AL CARGO DESEMPEÑADO

- Verificar la calidad de los reactivos químicos para que los análisis estén en el rango permitido por las normas establecidas.
- Controlar la secuencia del análisis químico desde la toma de muestra, preparación de muestra, pesado de la muestra, la reacción química hasta obtener el resultado final.
- Elaborar el reporte del análisis químico, para ser llegar estos resultados a los diferentes departamentos de producción.
- Evaluar mensualmente la cantidad de análisis realizadas y determinar el costo de estos análisis para finalmente informar a la Jefatura de Control de Calidad.

- Estudios, elaboración e implementación de mejoras físicas y procedimiento para la optimización del proceso o reducción del costo de análisis químico.
- Gestión logística para la adquisición de productos químicos, equipos y repuestos.

II.4.C.3 TIEMPO DE PRESTACION DE SERVICIO EN LA ACTIVIDAD DESCRITA

Actualmente me estoy desempeñando como jefe de laboratorio químico(1,5 año).

II.4.D FUNCIONES DESEMPEÑADAS QUE NECESITARON EL CONOCIMIENTO DE TECNICAS PROFESIONALES

II.4.D.1 TECNICAS DE INGENIERIA NECESARIOS

- a) Conocimiento de análisis químico cualitativo y cuantitativo.
- b) Conocimientos de geología general.
- c) Conocimientos de operaciones en ingeniería química.
- d) Conceptos de transferencia de calor.
- e) Conceptos de electricidad industrial.
- f) Conocimientos de análisis químico instrumental.
- g) Técnicas estadísticas para el tratamiento de los resultados de análisis químico.

II.4.D.2 CANTIDAD Y TIPO DE PERSONAL ADMINISTRADO

- Dos técnicos de operaciones químicas y metalúrgicas de TECSUP - Lima.
- Tres técnicos de metalurgia de el Instituto José Pardo - Lima.

- Seis técnicos de análisis químico del Instituto catalina Buendia de Pecho - Ica.
- Dos analistas con 20 años de experiencia.

II.4.E OBJETIVO, ALCANCE Y CARACTERISTICA PRINCIPAL DE CADA ACTIVIDAD

II.4.E.1 OBJETIVO

Garantizar los resultados de los análisis químico y granulométricos realizados bajo normas técnicas internacionales (ASTM) y norma de los fabricantes de los equipos.

II.4.E.2 ALCANCES

La aplicación de la normas se da desde la toma de la muestra, preparación, análisis químico y emisión de los resultados hasta la entrega de los mismos a los usuarios de producción.

II.4.E.3 CARACTERISTICA PRINCIPAL DE LA ACTIVIDAD DE LABORATORIO QUIMICO

II.4.E.3.1 LABORATORIO QUIMICO INSTRUMENTAL

Es el encargado de realizar los análisis químico a la producción de acero en el horno eléctrico y la colada continua. Mediante dos equipos:

- a) Espectometro de emisión óptica ARL 3560:** Determina la concentración de los elementos químicos que compone la muestra de acero, en un tiempo de 35 segundos. La superficie de la muestra se prepara de manera que este limpia, bien pulida, libre de aspereza, grasa y deformidades para que pueda

colocarse en la mesa de chispeo. Se suministra una cierta energía en la superficie para que los electrones de los átomos cambien su órbita. Cuando los electrones retornan a su órbita inicial ellos emiten una energía definida en la forma de luz de una cierta longitud de onda, los cuales los fototubos son sensibles a la intensidad de esa luz y determinan la concentración de cada elemento químico.

Los elementos químicos que analiza son:

C, Mn, Si, P, S, Cr, Ni, Mo, Cu, Sn, V, Al, Nb y Ti.

b) Determinador de Carbón y Azufre LECO CS-244:

Determinan la concentración de carbón y azufre que compone la muestra de acero, en un tiempo de 40 segundos. La muestra de acero a utilizar es la viruta del taladrado, un gramo de viruta se calcina en un crisol a altas temperaturas en un horno de inducción y aplicando oxígeno hasta conseguir que el carbón y azufre del acero se transformen en los gases de dióxido de carbono y dióxido de azufre para que las celdas de ambos elementos emitan radiación infrarroja IR de un alambre de NICRON y la diferencia de la absorción de esta radiación sobre los gases determina la concentración de los elementos C y S.

II.4.E.3.2 LABORATORIO QUÍMICO VIA CLASICA

Es el encargado de realizar los análisis químicos a los productos químicos como cal, carbones, mineral de hierro, pellets de Shougan y el hierro esponja.

a) Análisis Químico de Cal y Calizas

Estos análisis son realizados bajo las normas ASTM C25-93a: Standard test methods for chemical analysis of limestone, quicklime and hydrated lime.

b) Análisis químico de carbón y coke

Estos análisis son realizados bajo las siguientes normas técnicas:

ASTM D5142-90 Standard test methods for proximate analysis of the sample of coal and coke by instrument procedures.

ASTM D3173-87 Standard test methods for moisture in the analysis sample of coal and coke.

ASTM D3175-09a Standard test methods for volatile matter in the analysis of coal and coke.

ASTM D3174-89 Standard test methods for ash in the analysis sample of coal and coke from coke.

ASTM D3177-89 Standard test methods for total sulfur in the analysis sample of coal coke.

c) Análisis químico de mineral de hierro, pellets de shougan

Estos análisis son realizados bajo las siguientes normas:

ISO 2597 Iron Ores - Determination of total iron content - titrimetric methods.

ISO 2598 Iron Ores Determination of silicon content - gravimetric methods.

ISO 2599 Iron Ores Determination of phosphorus content - titrimetric methods.

ITINTEC 121-018 Minerales de Hierro. Determinación de Azufre. Método gravimétrico.

ITINTEC 121019 Minerales de hierro. Determinación de la humedad higroscópica.

d) Análisis químico de Hierro Esponja

Estos análisis son realizados bajo las siguientes normas:

OPCO Venezuela Metallic iron determination mercuric chloride method.

MIDREX Chemical procedure DR-4 total iron.

ASTM E350-90 Chemical analysis of carbon steel, low alloy steel.

MIDREX Chemical procedure DR-9 Silica.

Siguiendo las normas mencionadas, se realiza dos importantes análisis químicos a la producción de la planta de "Hierro Esponja" que son:

Análisis de Hierro metálico (Fem) Es la determinación del hierro metálico que ha sido reducido en planta por el uso de un reductor que es el Carbón.

Análisis del Hierro Total (Fet) Es la determinación del contenido de hierro de toda la muestra.

Grado de Metalización (M) Es la relación hierro metálico del producto del hierro total del mineral empleado.

$$M = (Fem / Fet) \times 100$$

El rango permitido está entre 84 y 95 %.

II.4.F CONCLUSIONES Y RESULTADOS

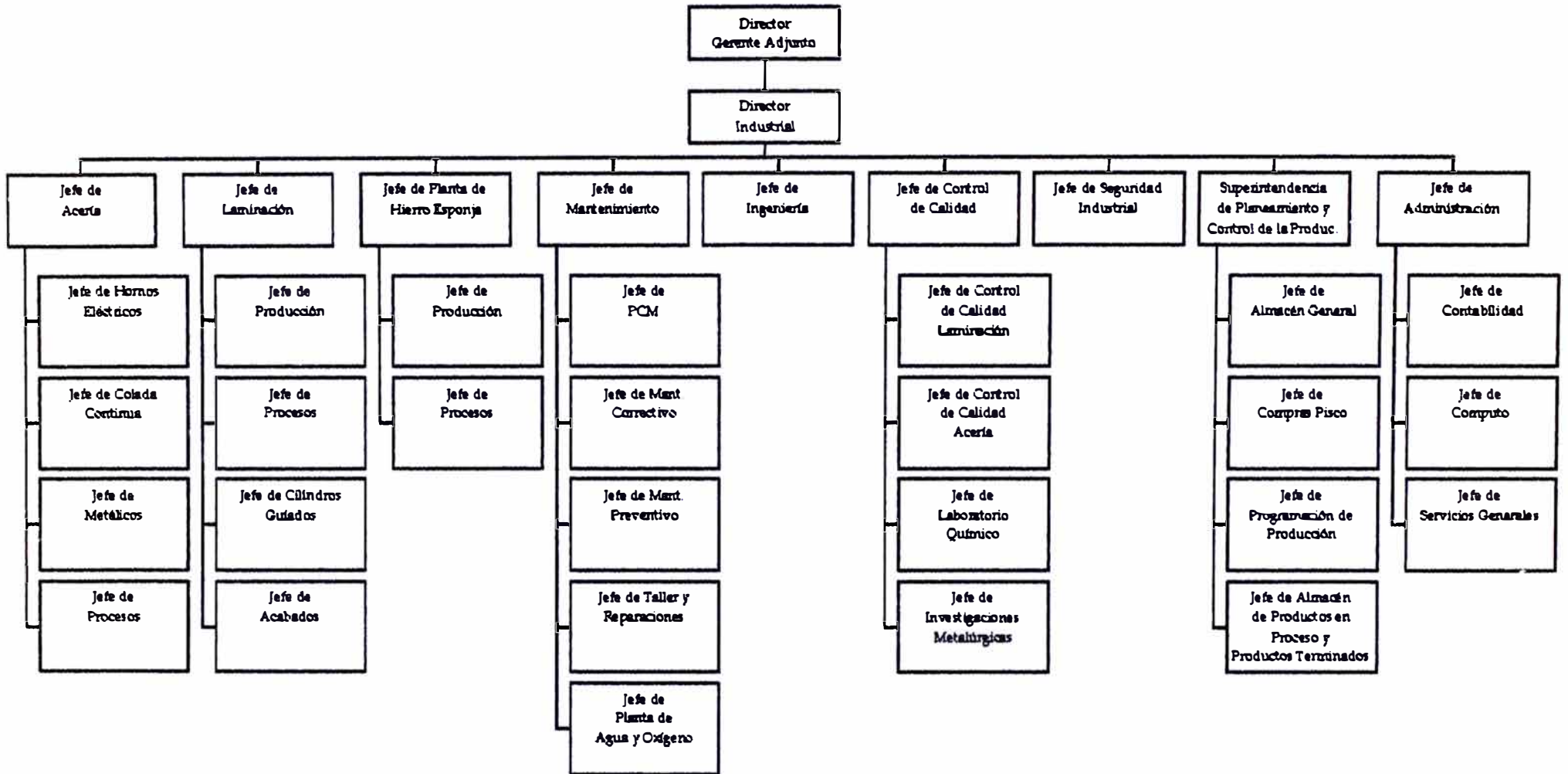
- ◆ Para garantizar la calidad del acero se debe tener el resultado de los análisis de Carbón, Azufre manganeso, Silicio, Fósforo y Cromo, las que determinan las propiedades físicas de los productos de hierro de construcción.
- ◆ El grado de metalización óptimo del hierro esponja para la producción de acero es de 92 % por lo que mejora la calidad del acero al reducir la

concentración de los elementos perjudiciales en las propiedades del acero.

BIBLIOGRAFIA

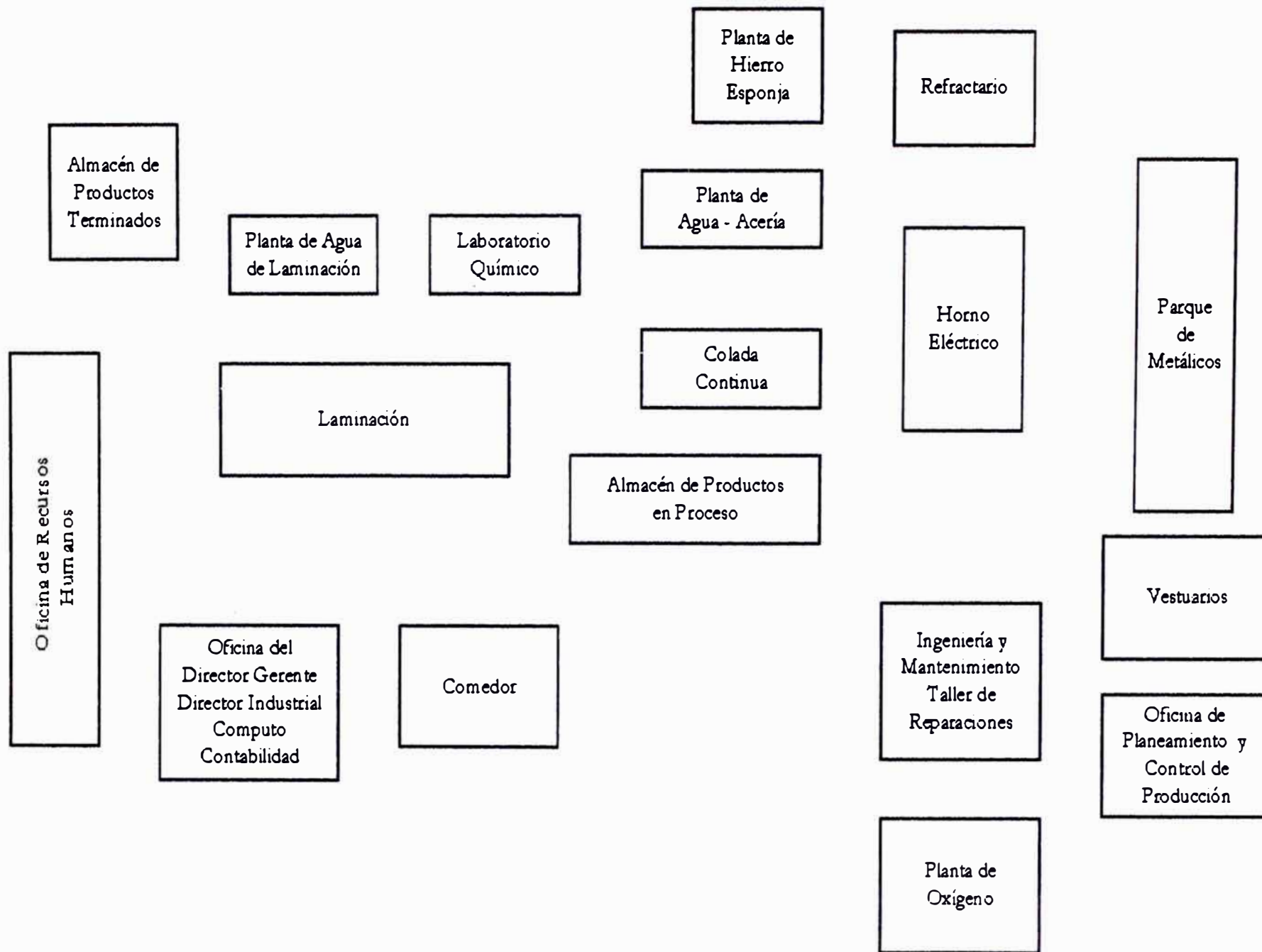
- 1.- **NALCO, (1989) Manual de Agua Vol. I, II y III.**
- 2.- **DEGREMONT, (1979) Manual Técnico del Agua, Cuarta edición.**
- 3.- **BBC, (1980) Manual de Operación de la Planta de Agua.**
- 4.- **AGA, (1993) Manual de separación de Gases del Aire.**
- 5.- **Alberto Landauro, (1980) Siderurgia.**
- 6.- **CONCAST AG ZURICH, (1980) Manual de Operación y Mantenimiento.**
- 7.- **BBC, (1982) Manual de la Planta de Osmosis Inversa.**

ANEXO 1 ORGANIGRAMA



ANEXO 2

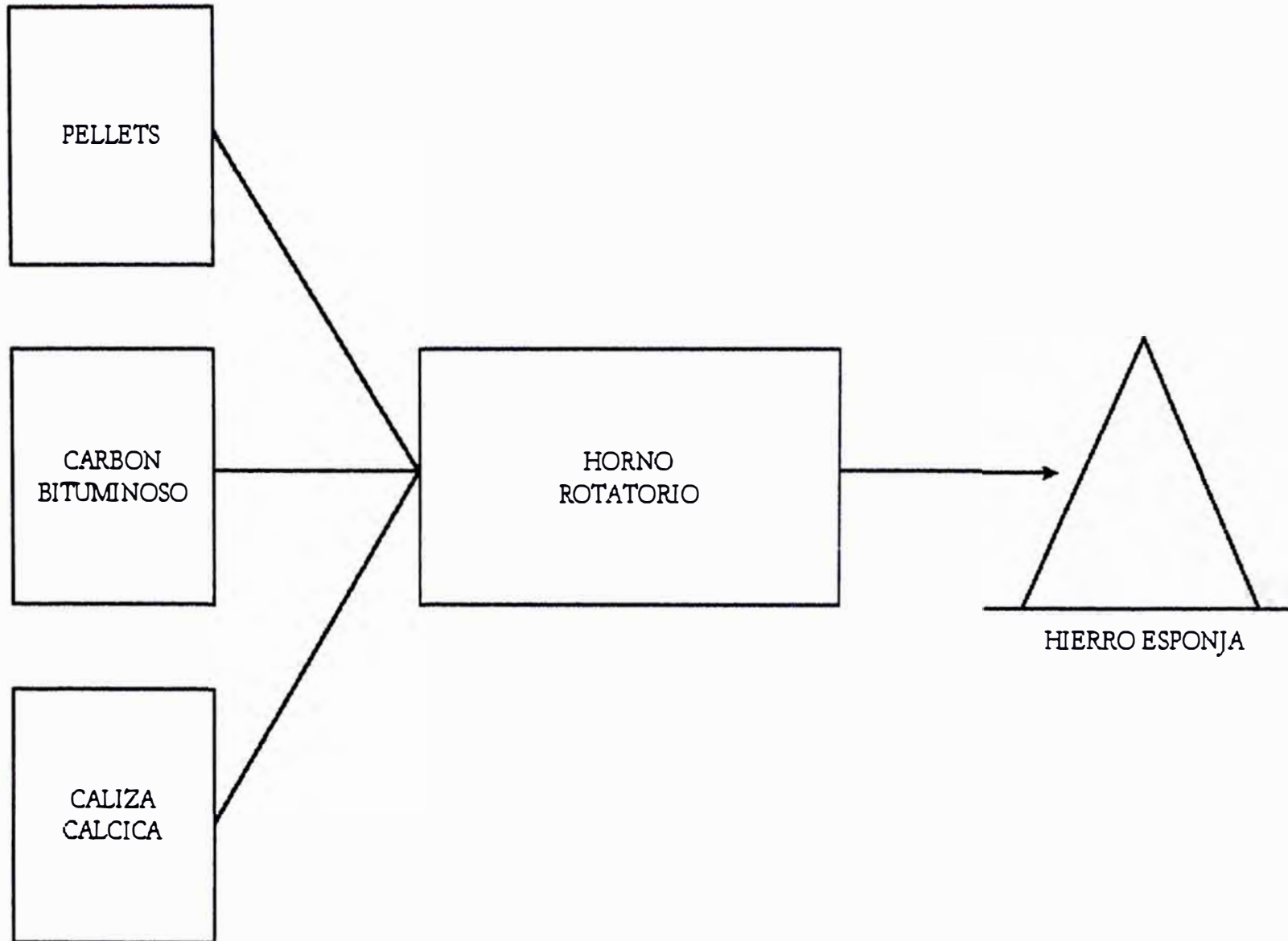
LAYOUT DE LA PLANTA N° 2 - PISCO



ANEXO 3

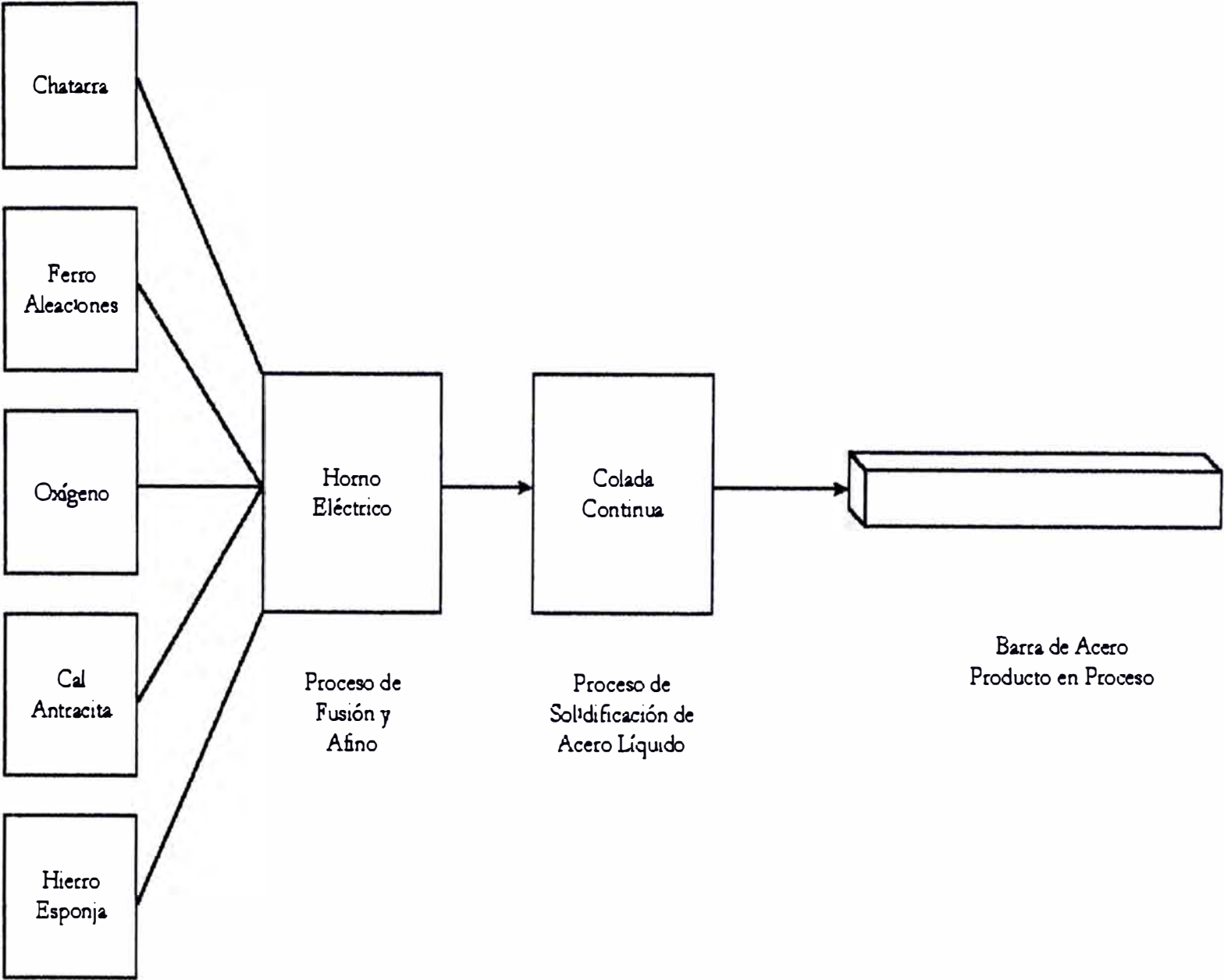
LAYOUT DE PRODUCCION DE HIERRO ESPONJA

MATERIAS PRIMAS E INSUMOS



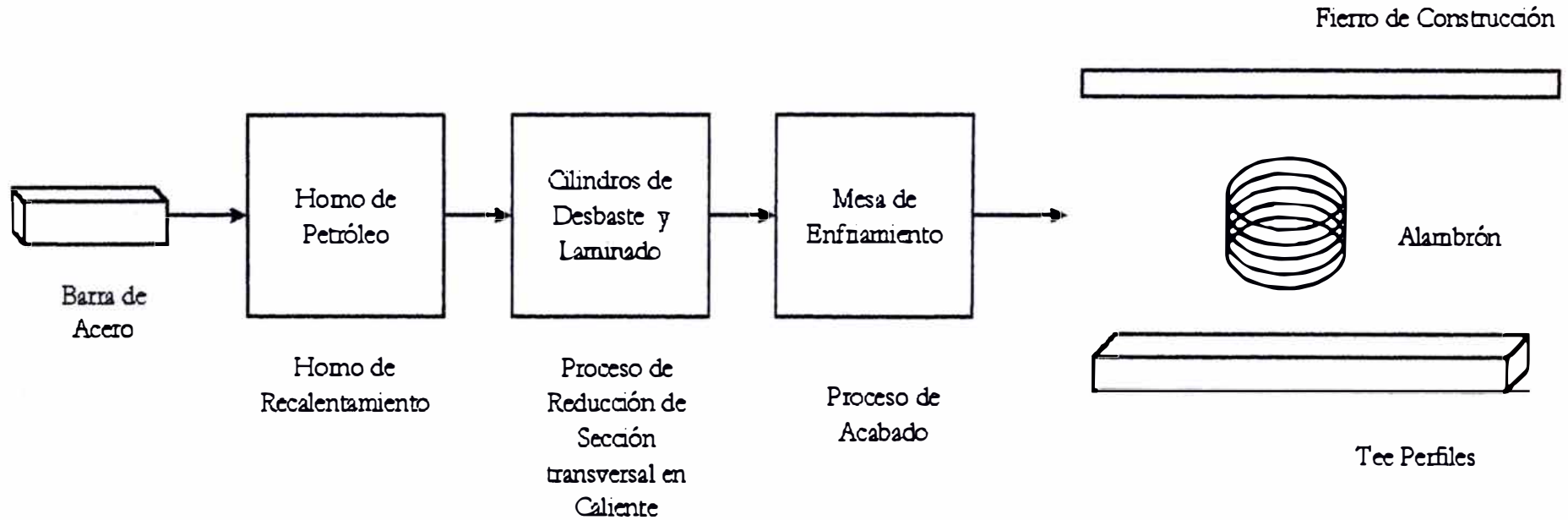
ANEXO 4

LAYOUT DE PRODUCCION DE ACERIA



ANEXO 5

LAYOUT DE PRODUCCION DE LAMINACION



ANEXO 6

CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.

Panamericana Sur Km. 241 - Pisco Telfs.: 034-532967 / 532968 Fax.: 034-532971

El que suscribe, Jefe de Recursos Humanos Sr. CARLOS CABANILLAS BUSTAMANTE, de la Corporación Aceros Arequipa S.A., deja expresa :

CONSTANCIA

Que, el SR. ING. JOSE LUIS CASTILLA REBATA, labora en esta Empresa desde el 1° de Octubre de 1992 y continúa a la fecha, ocupando actualmente el cargo de Jefe de Laboratorio Químico del área de Control de Calidad de la Planta N° 2 - Pisco.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que considere convenientes.

Pisco, 31 de Julio de 1998

CORPORACION
ACEROS AREQUIPA S.A.
Sr. Carlos Cabanillas B.
JEFE DE RECURSOS HUMANOS

CCB/mml.-

El que suscribe, Jefe de Administración y Desarrollo de Personal, Sr. Jaime Polar Paredes, deja expresa

CONSTANCIA

Que, el **SR. ING. JOSE LUIS CASTILLA REBATTA**, labora en la Corporación Aceros Arequipa S.A., desde el 01 de Octubre de 1992 a la fecha, habiendo desempeñado los siguientes cargos :

JEFE PLANTA DE AGUA Y OXIGENO (01/10/92 al 15/06/97)
JEFE LABORATORIO QUIMICO (01/08/97 a la fecha)

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Pisco, Enero 1998

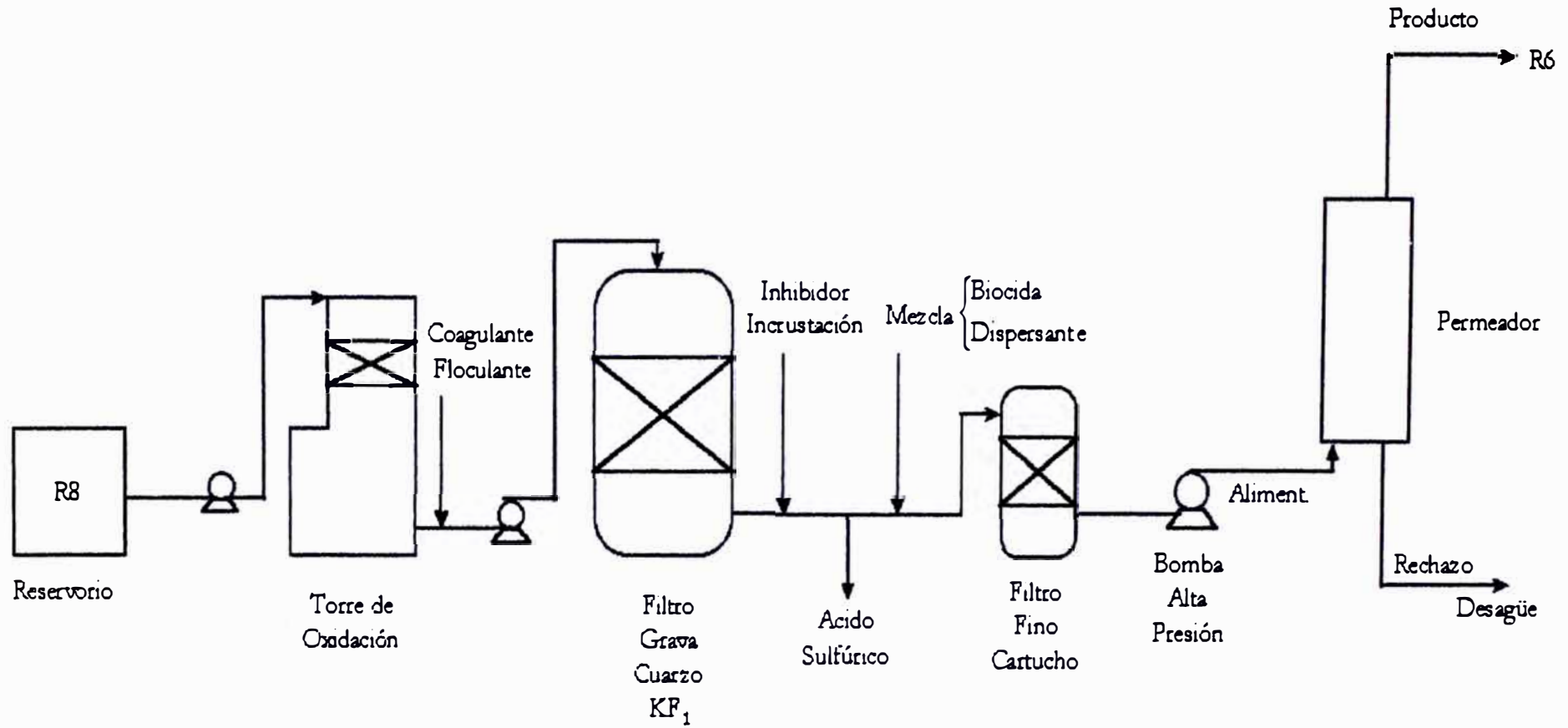
ACEROS AREQUIPA S. A.
PLANTA DE AGUA Y OXIGENO - PISCO

JAYME POLAR PAREDES
Jefe de Administración y Desarrollo de Personal

JPP/mml.-

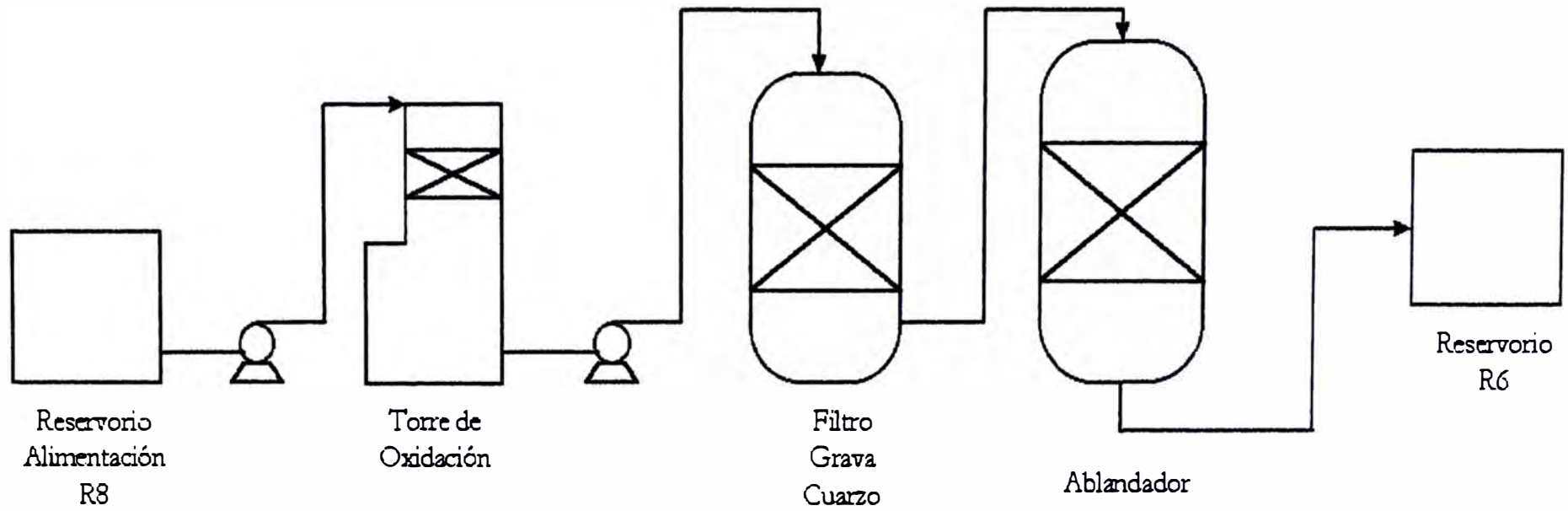
ANEXO 7

LAYOUT DE LA PLANTA DE OSMOSIS INVERSA



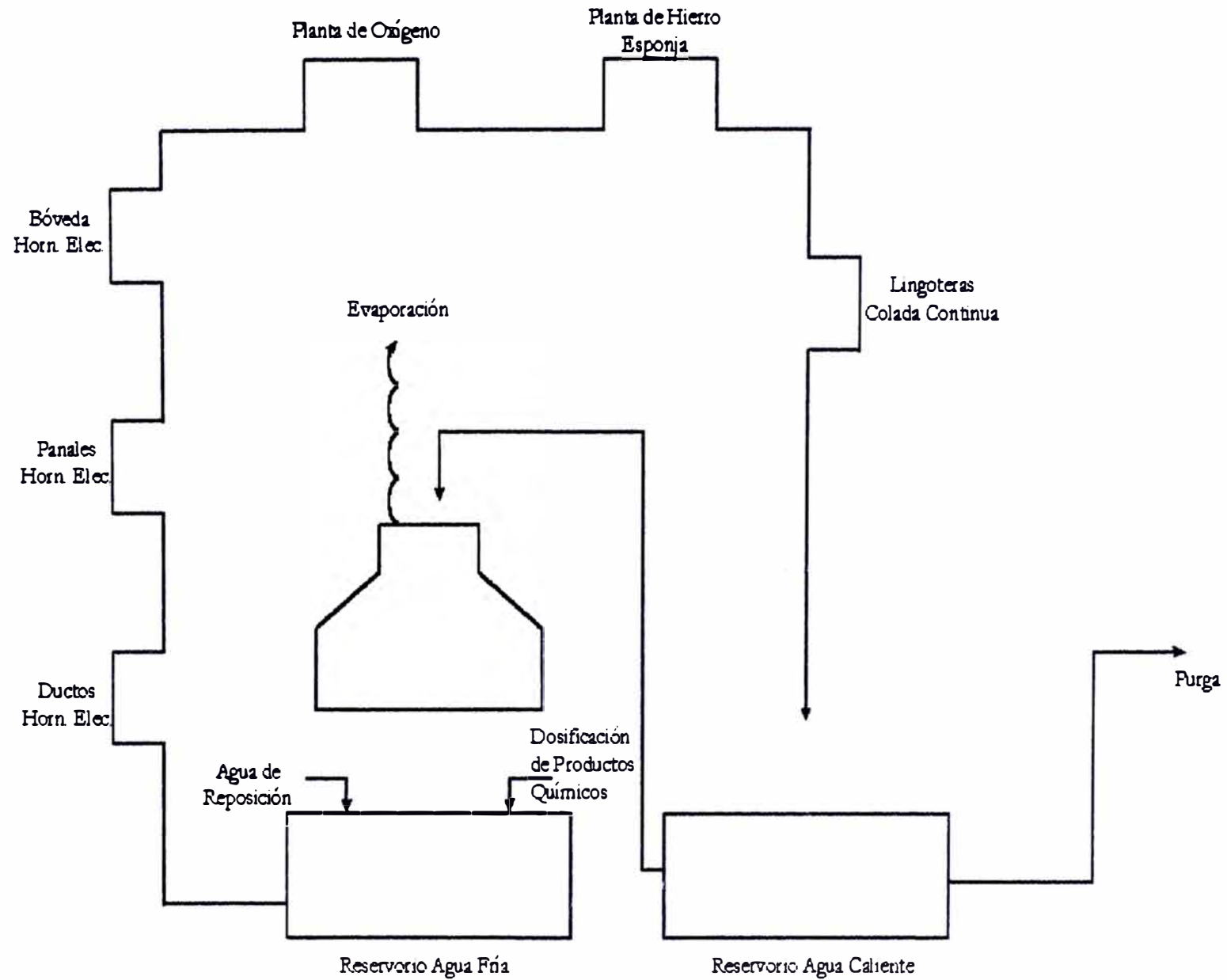
ANEXO 8

LAYOUT DEL EQUIPO ABLANDADOR



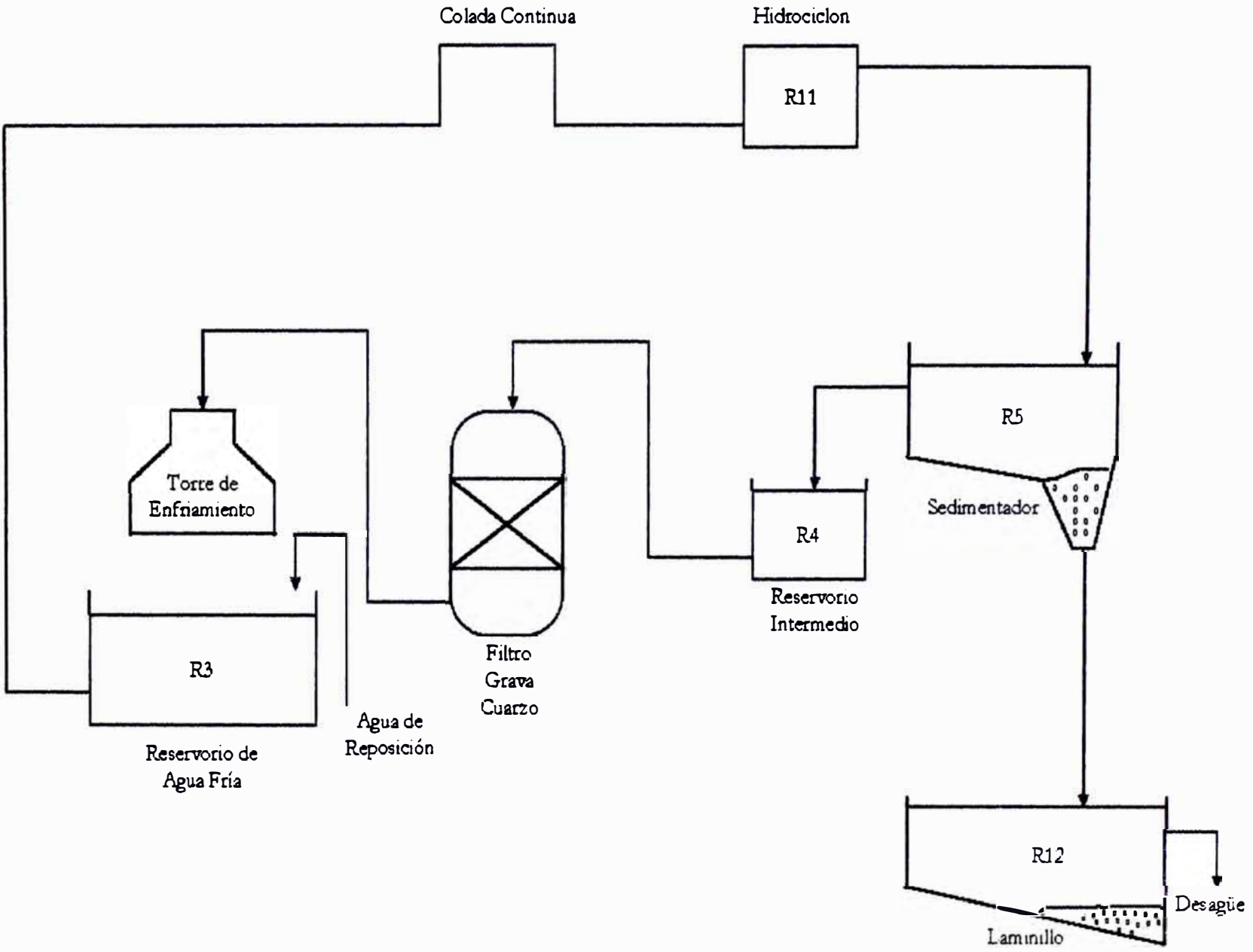
ANEXO 9

LAYOUT DEL CIRCUITO PRIMARIO



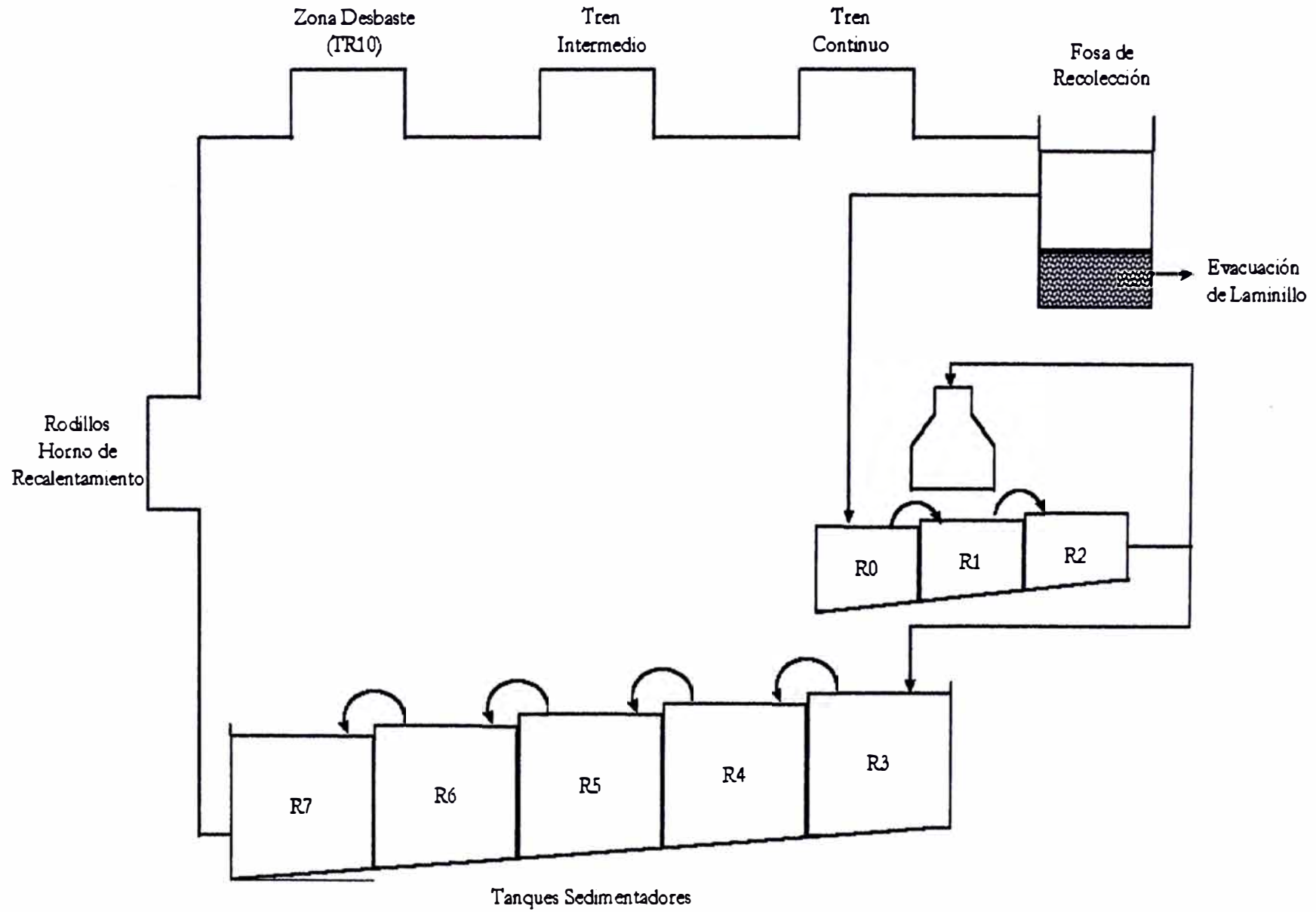
ANEXO 10

LAYOUT DEL CIRCUITO SECUNDARIO



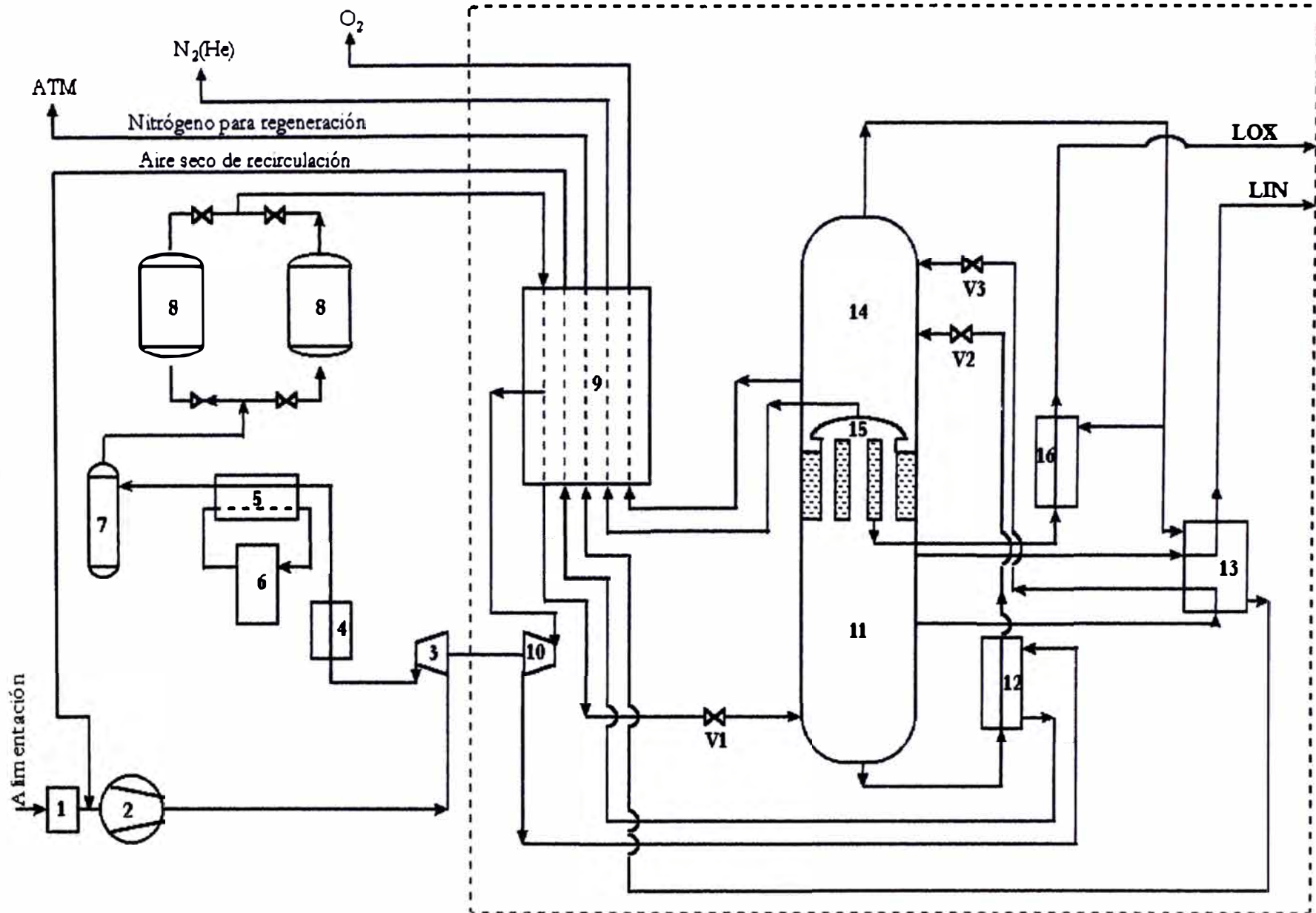
ANEXO 11

LAYOUT DEL PROCESO DE AGUA "B"



ANEXO 12

PROCESO DE LA PLANTA DE OXIGENO

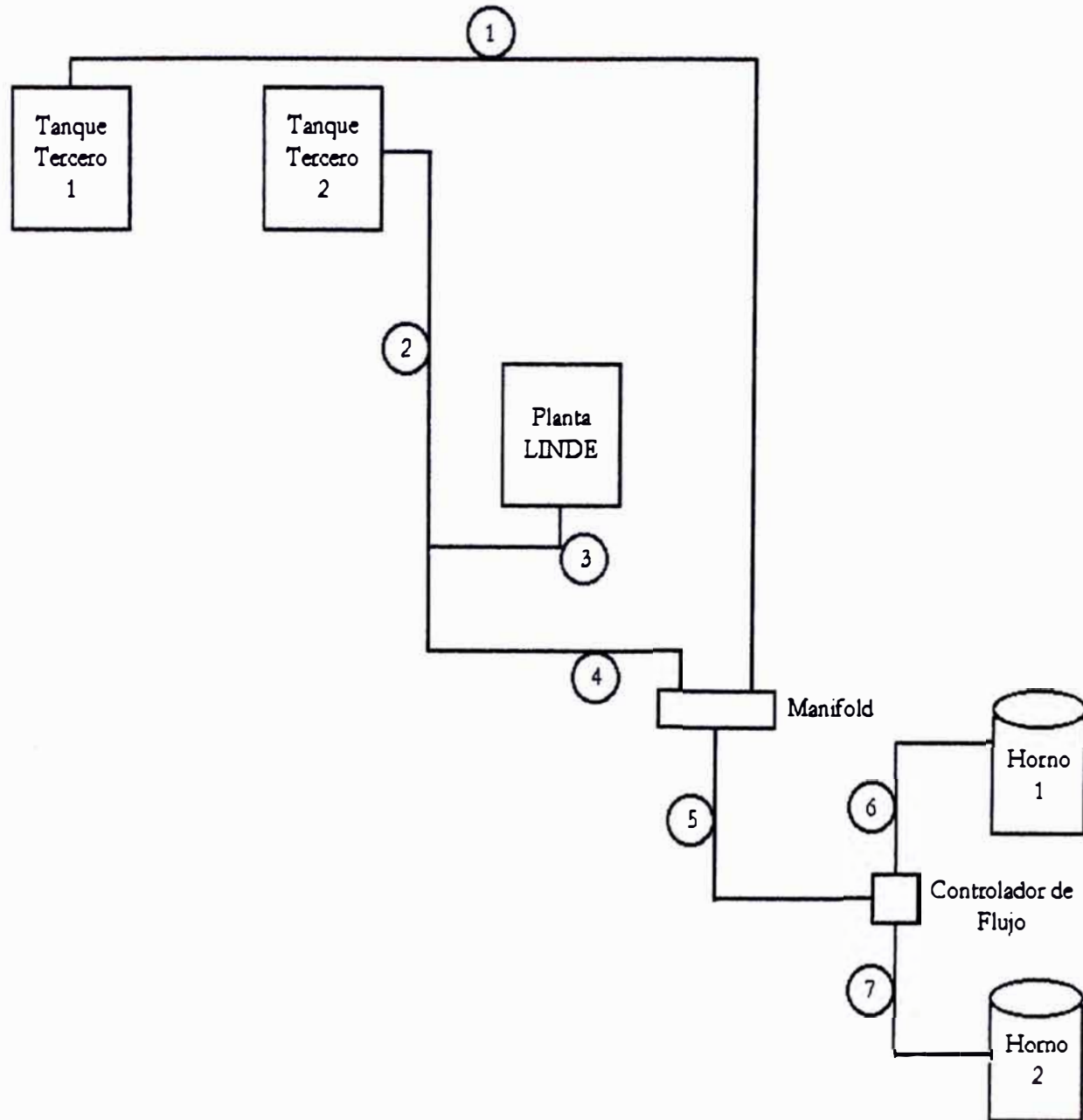


LAYUOT DE PROCESO DE PLANTA DE OXIGENO

1. Filtro de aire de aspiración.
2. Compresor de doble etapa.
3. Turbo compresor
4. Enfriador de aire con agua (intercambiador de calor)
5. Enfriador de aire con agua (intercambiador de calor)
6. Circuito frigorífico con freon para disminución de la humedad.
7. Separación de gotas de agua de la corriente de aire.
8. Tamices moleculares para eliminación de la humedad, dióxido de carbono e hidrocarburos.
9. Intercambiador térmico para aire. El aire del proceso es casi enfriado de la temperatura ambiente a la temperatura de licuación. Los productos fríos y los gases residuales son calentados al mismo tiempo en contracorriente a la temperatura ambiente.
10. Turbina de expansión para la producción de frío.
11. Columna de alta presión, donde se produce al nitrógeno líquido (LIN).
- 12, 13 Y 16. Subenfriadores para subenfriamiento de un líquido a bajo punto de ebullición, un líquido a bajo punto de ebullición será enfriado mediante transmisión de calor a una corriente de gas frío.
14. Columna de baja presión, donde se produce el oxígeno líquido (LOX).
15. Condensador: Equipo que licúa un gas por un lado y por otro evaporación de un líquido, para mantener el proceso de rectificación en la columna.
- V1. Válvula de expansión que origina la mezcla de aire líquido y gas al ingresar a la columna de alta presión.
- V2 ó V3. Válvulas de ingreso de O₂ y N₂ líquido respectivamente.

ANEXO 13

DISTRIBUCION DEL OXIGENO AL HORNO ELECTRICO



INDICE

Introducción

Capitulo I

Ubicación y los procesos de fabricación de la planta

| | |
|------------|--------------------------------------|
| II.1.A.1 | Nombre y razón social de la empresa |
| II.1.A.2 | Ubicación |
| II.1.A.3 | Sector al cual pertenece |
| II.1.A.4 | Estructura Orgánica |
| II.1.A.5 | Layout de las unidades de producción |
| II.1.A.5.1 | Línea de producción |
| II.1.A.5.2 | Principales productos de fabricación |

Capitulo II

Planta de Agua

| | |
|----------|---|
| II.2.B | Relación profesional empleador |
| II.2.B.1 | Condición |
| II.2.B.2 | Documentos probatorios |
| II.2.C | Trabajo profesional desarrollado |
| II.2.C.1 | Cargo desempeñado |
| II.2.C.2 | Funciones asignadas ala cargo desempeñado |
| II.2.C.3 | Tiempo de prestación de servicio en la actividad descrita |
| II.2.D | Funciones que requieren el conocimiento de técnicas profesionales |
| II.2.D.1 | Técnicas de ingeniería necesarias |
| II.2.D.2 | Cantidad y tipo de personal |
| II.2.E | Objetivo, alcances y características principales de cada actividad |
| II.2.E.1 | Objetivos |
| II.2.E.2 | Alcances |
| II.2.E.3 | Característica principal de la actividad en la planta de agua |
| II.2.F | Desarrollo del proceso |
| II.2.F.1 | Captación de agua de pozo y galerías filtrantes |
| II.2.F.2 | Tratamiento del agua para el sistema de refrigeración en el proceso de acería |
| II.2.F.3 | Sistema de refrigeración de acería |
| II.2.F.4 | Sistema de refrigeración de laminación |
| II.2.G | Alternativa de solución, análisis técnico económico |
| II.2.H | Conclusiones y resultados |

Capitulo III

Planta de Oxigeno

| | |
|----------|--------------------------------|
| II.3.B | Relación profesional empleador |
| II.3.B.1 | Condición |
| II.3.B.2 | Documentos probatorios |

| | |
|----------|--|
| II.3.C | Trabajo profesional desarrollado |
| II.3.C.1 | Cargo desempeñado |
| II.3.C.2 | Funciones asignadas al cargo desempeñado |
| II.3.C.3 | Tiempo de prestación de servicio en la actividad descrita |
| II.3.D | Funciones desempeñadas que necesitan el conocimiento de técnicas profesionales |
| II.3 D.1 | Técnicas de ingeniería necesarias |
| II.3.D.2 | Cantidad y tipo de personal |
| II.3.E | Objetivo, alcances y características principales de cada actividad |
| II.3.E.1 | Objetivo |
| II.3.E.2 | Alcances |
| II.3.E.3 | Característica principal de la actividad en planta de oxígeno |
| II.3.F | Alternativas de solución y análisis técnico económico |
| II.3.G | Conclusiones y resultados |

Capitulo IV

Control de Calidad

| | |
|----------|--|
| II.4.B | Relación profesional empleador |
| II.4.B.1 | Condición |
| II.4.B.2 | Documentos probatorios |
| II.4.C | Trabajo profesional desarrollado |
| II.4.C.1 | Cargo desempeñado |
| II.4.C.2 | Funciones asignadas al cargo desempeñado |
| II.4.C.3 | Tiempo de prestación de servicio en la actividad descrita |
| II.4.D | Funciones desempeñadas que necesitan el conocimiento de técnicas profesionales |
| II.4.D.1 | Técnicas de ingeniería necesarias |
| II.4.D.2 | Cantidad y tipo de personal administrado |
| II.4.E | Objetivo, alcance y característica principal de cada actividad |
| II.4.E.1 | Objetivo |
| II.4.E.2 | Alcance |
| II.4.E.3 | Característica principal de la actividad del laboratorio químico |
| II.4.f | Conclusiones |

BIBLIOGRAFIA

- ANEXO 1: Organigrama
- ANEXO 2: Layout de la planta N° 2 Pisco
- ANEXO 3: Layout de producción de hierro esponja
- ANEXO 4: Layout de producción de acería
- ANEXO 5: Layout de producción de laminación
- ANEXO 6: Documentación
- ANEXO 7: Layout de la planta de ósmosis inversa
- ANEXO 8: Layout del equipo ablandador
- ANEXO 9: Layout del circuito primario
- ANEXO 10: Layout del circuito secundario

ANEXO 11: Layout del proceso de agua "B"

ANEXO 12: Proceso de planta de oxígeno

ANEXO 13: Distribución del oxígeno al horno eléctrico