

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE COMPRESION
PARA PRODUCIR UNA TON/DIA DE ACETILENO**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

DAVID ROJAS LEON

PROMOCION 1997-I

LIMA-PERU

2011

INDICE

	Pagina
Prologo	1
1.0 Introducción	3
1.1 Antecedentes.	3
1.2 Objetivo.	4
1.3 Justificación.	4
1.4 Alcances.	4
2.0 Descripción y evaluación de la planta.	5
2.1 Identificación del problema.	5
2.2 Situación actual de la planta.	5
2.3 Sistema de baja presión.	8
2.3.1 El generador.	8
2.3.2 El gasómetro.	9
2.3.3 Purificadores.	9
2.4 Sistema de alta presión.	10
2.4.1 El compresor.	10
2.4.2 Sistema de llenado.	11
3.0 Fundamentos para la producción de Acetileno.	13
3.1 Datos Históricos.	13
3.2 Propiedades del Acetileno.	14
3.2.1 Propiedades físicas.	15
3.2.2 Impurezas del Acetileno.	15
3.2.3 Otras aplicaciones del acetileno.	17
3.3 Materia prima.	18

3.3.1	Propiedades físicas.	18
3.3.2	Obtención del Carburo de Calcio.	20
3.4	Antecedentes sobre plantas productoras de Acetileno.	24
3.4.1	Riesgos del Acetileno.	25
3.4.2	Condiciones de desintegración del acetileno.	25
3.5	Características de una planta de Acetileno.	26
3.5.1	Descripción del equipo.	26
3.5.1.1	El Generador.	26
3.5.1.1.1	Cuerpo del generador	27
3.5.1.1.2	Elementos que integran el generador	30
3.5.1.2	Línea de baja presión	32
3.5.1.2.1	Intercambiador de calor	32
3.5.1.2.2	Detenedor de flama	33
3.5.1.2.3	Detenedor de flama del generador	34
3.5.1.2.4	Detenedor de flama de baja presión	35
3.5.1.2.5	Separador de humedad	35
3.5.1.2.6	Secador de baja presión	36
3.5.1.3	Tipos de compresores	37
3.5.1.4	Línea de alta presión.	42
3.5.1.4.1	Secador de alta presión	43
3.5.1.4.2	Estaciones de llenado	44
3.5.1.4.2.1	Línea de envasado	44
3.5.1.4.2.2	Línea de retomo del gas	45
4.0	Optimización del sistema de compresión.	46
4.1	Generalidades.	46
4.2	Compresor.	46

4.2.1	Criterios de Diseño.	47
4.2.2	Sistemas del compresor.	52
4.2.3	Especificaciones técnicas.	53
4.2.4	Descripción general del trabajo.	53
4.2.5	Flujograma del trabajo.	54
4.2.6	Procedimientos del trabajo.	55
4.2.6.1	Cimentación del compresor.	55
4.2.6.2	Tanque elevado para almacenamiento de agua.	55
4.2.6.3	Montaje del compresor.	55
4.2.6.4	Instalación de líneas de interconexión.	56
5.0	Estimación de costos.	57
5.1	Alcance.	57
5.2	Costos Iniciales.	57
5.3	Costos de equipos.	58
5.4	Costo total.	60
	Conclusiones.	61
	Bibliografía.	63
	Planos.	
	Apéndice.	

PROLOGO

A continuación se detallará un resumen de los diferentes capítulos presentados en el presente trabajo. Se incluye también un plano P&ID en sistema IEC para ver los detalles de la instrumentación, tuberías así como los equipos y su integración.

Teniendo presente que el contexto del actual crecimiento y la demanda de gases industriales, espero que este estudio contribuya al desarrollo nacional.

Capítulo I

Muestra una breve descripción de la planta existente de acetileno y de las características generales del gas acetileno. Además se establecen los objetivos y justificaciones del presente estudio.

Capítulo II

En este capítulo se hace una descripción de las características de la planta, identificando sus problemas principales, así como la capacidad de producción y una descripción general de los principales equipos que conforman el sistema.

Capítulo III

Este capítulo desarrolla los fundamentos para la producción de Acetileno, así como sus propiedades y aplicaciones. La forma de obtención de las materias primas y las características principales de una planta.

Capítulo IV

Se desarrolla la parte técnica del sistema de compresión con todas sus propiedades, cálculos y especificaciones técnicas necesarias para la selección del compresor adecuado.

Capítulo V

Presenta la cuantificación de los gastos que se hacen para el presente trabajo, teniendo en cuenta tanto los materiales empleados con los costos de estudios y de factibilidad e ingeniería básica y de detalle.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes.

La planta de producción de Acetileno tiene una antigüedad de 50 años y necesita ser repotenciado para mejorar la eficiencia y por tanto aumentar la producción.

El acetileno es un gas que libera grandes cantidades de energía cuando es descompuesto en carbón e hidrógeno. Es muy inestable incluso por debajo de su presión normal. Métodos seguros de producción, manipulación y envío de acetileno han sido desarrollados para protegerlo contra estos peligros. La antigua linterna de bicicleta, ya hoy en desuso, constituye, en cierto modo, la instalación automática más pequeña para la producción de gas acetileno. Por esta razón y porque el acetileno es producido generalmente por el propio consumidor, se le debe dedicar mayor importancia, ya que es un gas combustible altamente explosivo al mezclarse con oxígeno o aire en ciertas proporciones. Una instalación un tanto racional y con equipo adecuado basta para evitar algunas explosiones. Las explosiones de estas instalaciones son raras, a menos que sean debidas a defectos de construcción. Se previene encarecidamente contra el empleo de instalaciones de acetileno hechas por el propio interesado.

1.2 Objetivo.

Desarrollar e instalar un sistema de compresión para gas Acetileno en una planta existente con una producción de 0.31 Ton/día, mejorando la eficiencia de llenado.

1.3 Justificación.

Este trabajo nos permitirá mejorar la eficiencia de llenado de gas Acetileno y aumentar la producción de 0.31 a 1 Ton/día. Permitiendo alcanzar volúmenes de producción que respondan al incremento de la creciente demanda de nuestra economía.

1.4 Alcances.

El presente informe consiste en cambiar los equipos de compresión obsoletos por un sistema de compresión nuevo con mayor performance. Este equipo de compresión será instalado en la planta existente, retirando la anterior y adecuándolo a las instalaciones que se encuentran en planta. No están considerados nuevas instalaciones para el sistema de enfriamiento, porque se usaran las existentes.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA.

2.1 Identificación del problema.

El problema es que el sistema de compresión es deficiente y necesita ser cambiado por otro el cual seleccionaremos. En la planta existente tenemos un sistema de compresión de gas con muchos años de antigüedad que no permite un eficiente llenado, en este trabajo podemos instalar un sistema de compresión de gas con mayor eficiencia y por lo tanto aumentar la producción.

2.2 Situación actual de la planta.

La planta de Acetileno se encuentra ubicada en el Callao, donde es sometido a la agresividad del medio ambiente, con el pasar de los años muchos componentes de la planta se fueron deteriorando, y algunos equipos quedaron obsoletos, esto obligo a la empresa a modernizar los equipos para poder seguir produciendo.

- **Producción Actual.**

La piedra calcárea viene en barriles con 115 kg cada uno. Cada de los dos generadores consume un total de 1035 kg (9 barriles) en dos días para llenar un total de 90 cilindros de acetileno. Teniendo una eficiencia de producción de 30%.

-Consumo de acetileno: $1035 \text{ kg} \times 2 \text{ generadores} = 2070 \text{ kg}$.

-Producción de acetileno: $2070 \text{ kg} \times 30/100 = 621 \text{ kg}$.

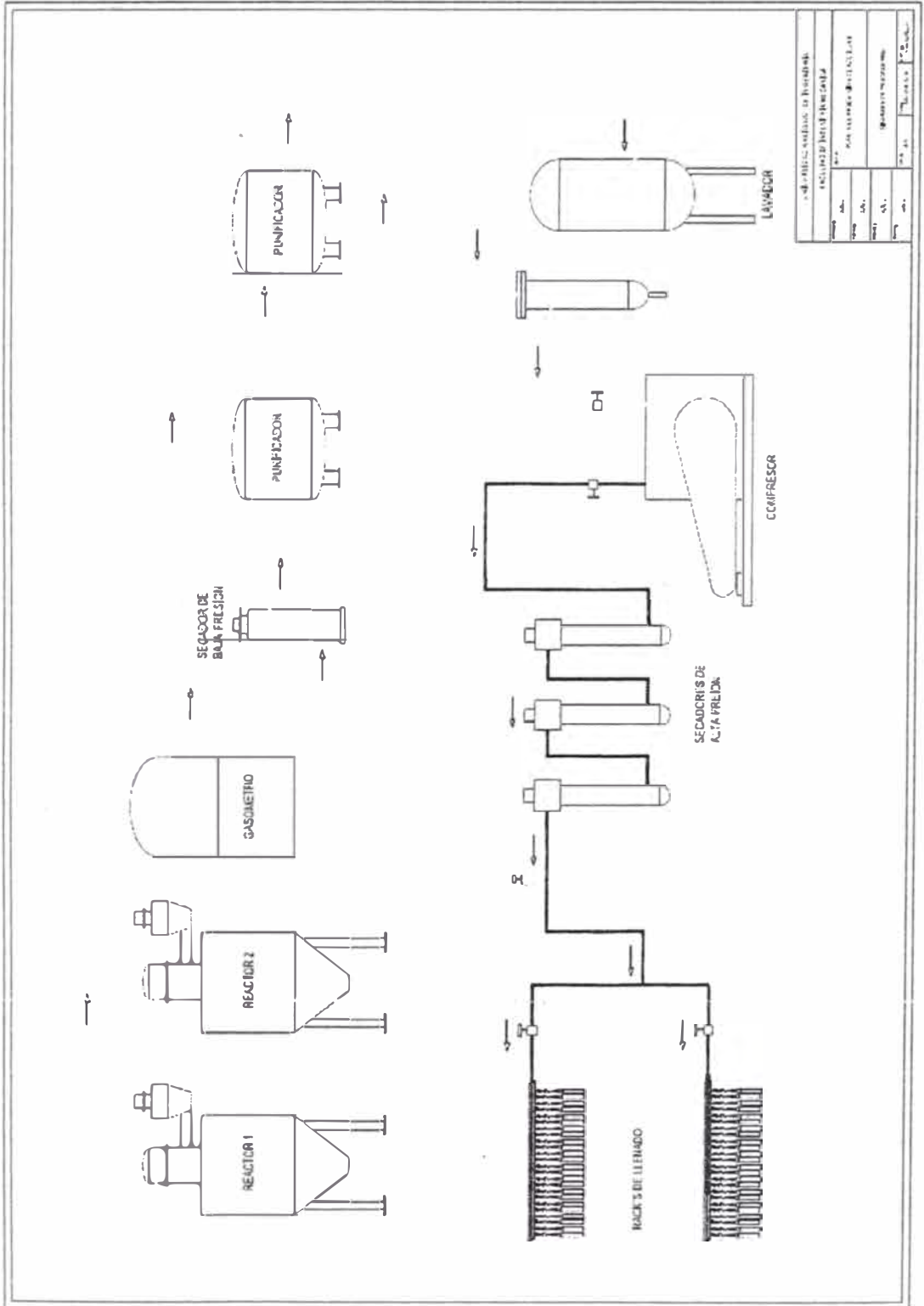
-Producción diaria: $621 \text{ kg} / 2 \text{ días} = 310.5 \text{ kg./día}$

-Peso de acetileno por cilindro: $621 \text{ kg} / 90 \text{ cilindros} = 6.9 \text{ kg/cilindro}$.

Para una producción de 1 ton, se necesitarán 3333.3 kg. de piedra calcárea.

El volumen total de acetileno a procesar es de 850 m^3 .

DIAGRAMA DE PROCESO PFD



2.3 Sistema de baja presión.

El sistema de baja presión está constituido principalmente por el generador, gasómetro, filtros y opcionalmente el purificador, el cual solo se usa en caso se requiera una gas con menos impurezas.

2.3.1 El generador.

Con el generador se inicia el proceso de producción del acetileno, este tiene una forma cilíndrica y cuenta con una tolva de entrada de material que mediante un helicoide, es suministrada en forma gradual para poder controlar la reacción exotérmica. Tiene una capacidad de 3.5 m^3 y procesa 9 barriles de 115 kg de piedra calcárea por día. Con el incremento de producción pasaría el uso de 3 a 5 horas por día.

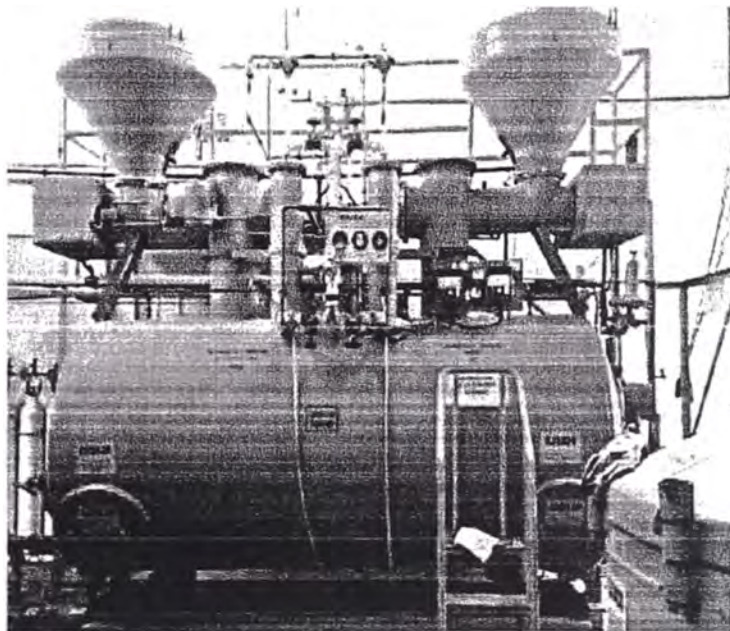


Fig. 2.1 Generador de Acetileno

2.3.2 El gasómetro.

Elemento fundamental en el almacenaje del gas. Tiene un volumen variable que aumenta en función al aumento de producción, cuenta con una campana móvil y sello mediante agua, por lo cual el gas sube y se aloja en la parte superior móvil (campana).

Tiene una capacidad de 20 m³ y además este volumen puede llegar a incrementarse hasta 26 m³ gracias a un sistema de desplazamiento con sello de agua. Como solo es un recipiente de paso no requiere mayor incremento cuando aumente la producción.

2.3.3 Purificadores.

Estos filtros permiten extraer la humedad y también impurezas del Acetileno. Estos son ubicados después del gasómetro y tienen que ser renovado cada mes, dependiendo del uso o producción que tenga. Una forma fácil de ver si se realizara un cambio es por el color que presenta, este cambia hacia un tono rojizo.

Tiene una capacidad de 3 m³ y es poco usado, debido a que incrementa el costo del acetileno. Su uso promedio es 2 veces por mes.



Fig. 2.2 Purificadores de Acetileno

2.4 Sistema de alta presión.

El sistema de alta presión es posiblemente el más sensible y con cierto grado de peligrosidad, En cada tramo del sistema tiene sus respectivos elementos de seguridad que permiten dar un manejo adecuado sin mucho peligro para el operador.

2.4.1 El compresor.

Con el compresor se inicia el paso más delicado y riesgoso del proceso. El objetivo principal del compresor es el llenado de los cilindros que posteriormente son vendidos a los clientes. Este equipo data de los años cincuenta y se encuentra bastante deteriorado, tiene constante mantenimientos y está perdiendo confiabilidad, por ello se ha optado por montar una nuevo que tenga una mayor capacidad de producción. Por la evaluación del compresor sostuvimos la necesidad de hacer el cambio por

otro sistema más moderno y de mayor confiabilidad. Con el incremento de producción se ha considerado un compresor 230 m³/h, lo que nos permitiría procesar la producción diaria en 4 horas.

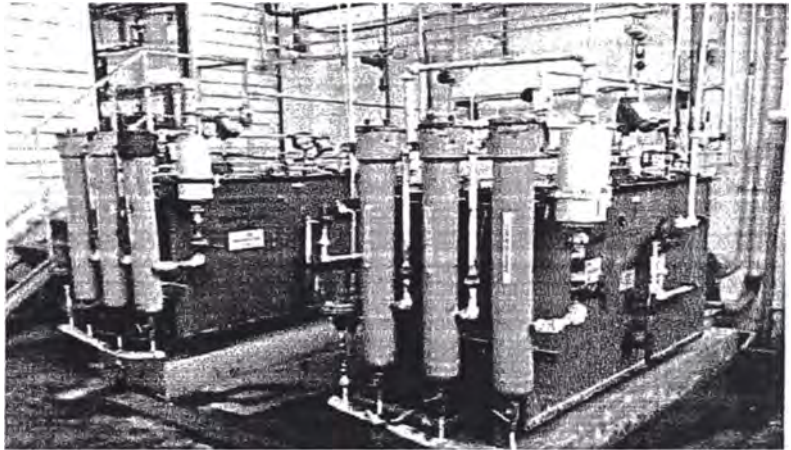


Fig. 2.3 Compresor y Secadores

2.4.2 Sistema de llenado.

Está compuesto por las tuberías de llenado (ranflas) y los cilindros de despacho. Estas ranflas tiene cada una su válvula que permite de conducir el gas del compresor hacia los cilindros, y los cilindros tienen a su vez sus propias válvulas de llenado. Una vez alcanzada la presión de llenado estas dos válvulas son abiertas secuencialmente, comenzando por la ranfla. Los cilindros son fabricados para resistir presiones de hasta 200 bar, y tienen un recubrimiento interior especial. Se incrementaran la ranfla y la cantidad de cilindros hasta un total de 145.

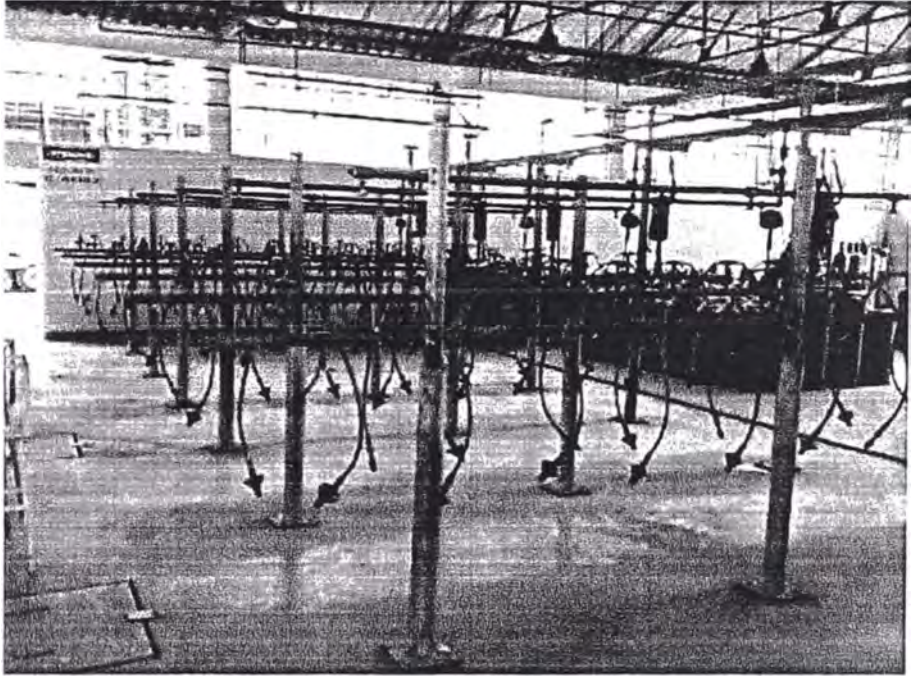


Fig. 2.4 Baterías de Llenado de Cilindros.

CAPITULO III

FUNDAMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ACETILENO.

3.1 Datos Históricos.

El acetileno es también llamado etileno, el cual es el primero de muchos nombres importantes de la familia de hidrocarburos no saturados llamados alquiles. Su fórmula estructural muestra su triple unión entre los átomos de carbono, que es característica de todos los alquiles. El acetileno generado con carburo de calcio como material base contiene impurezas de fosfinas (PH) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual produce un olor desagradable semejante al ajo. El acetileno fue descubierto por el químico inglés Edmun Davy en 1836, pero su método para producirlo era lento y costoso. En 1892, Thomas L. Wilson, inventor canadiense, experimentaba en su taller calentando piedra caliza y coque (carbón suave) en un horno eléctrico. Su experimento fue un fracaso, pero del desperdicio que tiraba en una pequeña barranca detrás de su taller se desprendía un gas, que era el acetileno. Accidentalmente había descubierto un método económico para producirlo. Este gas se usa mucho como materia prima para la obtención de compuestos orgánicos y para producir llamas de acetileno y aire o de acetileno y oxígeno (soplete oxiacetilénico). El calor de formación del acetileno es -54.9 Kcal. /mol (3800 BTU/lb.), por consiguiente, es un compuesto muy exotérmico. Se descompone en sus elementos, con

liberación de calor, y esta reacción puede tener violencia explosiva, según las circunstancias. Cuando se inflama el gas a la presión atmosférica, se efectúa su descomposición. La intensidad de la descomposición se acrecienta con el aumento de presión, de la temperatura y del diámetro de la tubería que lo contenga. Las temperaturas de ignición del acetileno, de las mezclas de acetileno y aire y acetileno y oxígeno varían según varios factores: composición, presión, contenido de vapor de agua y temperatura inicial. El punto de ignición de las mezclas que contienen 30% o más de acetileno con aire a la presión atmosférica es de unos 305°C. Los límites de ignición (límites de explosividad) de mezclas de acetileno y aire y de acetileno y oxígeno dependen de la presión inicial, de la temperatura y del contenido del vapor de agua. En el aire seco a la presión atmosférica, el límite máximo es de aproximadamente 77% de acetileno y 23% de aire. El límite mínimo suele ser de 2.6% de acetileno en aire.

3.2 Propiedades del Acetileno.

El acetileno es inflamable. Las mezclas con oxígeno o aire son explosivas. Es además ligeramente narcótico, incoloro y poco más ligero que el aire. Este gas, con una pureza de 100%, es inodoro; sin embargo, el acetileno con pureza comercial tiene un olor parecido al ajo. El acetileno puede ser licuado o solidificado con cierta facilidad; sin embargo ya sea líquido o sólido, cuando se incendia puede explotar con extrema violencia si no se cumplen ciertas condiciones de seguridad. El acetileno es asfixiante, irritante y anestésico, es soluble en agua y en acetona. Se transporta en botellas de

acero, disuelto en acetona mezclada con una materia porosa, arena o ladrillo molido.

3.2.1 Propiedades físicas.

Las propiedades de aviso sobre cómo detectar esta sustancia (acetileno comercial) es por el olor que tiene parecido al ajo.

Símbolo químico C_2H_2

Peso molecular 26.04 lb. /mol

Temperatura crítica 96.0o F

Presión crítica 906.0 psia

Densidad del gas (70°F, 1 atm.) 0.0677 lb. /pie³

Punto de ebullición -119.6 °F

Presión de saturación a 70 °F 586.2 psia

Volumen específico (70 °F, 1 atm.) 14.76 pie³/lb.

Auto ignición en el aire a 1 atm. 581 °F

Solubilidad en agua vol. /vol. 0 °C (32 °F) 1.7

3.2.2 Impurezas del Acetileno.

El acetileno obtenido con el carburo de calcio que se expende en el comercio nunca es químicamente puro. Siempre contiene impurezas

químicas y mecánicas. Estas impurezas proceden, en parte, de las sustancias empleadas en la producción del carburo de calcio. También pueden ser formadas espontáneamente en cantidades más o menos grandes durante la descomposición del carburo. Estas impurezas son, en esencia: sulfhídrico (0.5 - 1%), fosfina o fosfamina (0.03 - 0.08%), amoníaco (cerca de 0.1%), hidruro de silicio (cerca de 0.7%) y vapor de agua (cerca de 2%), además de óxido de carbono, ácido carbónico, metano y aire.

Las impurezas químicas son indeseables, en parte a causa de su acción destructora sobre los accesorios y tuberías de la instalación (fosfamina e hidrógeno fosforado), por el influjo a menudo nocivo sobre los metales que entran en contacto con la llama del acetileno y finalmente porque el gas contenido en estas impurezas es un peligro creciente de violentas explosiones.

La investigación de las impurezas del acetileno puede efectuarse fácil y económicamente con la ayuda de papeles reactivos. La presencia de ácido sulfhídrico (H_2S) puede comprobarse si se arroja acetileno hacia un papel absorbente de color negro impregnado de cloruro mercuríco y el papel se colora blanco.

La fosfamina o hidrógeno fosforado (PH_3) se detecta mediante el uso de papel filtro impregnado de una solución de nitrato de plata al 5%. Al ponerlo en contacto con el acetileno, el papel toma al cabo de pocos segundos, según el grado de impurezas del acetileno, un color amarillo hasta negro.

El hidruro de silicio (SiH_4) y amoníaco (NH_3), se detecta mediante un papel tornasol encarnado, que toma color azul por la acción de las impurezas contenidas en el gas acetileno.

Según investigaciones realizadas recientemente, el 0.1% de impurezas no ejercen menor influjo en la soldadura; sólo en cantidades mayores de 1% producen espuma en la soldadura.

3.2.3 Otras aplicaciones del acetileno.

El uso principal del acetileno es en la soldadura autógena y en el oxicorte de metales ferrosos. Es también materia de partida para la producción sintética de materias muy importantes.

Mediante el empleo de catalizadores el acetileno puede servir para la preparación de acetaldehído o etanol, y éste para la obtención del alcohol etílico por hidrogenación catalítica, o también ácido acético por oxidación, caucho sintético (goma). Merece especial mención su utilización en la industria de los materiales plásticos. Cuando se hace pasar por ácido clorhídrico diluido a 65 °C, en presencia de iones mercúricos como catalizador, se forma cloruro de vinilo, que se polimeriza y da como resultado el famoso cloruro de polivinilo, llamado comúnmente PVC.

3.3 Materia prima.

El acetileno se prepara por la acción del agua sobre el carburo de calcio o por varios procedimientos en que se le deriva de hidrocarburos. El procedimiento del carburo cálcico es el más usual en Norteamérica y Latinoamérica.

El carburo de calcio es una materia química que fue descubierta en 1,863 por el químico Woehler, quien al calentar carbón y una aleación de calcio zinc, obtuvo una masa pulverulenta negra, que al contacto con el agua desprendía una mezcla de diferentes gases, entre los cuales fue identificado el acetileno.

Fue sólo hasta 1,893 cuando fue posible fabricar esta sustancia a nivel industrial, debido a que hasta entonces se pudo utilizar la energía eléctrica.

Moissan publicó una nota que indicaba la formación, bajo la acción del arco eléctrico, de un carburo fusible a alta temperatura. Después de los descubrimientos de Moissan en Francia, se siguieron haciendo estudios y ahí se realiza el célebre proceso Bullier, mediante el cual fue establecida la validez del carburo de calcio.

3.3.1 Propiedades físicas.

El carburo de calcio es un compuesto de dos elementos importantes, el carbono y el calcio. El carburo es sólido con apariencia de roca, duro agudo, gránulo de superficie irregular; cuando es fresco, tiende

a hacerse blanco y a desmoronarse cuando se descompone parcialmente.

Peso molecular 64

Fórmula química CaC_2

Apariencia Azul – gris opaco

Peso específico 2.36 gr. /m³

Densidad 1.84

Dureza 5.5 Kg. (Monotró) 40 BHN

Calor específico 0.28 Kcal. /Kg. /°C

Temperatura de fusión 2,000 – 2,050° C

Flamabilidad Alta

Reactividad Moderada, no detona, pero puede hacerlo con agua

Solubilidad En agua: completa

Cristalografía Tetragonal (25 a 447° C)

Cúbica (+ 447° C)

Calor de formación 105.350 Cal. /gr. Mol.

3.3.2 Obtención del carburo de calcio.

El carburo de calcio es producido en hornos eléctricos de electrodos sumergidos. Las materias primas primarias básicas para su fabricación son:

- ◆ Cal (óxido de calcio)

- ◆ Coque

- ◆ Energía eléctrica

- ◆ Pasta electrónica

La piedra caliza (carbonato de calcio CaCO_3) se obtiene de minas, es triturada y llevada a unos hornos para calcinarla y convertirla en óxido de calcio

(CaO). En estos hornos se desprende como subproducto dióxido de carbono gaseoso (CO_2).

El carbón mineral obtenido de las minas se produce en hornos llamados coquizadores, de los cuales se obtiene el carbón coke y como subproducto el gas de coke, que es utilizado como combustible en las fábricas de acero (altos hornos, hornos de aceración, hornos de precalentamiento, etc.). También es utilizado en la producción de alquitrán, amoníaco y fertilizantes.

Posteriormente estos dos materiales se pasan por unas básculas para dosificarlos. Se necesita 56 Kg. de calcio y 28 Kg. de carbono para obtener 64 Kg. de carburo de calcio y 28 Kg. de monóxido de

carbono. Estos componentes se vierten en hornos de fusión eléctrica especial, con un gasto de energía de varias decenas de miles de kilowatios, con intensidades sumamente altas y de 40 hasta 100 voltios de tensión (Fig. 3.1)

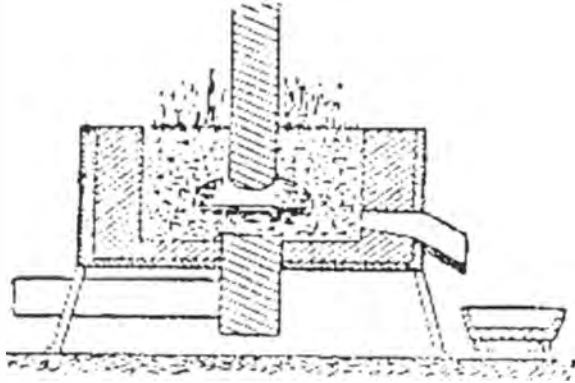


Fig. 3.1 Principio del horno eléctrico

La fusión a temperaturas superiores a los 2,300° C (4172° F) de calcio y carbono, da lugar a la formación de óxido de carbono gaseoso y carburo. Este último, después de colado, se deja enfriar en bloques. La reacción química es la siguiente:



Carbonato

Óxido

Bióxido

de calcio

de calcio

de carbono



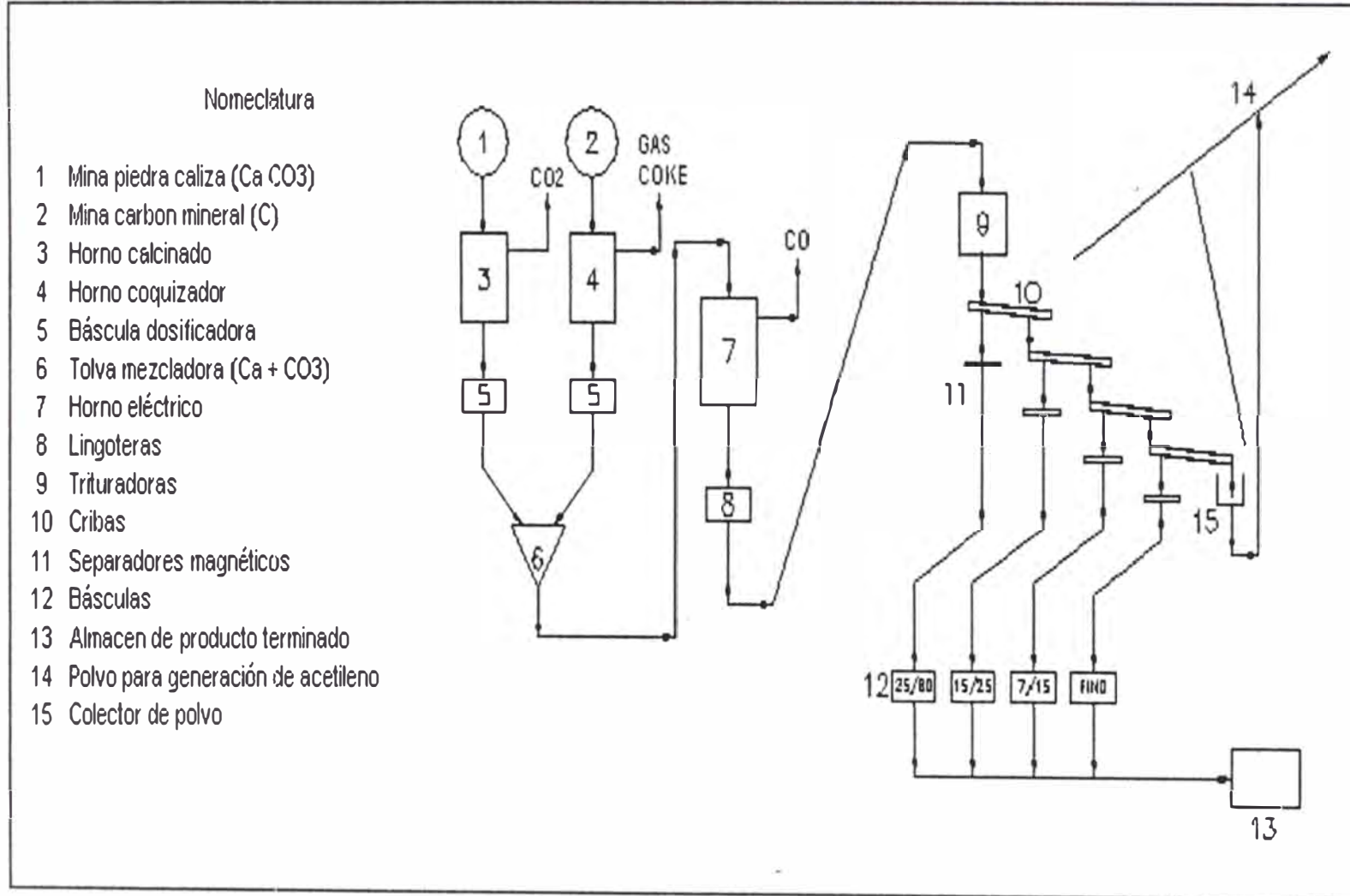
Óxido	Carbono	Carburo	Monóxido
de calcio		de calcio	de carbono

El monóxido de carbono obtenido al mismo tiempo como excedente, puede servir como combustible para el precalentamiento de las materias primas.

Luego que los bloques de carburo se han enfriado pasan a triturado.

Luego el carburo es transportado hacia un elevador de canjilones (previa separación de imantables) para ser cribado y separado en tolvas por tamaños. (Fig. 3.2)

Fig. 3.2 Diagrama de proceso de Carburo de Calcio.



Luego el carburo de calcio se expende en el mercado, en diferentes tamaños, según el tipo de generadores construidos hasta hoy.

La cantidad de gas producido por kilogramo de carburo es mayor con el carburo en trozos, que con el carburo de grano fino. El carburo se transporta en bidones metálicos de paredes delgadas.

Las tapas no deben abrirse nunca, de ninguna manera, con una "llama", únicamente mediante herramientas que no producen chispas (varilla de cobre y mazo), con mucho cuidado para evitar todo peligro de explosión.

El carburo como materia prima no debe almacenarse en sótanos, sino en lugares secos y bien ventilados, puesto que absorbe fácilmente la humedad. Esta da lugar inmediatamente a la producción de acetileno, que mezclado con aire y encendido por casualidad, puede dar origen a una violenta explosión. La ignición de acetileno saturado de vapor de agua se puede dar desde una presión de 1.406 Kg. /cm² y 20° C, cuando la fuente de iniciación es la fusión de un alambre de platino.

3.4 Antecedentes sobre plantas productoras de Acetileno.

El manejo del acetileno exige precauciones que no son necesarias con la mayoría de los gases, porque el acetileno, aún en ausencia de oxígeno, se descompone en sus elementos con desprendimiento de calor.

3.4.1 Riesgos del Acetileno.

Ocurren descomposiciones, aunque infrecuentemente, en los sistemas de acetileno. La explosión más reciente y más desastrosa ocurrió en 1,954 en Hüls, Alemania. Una instalación puede protegerse del daño de explosión si se diseña el sistema lo suficientemente fuerte para resistir la presión de descomposición máxima que pudiera producirse en un sistema dado y si se eliminan las fuentes de ignición.

3.4.2 Condiciones de desintegración del acetileno.

El acetileno obtenido en generadores contruidos debidamente, con arreglo a las prescripciones del caso, no es explosivo, bajo presión autorizada y a temperatura normal.

El acetileno se polimeriza hacia los 120° C (248° F), lo que da como resultado la aparición de diferentes productos de condensación como el benceno, el estirolo, el naftaleno y el antraceno. Esta polimerización se verifica a más baja temperatura si el acetileno contiene impurezas que actúan como catalizadores y elevan los riesgos de explosión dentro del sistema de generación.

La presión, la sequedad y el aumento de temperatura elevan considerablemente el peligro, pues a una presión cerca de 2 atmósferas (2.07 Kg. /cm²) el acetileno, sin la presencia de aire, hace explosión.

La desintegración de 1 Kg. de acetileno libera 2070 calorías. La temperatura de explosión es cerca de 2,800° C (5072° F) y la presión es once veces la inicial. Para evitar temperaturas mayores, inadmisibles en el generador de acetileno, es preciso cuidar que salga todo el calor desprendido durante la descomposición del carburo sobre el agua y cuidar que este calor no exceda la temperatura de polimerización del gas.

Otra condición de desintegración del gas es por ignición directa como fuego, contactos e interruptores eléctricos, cuerpos incandescentes. Estos últimos elementos deben mantenerse a una distancia mínima de 3 metros de las instalaciones de generación del gas.

Asimismo, en las instalaciones de acetileno no deben colocarse piezas de cobre (pero son aceptables aleaciones que contengan un máximo de 65% de Cu) puesto que el cobre forma con el gas acetileno una combinación explosiva ($\text{Ca}_2 + \text{H}_2\text{O}$ acetiluro de cobre). También las acetilamidas de otros metales como plata, oro, mercurio son explosivas.

3.5 Características de una planta de Acetileno.

3.5.1 Descripción del equipo.

3.5.1.1 El Generador.

El generador de acetileno es un reactor químico (recipiente a presión cerrado herméticamente) dedicado a la generación de gas acetileno, por la acción de agua sobre el carburo de calcio.



Hay tres métodos principales para generar acetileno, que se describen a continuación:

- ◆ Método de carburo al agua
- ◆ Método agua al carburo
- ◆ Generación en seco

El método de mayor uso industrial es el de carburo al agua, llamado también de proyección. Es utilizado más comúnmente en los Estados Unidos y América Latina; esto se debe a que la generación en seco es usada para grandes escalas de producción en la industria química para la masa de producción de químicos.

3.5.1.1.1 Cuerpo del generador

Los generadores de acetileno se dividen en dos clases, según la presión a que funcionen. Los que se diseñan para la reacción de "carburo de calcio en agua" a presiones menores de 1 lb. /pulg.² (0.070307 Kg. /cm.²), man. (812 mm Hg) se denominan generadores de baja presión.

Los de presión mediana sirven para producir acetileno a presiones de 1 a 15 lb. /pulg.² (0.070307 – 1.05 Kg. /cm.²), man. (812 – 1536 mm Hg).

El generador es manufacturado de acuerdo con la sección 8 del código de ASME. El diseño de generadores se funda en un factor empírico que presupone una capacidad de un galón de agua por cada libra de carburo de calcio (120 g de carburo por litro de agua). Se considera fundamental una velocidad de generación de acetileno de un pie cúbico por hora y libra de capacidad de tolva de carburo (62.4 dm³ por hora y por kilo).

El generador de acetileno más usual consiste en un casco cilíndrico para agua colocado en posición horizontal, que lleva en su parte superior la tolva y el mecanismo alimentador de carburo (Fig. 3). El casco tiene medios para la carga y desagüe y, por lo común, un mecanismo para la agitación del residuo de cal. El generador, además de contener en su interior el agua para la descomposición del carburo de calcio, es el soporte de todas las partes componentes que a continuación se mencionan.

3.5.1.1.2 Elementos que integran el generador

Esta sección es el sumario de los elementos que integran el generador de acetileno, que van desde el almacén de carburo calcio hasta el propio generador.

❖ Polipasto neumático.

Para efectos de disminuir los tiempos de llenado del generador se ha instalado un sistema de transporte y llenado en forma semi automática que consiste en un polipasto neumático a prueba de explosión que nos permite reducción sustancial de intervención. El nuevo sistema requiere de solo un operador y efectúa el llenado de un barril de 115 kg en solo 5 minutos. Esto nos permitiría el llenado de 29 barriles en menos de 3 horas.

❖ Camisa de enfriamiento.

Envuelve el casco del generador y se utiliza para la circulación de agua de enfriamiento y evitar así riesgos de elevación de temperatura. Este sistema es opcional debido a que la mezcla carburo con agua neutraliza la reacción exotérmica, la cual puede ser controlada con el flujo de agua entrante.

❖ **Instrumentos de medición.**

Los instrumentos de medición utilizados para el control de presión y temperatura en el interior del generador son manómetros y termómetros.

❖ **Medidor de nivel de cristal.**

Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensa estopas. Están unidos al generador mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal, y una de purga.

❖ **Válvula de inyección de gas inerte.**

Utilizada para inyectar gas inerte (gas carbónico o nitrógeno) y mantener una atmósfera positiva en el interior del generador para cuando se desaloja la cal, y para desplazar el aire cuando se prepara la puesta en marcha del mismo.

❖ **Válvula de desalojo de cal.**

Sirve para drenar el hidróxido de calcio y el agua resultante de la descomposición del carburo.

3.5.1.2 Línea de baja presión

Una vez producido el acetileno en el generador, es conducido por medio de tubería hacia el sistema de baja presión. Se llama de esta manera ya que en el tramo que va desde el generador hasta el compresor sólo puede estar el acetileno a una presión muy baja de 0 – 15 lb. /pulg.2 (0 – 1 Kg. /cm²).

3.5.1.2.1 Intercambiador de calor

El intercambiador térmico es un enfriador condensador que enfría el acetileno a baja presión, por paso de un extremo a otro a través de tubos rodeados de un flujo de agua. Este proceso reduce la temperatura del acetileno y condensa gran cantidad del vapor de agua, que normalmente es acarreado desde el generador de acetileno. Precipita también la amonía al tener contacto el gas con el agua, remueve las partículas de cal, todo en preparación para el siguiente paso del procesamiento del acetileno (Fig. 3. 4)

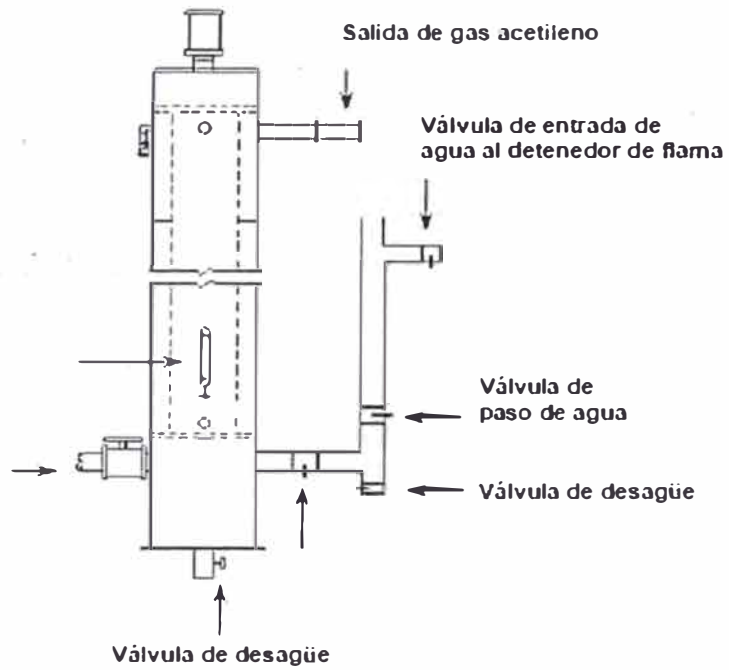


Fig. 3.4 Intercambiador de Calor

3.5.1.2.2 Detenedor de flama

El generador está provisto, asimismo, de sellos hidráulicos, diseñados para proteger el generador contra el retroceso de la llama originado en el equipo y que resulte en una explosión a causa del retroceso. Estos sellos hidráulicos son llamados detenedores de flama.

3.5.1.2.3 Detenedor de flama del generador

Este detenedor de flama está colocado en la parte superior y a la salida del gas en el generador, para evitar un retroceso de flama surgido en algún equipo en la línea de baja presión o en las propias tuberías.

En la figura el gas llega por A, burbujea a través de B y sale por C; cuando se da un retroceso, el gas regresa por C, pero el agua le impide continuar por B. Si se da un exceso de presión, ésta es controlada por las

válvulas de seguridad D, que operan automáticamente o también se pueden purgar manualmente por E (Fig. 3.5)

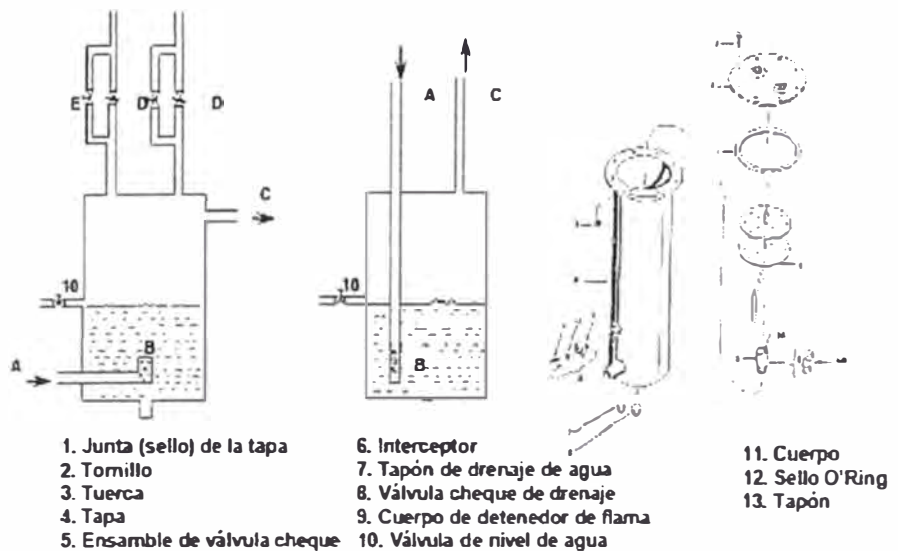


Fig. 3.5 Detenedor de Flama

3.5.1.2.4 Detenedor de flama de baja presión

Para la línea de baja presión hay un detenedor de flama con el mismo objetivo de evitar un retroceso de flama hacia el generador, pues es aquí donde está la mayor concentración de acetileno y constituye un peligro de explosión.

El funcionamiento de este detenedor de flama es similar al mencionado anteriormente. El gas llega por A, burbujea a través de B y sale por C; cuando

se da el retroceso de flama, el gas regresa por C, pero el agua le impide continuar por B. A diferencia del anterior este tiene un sistema tipo sifón que, al recibir el retroceso de flama, posee un sello de neopreno que le impide continuar hasta la tubería que conduce al generador.

3.5.1.2.5 Separador de humedad

Luego de pasar por el detenedor de flama, el acetileno es conducido hacia el separador de humedad, cuya función es la de ayudar a secar el gas. El separador de humedad es un recipiente hueco a través del cual pasa el acetileno. A su paso por este, el flujo sufre un cambio de dirección y velocidad, lo cual hace que las partículas de agua que arrastra el gas sean desprendidas y por la acción de la gravedad son depositadas en el fondo del recipiente, de donde son extraídas mediante una válvula de drenaje (Fig. 3.6)

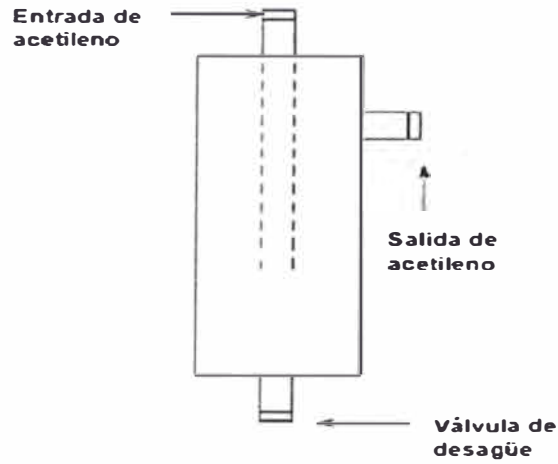


Fig. 3.6 Separador de Humedad

3.5.1.2.6 Secador de baja presión

El acetileno es conducido ahora hacia el secador de baja presión, que es un sistema con un recipiente hueco relleno de un material llamado cloruro de calcio. Este material en trozos es "hidroscópico", es decir, es un absorbente de humedad. La función del sistema es la de mejorar el secado del gas que aún lleva partículas de agua antes de llegar al compresor. Al pasar el gas a través del secador de humedad y estar en contacto directo con el cloruro de calcio, cede a este la humedad que aún conserva.

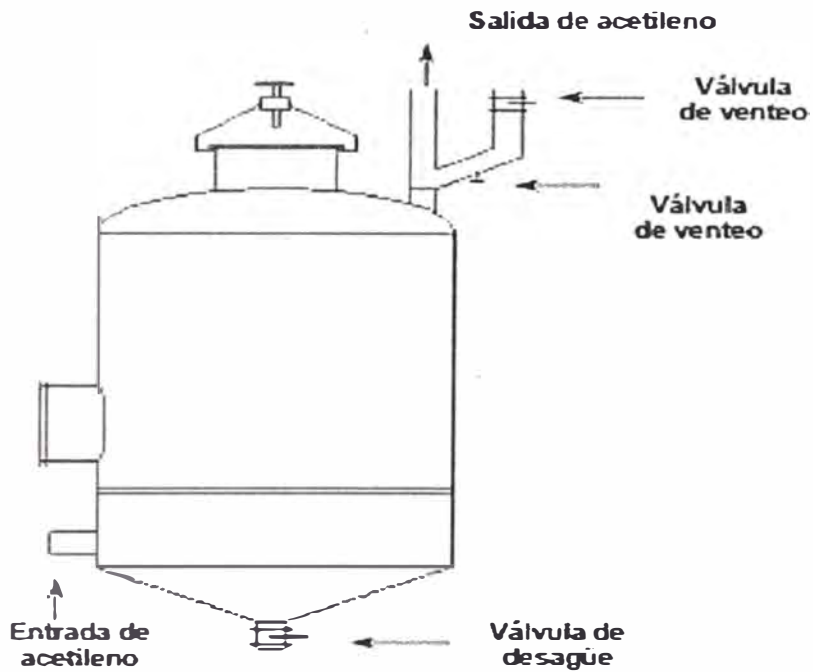


Fig. 3.7 Secador de baja presión

3.5.1.3 Tipos de compresores

Estas máquinas son destinadas a comprimir gases y transforman periódicamente trabajo en incremento de la entalpía (v.) de un gas. El trabajo necesario es proporcionado por un motor eléctrico acoplado al compresor.

Este puede dividirse en dos grandes familias: volumétricos y dinámicos.

En los compresores volumétricos la presión del gas se aumenta mediante una disminución del volumen de la cavidad en que se encuentra contenido, lo que se consigue con el movimiento de una o

varias de las paredes que limitan dicha cavidad. Se dividen, a su vez, en compresores de émbolo y rotatorios.

En los de émbolo o alternativos el gas se comprime con una cámara cilíndrica en la que un émbolo se desliza longitudinalmente sobre la pared cilíndrica, alejándose y acercándose alternativamente al fondo del cilindro. Al alejarse del fondo, el gas es aspirado a través de una válvula, que se cierra una vez que el émbolo ha llegado a la distancia máxima del fondo. Durante el movimiento de acercamiento al fondo, el gas se comprime y es obligado a pasar a través de otra válvula. El movimiento alternativo del émbolo se consigue mediante un mecanismo de biela-manivela mandado por un motor.

Un diagrama del ciclo está representado en la Fig. 8, donde las ordenadas son presiones y las abscisas son los volúmenes barridos por el émbolo. Cada punto del diagrama nos da la presión correspondiente a cada posición del émbolo. El ciclo se inicia con el émbolo situado en el punto A, y el cilindro completamente cargado con gas a la presión de admisión P_1 . El émbolo avanza hacia el extremo opuesto del cilindro, lo que incrementa la presión en él a lo largo de la curva ABC. Cuando la presión excede a la correspondiente a la ordenada P_2 (en el punto B), la energía del pistón es empleada en desplazar la válvula de descarga; el gas, que ha llegado a la presión correspondiente al punto G, sale a través del conducto de descarga en una serie de ondas de presión que disminuyen de amplitud hasta que el pistón alcanza el fin de su recorrido (punto C). A partir de este punto, el pistón retrocede

ayudado por la expansión del gas que aún permanece en el cilindro, el cual se expande a lo largo de la curva CFA. Por debajo del punto E de ordenada P_1 , la presión es inferior a la de admisión y esta diferencia de presiones produce el desplazamiento de la válvula de admisión. El pistón continúa su recorrido hasta el punto A y el cilindro se carga de gas nuevo, con lo que se completa el ciclo.

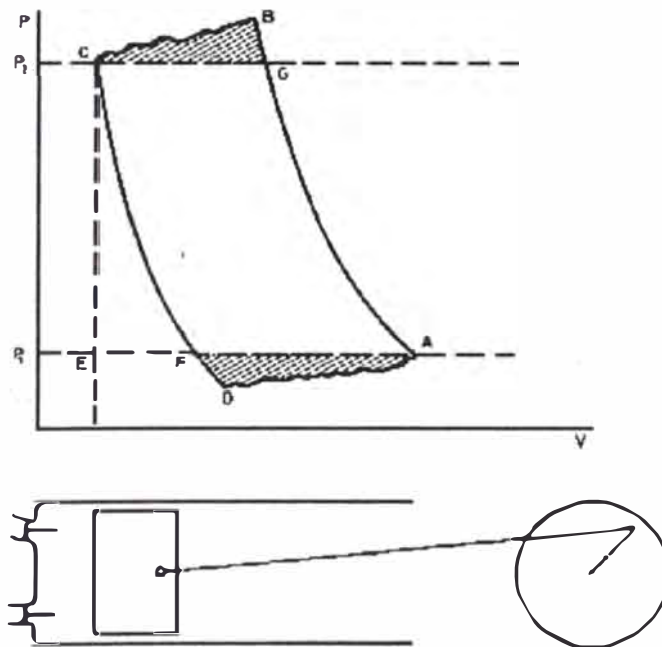


Fig. 3.8 Diagrama compresor de émbolo

En los compresores volumétricos rotatorios, el movimiento giratorio de unas paletas, o bien el movimiento también giratorio en sentido opuesto de dos piezas, comprimen el gas. Los de piezas giratorias opuestas consisten en dos piezas en forma de ocho que forman una cámara que se reduce al girar los dos lóbulos en sentido contrario; en este tipo están comprendidos los compresores de Roots. Si bien no

pueden conseguirse presiones altas, sí impulsan cantidades de gas bastante grandes (Fig. 3.9).

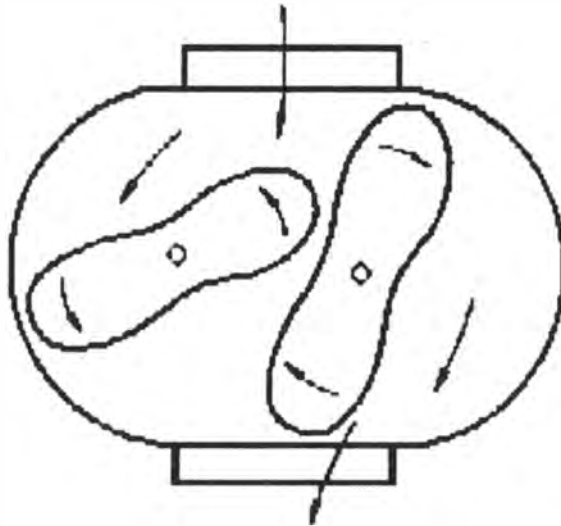


Fig. 3.9 Compresor tipo Roots

El compresor más utilizado en las plantas de acetileno es el tipo émbolo de tres etapas o pasos en serie de simple efecto. El compresor comprime el acetileno de la presión de entrada (presión del generador) a la presión de descarga en tres pasos. El acetileno viene del secador de baja presión en 0,4 Kg. /cm² (6 lb. /pulg.²) y se comprime hasta 25.493 Kg. /cm² (362.59 lb. /pulg.²).

Cuatro manómetros están montados sobre el compresor para indicar las presiones de entrada y trabajo de cada paso.

Las tres etapas de compresión mantienen el acetileno a una temperatura segura en el compresor. Los serpentines de

enfriamiento y las trampas de condensados están sumergidos en agua fría, absorben el calor de compresión y lo disipan a través del flujo de agua del tanque (certificado por ASME).

La temperatura del agua se ajusta por la cantidad de agua de enfriamiento que fluye (Fig. 3.10)

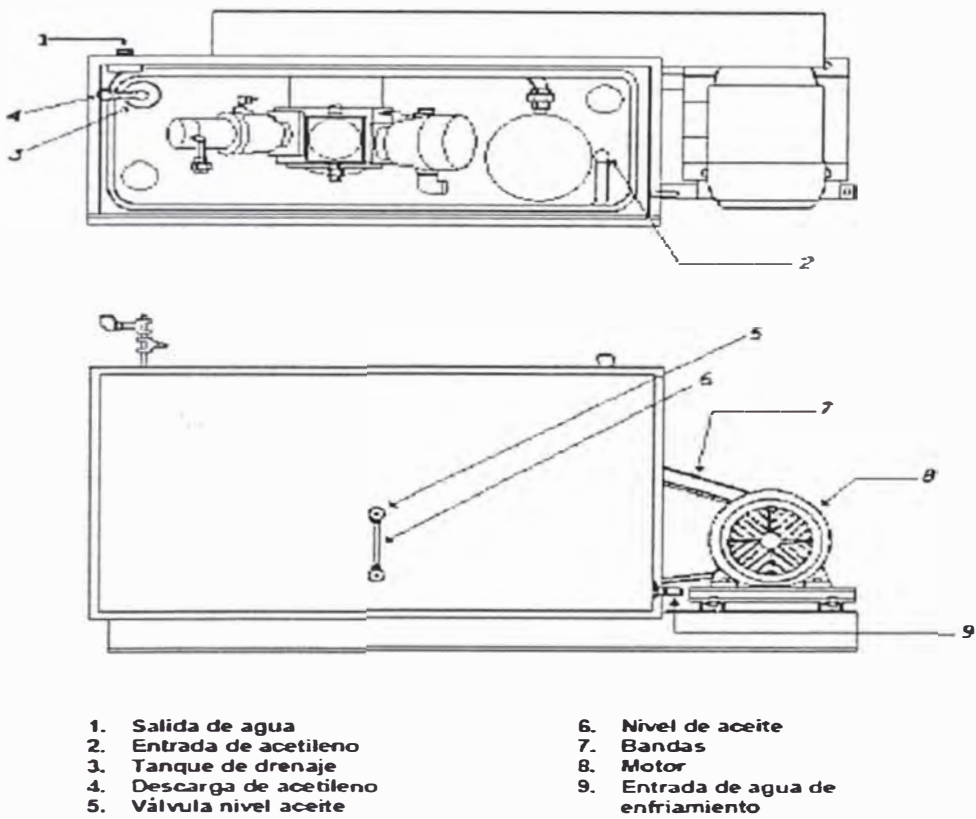


Fig. 3.10 Compresor de acetileno

Un depósito de enfriamiento es colocado para enfriar el acetileno y condensar algo de vapor de agua, antes de que entre el gas al primer paso del compresor. El depósito de enfriamiento está conectado para coleccionar el vapor de agua que se condensa y posteriormente drenarlo.

De manera similar, dos interenfriadores son colocados entre los pasos y un enfriador posterior antes del tercer paso, para enfriar el acetileno y así condensar el vapor de agua adicional.

La lubricación del compresor es por medio de una bomba, la cual tiene transmisión por bandas y está colocada en la parte inferior del tanque de enfriamiento. El manómetro de presión de aceite está montado en la parte superior del tanque de enfriamiento; el rango de presiones será de 1 a 2 bares

(1.0197 – 2.0394 Kg. /cm²).

Por seguridad se establece como requisito que exista, en cada compresor de desplazamiento positivo, una válvula de alivio instalada delante de cada paso del compresor. La válvula de alivio se calibra para liberar la presión excedente a 1.25 veces la descarga normal o a la presión máxima de trabajo que soporte el cilindro.

3.5.1.4 Línea de alta presión.

Luego que el acetileno empieza a ser comprimido, es conducido por medio de tubería hacia la línea de alta presión; este sistema comprende desde el compresor hasta las líneas de llenado, donde el acetileno es comprimido en cilindros hasta una presión máxima de 25.493 Kg. /cm² (362.59 lb. /pulg.²). La tubería a utilizar debe ser hierro negro y debe cumplir con la norma ASTM A- 53-F.

3.5.1.4.1 Secador de alta presión

La secadora de alta presión está compuesta de tres unidades similares, en cuyo interior hay un cartucho por cada unidad. Este contiene cloruro de calcio anhidro, material hidróscopico – cuya función es la de eliminar la humedad condensada en el proceso de compresión – y el aceite de la lubricación del compresor que es arrastrado por el acetileno.

Anterior a estas unidades hay un cilindro que contiene una cadena de acero que sirve como separador primario de aceite. El sistema de tres secadoras de alta presión está regulado por la ASME.

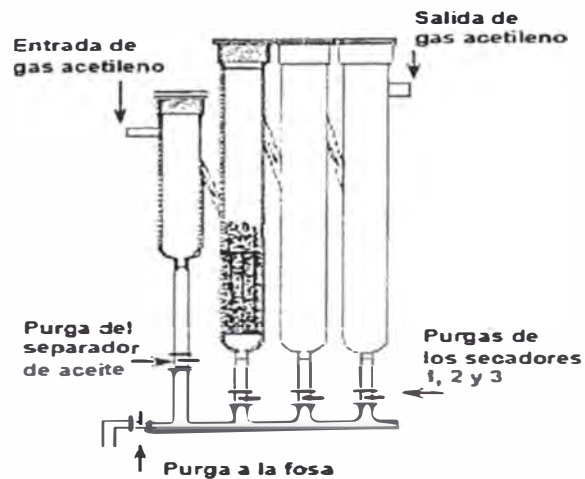


Fig. 3.11 Secador de alta presión

3.5.1.4.2 Estaciones de llenado

El acetileno, luego de pasar por el secador de alta presión, es conducido hacia las líneas de llenado, donde finalmente es envasado en los cilindros a la presión determinada. Antes pasa por una serie de dispositivos que permiten el manejo del gas en forma segura.

3.5.1.4.2.1 Línea de envasado

Los manifolds o estaciones de llenado son prefabricados con normas ASME sección VIII. Las líneas son de veintiséis posiciones y cada manifold posee un detenedor de flama a cada lado de la válvula maestra para abrir y cerrar.

Una válvula cheque es instalada en cada línea.

El gas pasa directamente a las válvulas de la línea de llenado, donde se conecta a las mangueras flexibles (pigtailes) que tienen también dispositivos de seguridad, una válvula cheque para evitar el retroceso del gas en un extremo y en el otro un detenedor de flama pero de menor tamaño, que impide el retroceso de llama causado por el cilindro. Asimismo, estas mangueras tienen una capacidad de 3000 lb. /pulg.2 (210.92 Kg. /cm²) donde finalmente llega el acetileno hacia el cilindro, conectado por accesorios normados por la CGA (Compressed Gases Association).

La línea de llenado cuenta también con una válvula de venteo o de purga y un manómetro de alta presión para el control del sistema

3.5.1.4.2.2 Línea de retorno del gas

Cuando se ha terminado el proceso de compresión en las líneas de llenado queda un excedente de gas en el sistema de alta presión. Este gas no se desperdicia sino que se aprovecha a través de la línea de retorno de gas.

Por medio de una válvula de paso el remanente es conducido hasta el compresor, donde nuevamente es comprimido en envases vacíos previamente inspeccionados.

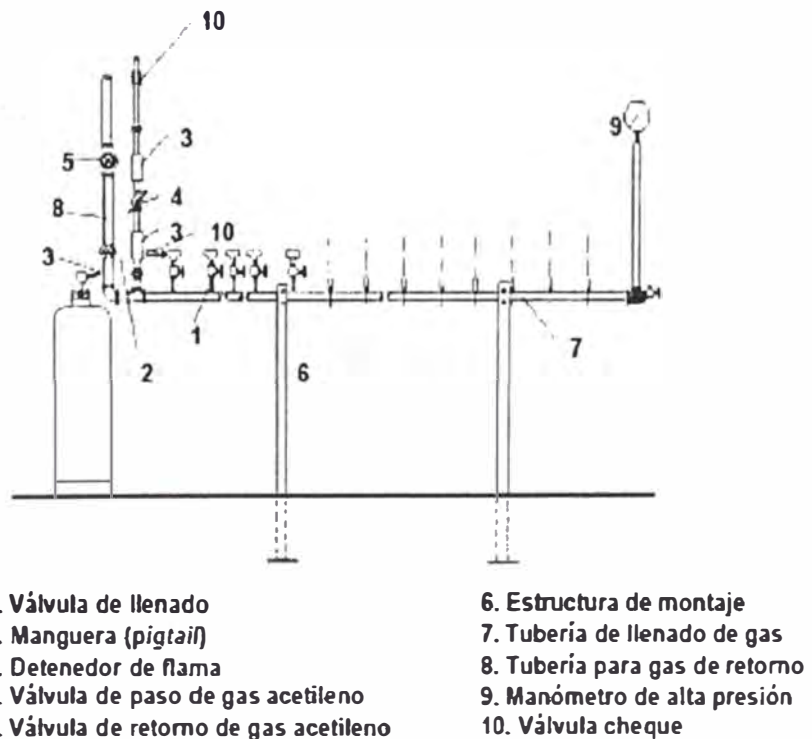


Fig. 3.12 Diagrama de las líneas de llenado.

CAPITULO IV

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN

4.1 Generalidades.

Esta sección trata del nuevo sistema de compresión que se instalara para poder obtener la producción deseada.

4.2 Compresor.

El compresor es de tipo reciprocante de un solo embolo y tiene una sola etapa de compresión, tiene además enfriamiento de agua y lubricación con aceite. Funcionara en forma intermitente y será de accionamiento semi automático. Sera montado en la misma base del compresor antiguo y es seleccionado cumpliendo las normas europeas EIGA.

A continuación se presenta el cuadro de comparación de datos técnicos del compresor existente y el nuevo a instalar.

CUADRO COMPARATIVO DE COMPRESORES

CARACTERISTICA	UNIDAD	COMPRESOR EXISTENTE	COMPRESOR NUEVO
Model	-	KVK	NORWALK
Source	-	Sweden	USA
Power	kW	10	37
Type gas	-	Acetylene	Acetylene
Stroke	mm	100	250
Capacity	m ³ /h	90	230
Pressure	bar	25	25

4.2.1 Criterios de Diseño.

- **Condiciones generales, códigos y estándares.**
 - **Condiciones Generales.**

Son las siguientes.

- a) **Ubicación.**

Las instalaciones de la planta de Acetileno, están ubicadas en la provincia constitucional del callao, departamento de Lima.

b) Condiciones Ambientales.

Elevación sobre el nivel del mar	:	7 msnm
Temperatura máxima	:	30°C
Temperatura mínima	:	13°C
Velocidad del viento	:	22 km/h
Condiciones Atmosféricas	:	Humedo/nublado
Humedad relativa	:	99 %
Precipitación promedio anual	:	21,57 mm
Calificación Sísmica UBC	:	Zona 3 RNE

o **Códigos y Estándares**

Los códigos y Normas a aplicar serán, como requerimiento mínimo, las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

Reglamento Nacional de Construcciones

Ley general de residuos sólidos N°27314

Ordenanzas Municipales

Normas y/o Exigencias del OSINERG

Normas Técnicas de la DGE-MINEM

Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros (D.S. N° 029-97EM).

Para los casos no contemplados en los documentos anteriores se podrá aplicar recomendaciones según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en :

EIGA European Industrial Gases Association

DIN Deutsche Industrie Normen

VDE Verbau Deutsche Electrotechniker

Cuando sea requerido podrán emplearse las normas, recomendaciones y guías equivalentes, los siguientes códigos y estándares alternativos.

AISI American Iron and Steel Institute

ANSI American National Standards Institute

ASTM American Society for Testing and Materials

FMEAF Factory Mutual Engineering Association

NFPA National Fire Protection Association

OSHA Occupational Safety and Health Administration

UL Underwriters laboratories

Podemos afirmar que el criterio de diseño fundamental de un compresor de Acetileno es evitar un siniestro.

Normalmente es muy difícil conocer con exactitud la causa de un incendio en un compresor de debido a que el material alrededor del sitio de la ignición está completamente quemado. Por lo tanto durante el diseño y fabricación de compresores de pistón se tomaran tanto medidas de seguridad activa y pasiva para evitar cualquiera de las siguientes situaciones que conducen a la ignición.

CUADRO DE FACTORES DE RIESGO

ITEM	TIPOS DE FACTORES	DESCRIPCION
1	Mecánica, roce, fricción	Diseño inadecuado, espacios libres, vibraciones, presión, errores de montaje, fallos en los cojinetes, alineación, impropia de interenfriamiento, start-up/shut por la inestabilidad (que incluyen shock, compresión adiabática)
2	Impacto de los desechos.	Pantalla / Error de filtro o malla inadecuada, residuos de soldadura o escoria, (fricción, choque) de mantenimiento escombros, tiro, arena.
3	Contaminación.	Petróleo, un diseño defectuoso de los rodamientos y sellos y/o diseño defectuoso de los respiraderos asociados y los desagues.
4	Resonancia	Los escombros en las zonas muertas.
5	Refrigeración	El sistema de refrigeración es vital para la compresión del Acetileno, para evitar el sobrecalentamiento del compresor y por ende del gas. Esta refrigeración es controlada para poder evitar licuefacción ya que el gas es muy inestable en forma líquida

4.2.2 Sistemas del compresor.

Los sistemas fundamentales del compresor son los siguientes.

- **Sistema de Lubricación.**

El sistema de lubricación de un compresor es un aspecto decisivo para su funcionamiento. Sirve para reducir la fricción , transferir el calor al sistema de enfriamiento, sellar y arrastrar cuerpos extraños.

- **Sistema de Refrigeración.**

Actualmente el sistema de refrigeración del compresor es suministrado por agua de la red pública, la cual no requiere tratamiento por tener una dureza adecuada para el compresor el sistema de enfriamiento aguas abajo del compresor.

El agua de enfriamiento circula por las chaquetas del compresor por lo que no tiene contacto con el producto y por lo tanto exenta de contaminantes.

El agua descargada al sistema de alcantarillado debe seguir la norma los límites máximos permisibles (LMP) que estipula 100 mg/L en aceites y grasas.

Por ser un equipo nuevo, una posible fuga de lubricante hacia el sistema de refrigeración es técnicamente improbable.

La dureza del agua que es 244 mg/L no obliga al tratamiento previo del agua. Si bien es cierto que sería un ahorro de agua haciéndolo recircular, este proyecto no está dentro del alcance del presente trabajo.

4.2.3 Especificaciones técnicas.

Las especificaciones técnicas para la selección y resguardo de la seguridad del compresor están basadas en las siguientes normas internacionales.

-ISO/TS 22595.

-ISO/TS 12747.

-ISO 15649

-DIN 3230-5

-DIN 30690-1

-DIN EN 12583.

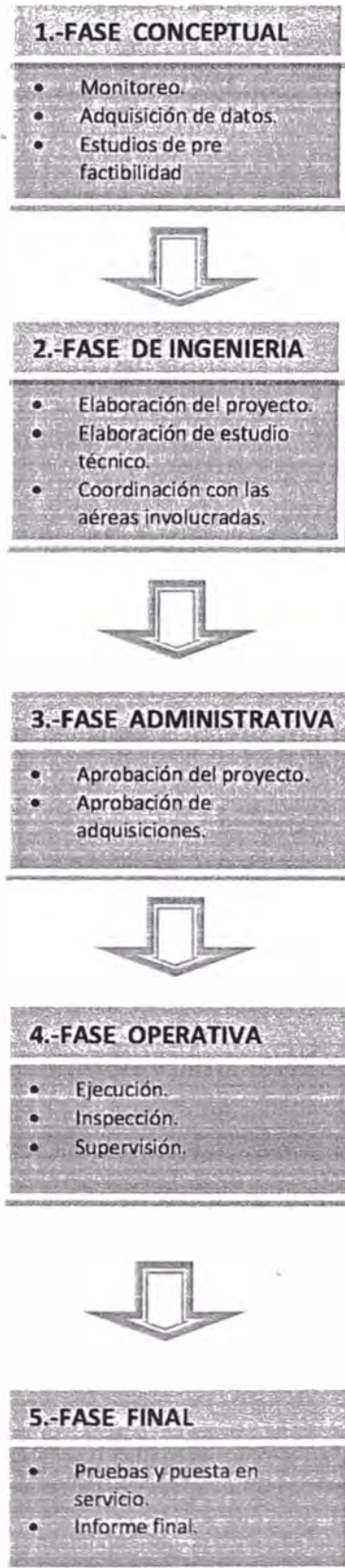
DIN CEN/TS 15174.

4.2.4 Descripción general del trabajo.

El presente trabajo se refiere a la ejecución de las obras civiles, mecánicas y eléctricas para llevar a cabo la instalación del compresor.

El nuevo compresor API 618 será instalado en la planta de gases industriales del cliente.

4.2.5 Flujograma del trabajo.



4.2.6 Procedimientos del trabajo.

Obras civiles.

4.2.6.1 Cimentación del compresor.

Está constituida por una masa de concreto cuyas dimensiones son coincidentes con las dimensiones de los patines del compresor (1750mmx1200mm).

La ubicación de los pernos de anclaje y tornillos nivelantes han sido suministrados por el fabricante del equipo.

Los pesos de los equipos son:

Compresor	:	1255kg
Enfriador	:	250kg
Total	:	1505kg

4.2.6.2 Tanque elevado para almacenamiento de agua.

Se construirá un tanque elevado con una capacidad de 5 m³. Será fabricado con planchas de acero soldadas de 3/8" y soportadas con columnas tipo I de 5", tendrá una elevación mínima de 5m sobre NPT.

Obras Mecánicas.

4.2.6.3 Montaje del compresor.

El compresor será entregado en planta para la colocación en su base.

Se contara con una grúa de 10 Ton de capacidad y un radio de acción de 15m. La maniobra será realizada por personal especializado y certificado para izajes. Los trabajos de alineamiento y conexiones serán hechos en estricto cumplimiento con las especificaciones del fabricante.

4.2.6.4 Instalación de líneas de interconexión.

Se instalarán tuberías de acero al carbono para la instalación del nuevo compresor. Las tuberías serán de acero con especificación API 5L grado B, sin costura, fabricado según ANSI B 31.8. Se emplearán tuberías sch 40 y sch 80 según las presiones de trabajo.

Los accesorios serán soldados a tope o socket según el diámetro o la presión de la línea.

Las válvulas serán bridadas para tamaños mayores o iguales a 2" y roscadas o SW para tamaños menores.

Las tuberías, válvulas y accesorios serán arenadas y pintadas luego de la prueba hidrostática. Se aplicará pintura epoxica o poliamida a las tuberías, accesorios, válvulas y soportes metálicos, salvo que estén enterrados.

Las líneas serán probadas hidrostáticamente a una presión 1.5 veces la presión de diseño.

CAPITULO V

ESTIMACIÓN DE COSTOS.

Este capítulo se ocupa de estimar los costos y presupuestos de la instalación del nuevo sistema de compresión, incluye suministro e instalación de equipos.

5.1 Alcance.

La estimación de costos del nuevo compresor no incluye la cimentación, debido a que será utilizada la cimentación existente. La ingeniería del proyecto corresponde a todo el estudio que se ha hecho para que el sistema funcione sin problemas.

5.2 Costos Iniciales.

Los costos iniciales son:

ITEM	DESCRIPCION	TIPO	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Ingeniería	Servicio	Gbl	1	3000	3000
2	Logística	Servicio	Gbl	1	500	500

3	Grúa	Servicio	Und.	1	2000	2000
4	Desaduanaje	Servicio	Und.	1	500	500
5	Transporte	Servicio	Und.	1	300	300
6	Mano de obra	Servicio	Gbl	1	3000	3000
7	Gastos generales	Servicio	Gbl	1	500	500

5.3 Costos de equipos.

Los costos de equipos y materiales son:

ITEM	DESCRIPCION	TIPO	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL(\$)
1	Compresor.	Reciprocante API 618	Und.	1	7500	7500
2	Cable 3-1x 4 mm2	N2XY	m.	55	3	165
3	Cable 3-1x 10 mm2	N2XY	m.	55	5	275
5	Cable 3-1x 25 mm2	N2XY	m.	55	7	385
6	Tablero de Fuerza	Autosoportad o	Und.	1	4000	4000
7	Tablero de Control.	Adosable	Und.	1	1200	1200

8	Tubería de 2"	Acero Sch. 40	m.	40	3	120
9	Reductor de 2" a 1"	Acero Sch. 40	Und.	3	3	9
9	Tubería de 1"	Acero Sch. 40	m.	32	2.5	80
10	Tubería de 1/2"	Acero Sch. 40	m.	12	2	24
11	Valvula de bola 1/2"	Metalico	Und.	3	5	15
12	Caja de paso 150x100x70	Metalico	Und.	4	2	8
13	Caja de paso 150x150x70	Metalico	Und.	4	2	8
14	Tubo rigido 3/4"	Conduit	m.	15	3	45
15	Condulet 3/4"	Metalico "T"	Und.	3	3	9
16	Condulet 3/4"	Metalico "L"	Und.	3	3	9
17	Bushing 3/4"	Metalico	Und.	5	1	5
18	Abrazaderas 3/4"	Metalico	Und.	25	1	25
19	Anillos de conexión 3/4"	Metalico	Und.	5	1	5
20	Conectores rectos 3/4"	Metalico	Und.	7	1	7
21	Conectores	Metalico	Und.	5	1	5

	Curvos ¾"					
22	Tubo flexible	Plastico	m.	10	1	10

5.4 Costo total.

Costos iniciales.	9800.00
Costos de equipos y materiales.	13909.00
Costo total. (\$)	23709.00

Conclusiones.

- Los compresores de Acetileno tienen un bajo número de RPM y de solo una etapa, donde la lubricación es fundamental para poder evitar un siniestro.
- La temperatura debe siempre ser controlada para que las propiedades físicas no sean alteradas.
- De lo expuesto en el informe se desprende que las capacidades de los equipos de la planta se mantienen y que absorberán el aumento de la producción sin problemas. Estos equipos funcionaran más horas al día y en otros casos el mantenimiento será en periodos más reducidos debido al incremento del tiempo de trabajo.
- El acetileno en estado de licuefacción es demasiado inestable y explosivo por lo que debe controlado en todo el proceso de producción.
- El almacenaje de Acetileno debe ser en balones certificados y fabricados de acuerdo a normas.
- Debido a su alta reactividad se almacena conjuntamente con acetona que es un disolvente líquido que lo estabiliza.
- Por seguridad todos los equipos eléctricos de fuerza, como los motores se ubicaran fuera de la zona de trabajo y se conectara mediante un eje largo, así el movimiento es transmitido solo mecánicamente.
- El sistema de enfriamiento es fundamental en el proceso de compresión del gas y después de este. Si faltara este el compresor se sobrecalentaría y podría llegar a explotar si llega a la temperatura de ignición. También es importante después de comprimir para hacerlo más estable y así hacer el llenado de cilindros.

- Las características del agua de proceso de la zona de trabajo no son un impedimento para el trabajo normal de producción y sus volúmenes de trabajo son relativamente bajos para una producción industrial.
- Los mantenimientos de equipos es constante y programado, las inspecciones deben ser diarias debido a la peligrosidad de siniestro en cualquier punto del proceso.
- Los equipos eléctricos y la instrumentación en la zona de producción deben ser a prueba de explosión.
- Es preferible que el generador tenga instrumentos de tipo analógico para darle una mayor confiabilidad al sistema.

Bibliografía.

- Compresores. Selección, uso y mantenimiento, Greene Richard. Mc Graw-Hill 1999.*
- Redes industriales de tuberías. Bombas para agua, ventiladores y compresores. Luszczewski Kudra, Reverte 2004.*
- Los compresores, Chambadal P. Labor 1973.*
- V. M. Cherkasski. Bombas – Ventiladores – Compresores. Editorial Mir, Moscú. Traducido al español en 1986.*
- V. Chlumsky. Reciprocating and Rotary Compressor - E&FN Spon LTD - 11 New Fetter Lane, Londres E. C.*
- Bloch, Heinz P., Guía práctica para la tecnología de los compresores. 1era edición, McGraw-Hill, Mexico D.F., 1998.*
- Encinas, Manuel Polo. Turbomaquinas Hidraulicas: principios fundamentales. 2da edición. Editorial Limusa. Mexico D.F., 1980.*
- Reciprocating Compressor M Series Operation Manual 4M/6M/8M. Mycom Mayekawa, Japan 2009.*

APENDICE

OVERVIEW PRODUCTS

Overview Product range / Field of Applications

LMF's high pressure compressor systems for the compression of air, natural gas, technical and industrial gases (process gases) are designed according to international standards, using standard design principles.

As a single source LMF offers design, engineering, production testing under full load, erection, start-up and related services with over 50 years of experience in the high pressure compressor business.

LMF's special modular system makes it possible to find the optimal solution in each specific case - both from a technical and an economical point of view

The careful selection of materials and components ensures troublefree operation, even under the most arduous operating conditions.

Aircooled Compressors			Aircooled High Speed Boxer		Compound Systems	Watercooled Compressors		Process Gas Compressors API 618		
V 1b	V 7 d	SBP	BT 4	BS 102	BT	VGD	VC	T 91-93	B 92-94	V 92-94
V 17				BS 204	BS	VHGd	VCS	T 121-123	B 122-124	V 122-124
VP 2				BS 302	VC / VCS		VCL	T 151-153	B 152-154	
				BS 504	Nitrogen			T 181-183	B 182-184	
									B 252-256	

Oil / Gas Applications										
										Seismic research
										Pipeline testing
										Well-services
										Gasgathering: lift and transport
										Flaregas / Gasrejection
										Petrochemical plants
										Refineries
										Chemical plants
										Wind gas handling H ₂ , CO, CO ₂
										Fuel injection
										Platform action condensation
CNG										
										Bus stations
										Private cars
PET										
										Bottle blowing
Industrial Applications										
										Power plants
										Marine / Defence
										Heavy duty applications (mining)
										Dry industrial air
										Wind tunnels
										Wet oxidation

Specialized Compressors

watercooled API-618 compressors for compressing technical and industrial gases (process gases).

LMF's special modular system

ensures troublefree operation

under the most

GENERAL DESCRIPTION

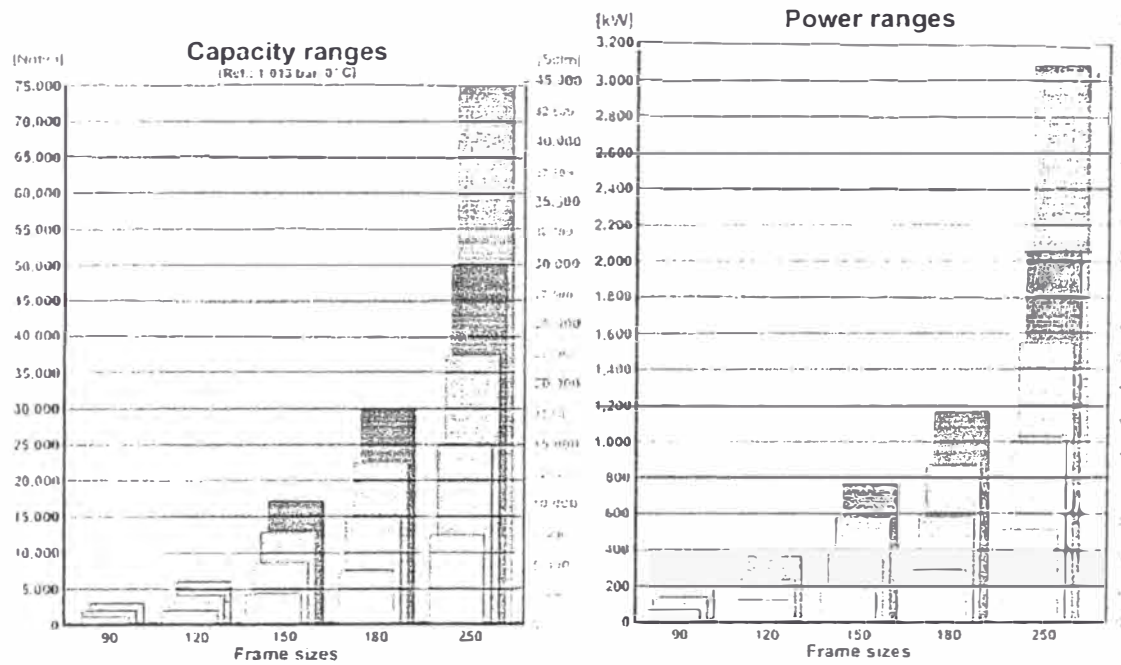
Compressor Types & Sizes

LMF process gas compressors meet the API 618 requirements and are used for gases and gas compositions in chemical and petrochemical processes as well as for boil-off gases, and in low-temperature applications. We specialize in package units - ready for operation.

Up to six compression stages, inlet capacities from less than 100 to 75,000 m³/h (44,000 cfm) and final pressure rates up to 250 bar (3,625 psi) with oil-free compression. 450 bar (6,525 psi) with oil lubricated cylinders, can be realized.

Within each size class, both the vertical in-line type ("T"), the balanced-opposed type ("B") and - for sizes 90 to 150 - the 90° V-type ("V") are available.

In addition vertical in-line types are available with zero inertial forces achieved by counteracting balancing masses, for "foundation-free" installation, e.g. on offshore platforms (type T_B).



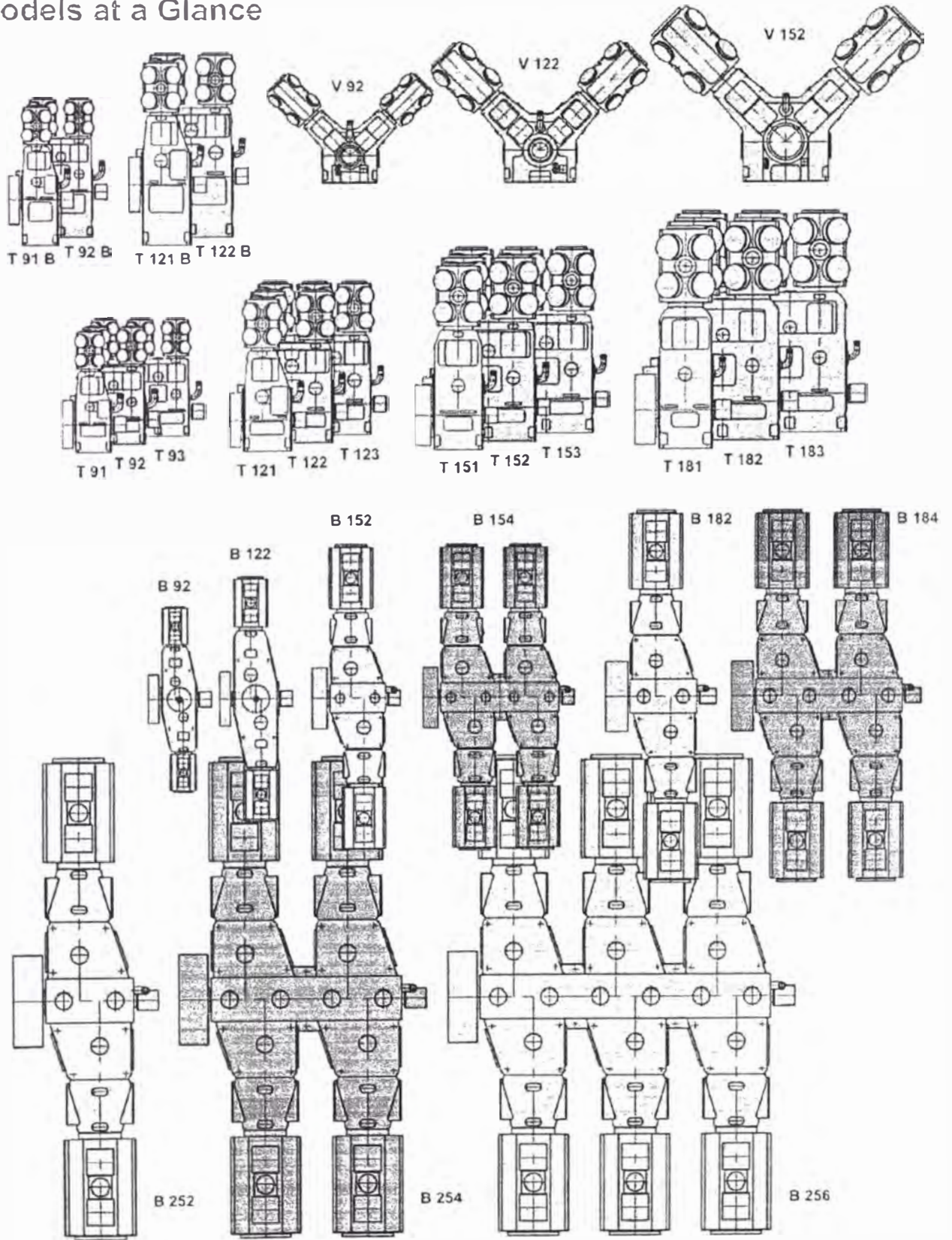
The model designations of our compressors have the following pattern (example):

Compressor Model Identification Code

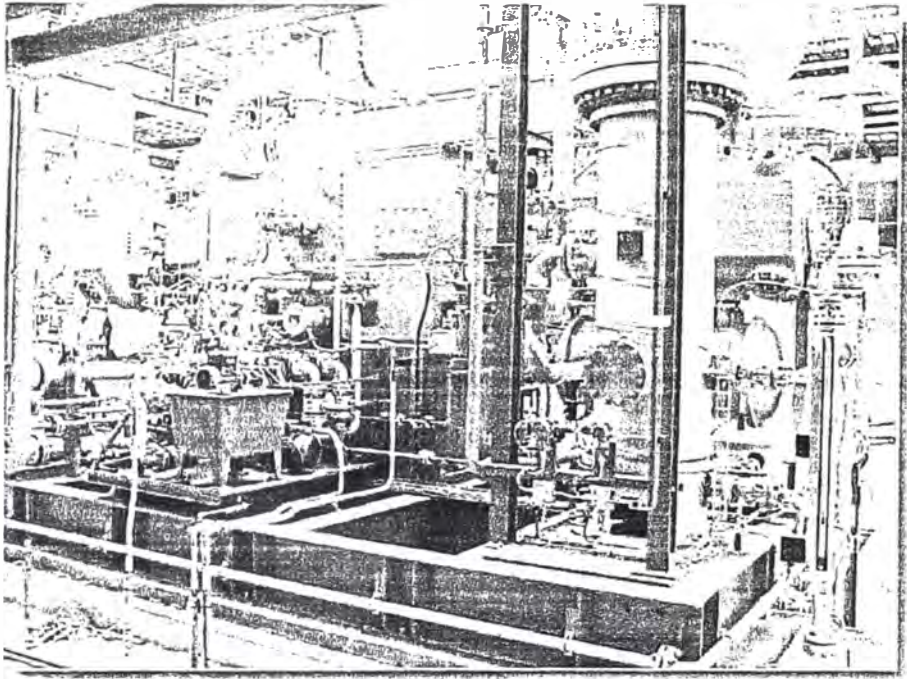
B 154-216 G 32 (H2+)

- Gas compressed H2+ = hydrogen mixture
- Discharge pressure [MPa] 32 = 320 bar
- N=non-, S=minimal-, G=full lubrication
- Cylinder dia. 1st stage [cm] 16 = 160 mm
- Number of compression stages
- Number of connecting rods
- Stroke [cm] 15 = 150 mm
- Frame type (T/B/V) B = horizontal

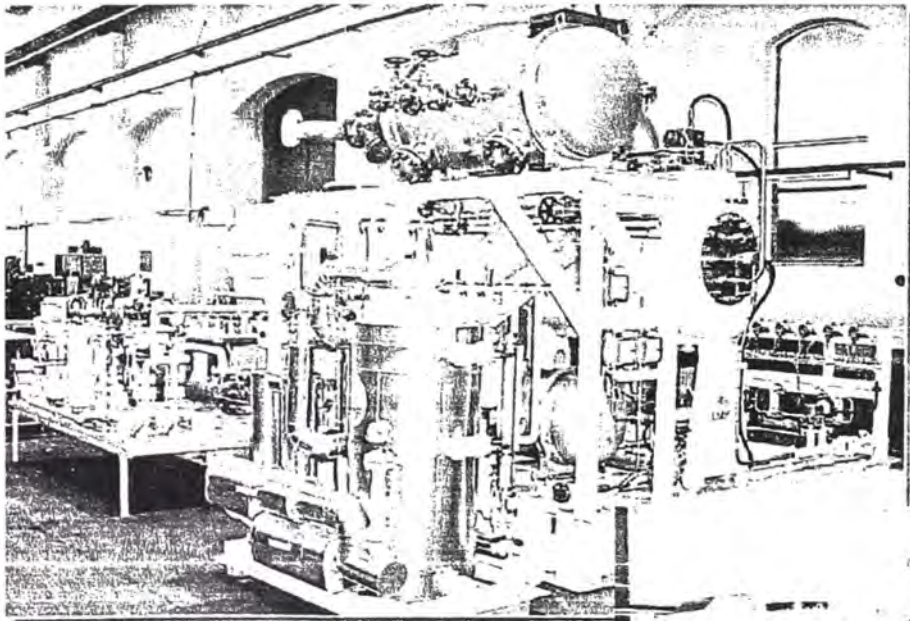
All Models at a Glance



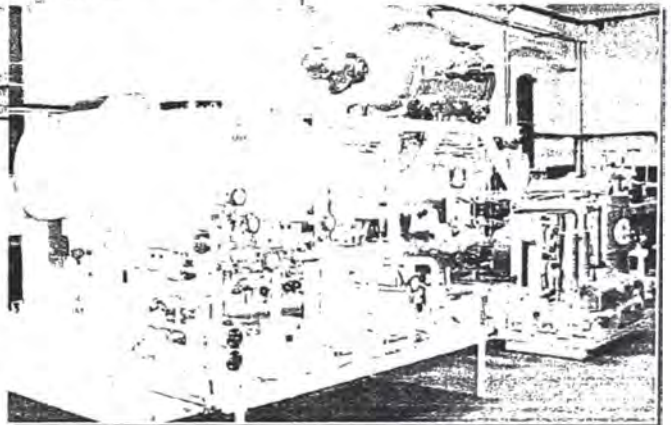
1. Die Modellierung erfolgt
 2. Die Modellierung erfolgt
 3. Die Modellierung erfolgt
 4. Die Modellierung erfolgt



Watercooled compressor package **B 252 - 268 S 2.8**
 two stages, min-lubricated, direct driven, for compressing ethylene gas mixture,
 capacity 5.550 Nm³/h (3.450 scfm), working pressure 28 bar (406 psi)



Watercooled compressor package **B251-136 N 2.6**
 equipped with step-less capacity regulation,
 one stage, non-lubricated, direct driven
 for compressing propylene gas mixture,
 capacity 3.042 Nm³/h (1.890 scfm),
 working pressure 26 bar (377 psi)



ETHYLENE / PROPYLENE

APPLICATIONS

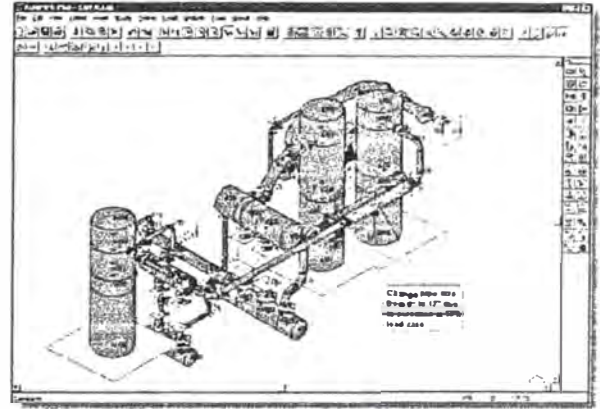
QUALIFIED ENGINEERING

Up-to-Date Engineering Capabilities

To achieve optimum selection, calculation, design, manufacturing, quality assurance, customer's acceptance and documentation for our products, the most up-to-date engineering resources are available.

These comprises, for example:

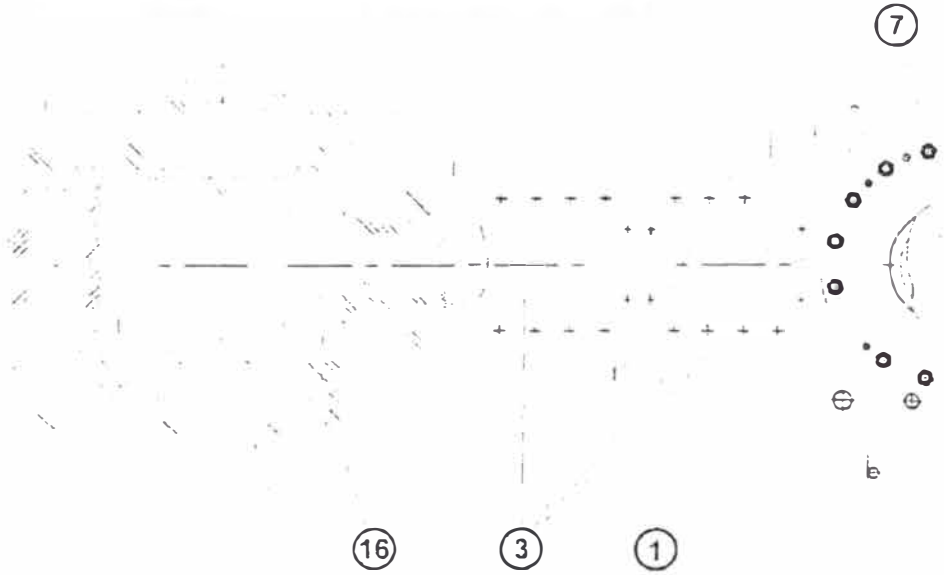
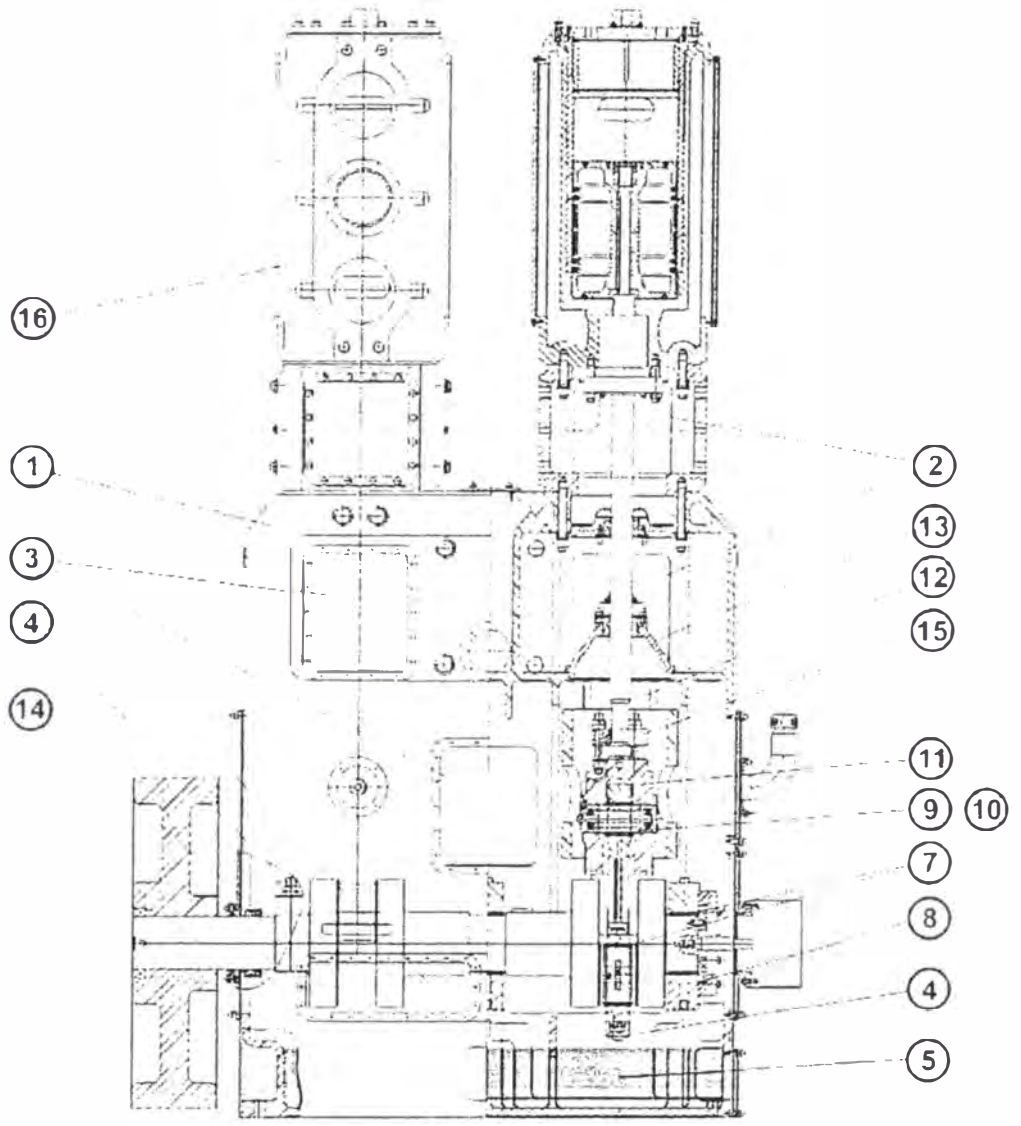
- ▶ A modern databank-based CAE system
- ▶ All the methods for quality assurance, fulfilling ISO 9001, from tender to shipping and maintenance, including engineering and contract handling control
- ▶ Computer programs based on proven and/or codified calculation methods:
 - Proprietary program for the selection and recalculation of reciprocating compressors, based on experience over decades and continuously perfected *)
 - Several programs for calculating non-ideal gas properties, among others Chemshare and GPA database program
 - Torsional vibration analysis with simulation of linear and non-linear forced vibration systems *)
 - Design programs for couplings and belt drives *)
 - Programs for the calculation of dynamic foundation loads due to unbalanced inertial forces and moments and for anti-vibration foundations *)
 - Stress and strain calculations with the Finite Element Method, for especially stressed parts such as connecting rods, crossheads and pistons (ANSYS)
 - Various auxiliary programs, for example stress calculations to ANSI B31.3, ASME, AD Codes, VDI 2230 etc. for all major parts, for interference fit calculations with elastic and plastic deformation, for the design of journal bearings, and many more. *)



- ▶ The lay-out of pressure vessel and piping systems is checked depending on the specification, size and complexity by a pulsation simulation software, licensor REBIS. This applies to gas pulsations, mechanical vibrations and thermal and weight-induced stresses.
- ▶ For simple systems with minor variation of the operating conditions, at least a proprietary check for pressure peaks (damper check) and for acoustical resonances (critical lengths, Heimholtz resonances) is carried out. *)

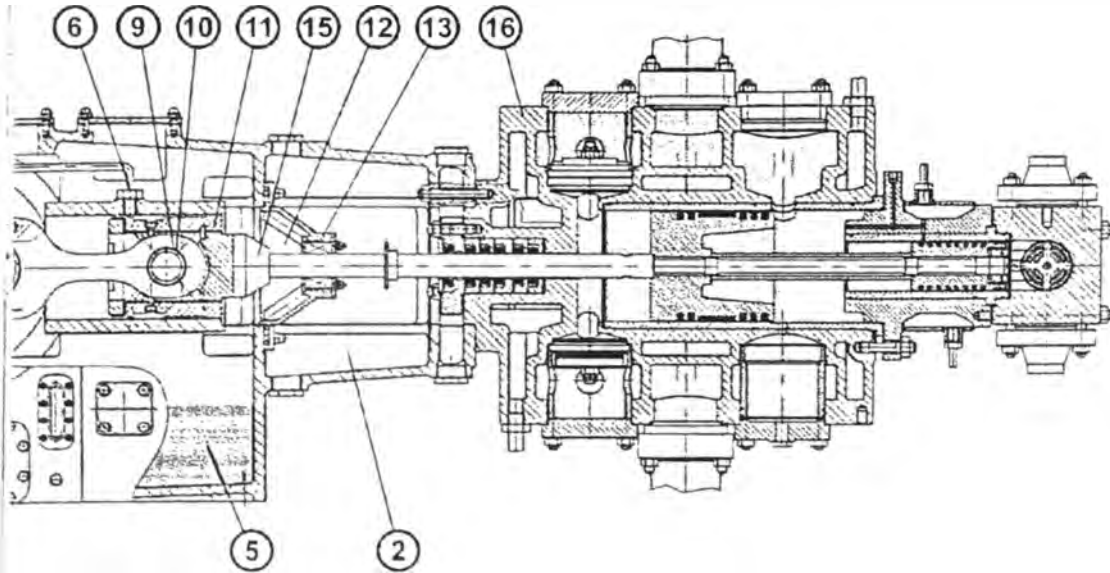
*) proprietary LMF developments

PROVEN FEATURES



- ① Extremely sturdy frames with integrally cast crosshead guides give optimum stiffness for transferring gas and mass forces.
- ② Distance pieces are available as appropriate, either single long (full stroke), two-compartment long/short (API 618 type D/ ISO type 6.5.1.4), or long/long (API 618 type C/ ISO type 6.5.1.3).
- ③ Large inspection openings allow easy access to all major frame elements.
- ④ Main bearing and connecting rod bolts of frame sizes 180 and 250 are hydraulically prestressed, giving secure and easily operable connections.
- ⑤ Generous capacity of the crankcase oil reservoir leads to low oil circulation frequency, optimum defoaming and bubble-free bearing oil supply.
- ⑥ Forced oil feed from the crosshead, small-end, and large-end connecting rod bearings avoids weakening the crankshaft with oil passages.
- ⑦ Identical, interchangeable main and crankpin bearing sleeves reduce and simplify spare parts requirements.
- ⑧ Axial crankshaft loads are carried by a separate bearing, and the connecting rods are axially guided in the crossheads. Only cylindrical, hydro-dynamically optimized main and crankpin bearing surfaces without shoulders and circumferential grooves are used.
- ⑨ Generously sized, low stressed crosshead pin bearings, positively flooded by pressurized oil for lubrication and cooling are combined with special oil groove design for minimum wear under severest conditions, even without rod load reversal.
- ⑩ Crosshead pins are securely fixed in place by a special integral expansion device. They are easily to extract or reinsert with standard tools.
- ⑪ The cast steel crossheads with exchangeable shoes have white metal faces and are adjustable by shims, in accordance with API 618.
- ⑫ Large free passages between crossheads and oil wiper packings minimize pulsations and prevent force oil carry-over into the oil wiper packings.
- ⑬ Bell-shaped oil wiper hoods with large integral channels are used for unobstructed return of the scraped-off oil into the oil sump.
- ⑭ Crankshaft and crankcase are sealed to atmosphere by an oil slinger ring, forming a labyrinth system with the housing, and a PTFE profile ring. The shaft seals are oil- and dust-tight without any significant wear.
- ⑮ Crosshead and piston rod are connected by the unique LMF crosshead coupling without thread on the piston rod.
- ⑯ Fully balanced types without mass forces (T91B, T92B, T121B and T122B) are available.

For cylinder features see page 9

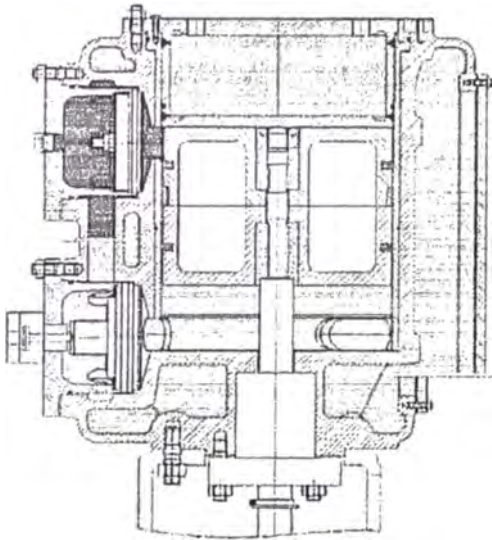


Cylinder Systems

As with compressor frames, LMF has extensive and long-time experience with the selection of the best-suited cylinder system for each application.

Depending on numerous parameters the optimum combination of a large variety of designs and materials is selected.

The following incomplete list may give a first impression of the choices available:



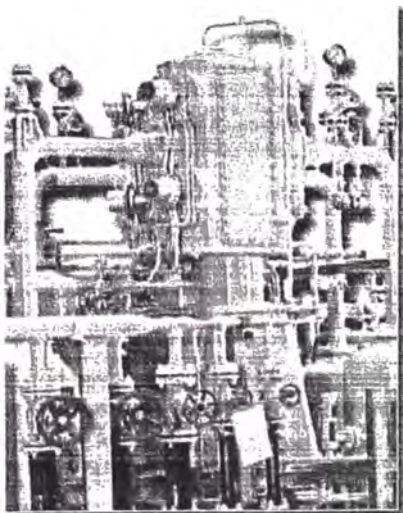
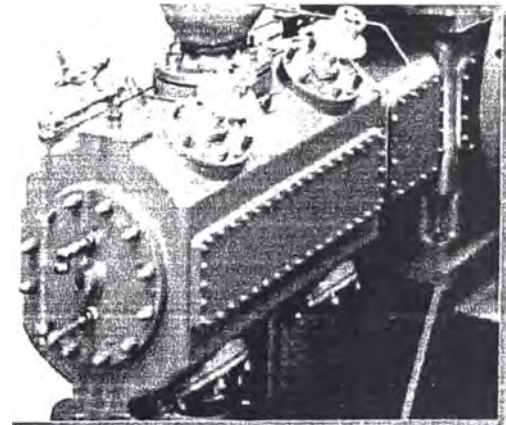
- ▶ For each application the best-suited cylinder material, from spheroidal cast iron to niresist
- ▶ Compression compartments, valve chambers and piston rod packing areas designed for optimum liquid coolant circulation
- ▶ Large valve chamber volumes minimize pulsations
- ▶ Field-replaceable cylinder liners needing no special tools, different materials and coatings are available
- ▶ Cylinder valves with friction-free guided valve plates or aerodynamically profiled valve rings
- ▶ Pistons in welded design, cast iron or steel, solid forged steel
- ▶ Piston rods from high-chromium steel, flame-hardened and super-finished, or with metal-oxide ceramic surface
- ▶ Suction valve unloading systems (closed/open or stepless) for capacity control and start-up/shut-down of the compressor

- ▶ Piston and rod sealing elements selected to match optimally the operating parameters:

Materials from PTFE with various fillers, via PEEK compounds and polyamid to cast iron, alloyed steel and bronze, for dry-running to fully lubricated operation

Contact rings with or without expander springs, with open or gastight joints

Flexible labyrinth sealing system with "trapped" piston rings, with T-shaped or trapezoidal sections and expander springs with special geometry for optimized running-in and labyrinth action

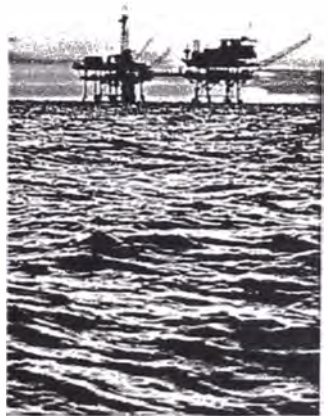
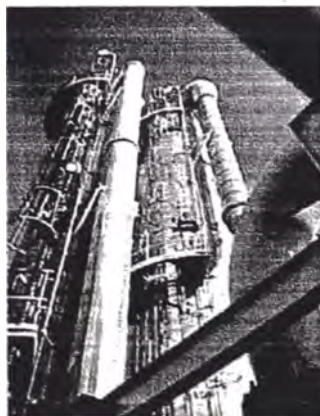
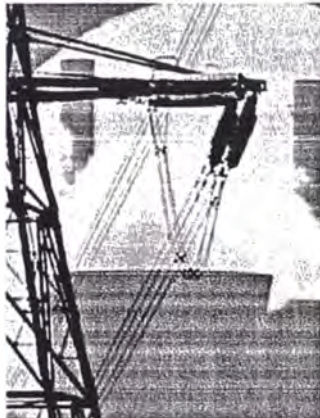


- ▶ Low loaded, exactly dimensioned guide elements, either as tight-fit or pressure-relieved guide rings
- ▶ Rod packings either indirectly cooled, or with internal coolant passages for direct liquid cooling
- ▶ Packing elements as throttle rings, seal rings or labyrinth elements, without or with support rings in single piece or segmental design
- ▶ Packings could be designed for lubricated and non-lubricated services, additional vent and buffergas types are available

Compressor range

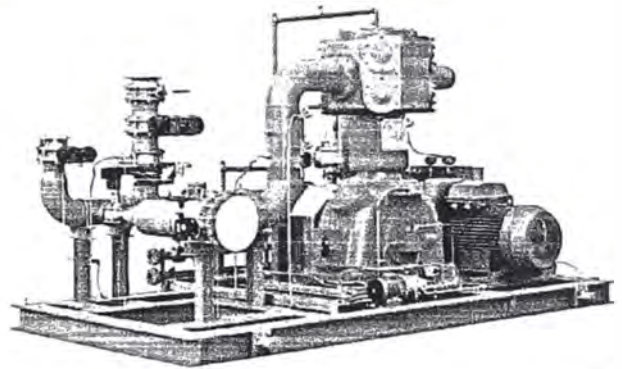
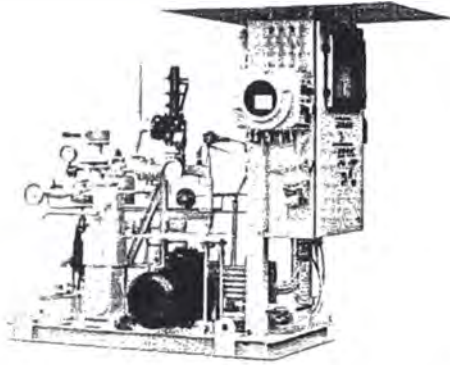
Frame	Max. power kW	Max. road load N	Stroke mm	Crossheads	Stages	Min./Max. rpm	Max. cylinder bore mm	Capacity m ³ /h	Max. pressure bar (a)
I	10	6.000	50	1	1 - 2	400 / 1.200	130	1.000	100
T	75	15.000	100	1 / 2 / 3	1 - 5	350 / 1.200	220	1.600	350
W	200	45.000	100	1 / 2 / 3	1 - 5	350 / 1.200	410	6.000	350
M	450	85.000	150	1 / 2 / 3	1 - 5	300 / 800	630	14.000	350
HPX2	600	115.000	165 - 200	2	1 - 4	300 / 750	800	12.500	350
HD2	1.200	240.000	165 - 275	2	1 - 4	300 / 750	900	30.000	350
HPX4	1.000	115.000	165 - 200	4	1 - 6	300 / 750	800	25.000	350
HD4	2.400	240.000	165 - 275	4	1 - 6	300 / 750	900	60.000	350

Speciality	Gas
Comburent	Nitrous Oxide - Oxygen
Corrosive	Carbon Dioxide
Explosive	Acetylene - Butane - Ethane - Ethylene - Hydrogen - Methane - Propylene - Hydrocarbons
Inert	Air - Argon - Freon - Helium - Nitrogen
Toxic	Ammonia - Carbon Monoxide

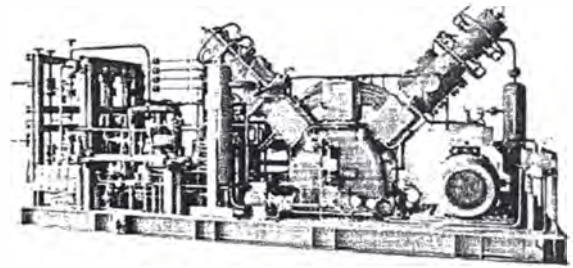
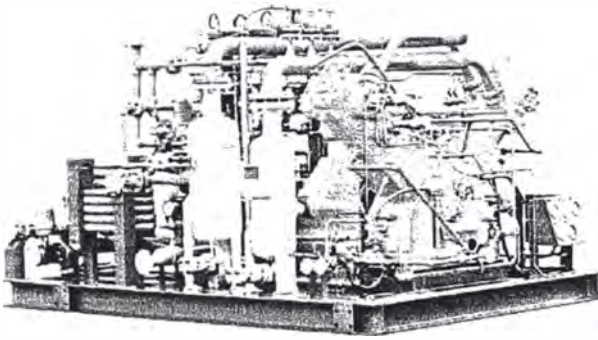


API618 reciprocating compressors

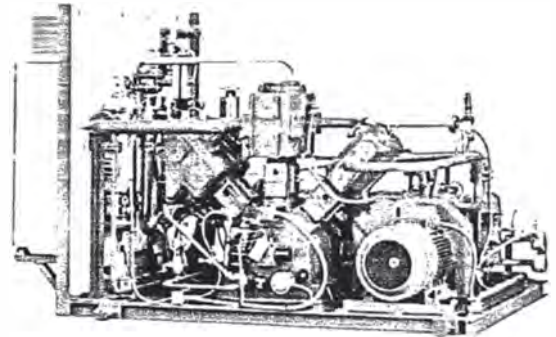
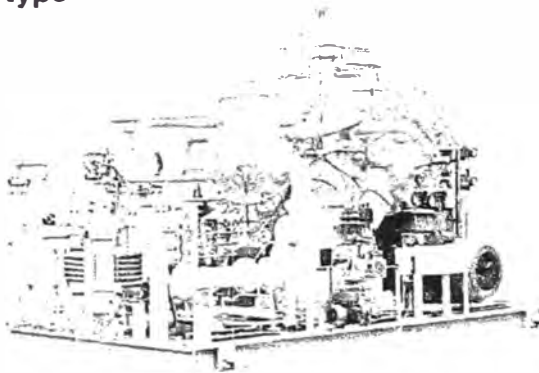
Vertical



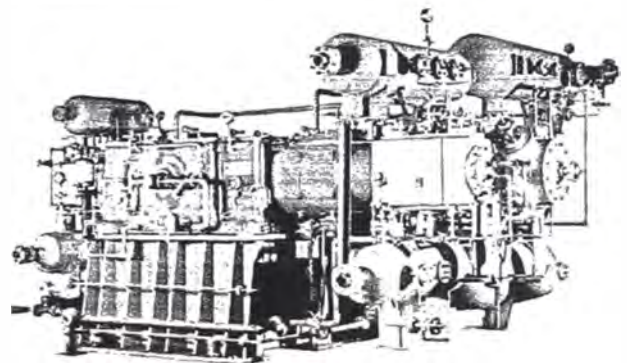
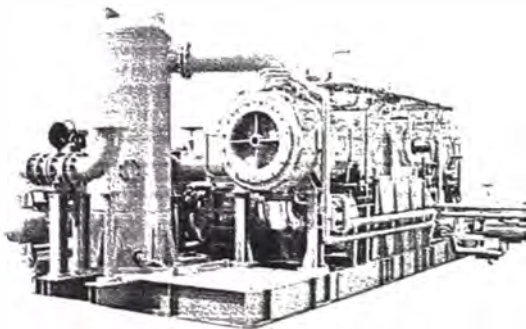
V-type



W-type



Horizontal



Bare compressors

