

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“INSTALACION DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE
CO₂ DE 40 TONELADAS PARA CARBONATACION”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO MECANICO

RAFAEL SERAPIO GAMBOA BARRERA

PROMOCION 1999-II

LIMA-PERU

2006

*Agradezco a mi **madre Graciela**, a mi **esposa Mirka**
y a mi **hija Sheyla** por el tiempo prestado para
culminar el presente trabajo.*

*A todos mis colegas que me apoyaron y siguen
apoyando en mi carrera personal y profesional en la
refrigeración.*

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|----------------------------------------------|---------------|
| PROLOGO | 1 |
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCION | 4 |
| 1.1 Antecedentes | 4 |
| 1.2 Objetivo | 5 |
| CAPITULO II | |
| FUNDAMENTACION TEORICA | 6 |
| 2.1 Gas licuado | 6 |
| 2.2 Gases licuados a baja temperatura | 7 |
| 2.2.1 Clases de gases | 7 |
| 2.2.2 Diferencias entre las clases de gases | 8 |
| 2.2.3 Influencia de la temperatura | 12 |
| 2.2.4 Temperatura crítica | 13 |
| 2.2.5 Curva de tensión de vapor | 14 |
| 2.3 Origen del gas carbónico | 15 |
| 2.3.1 Origen natural | 17 |
| 2.4 Producción de CO₂ | 19 |
| 2.4.1 Etapas del proceso | 23 |
| 2.5 Descripción del CO₂ | 25 |
| 2.5.1 Propiedades químicas | 30 |
| 2.5.2 Propiedades físicas | 31 |
| 2.5.3 Otras propiedades del CO ₂ | 32 |

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------------|-----------|
| 2.6 | Comercialización del CO₂ | 40 |
| CAPITULO III | | |
| USOS Y APLICACIONES | | |
| 3.1 | Estados del CO₂ | 43 |
| 3.2 | Usos y aplicaciones en fase sólida | 45 |
| 3.2.1 | En refrigeración | 50 |
| 3.2.2 | En criocirugía | 51 |
| 3.3. | Usos y aplicaciones en fase líquida | 51 |
| 3.3.1 | Aplicación como extintor | 51 |
| 3.3.1.1 | Métodos de aplicación | 52 |
| 3.3.1.1.1 | Inundación total | 52 |
| 3.3.1.2.2 | Descarga prolongada | 54 |
| 3.3.2 | Aplicación en la refrigeración comercial | 56 |
| 3.3.2.1 | Ventajas | 58 |
| 3.3.2.2 | Desventajas | 59 |
| 3.4 | Usos y aplicaciones en fase gaseosa | 59 |
| 3.4.1 | En bebidas carbonatadas | 59 |
| 3.4.2 | Tratamientos de aguas con CO ₂ | 60 |
| 3.4.3 | Proceso de moldeo en fundición | 61 |
| 3.4.4 | Gas de protección en soldadura | 62 |
| 3.4.4.1 | Transferencia en corto circuito | 62 |
| 3.4.4.2 | Transferencia globular | 63 |
| 3.4.5 | Desencalado en cuero | 63 |
| 3.4.6 | Expansión de espuma de poliuretano | 64 |

| | | |
|------------|------------------------------------------|-----------|
| 3.5 | Carbonatación | 64 |
| 3.5.1 | Presión | 68 |
| 3.5.2 | Temperatura y balance de CO ₂ | 69 |
| 3.5.3 | Alta presión | 71 |
| 3.5.4 | Presiones y temperatura de operación | 71 |
| 3.5.5 | Carbonatación y volúmenes de gas | 75 |
| 3.5.6 | Operación del carbonatador | 78 |

CAPITULO IV

CONSIDERACIONES TECNICAS **84**

| | | |
|------------|---------------------------------------------|-----------|
| 4.1 | Normas de calidad del CO₂ | 84 |
| 4.1.2 | Control de calidad | 87 |
| 4.1.3 | Requisitos | 87 |
| 4.1.4 | Parámetros según norma ISBT | 88 |
| 4.2 | Prescripciones técnicas | 88 |
| 4.2.1 | Definiciones | 88 |
| 4.2.2 | Tipos de almacenamiento | 90 |
| 4.2.3 | Inscripción | 90 |
| 4.2.4 | Emplazamiento y distancias | 92 |
| 4.2.5 | Cimentaciones | 94 |
| 4.2.5.1 | Condiciones del terreno | 94 |
| 4.2.5.2 | Formas de cimentación | 94 |
| 4.2.6 | Diseño | 94 |
| 4.2.7 | Capacidad | 95 |
| 4.2.8 | Inspecciones y pruebas | 95 |

| | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------|------------|
| 4.2.8.1 | Datos de diseño | 96 |
| 4.2.8.2 | Códigos de diseño | 96 |
| 4.2.8.3 | Materiales | 96 |
| 4.2.8.4 | Elementos de seguridad | 97 |
| 4.3 | Especificaciones técnicas | 98 |
| 4.3.1 | Tanques para CO ₂ líquido | 98 |
| 4.3.2 | Gas carbónico a granel | 101 |
| 4.4. | Condiciones contractuales | 101 |
| 4.4.1 | Cláusulas generales | 101 |
| CAPITULO V | | |
| INSTALACION Y OPERACION | | |
| | | 110 |
| 5.1 | Instalación | 110 |
| 5.1.1 | Definición del tamaño | 110 |
| 5.1.2 | Capacidad diseñada | 110 |
| 5.1.3 | Márgenes de capacidad utilizada | 111 |
| 5.1.4 | Carboenfriador | 111 |
| 5.1.5 | Datos técnicos del tanque para CO ₂ | 115 |
| 5.2 | Sistema de gasificación | 116 |
| 5.2.1 | Gasificador eléctrico | 117 |
| 5.2.2 | Gasificador ambiental | 118 |
| 5.3 | Sistema de licuación | 120 |
| 5.3.1 | Determinación del serpentín evaporador | 126 |
| 5.3.2 | Selección del equipo de frío | 134 |
| 5.3.3 | Selección de la válvula de expansión (VET) | 139 |

| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----|
| 5.3.3.1 | Determinación de caída de presión en VET | 140 |
| 5.3.3.2 | Temperatura del refrigerante en la VET | 141 |
| 5.3.3.3 | Selección de la VET en tablas de capacidad | 141 |
| CAPITULO VI | | |
| MONITOREO Y CONTROL | | 152 |
| 6.1 | Sistema de suministro | 152 |
| 6.1.2 | Manipulación del MDM | 155 |
| 6.1.3 | Definiciones | 155 |
| 6.2 | Sistema de control | 165 |
| 6.2.1 | Válvulas de seguridad | 166 |
| 6.2.1.1 | Precauciones | 170 |
| 6.2.1.2 | Advertencias | 171 |
| 6.2.1.3 | Operación | 172 |
| 6.2.2 | Presostatos de seguridad y operación | 175 |
| 6.2.2.1 | Seguridad por alta presión | 177 |
| 6.2.2.2 | Operación del sistema de licuación | 177 |
| 6.2.2.3 | Operación del sistema de gasificación | 178 |
| 6.2.2.4 | Seguridad por baja presión | 180 |
| 6.2.2.5 | Seguridad del refrigerante | 181 |
| CAPITULO VII | | |
| MANTENIMIENTO Y CONTINGENCIAS | | 182 |
| 7.1 | Programa de mantenimiento | 182 |
| 7.1.1 | Mantenimiento de rutina | 182 |
| 7.1.2 | Mantenimiento preventivo | 187 |

| | | |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|
| 7.1.2.1 | Mantenimiento preventivo de licuación | 188 |
| 7.1.2.2 | Mantenimiento preventivo de gasificación | 189 |
| 7.1.2.3 | Mantenimiento preventivo de control | 190 |
| 7.1.2.4 | Mantenimiento preventivo de suministro | 191 |
| 7.1.3 | Mantenimiento correctivo | 193 |
| 7.1.3.1 | Correctivo de emergencia | 193 |
| 7.1.3.2 | Correctivo programado | 194 |
| 7.1.4 | Descripción del mantenimiento de licuación | 195 |
| 7.2 | Plan de contingencias | 201 |
| 7.2.1 | Hoja de datos de seguridad material (MSDS) | 202 |
| 7.2.2 | Fuga de producto | 209 |
| CAPITULO VIII | | |
| CRONOGRAMA Y COSTOS | | 211 |
| 8.1 | Cronograma | 211 |
| 8.2 | Costos | 211 |
| CONCLUSIONES | | 217 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 218 |
| ANEXOS | | 219 |
| Anexo 1: Normas ISBT (traducción) | | |
| Anexo 2: Ficha técnica del CO ₂ a granel | | |
| Anexo 3: Formatos del expediente del tanque | | |
| Anexo 4:Hoja de datos de seguridad del producto | | |
| Anexo 5: Reclamo mayor | | |
| Anexo 6: Contingencias en la distribución | | |

PROLOGO

El contenido de esta obra es el resultado de años de experiencia en refrigeración y su familiaridad existente con el manejo de gases refrigerantes y en especial con el CO₂.

La experiencia diaria y las lecciones aprendidas en el campo son los soportes de todo lo descrito; para todas las personas que posean la pericia y la capacitación técnica apropiada para ser aplicados por su propia cuenta y riesgo. La información técnica y jurídica presentada es la actual.

Si bien se considera que la información que figura aquí es exacta, necesariamente se presenta de forma resumida y general, la decisión de aplicar algunas de las alternativas planteadas en el presente documento es de carácter complejo y exige la atenta consideración de una amplia gama de parámetros específicos para cada situación. La responsabilidad de tal decisión y de todas sus repercusiones consecuentes incumbe exclusivamente a la persona o ente que decida aplicar la alternativa de que se trate.

La mención de alguna empresa, asociación o producto en el presente trabajo es únicamente a título informativo y no constituye ninguna recomendación a favor de tal, ni de modo expreso o implícito por parte del autor.

En el capítulo 1, se indican generalidades de los gases licuados, orígenes del CO₂, producción, sus propiedades y sus modos de comercialización.

En el capítulo 2, se proporciona información acerca de los usos del CO₂, en sus tres estados por excelencia y en especial en “la carbonatación”.

En el capítulo 3, se especifican los análisis y controles normados, al cual esta sujeto este tipo de suministro por tratarse de consumo humano, así como los procedimientos más importantes, sus prescripciones, especificaciones y condiciones por parte del cliente antes de la instalación del sistema.

En el capítulo 4, comenzamos a estructurar el sistema, mencionando todos los por menores y exigencias, sobre todo en sus dos sistemas críticos de operación, la gasificación de CO₂ para garantizar suministro y la licuación para prevenir pérdida de producto.

En el capítulo 5, contemplamos ciertos criterios probados para la puesta en servicio de suministro del sistema y los controles necesarios a regir durante la producción del cliente.

En el capítulo 6, se describe los niveles de seguridad, operación y gestión necesarias para poder llevar un control del sistema.

En el capítulo 7, se describe todas las formas de mantenimiento y gestión necesarias para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema y posibles contingencias a las cuales podría estar sujeto de presentarse.

En el capítulo 8, su cronograma y un estimado de costos del sistema.

Finalmente las conclusiones y los anexos del material de referencia, que ha servido para la elaboración de este trabajo conjuntamente con la bibliografía.

La mención de alguna empresa en el presente trabajo es únicamente a título informativo y no constituye ninguna recomendación a favor de tal, ni de modo expreso o implícito por parte del autor.

Seguro de lograr los objetivos propuestos, en este primer trabajo en el uso del CO₂ (gas carbónico), invito a mis colegas a seguir profundizando sus múltiples aplicaciones que serán cada vez mayores por ser este gas natural y ecológico.

Con muchas satisfacciones para mi Facultad de Ingeniería Mecánica.

Rafael Gamboa

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Es curioso saber que el CO₂ esta tan presente en el aire como en nosotros mismos, más aún ahora que la mayoría de gases que se busca utilizar por políticas medio ambientales han de ser naturales, sin embargo existe mucha falta de información, aplicable ha instalaciones de este tipo de manera unificada, es por ello que han de permitirme los sistemas de unidades utilizados, información que he rescatado en mi rutinaria búsqueda y contrastada con el día a día. En la actualidad solo existen dos empresas que se dedican a la fabricación del gas carbónico comercialmente, las cuales suministran a la mayoría de usuarios en la industria gaseosera. Por su grado alimenticio y por el porcentaje de consumo en la demanda nacional, es que se hace necesario saber la ingeniería y normatividad del los sistemas de almacenamiento de CO₂ y sus rigores a las cuales deben prestarse atención, en esta aplicación en la carbonatación de bebidas por ser un rubro bien competitivo y que en la actualidad es de interés de muchas trasnacionales.

1.2 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es el de garantizar un sistema de almacenamiento de CO₂ en un cliente por parte del proveedor el cual es propietario del tanque de almacenamiento y sus equipos conexos , que son entregados en calidad de comodato mientras dure el contrato de suministro del CO₂.

Las exigencias de calidad, disposiciones y acreditaciones hacen de esta instalación muy interesante, por las diversidades de criterios a contemplar no solamente desde el punto de vista de la ingeniería , si no de su aplicación directa en el buen manipuleo del mismo, las buenas prácticas y la seguridad a las cuales tiene que estar sujeto.

En este contexto se desea plasmar una visión completa de un sistema de almacenamiento con CO₂ para validar criterios y métodos, de manera responsable para que sirva al interesado y pueda empezar a diseñar , evaluar u operar instalaciones de CO₂.

CAPITULO II

FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 Gas licuado

Todo gas puede pasar al estado líquido, siempre que lo permitan la temperatura a que está sometido y la presión que soporte. Faraday licuó el CO_2 en 1823 (vista de un recipiente con CO_2 licuado, fig. 2.1); sin embargo tuvieron que pasar muchos años para conseguir licuar el O_2 , N_2 , H_2 pues aunque fueron sometidos a presiones de varios miles de atmósferas, todos los intentos fracasaron.

Por esta razón se les llamó gases permanentes, hasta que Andrews en 1845 definió la temperatura y presión críticas, siendo a partir de aquí cuando se empezó a comprender que la licuación por presión era imposible por encima de una cierta temperatura. Así se pudieron licuar el oxígeno en 1877 por el método Pictet, el nitrógeno en 1883 por Keelson, el hidrógeno en 1898 por Dewar, el helio en 1908 por Onnes. Los gases denominados permanentes se caracterizan por tener una temperatura crítica baja (normalmente existen en el aire atmosférico figura 2.2), lo que obliga a utilizar procedimientos

especiales para alcanzar el estado líquido; además, a causa de las temperaturas que hay que alcanzar, no se puede contar con una fuente fría exterior al sistema, que pueda extraerle el calor necesario para llevar el cambio de estado.



Figura 2.1 Recipiente con CO₂

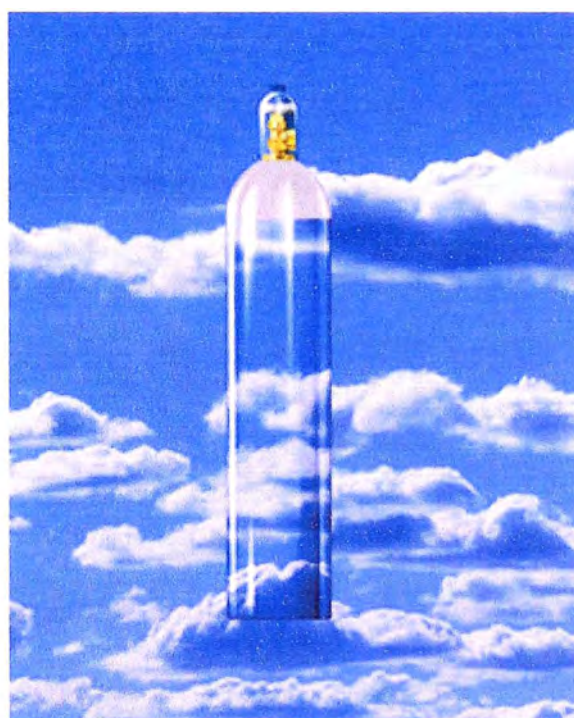


Figura 2.2 Cilindro con CO₂

2.2 Gases licuados a baja temperatura

2.2.1 Clases de gases

La palabra gas define un estado físico de la materia y efectivamente, por regla general, los que empleamos se encuentran en estado gaseoso en el momento de la utilización. También son gases los que se llevan en las tuberías hasta este punto. Pero no siempre se encuentran en estado gaseoso en los recipientes en que se almacenan.

En este sentido podemos clasificar los gases en tres grupos: comprimidos, licuados y disueltos. A su vez los gases licuados podemos subdividirlos en licuados de alta presión, licuados de baja presión y licuados a baja temperatura.

Si pudiéramos ver el interior de una botella de gas comprimido (figura 2.3.a) veríamos que su aspecto es homogéneo: por todas partes hay gas y está en las mismas condiciones.

En cambio en una botella de gas licuado apreciaríamos dos partes perfectamente diferenciadas (figura 2.3.b), en la parte superior hay gas pero en la parte inferior hay líquido.

En una botella de gas disuelto el disolvente ocupa casi toda la capacidad del recipiente (figura 2.3.c). El gas se encuentra disuelto lo mismo que el gas carbónico.

En los gases licuados a baja temperatura, el aspecto del interior del recipiente es similar al de los gases licuados (figura 2.3.d), la diferencia consiste en que, como veremos más adelante, para conservar así estos gases hay que mantenerlos a una temperatura muy baja, y para lograrlo el recipiente tiene que estar muy bien aislado.

2.2.2 Diferencias entre las clases de gases

Para comprender mejor la diferencia entre gases comprimidos y gases licuados, vamos a analizar el comportamiento de ambas clases de gases cuando varían las condiciones a las

que están sometidos. Para ello vamos a hacer un experimento en el que supondremos que la temperatura del gas se mantiene a 15°C . (Sabemos que un gas se calienta cuando se le comprime; sin embargo supondremos que de efectuarse este experimento en las condiciones precisas para que la temperatura del gas no aumente sensiblemente a lo largo del mismo).

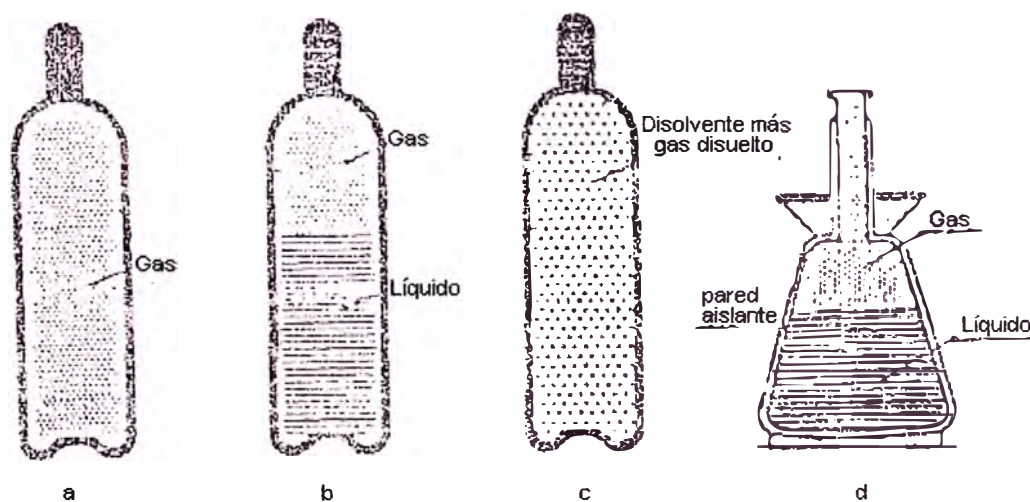


Figura. 2.3 Cilindros con diversos gases

Supongamos que tenemos un cilindro que contiene nitrógeno a la presión de $20\text{kg}/\text{cm}^2$ (figura 2.4.a). Vamos a ir comprimiendo el gas haciendo avanzar el émbolo. En cada posición de este vamos a leer la presión que indica el manómetro y vamos a marcar esta presión en un gráfico. Tendremos así una curva que nos indicará la presión en función de la posición del émbolo, es decir, en función del volumen que ocupa el gas (figura 2.4.b).

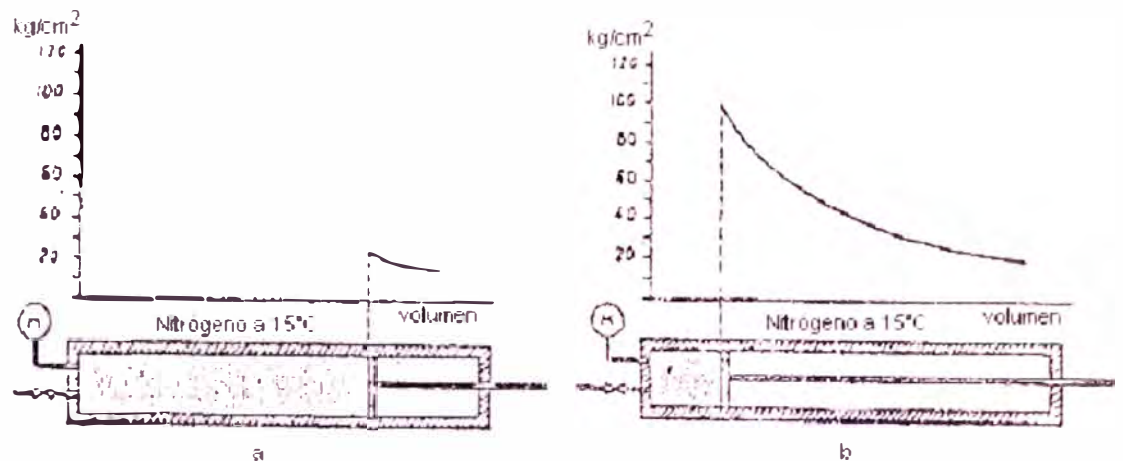


Figura.2.4 Curvas de presión vs. volumen de N_2 a presión.

Como vemos, desde los 20 kg/cm^2 iniciales, a medida que avanza el émbolo la presión va aumentando de forma continua.

Vamos a repetir este experimento pero suponiendo ahora que el gas es anhídrido carbónico en lugar de nitrógeno (figura 2.5.a). Cuando el émbolo pasa de la posición 1 a la 2, la presión aumenta de 20 hasta 52 kg/cm^2 .

Sin embargo, si seguimos empujando el émbolo pasa una cosa muy curiosa: ¡La presión no varía!, ¿Qué es lo que ocurre?.

A partir de la posición 2 (figura 2.5.b) ha empezado a condensarse el gas dentro del cilindro hay fase líquida y una gaseosa.

Al seguir avanzando el émbolo se llega a un punto 3 (figura 2.6) en que todo el anhídrido carbónico está en forma

líquida. A partir de este punto si el émbolo avanza más la presión sube muy rápidamente.

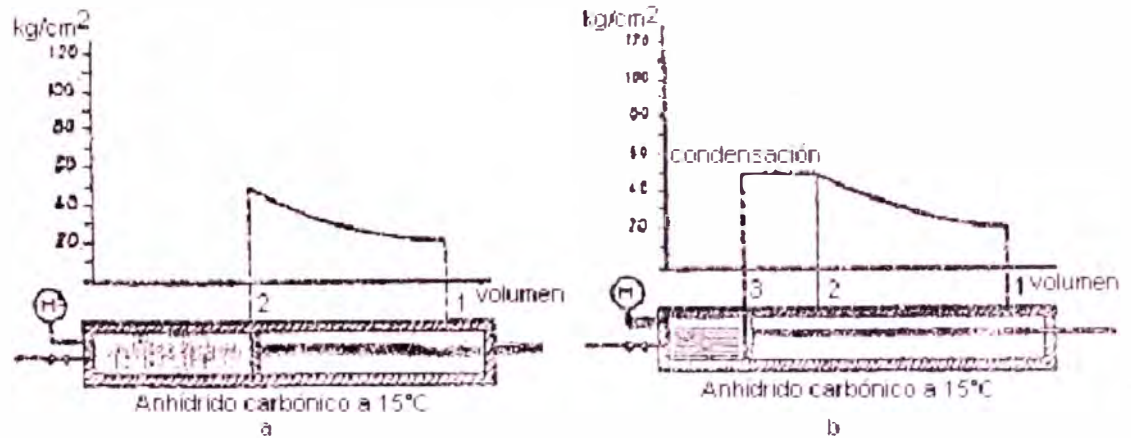


Figura 2.5 Curvas de presión vs. volumen de CO₂

Aquí vemos ya la diferencia entre gases comprimidos y licuados. A la temperatura considerada (15° C) por mucho que aumentemos la presión del nitrógeno este continua siempre en estado gaseoso. En cambio, el anhídrido carbónico llega un momento en que empieza a licuarse.

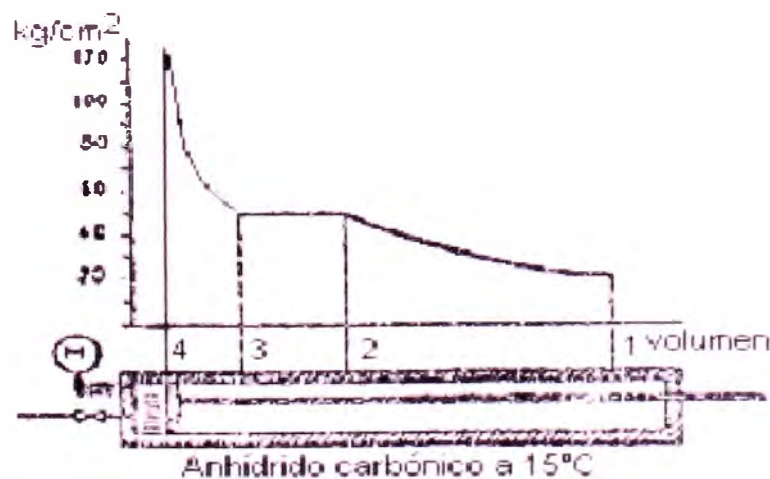


Figura 2.6 Variación del estado del CO₂ a distinta presión

2.2.3 Influencia de la temperatura

Podemos preguntarnos ahora ¿que ocurre al variar la temperatura? En el caso del nitrógeno, al repetir el anterior experimento a diferentes temperaturas obtendríamos un haz de curvas (figura 2.7). Estas curvas isotermas, que son hipérbolas, expresan la propiedad de los gases perfectos de que, a una determinada temperatura, el producto de la presión por el volumen es constante.

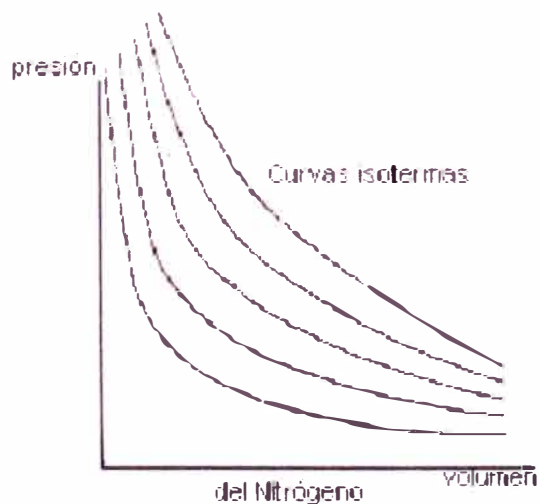


Figura 2.7 Isothermas del N₂

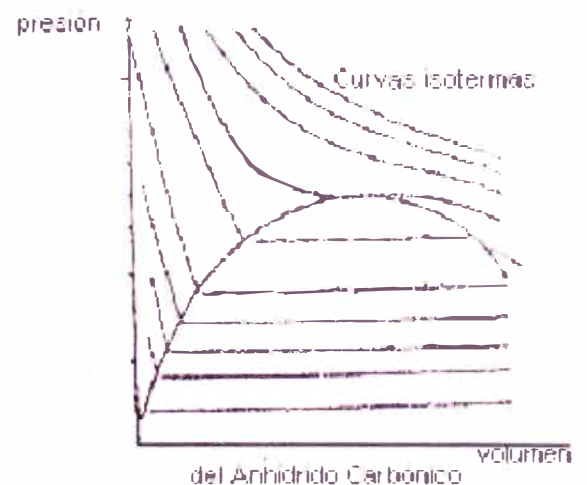


Figura 2.8 Isothermas del CO₂

Repitiendo el experimento con anhídrido carbónico a diferentes temperaturas obtendremos un haz de curvas distinto (figura 2.8).

En la figura 2.6 habíamos representado en abscisas el volumen que ocupa una determinada cantidad de gas porque para estudiar este fenómeno habíamos partido del experimento de comprimir una determinada cantidad de gas

contenida en un cilindro al hacer avanzar el émbolo. La escala que suele utilizarse en las abscisas de este tipo de diagramas es el “grado de llenado”, que no es más que el peso del gas en kilogramos contenido por litro de capacidad del recipiente. Esto es lo que se ha hecho en el diagrama de la figura 2.8, que corresponde también al anhídrido carbónico.

Para temperaturas inferiores a 30°C , las curvas isotermas presentan un tramo horizontal más o menos largo. Este tramo corresponde, como vimos, a las condiciones en que una parte del gas está en forma líquida. La curva que delimitará estos tramos horizontales es la “curva de condensación”.

La isoterma de 31°C y la curva de condensación dividen el plano en cuatro regiones en las que el anhídrido carbónico se encuentra en las siguientes fases: gas, líquido + gas, líquido, gas.

2.2.4 Temperatura crítica

Observar que solamente puede haber fase líquida a temperaturas inferiores a 31°C (exactamente $31,06^{\circ}\text{C}$ para el anhídrido carbónico). Este es un hecho muy importante. Esta temperatura $31,06^{\circ}\text{C}$ se llama temperatura crítica del anhídrido carbónico. Cada gas tiene su correspondiente temperatura crítica y por encima de la misma es imposible

mantenerlo en forma líquida. Si el anterior experimento del émbolo, que hicimos inicialmente a 15°C , lo hubiésemos efectuado a 40°C no habría puesto de manifiesto ninguna diferencia entre el nitrógeno y el anhídrido carbónico ya que este no se habría licuado por mucho que hubiéramos aumentado su presión. En cambio a 15°C nos encontramos por debajo de la temperatura crítica de nitrógeno, que es de $-146,95^{\circ}\text{C}$, y de ahí el diferente comportamiento de ambos gases.

2.2.5 Curva de tensión de vapor

En la figura 2.8 vemos que siempre que coexisten las fases líquidas y gaseosas, es decir, en todos los puntos comprendidos en el interior de la curva de condensación, la presión sólo depende de la temperatura, cualquiera que sea el grado de llenado.

Esto se expresa gráficamente mediante la curva de tensión de vapor (figura 2.9). Naturalmente esta curva termina en el punto crítico "C" ya que a temperaturas superiores a la crítica no pueden existir estas condiciones de que un gas esté licuado en equilibrio con su vapor.

Hablando con propiedad, habría que decir "vapor" en lugar de "gas" ya que con los términos vapor y gas se designa un cuerpo en fase gaseosa según que esté por debajo o por

encima de su temperatura crítica. No obstante, por simplificación, se ha preferido emplear únicamente los términos “líquido” y “gas”.

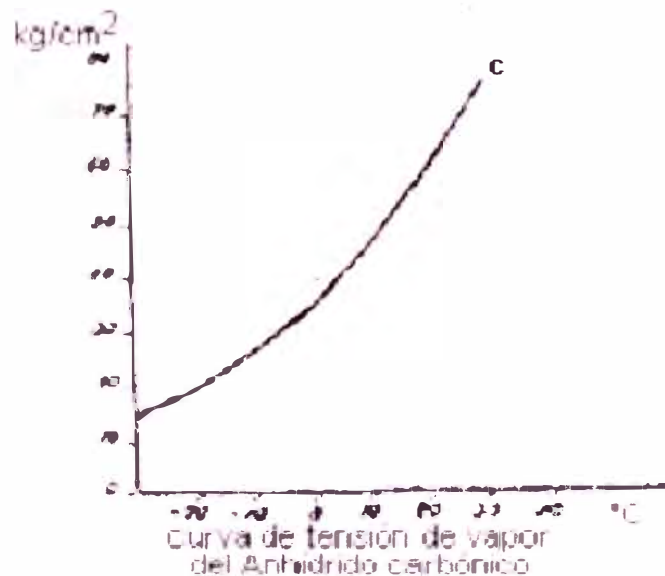


Figura 2.9 Tensión de vapor del CO₂

La observación de un hecho muy corriente en la práctica confirma esta ley. Muchos fumadores utilizan encendedores de gas. En estos encendedores el gas siempre sale con la misma presión, lo mismo si están casi llenos que casi vacíos o mediados. Es la presión que corresponde a la temperatura del gas según la curva de tensión de gas. Cuando la presión disminuye lo hace de forma repentina porque se ha agotado el gas.

2.3 Origen del gas carbónico

El CO₂ es un componente constante del aire atmosférico, según el porcentaje. Muchos continúan considerando «por inercia» que el

tercer componente constante del aire es el bióxido carbónico que, cuantitativamente, ocupa el tercer lugar después del nitrógeno y el oxígeno. No obstante, hace mucho tiempo que se ha descubierto otro componente del aire, cuyo contenido es 30 veces mayor que el del bióxido carbónico, éste es el argón, uno de los llamados gases nobles. Su contenido en el aire es del 1 % (más exactamente, del 0,94 %), mientras que el del bióxido carbónico es más del 0,03 %.

Debido a la utilización cada vez mayor, de los combustibles fósiles y a la proliferación de los incendios forestales (fig. 2.10), el porcentaje del dióxido de carbono en la atmósfera está aumentando progresivamente desde el inicio de la revolución industrial (a mediados del siglo XVIII era de 0,0289%, a mediados del siglo XX de 0,030% y a finales es de 0,035%) por que contribuye al incremento del efecto invernadero y, consecuentemente a la elevación de la temperatura de la atmósfera, con imprevisible efecto sobre los cambios climáticos.



Figura 2.10 Motivos de incremento de CO₂ en el aire

Dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro, no combustible, cuya fórmula es CO₂. Es un componente común del aire y pesa aproximadamente 50% más que este. Se forma a partir de ciertos procesos naturales y por la quema de combustibles que contienen

carbono. Se ha calculado que la cantidad de dióxido de carbono presente en el aire aumenta 0,27% al año. Si bien las concentraciones locales de dióxido de carbono en el aire alcanzan niveles peligrosos para la salud, la mayoría de modelos climatológicos prevén doblar la tasa de CO_2 atmosférico en los próximos 100 años, si se continúa con el mismo ritmo de consumo de carburantes. Ante estas perspectivas, la comunidad científica se pregunta cómo se desarrollará la vegetación en la tierra, y en particular la agricultura, ante estas concentraciones del gas en la atmósfera, cuando otros factores limitantes del crecimiento de las plantas como agua y nutrientes pueden verse seriamente limitados.

2.3.1 Origen natural

El CO_2 de forma natural se produce por un importante cambio de gases entre los animales y las plantas (figura 2.11).

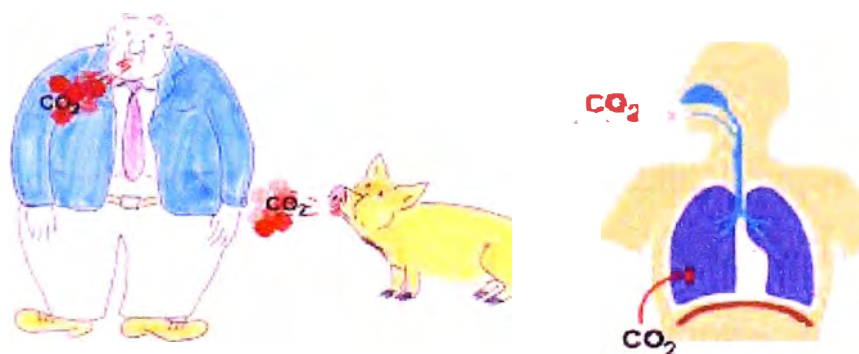
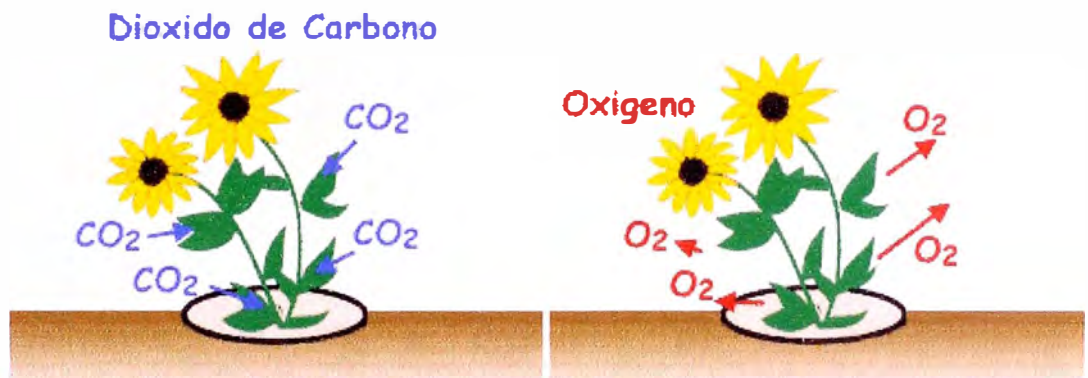


Figura 2.11 Productores de CO_2 de forma natural

Los primeros porque respiran oxígeno y emiten CO_2 y los segundos por absorber este, porque lo necesitan para vivir y para luego emitir oxígeno. También de manera natural se

forma CO_2 por la descomposición de las rocas y materia vegetal, es pues el gas carbónico (CO_2) un integrante del ciclo básico de la vida, material de base para la fotosíntesis e indispensable para las plantas clorofílicas (figuras 2.12).



Figuras 2.12 Consumidor natural de CO_2

El CO_2 empleado en la fotosíntesis más el agua y la energía luminosa producirá carbohidratos, azúcares y oxígeno.

Este gas entra y previa disolución con el agua llega a los cloroplastos y tras numerosas reacciones se produce la fotosíntesis. El crecimiento de las plantas es posible gracias al consumo de estos carbohidratos productos de la fotosíntesis.

La estructura de la planta está constituida aproximadamente por el 90% de agua y 10% de materia seca. A su vez, el 40% aproximado de la materia seca de las plantas, está compuesta de carbono.

Además de la luz y temperatura, la absorción del CO_2 está en función de la fotosíntesis como la actividad estomática y disponibilidad del mismo gas en la atmósfera.

La actividad de apertura o cierre de las células estomáticas está en función de la concentración disponible de CO_2 , la regulación estomática depende de la circulación del agua a través de la planta, así estaría en función de la demanda climática y disponibilidad de agua en el sustrato. Pero el CO_2 utilizado comercialmente se deriva de dos principales fuentes: la combustión y la fermentación.

2.4 Producción del CO_2

Comercialmente el CO_2 se produce por la combustión y fermentación. Desde tiempos antiguos, el dióxido de carbono como remanente de la fermentación alcohólica de las bebidas o de la respiración de los cereales almacenados se ha explotado, en gran parte inconscientemente, como conservante de alimentos. La adición controlada de dióxido de carbono procedente de otras fuentes es, no obstante, un avance moderno.

El biogás es otra alternativa que podría ser rentable. Existen ensayos en otros países como Francia y Dinamarca donde son conscientes de la gran cantidad de residuos producidos por distintos sectores urbanos, agrícolas, industriales.

Existen dos tipos de fermentación: la aerobia -en presencia de oxígeno- y la anaerobia -sin presencia de oxígeno-. Es este último tipo de fermentación, la anaerobia, la que da un mejor rendimiento en dióxido de carbono (40% de CO_2 y 60% de metano).

El biogás es otro tema que con las investigaciones apuntan hacia un mayor interés en el aprovechamiento de esta técnica como fuente de energía, entre otras utilidades.

En el caso de combustión puede hacerse otra distinción, según la naturaleza del combustible. Si el combustible es sucio (carbón ó fuel) el gas debe sufrir tratamiento.

Por otra parte cada vez se esta fabricando más CO₂ para uso alimenticio y medicinal para ello se parte del GNC o GLP con combustión neutra, que solo deja residuo de agua y CO₂.

Un tratamiento típico comprende entonces (después de la combustión) las siguientes operaciones:

- Enfriamiento para eliminar el máximo contenido de agua.
- Lavado por absorción en una columna en recirculación de monoetanolamina (MEA).
- Lavado por permanganato de potasio.
- Compresión.
- Deshidratación hasta un punto de rocío de -40 a -60° C con sílica-gel o aluminio activado.
- Licuación.
- Almacenado a bajas temperaturas en cisternas cilíndricas (o esféricas si los volúmenes son importantes).
- Reevaporación y expansión para su utilización.

En el proceso de fermentación en las industrias de la cerveza y bebidas alcohólicas, así como en la fabricación de levaduras, se generan grandes cantidades de anhídrido carbónico.

En las cervecerías este gas se reintegra a la cerveza por carbonatación. Lo mismo ocurre con las bebidas gasificadas no alcohólicas. El gas que se acumula en la parte superior de las cubas de fermentación (eliminando después de un determinado tiempo el aire y otros productos ajenos que se escapan al iniciarse el proceso) se recoge en un depósito en forma de globo inflable suspendido en un sistema de pesaje (la masa volumétrica es de aproximadamente 2kg/m^3). Antes del almacenamiento, se lava en una columna en donde también se la retiran las espumas y las partículas sólidas que pueden salir de las cubas.

El tratamiento, propiamente dicho, después de los globos de almacenaje, comprende un lavado final con agua potable y a continuación una compresión que procede a una serie de operaciones idénticas a las detalladas en el caso precedente.

El gas obtenido es, de hecho, prácticamente puro y con pocos gases incondensables.

La presión de licuación en las cervecerías francesas es normalmente del orden de los 17 a 20 bar, con licuación a -22 a -25°C y el almacenaje se realiza en las mismas condiciones. En otros países se desciende hasta -30°C (14.5 bar) o hasta -40°C (10.2 bar) para reducir las presiones de almacenamiento.



Figura 2.13 Vista de una planta de producción de CO₂

En el proceso de producción de CO₂ existe distintas etapas que comprenden desde la recepción del combustible hasta la obtención del gas carbónico de alta calidad (planta modelo figura 2.13). estas etapas comprenden y esta relacionadas según el esquema.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCION DE GAS CARBONICO

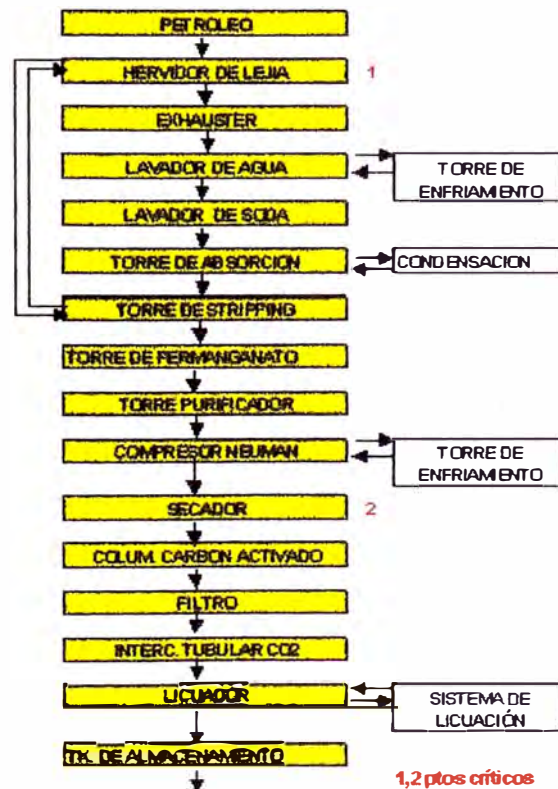


Figura 2.14 Diagrama de flujo del CO₂

2.4.1.Etapas del proceso

a) Sistema de generación

a.1.Recepción del Combustible industrial al Tanque de Recepción y posterior llenado del tanque diario de combustible.

a.2.Atomización del Combustible y generación de los gases de combustión (entre ellos el CO_2) en el Hervidor de Lejía; para la puesta en marcha y operación del Hervidor.

b) Sistema de purificación

b.1.Torre Lavador de Agua: Lavado de los gases de combustión para limpiar el SO_2 y CO para la operación de esta torre.

b.2.Torre Lavador de Soda: Neutralización de las impurezas del CO_2 mediante carbonato de soda, óxido de nitrógeno neutralizado como nitrato de sodio y SO_2 neutralizado como sulfato de sodio en forma de precipitado dejando al CO_2 libre de dichas impurezas.

b.3.Torre de Absorción: Se produce reacción de la Monoetanolamina con los gases de combustión, esta reacción permite la absorción del CO_2 por parte de la MEA, otros gases no hacen esta reacción.

b.4. Torre de Desorción: Se produce la liberación del CO₂ de la Monoetanolamina a 90°C.

b.5. Torre de Permanganato: Desulfurización de gases remanentes que podrían estar acompañando al CO₂ hacia el proceso de compresión.

b.6. Torre Purificador de H₂O : atrapa el contenido de residuos de material particulado , eliminando su pase hacia el compresor.

c) Sistema de compresión

c.1. Compresor de CO₂: Compresión de gas carbónico purificado de baja a alta presión. Operando el sistema de compresión dentro los rangos de parámetros de control.

d) Sistema de secado

d.1. Equipo de secado: Deshumedecer el gas carbónico de alta calidad con alúmina en un tiempo necesario por el fenómeno de adsorción.

d.2. Columna de Carbón Activado : Atrapa el contenido de residuos orgánicos volátiles , eliminando su pase hacia el licuador.

e) Sistema de licuación

e.1. Condensador o Licuador de CO₂: Se produce el cambio de fase del CO₂ en estado gaseoso a CO₂ en estado líquido por refrigeración.

e.2. Equipo de frío: Comprende a los equipos involucrados para la refrigeración.

f) Sistema de almacenamiento

f.1. Almacenamiento del CO₂ licuado en tanques.

g) Sistema de enfriamiento

g.1. Torres de Enfriamiento: Comprende a los equipos involucrados en la disminución de la temperatura de trabajo.

2.5 Descripción del CO₂

Debemos saber que el gas del bióxido de carbono es gas incoloro e inodoro y en líquido es extremadamente frío. Puede desplazar el oxígeno en aire, puede acumularse en áreas bajas y es un peligro en espacios confinados. El bióxido de carbono es un depresante muy suave del sistema nervioso central. Las concentraciones muy altas pueden causar dolor de cabeza, náusea, vértigos, sudoración y desorientación. Con gas licuado se puede causar la congelación. El CO₂ gaseoso se utiliza para la carbonatación de bebidas; para el control del pH; como intermedio del producto químico; en el proceso del producto químico; como preservativo de alimento; como “manta inerte”; y en la recuperación realizada del aceite y del gas.

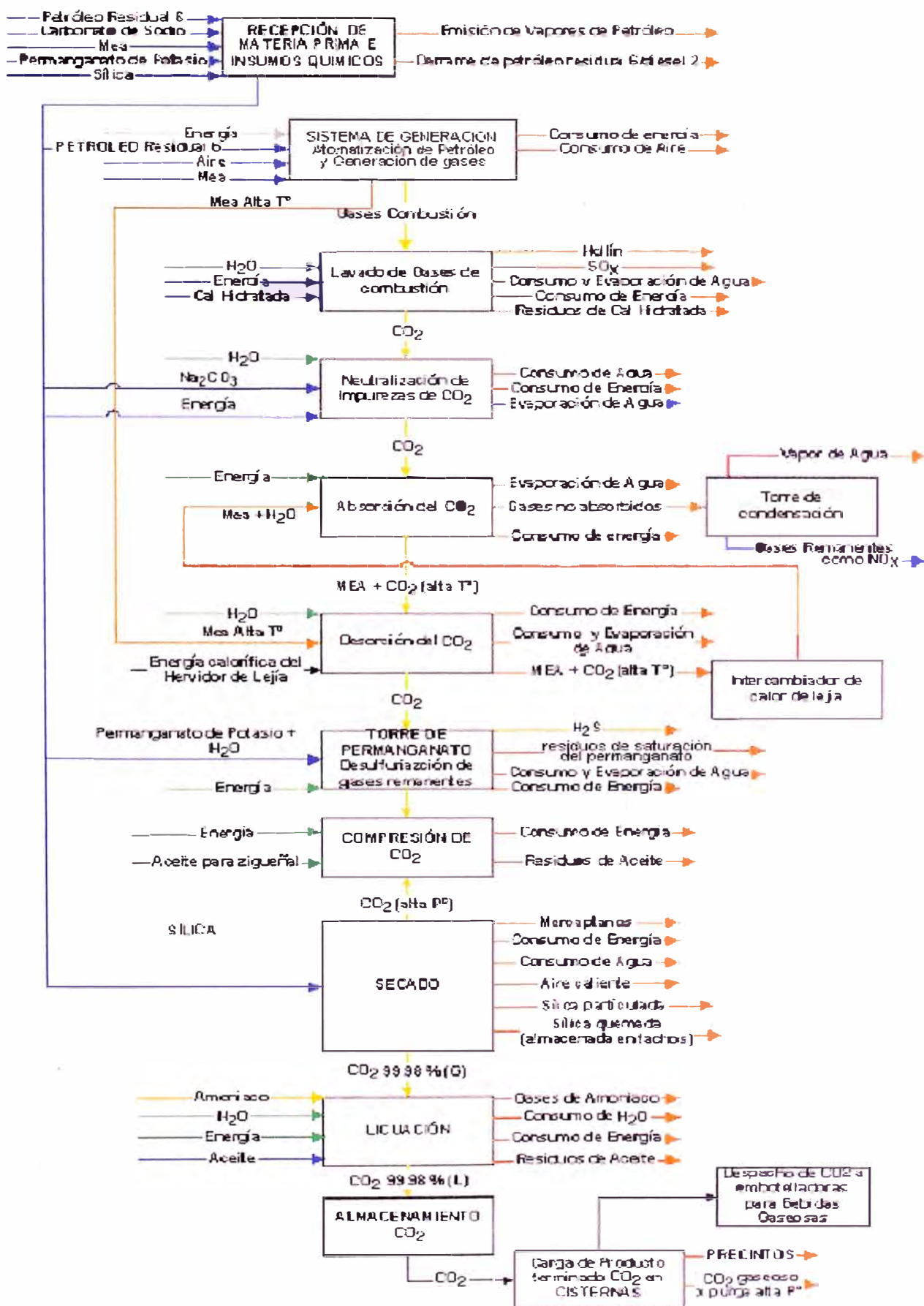


Figura 2.15 Esquema de los procesos para producir CO₂

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GAS CARBÓNICO

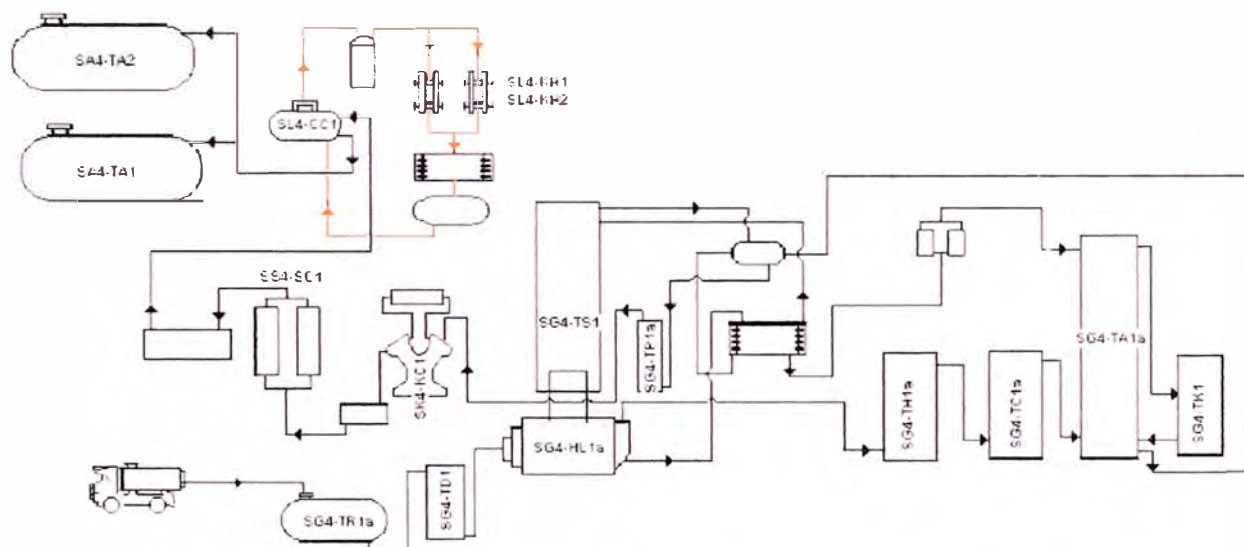


Figura 2.16 Esquema de planta de CO₂ (Nacional)

El CO₂ líquido se utiliza como refrigerante; para la prueba de la baja temperatura de la aviación, del misil y de componentes electrónicos; como agente extintor; para el estímulo de los pozos del aceite y de gas y para la temperatura que controla las reacciones químicas. El gas del CO₂ es un subproducto de la combustión carbonosa del combustible; se encuentra en gases naturales; es un producto del metabolismo animal y humano, y se encuentra naturalmente en la atmósfera (cerca de 0.035%).

Dependiendo de la temperatura y de la presión, el bióxido de carbono (CO₂) puede existir como un sólido, líquido o gas. Esta revisión está para el gas del CO₂ que se envía o se almacena en los cilindros de alta presión como líquido bajo su propia presión del vapor del 5729 kPa en 20 ° C, en envases aislados como líquido refrigerado, o se hace y se utiliza en sitio. Puede contener el

Components Legend

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Air Blower | 12. Product Cooler |
| 2. CO ₂ Regenerator | 13. KMnO ₄ Bubblers |
| 3. Stripper Tower | 14. WtIFII Tower |
| 4. Direct Contact Cooler / Scrubber | 15. CO ₂ Compressor |
| 5. Absorber Tower | 16. Intercooler |
| 6. Lean / Rich Exchanger | 17. Aftercooler |
| 7. Trim Cooler | 18. High Pressure Precooler |
| 8. Lean Pump | 19. Dual Tower CO ₂ Dryer |
| 9. Rich Pump | 20. CO ₂ Condenser |
| 10. Reducation Pump | 21. Liquid CO ₂ Storage Tank |
| 11. Reducation Cooler | |

Fluids Legend

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|  | Flue Gas |
|  | Monoethanolamine (MEA) - Lean |
|  | Monoethanolamine (MEA) - Rich |
|  | Vapor CO ₂ |
|  | Potassium Permanganate (KMnO ₄) |
|  | WtIFII |
|  | Water-Soda Ash / Condensate |
|  | Cooling Water |
|  | Activated Carbon |
|  | Desiccant |
|  | Liquid CO ₂ |
|  | Refrigerant |

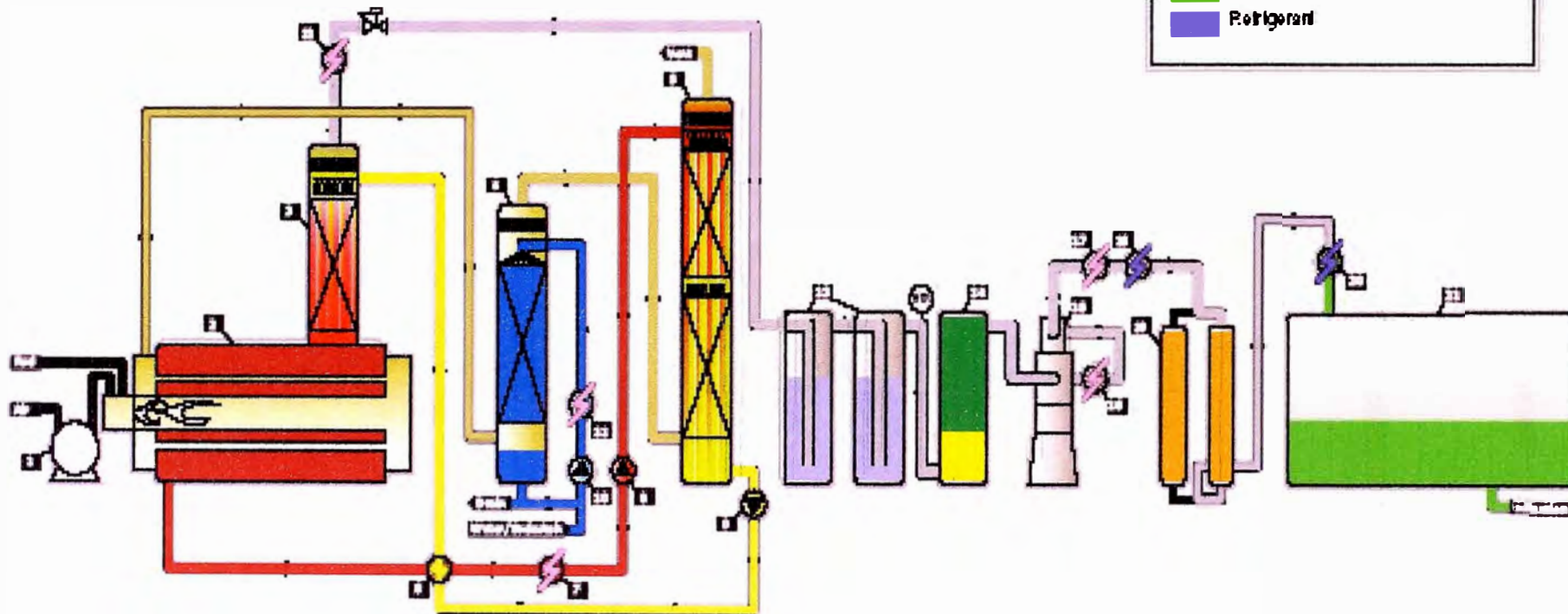


Figura 2.17 Esquema de una Planta de Producción de CO₂ Americana

nitrógeno, el oxígeno, el argón, el hidrógeno, el monóxido de carbono, el sulfuro del hidrógeno y las aminas como impurezas, dependiendo de la fuente.

Algunos sinónimos para el gas del bióxido de carbono son:

Nombres del CO₂

Fixus de Aer

After-damp

Carbonique del anhídrido

Bióxido de carbono (CO₂)

Gas del bióxido de carbono

Liquide del bióxido de carbono

Sólido del bióxido de carbono

Óxido del carbón, di-

Anhídrido del ácido carbónico

Gas del ácido carbónico

Anhídrido carbónico

Carbonica

Carbonice

Dióxido de carbono (ESPAÑOL)

Dioxyde de carbone (FRANCÉS)

Dioxyde de carbone (Solide)

Hielo seco

Khladon 744

Kohlendioxyd (ALEMÁN)

Kohlensaure (ALEMÁN)

Bióxido de carbono licuefecho

R 744

El CO_2 con tanto muchos nombres para el gas, líquido o sólido como se presente el bióxido de carbono, hay un identificador único para este producto químico; su número del registro del CAS es 124-38-9. Este número es asignado por el servicio químico de los extractos (CAS) en los Estados Unidos y utilizado como número único del identificador por todo el mundo. También se le suele identificar en sus distintas fases como:

UN 1845 CO_2 Sólido

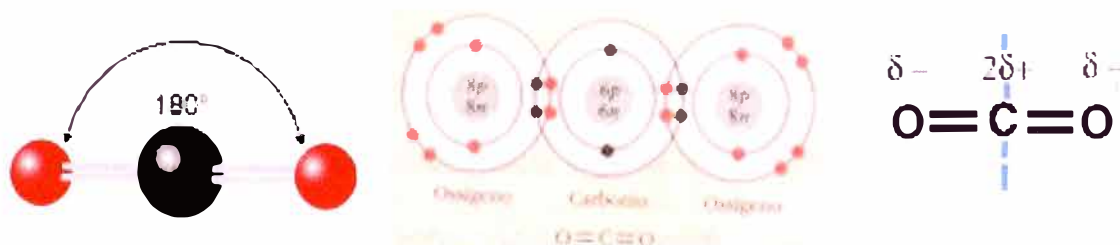
UN 2187 CO_2 Líquido

UN 1013 CO_2 Gaseoso

2.5.1 Propiedades químicas

El CO_2 es un compuesto covalente si se empieza por la construcción de un modelo molecular del gas, observando su estructura lineal y su carácter apolar. A partir de esta estructura se puede analizar la del cristal de CO_2 , y justificar el bajo punto de sublimación que presenta. También puede aprovecharse para explicar las estructuras resonantes del CO_2 , incluso, sus modos de vibración. En el CO_2 las correspondientes distancias de enlace entre el carbono y el

oxígeno, son $d(\text{C-O}) = 1,16 \text{ \AA}$. En otras moléculas como el metanal la distancia es de $1,22 \text{ \AA}$; el acortamiento se debe al carácter de triple enlace introducido por las dos estructuras resonantes. Existe polaridad de enlace pero debido a la forma lineal de la molécula, la resultante es nula, de modo que se trata de una molécula apolar (ver fig 2.20).



Figuras 2.18 Vista de los componentes del CO_2 (gas carbónico)

2.5.2 Propiedades físicas

El anhídrido carbónico puro no tiene olor. Hace menos de tres diezmilésimos de la atmósfera. Es una y media veces tan pesado como el aire. No arde, pero apaga una flama. Esta propiedad es valiosa cuando se emplea en los extintores contra incendios.

En una atmósfera de anhídrido puro o en donde haya grandes cantidades de él, los hombres y los animales se sofocan y como sufren de igual manera que cuando se ahogan, es de creerse que el gas mismo no es venenoso, más daña a los seres vivientes porque previene el paso del oxígeno.

Aunque el anhídrido carbónico en su forma seca es relativamente inerte y es un compuesto estable, bajo condiciones apropiadas y altas temperaturas pueden reaccionar químicamente con ciertos productos químicos. Tiene la tendencia de desintegrarse en oxígeno y monóxido de carbono a temperaturas de más de 120 ° F (649 ° C), pero ambos tienen también la tendencia a volver a formar anhídrido carbónico.

Cuando se disuelve en el agua produce ácido carbónico y la solución es químicamente activa por sus propiedades ácidas. Solo una pequeña parte del gas disuelto se une químicamente con el agua para formar el ácido, y su valor pH se halla en la gama de 3.7 a 3.2. La acidez se puede verificar adicionalmente probando la reacción con el papel de tornasol que adquiere un tinte de color rojo cuando se humedece con el ácido.

2.5.3 Otras propiedades del CO₂

El anhídrido carbónico posee varias propiedades que lo convierten en un agente útil para la extinción de incendios. No es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias, y proporciona su propia presión para descargarlo del extintor o del cilindro donde se almacena. Puesto que el anhídrido carbónico es un gas, puede penetrar y repartirse por

todas las zonas del área incendiada. En forma de gas o como sólido finamente dividido (nieve), no conduce la electricidad y puede emplearse contra fuegos de equipos eléctricos en tensión. No deja residuos, eliminando la necesidad de limpieza del agente. Una descarga típica de dióxido de carbono líquido posee una apariencia de nube blanca, debido a las partículas finamente divididas de hielo seco transportadas con el vapor. Debido a la baja temperatura (-79 °C) se produce alguna condensación de vapor de agua de la atmósfera, provocando una niebla adicional, que persiste hasta algún tiempo después de que las partículas de hielo seco se han depositado o sublimado. El efecto de enfriamiento del hielo seco es generalmente beneficioso para reducir las temperaturas después de un fuego; sin embargo, cuando se trate de proteger equipos muy sensibles a la temperatura, deben evitarse los impactos directos de fuentes de descargas.

El anhídrido carbónico es un eficaz agente extintor, principalmente porque reduce el contenido en oxígeno de la atmósfera, mediante dilución, hasta un punto en que no puede continuar la combustión. En condiciones adecuadas de control y aplicación, resulta también beneficioso el efecto refrigerante, sobre todo cuando se aplica directamente sobre el material que arde. En un fuego, el calor se genera por la rápida oxidación del material combustible. Parte de este calor

se emplea para que el combustible sin quemar alcance su temperatura de ignición, mientras que una parte importante, se pierde por radiación y convección, sobre todo en el caso de fuegos superficiales. Si la atmósfera que suministra oxígeno al fuego esta diluida con vapores de CO_2 , la velocidad de generación de calor (oxidación) se reduce hasta que sea menor que la velocidad de disipación. El fuego acaba por extinguirse cuando el combustible se enfría por debajo de su temperatura de ignición.

La concentración mínima de CO_2 , necesaria para extinguir fuegos superficiales, como en combustibles líquidos, puede determinarse con exactitud, ya que la velocidad de disipación de calor por radiación y convección se mantiene sensiblemente constante.

Los efectos de rápido enfriamiento se acentúan cuando el agente se descarga directamente sobre el material en combustión, como por ejemplo en un tanque de inmersión lleno de líquido. A fin de cubrir rápidamente toda la superficie del tanque, el agente se aplica en forma masiva. Es preferible el enfriamiento para evitar la reignición cuando finaliza la descarga y el aire vuelve a entrar en contacto con la superficie del combustible. La presencia de partículas de hielo seco en la corriente de descarga ayuda a conseguirle enfriamiento rápido de cualquier superficie con la que entre en contacto. La

capacidad de enfriamiento de hielo varia desde 60 BTU (33 kcal/kg) de líquido almacenado a alta presión hasta 110 BTU (60 kcal/kg) cuando se almacena a baja presión. Esto representa solo una décima parte de la capacidad de enfriamiento del agua por evaporación.

En la fabricación de bebidas carbónicas, el anhídrido no solo proporciona el sabor distintivo de la bebida carbonada también inhibe el desarrollo de la bacteria y algunas veces, la destruye por completo. Esta acción preservativa es incrementada en proporción con el número de volúmenes de carbonación usada. No obstante, aún con las bebidas altamente carbonadas como agua de Seltz y gingerale, la acción del CO₂ es solamente un factor de seguridad y no hay excusa alguna para “olvidar” los estrictos controles de sanidad.

El anhídrido carbónico se presenta en sus tres formas o estados: sólido (hielo seco), líquido y gaseoso. La temperatura y las condiciones de presión determinan su estado o forma final (figura 2.19 y 2.20).

El hielo seco es anhídrido carbónico, antes en forma líquida y congelado después para formar un sólido. A la presión normal del aire tiene una temperatura de -100° F. (-73° C). Cuando se expone al calor se vaporiza o se sublima.

Mientras no se aumente la presión la vaporización actúa como auto-refrigerante que mantiene la temperatura de $-100\text{ }^{\circ}\text{F}$. del resto del sólido durante el proceso de la vaporización.

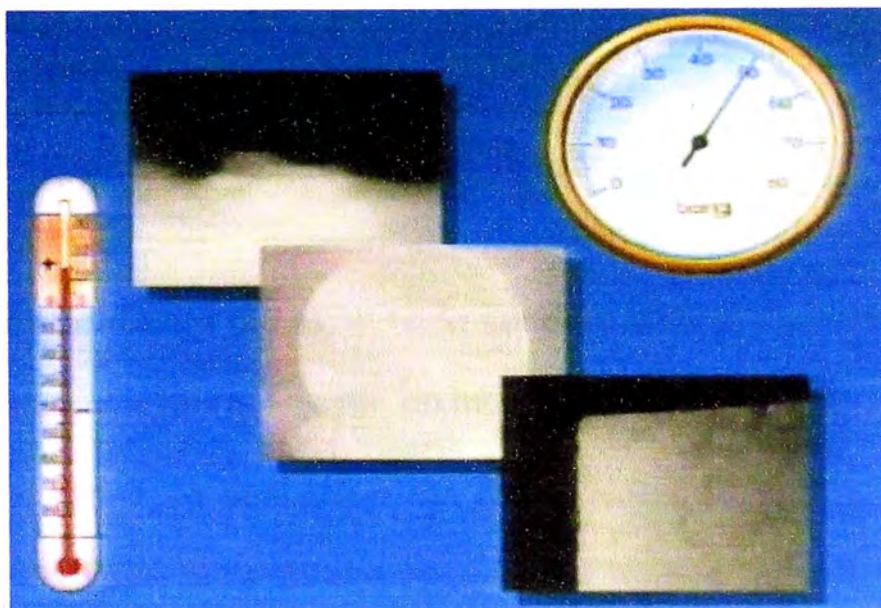


Figura 2.19 El CO_2 varía por la presión y la temperatura

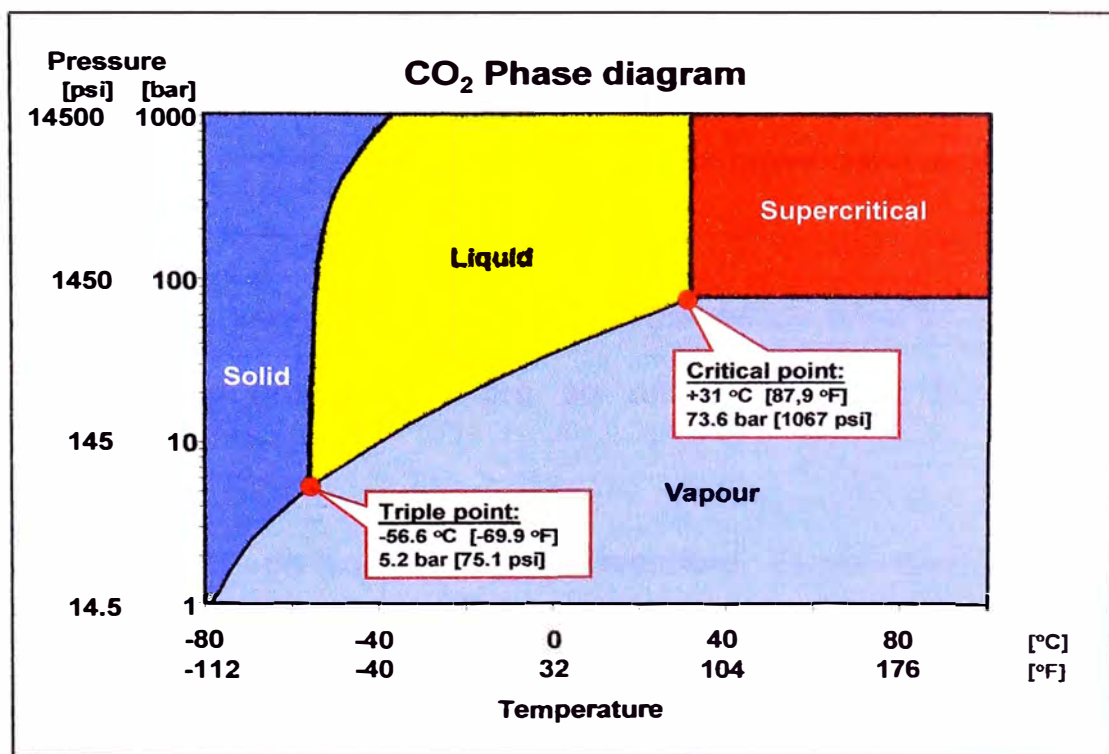


Figura 2.20 Vista gráfica del diagrama del CO_2

A la temperatura y presión normal del aire, el anhídrido carbónico existe sólo bajo la forma de gas. Cuando se encierra el hielo seco en un convertidor a baja presión y se le aplica calor, el hielo se sublima primero y, después, como ocupa un volumen mayor que el producto sólido se calienta gradualmente hasta que alcanza la temperatura de $-70\text{ }^{\circ}\text{F}$. (-57° C) y una presión de sesenta libras por pulgada cuadrada. A este punto, el hielo seco se empieza a derretir y adquiere una forma líquida en lugar de volverse gas.

A este punto, la aplicación de calor adicional no afecta la presión y la temperatura hasta que todo el sólido se ha licuado. La aplicación adicional del calor creará un aumento en la temperatura y presión del anhídrido carbónico y con la remoción del calor, tanto la temperatura como la presión bajarán en seguida. Un equilibrio definitivo existente entre la presión y la temperatura a través de todos estos cambios de manera que para cualquier temperatura bajo $87.8\text{ }^{\circ}\text{F}$. (temperatura crítica), siempre se encuentra una presión definitiva.

Este cambio de condición es reversible. El gas anhídrido carbónico al ser comprimido y enfriado forma un líquido que al enfriarse suficientemente se congela formando un sólido. Por lo contrario al calentarse el sólido forma un gas frío que a su vez, bajo presión, forma líquido.

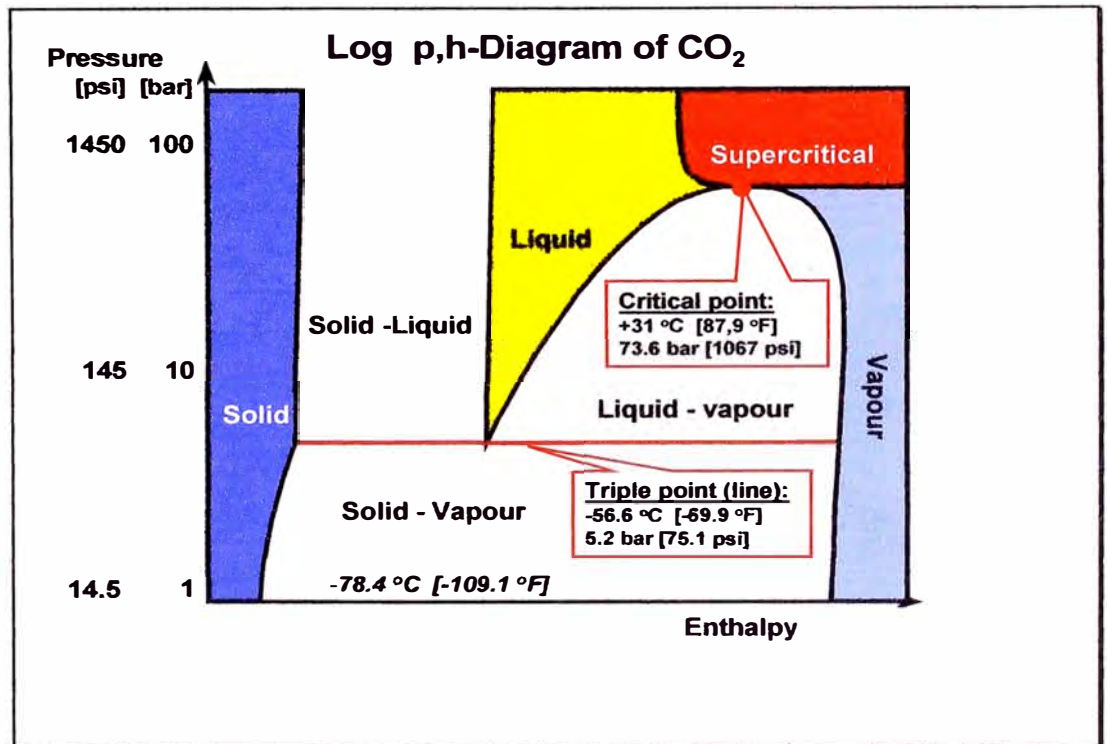


Figura 2.21 Vista gráfica del diagrama p-h del CO₂

La presión ejercida en el envase es una función de la proporción del volumen al peso del CO₂. Sus propiedades físicas importantes que permiten la distribución comercial del CO₂ son las siguientes: la facilidad con la que pueden ser licuados y contenido en receptáculos a alta presión, tales como cilindros manejados a temperatura ambiente o en camiones-tanques de tipo aislado para contener el líquido a temperatura bajo cero y a presión media, más la propiedad adicional de que puede ser solidificado y manejado como “hielo seco”, que a su vez puede ser usado como un refrigerante o convertirlo a vapor como suministro de gas. El CO₂ es un compuesto de carbono y oxígeno en proporciones por peso de alrededor de 27.3% de carbón a 72.7% de O₂.

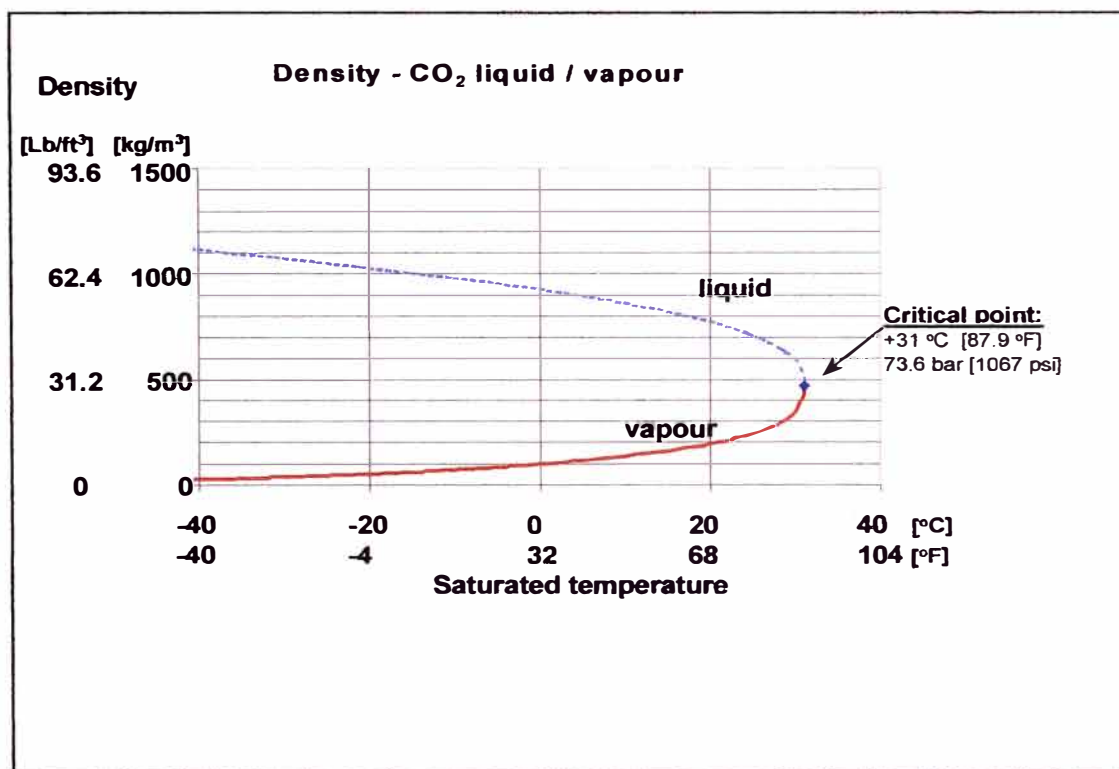


Figura 2.22 Densidad vs. temperatura del CO₂

El CO₂ es un gas a temperaturas y presiones atmosféricas normales, el dióxido de carbono es incoloro, inodoro y alrededor de 5 veces más pesado que el aire. Un gas ácido ligero, es sentido por algunas personas que indican que posee un ligero olor.

El CO₂ es no reactivo y no tóxico. Cuando es disuelto en agua el ácido carbónico forma H₂CO₃ y su pH del ácido carbónico varía desde 3.7 a presión atmosférica hasta 3.2 a 23.4 atm.

El CO₂ puede existir simultáneamente como sólido, líquido y gas a una temperatura de -69.9 °F (-56.6°C) y a una presión de 75,1 psig (5,2 bar), su punto triple está en la curva de presión de vapor para el dióxido de carbono. La figura 2.21 muestra el punto triple y la curva equilibrada para el CO₂.

A temperaturas y presiones bajo el punto triple el CO_2 puede ser un sólido (hielo Seco) o un gas , dependiendo de las condiciones de las temperatura a la cual se encuentra varia su densidad (ver figura 2.22).

2.6 Comercialización del CO_2

Los tanques a baja presión y cisternas de almacenamiento a baja presión para el anhídrido carbónico líquido fueron ideados para uso en las plantas donde este producto es entregado por camión con rutas establecidas, y al licuarlo obtener baja presión y alto contenido en peso de producto, por que con una alta presión, más pesaría el recipiente por el espesor que debería tener para soportar la presión más no la cantidad de producto en peso de CO_2 (ver figura 2.23).



Figuras 2.23 Cisterna de CO_2 gaseoso y CO_2 líquido respectivamente

Estos aparatos que se cargan con el anhídrido carbónico líquido son diseñados para servicio a baja presión (14 bar a 20 bar) y a fin de ser usados, el CO_2 debe mantenerse en temperaturas bajo cero entre $-30\text{ }^\circ\text{C}$ a $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Esto requiere un control definitivo del calor

que llega hasta el anhídrido carbónico ingresando por las paredes insuladas con un aislamiento térmico en cisternas y en tanques estacionarios donde el gas va a permanecer más tiempo del que permanece en una cisterna esto se logra con un equipo de refrigeración mecánica con controles automáticos. Además, se emplean también válvulas de seguridad para la descarga de la presión.

El calor automático controlado, requerido para mantener presiones predeterminadas mientras se consume el gas, es suministrado por calentadores eléctricos que son parte integrante del tanque de almacenamiento.

Para las instalaciones comunes, los controles automáticos se ajustan para que accionen un ingreso de calor siempre que la presión baje a 14 bar o -30°C y que lo supriman cuando la presión se incrementa.

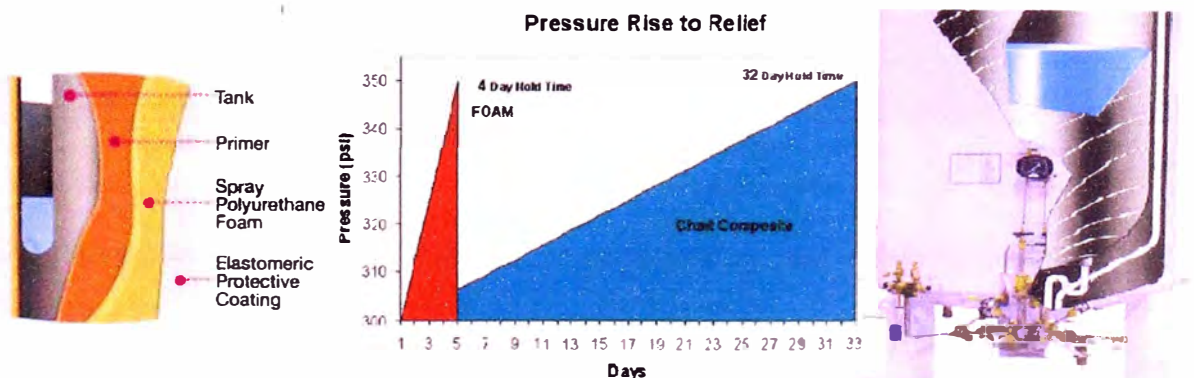
Cuando un tanque de baja presión está inactivo por un día o dos, la presión se elevará porque el calor es absorbido por el aparato. Los controles de la refrigeración están comúnmente ajustados para que activen el funcionamiento del refrigerador a 20 bar o -20°C del CO_2 y para que paren el funcionamiento cuando la refrigeración aplicada ha reducido su presión cerca de 20 psig. En el caso de fallas eléctricas o refrigerantes las válvulas de seguridad empiezan a descargar el CO_2 a 350 psig por la parte superior.

Estos aparatos son diseñados y fabricados de acuerdo con especificaciones rígidas y cumplen con leyes y regulaciones de las autoridades.

Existen para nuestra información tanques insulados con poliuretano y tanques criogénicos con aislamiento al vacío (figura 2.24) mucho más caros. La decisión de cual usar se puede apreciar el figura 2.25, asumiendo que el equipo de frío esta parado, entonces el ingreso de calor será más rápido en el de insulado; es por esto que disponen de un equipo de licuación (unidad de condensación). Ver figuras 2.25.



Figuras 2.24 Tanque insulado y aislado al vacío respectivamente.



Figuras 2.25 Corte de tanques y tiempo de incremento de su presión.

CAPITULO III

USOS Y APLICACIONES

3.1 Estados del CO₂

Toda la materia conocida, existe en una de las tres formas físicas o estados: sólida, líquida o gaseosa.

El CO₂ en estado sólido(UN 1845) , mantiene su cantidad, forma y dimensiones físicas sublimándose al medio ambiente.

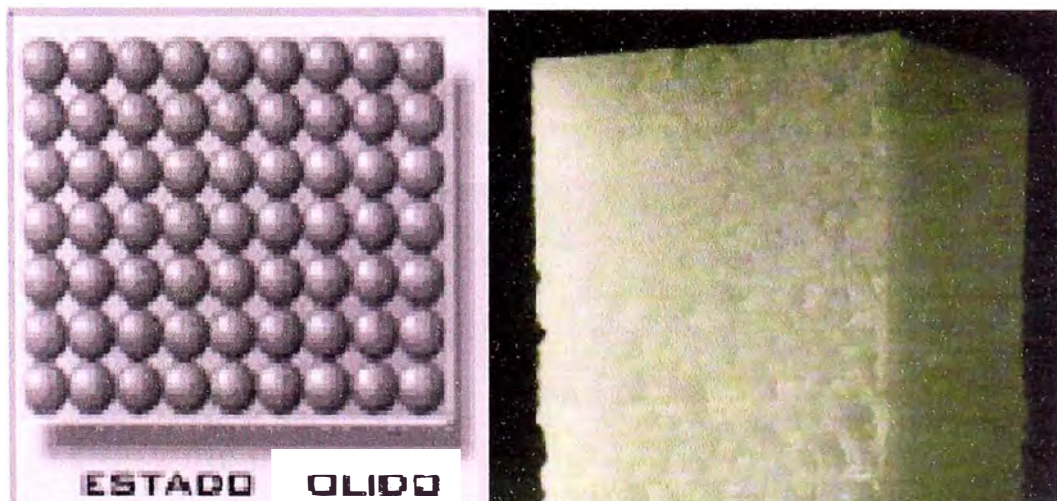


Figura 3.1 Representación y vista del CO₂ sólido

El CO₂ en estado líquido(UN 2187), mantiene su cantidad y tamaño pero no su forma. El líquido siempre toma la forma del recipiente que lo contiene.

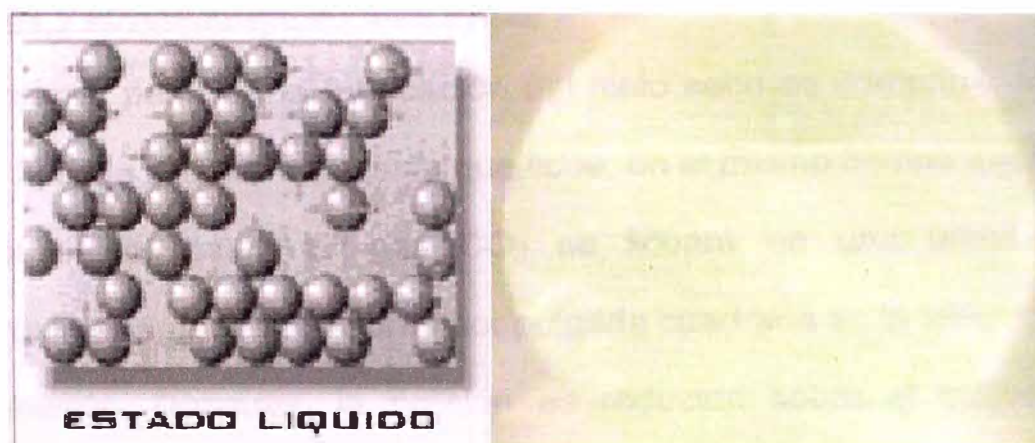


Figura 3.2 Representación y vista del CO₂ líquido

El CO₂ en estado gaseoso (UN 1013), no tiene una tendencia a retener ni el tamaño ni la forma.

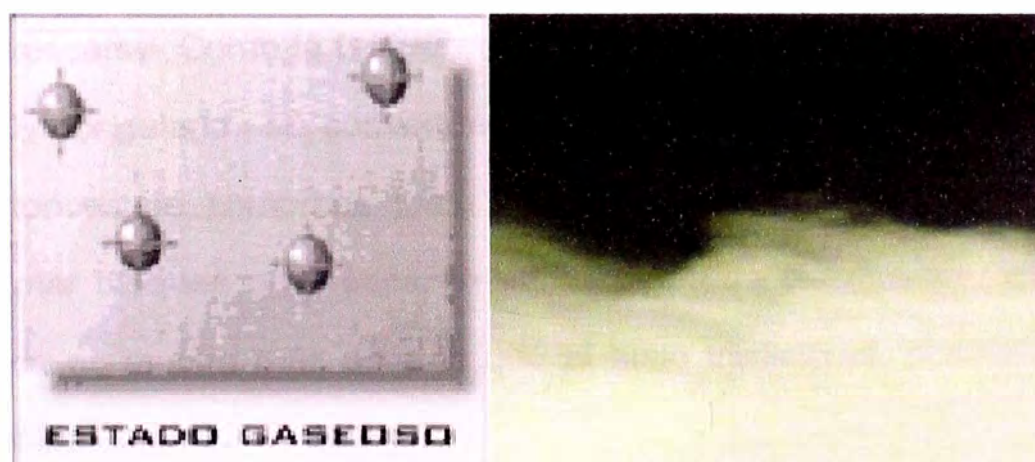


Figura 3.3 Representación y vista del CO₂ gaseoso

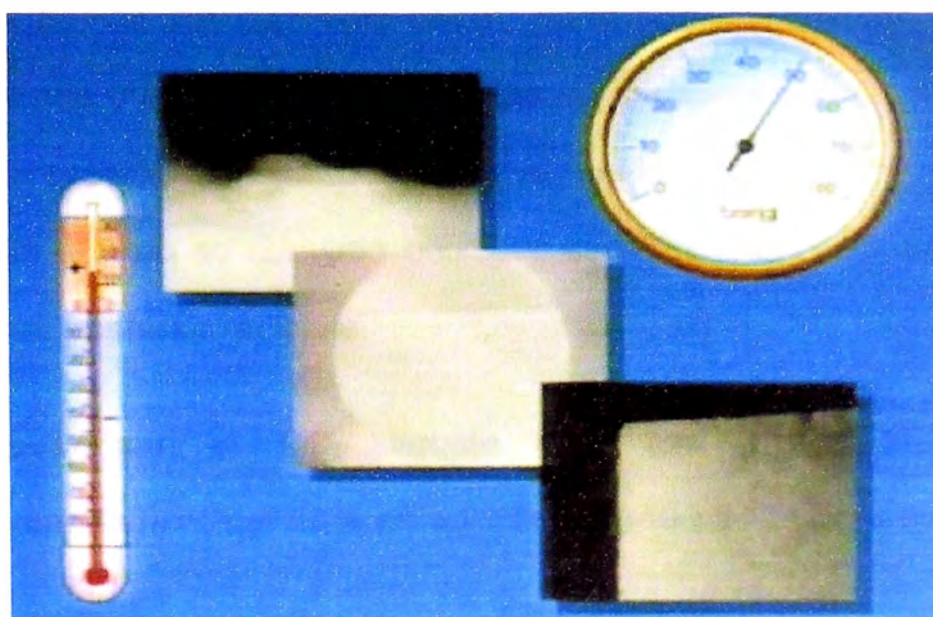


Figura 3.4 Estados del CO₂ a distinto presión y temperatura

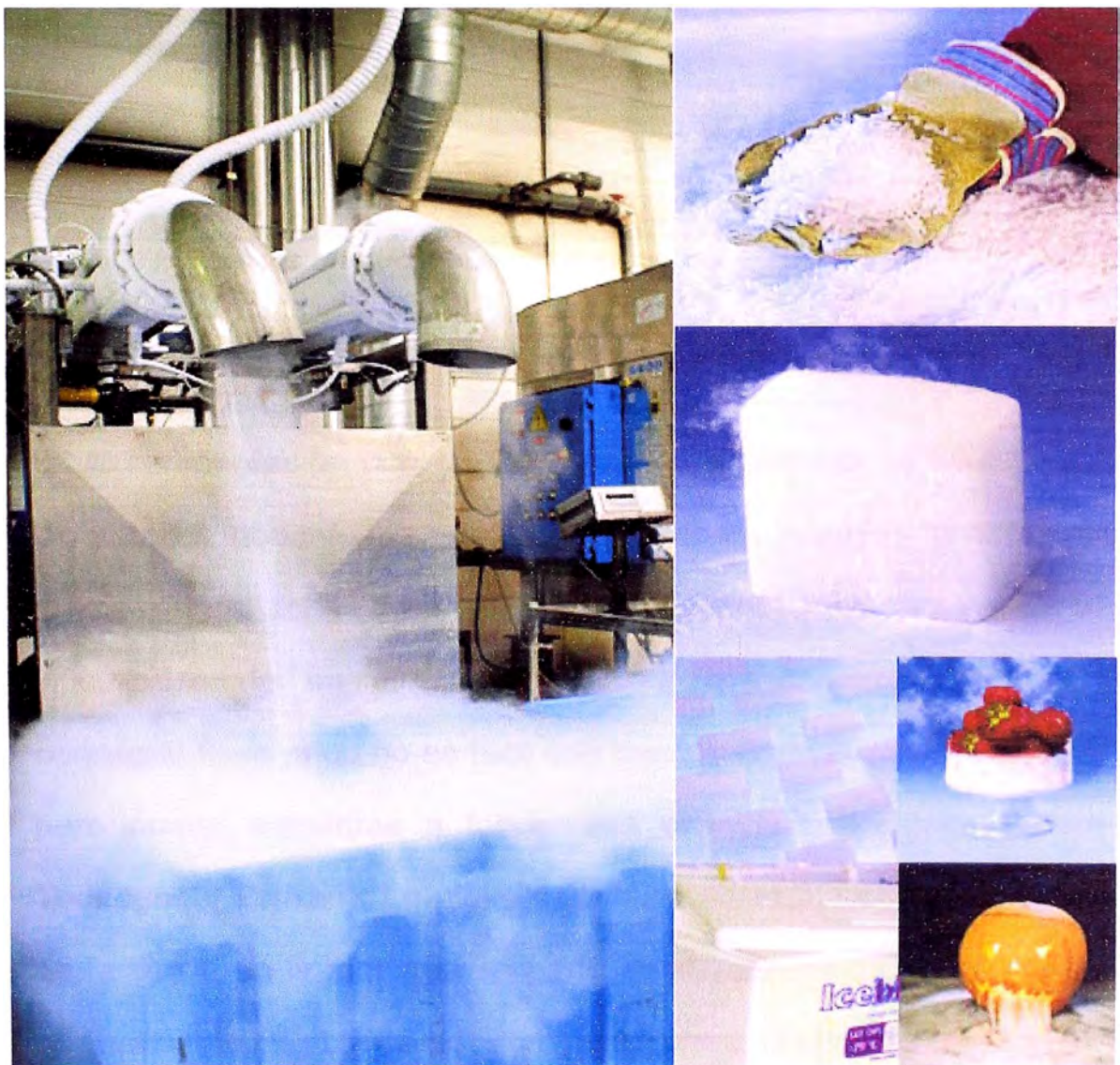
3.2 Usos y aplicaciones en fase sólida

El primer paso en la fabricación del hielo seco es comprimir el gas del bióxido de carbono hasta que licue, en el mismo tiempo que quita exceso del calor. El gas CO_2 se licuará en una presión de aproximadamente 270 libras por pulgada cuadrada en la temperatura ambiente. Después, la presión es reducida sobre el bióxido de carbono líquido enviándolo a través de una válvula de expansión en un compartimiento vacío a presión casi atmosférica. El líquido destellará, como dando vuelta en el gas, que hace el resto refrescarse. Como la temperatura cae a -109.3°F , la temperatura de CO_2 congelado se convertirá en nieve. Esta nieve del hielo seco entonces se comprime justo debajo de una prensa grande para formar bloques o se saca en varias pelotillas clasificadas. El hielo seco es mucho más pesado que el hielo tradicional, pesando casi doble.

En la fabricación de "hielo seco", parte de inyectar CO_2 líquido dosificado y estrangularlo para bajar su presión súbitamente en una torre a presión a casi atmosférica, ya que la presión es originada por el CO_2 que no se convirtió en nieve carbónica, está es succionada para su posterior reciclaje.

Al pulverizar el CO_2 líquido con una caída de presión aproximadamente el 50% se solidifica como nieve como se observa en las figuras 3.5 y el resto ya gasificado es recuperado para ser

licuado y seguir inyectando líquido para fabricar más hielo seco, para obtener algo más compacto y duradero se comprime hasta alcanzar una densidad de $1,500 \text{ kg/m}^3$, allí se pueden preparar diversas presentaciones del hielo seco (figura 3.6.)



Figuras 3.5 Producción de nieve y bloques de CO_2 para usos varios.

El dióxido de carbono en estado sólido, también denominado nieve carbónica o hielo seco, puede ser un excelente vehículo para hacer

un estudio de la química general con una posibilidad de profundización todo lo grande que se desee, por lo que el recurso puede emplearse con éxito desde los primeros contactos de los estudiantes con la química.



Figura 3.6 Diversas presentaciones comerciales del hielo seco

La experimentación con el hielo seco ha sido poco utilizada en los laboratorios docentes, a pesar de ser inocua, sencilla, sorprendente y motivadora, tal vez por desconocer la forma de adquirirlo y las dificultades de su almacenamiento y conservación. Y es que conseguir hielo seco no es fácil con medios normales de laboratorio, pero puede adquirirse a fabricantes especializados (por ejemplo Tecnogas y Praxair). La nieve carbónica no existe de forma natural en la tierra, en la industria se parte de dióxido de carbono gas que normalmente se obtiene por combustión de un hidrocarburo.

En este tipo de diagrama, en las abscisas aparece la temperatura y en las ordenadas la presión. Las líneas representan estados de equilibrio entre las fases (coexistencia de fases ver figura.3.7). En las zonas limitadas por estas líneas solo es posible, de forma estable, la

existencia de una única fase. El punto triple, intersección de las tres líneas de equilibrio corresponde a las condiciones de presión y temperatura en que las tres fases se encuentran en equilibrio, es decir, pueden coexistir.

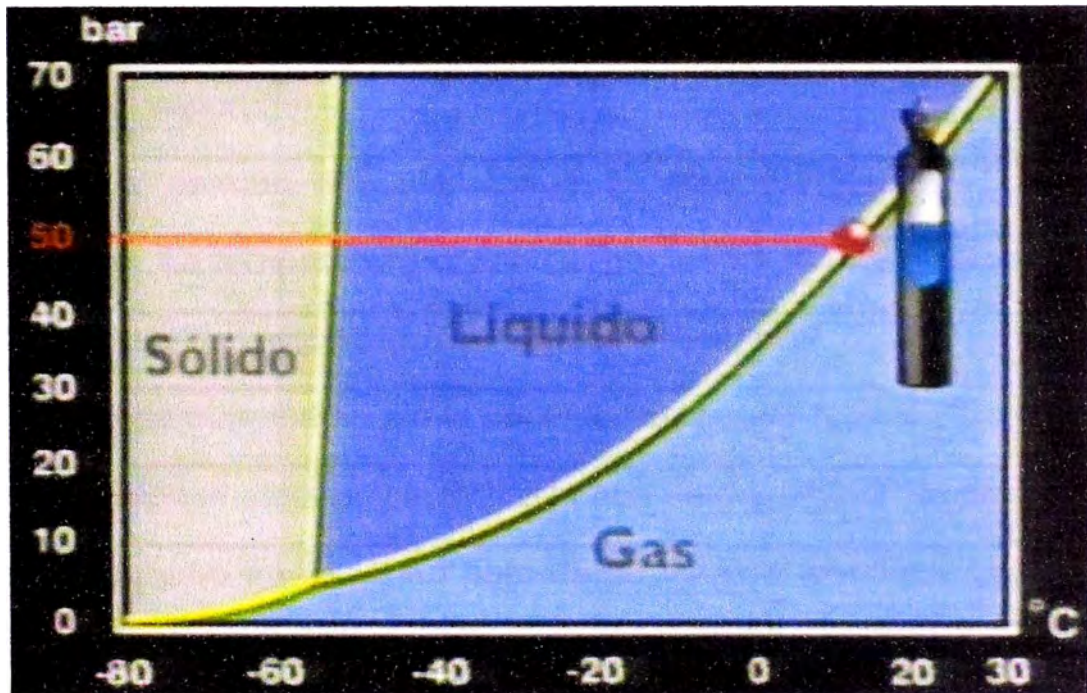


Figura. 3.7. Representación de presión y temperatura del CO_2

El CO_2 no puede transformarse en líquido a presión atmosférica, ya que sublima sin pasar por líquido. Ello es fácilmente verificable siguiendo la línea horizontal correspondiente a 1 atmósfera; a -78 °C esta horizontal atraviesa la línea de equilibrio sólido-vapor y el CO_2 sublima, es decir pasa directamente de sólido a gas.

El punto triple se encuentra por encima de 1 atmósfera de presión y la presión de vapor del sólido alcanza la presión atmosférica antes de que aparezca la fase líquida, en consecuencia, se produce la sublimación.

En el agua, sin embargo el punto triple se encuentra a 4,6 mm Hg de presión y 0,0098 °C de temperatura, es decir, por debajo de 1 atmósfera; por eso, a esta presión el aumento de temperatura de una muestra de hielo significa primero la fusión a 0 °C y la ebullición a 100 °C. A temperaturas superiores a 100 °C solo es posible el estado de vapor.

El CO₂ a presión elevada puede licuarse (verifíquese sobre el diagrama). La temperatura crítica del gas es 31 °C, de modo que por encima de esta temperatura es imposible licuarlo.

Una medida cuantitativa de la sublimación puede hacerse con ayuda de una balanza electrónica, sobre la que se depositará un pedazo de hielo seco y se irá tomando nota de su masa a intervalos regulares de tiempo. Deberá tomarse la precaución de proteger adecuadamente la balanza porque, al ser el CO₂ más pesado que el aire, los gases fríos pueden alterar temporalmente los circuitos de la balanza.

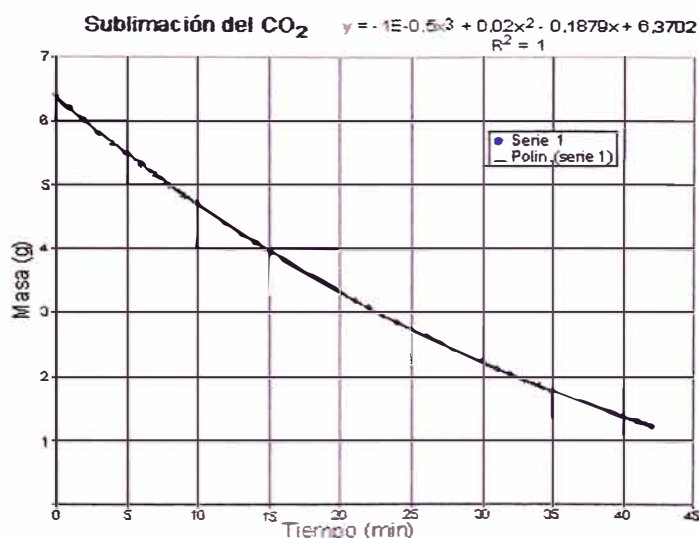


Figura 3.8 Estimación de la sublimación del hielo seco

En la figura 3.8 se observa la evolución de un pedazo de nieve carbónica en la que puede verse cómo la masa instantánea depende de un polinomio de tercer grado del tiempo, lo que sugiere que la velocidad de sublimación es proporcional a la superficie de la muestra.

El producto obtenido se aplica en múltiples procesos, por ejemplo: en la limpieza de moldes, no dejando residuos(ver figuras 3.9)



Figuras 3.9 Aplicación en limpieza de superficies con CO_2

3.2.1 En Refrigeración

Como es sabido, la refrigeración impide o retrasa el desarrollo de bacterias y mohos, además impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente. Tiene por objeto enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias perecederas, pieles, productos farmacéuticos, etc. El hielo seco presenta mayor poder de refrigeración que el hielo de agua; así, medio kilogramo de CO_2 sólido a presión atmosférica produce un efecto refrigerante de unas 7000 calorías.

3.2.2 En Criocirugía

La nieve carbónica puede producir temperaturas adecuadas para el tratamiento de lesiones cutáneas benignas y superficiales (se requieren temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), tales como las verrugas o la queratosis solar, pero no son tan eficaces como el nitrógeno líquido para destruir los cánceres cutáneos. Este último alcanza temperaturas superficiales que pueden llegar a $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$, según el método de aplicación, hisopo de algodón, aerosol o utilizando una sonda.

3.3 Usos y aplicaciones en fase líquida

3.3.1 Aplicación como extintor

El riesgo para las personas ante descarga de grandes cantidades de anhídrido carbónico líquido para extinguir incendios puede constituir un peligro para las personas. La nieve de anhídrido carbónico que forma parte de la descarga de CO_2 líquido puede interferir gravemente la visibilidad durante e inmediatamente después del periodo de descarga. Además, el ruido de la descarga puede fácilmente asustar a la gente que no tiene experiencia previa o que no ha sido advertida. Se producirá una atmósfera deficiente en oxígeno cuando para la extinción del fuego sea necesario llenar de anhídrido carbónico un local cerrado. Estas atmósferas pobres en oxígeno pueden producirse también por la descarga de un

gran volumen de anhídrido carbónico que se desplaza por corrientes, depositándose en espacios bajos tales como sótanos, túneles o pozos.

Los peligros de las atmósferas pobres en oxígeno pueden evitarse instalando sistemas de aviso y estableciendo ciertos procedimientos específicos de emergencia, o retrasando la descarga del anhídrido carbónico o mediante otras medidas similares.

3.3.1.1 Métodos de aplicación

Existe dos métodos básicos en la aplicación de CO₂ para la extinción de incendios. Uno consiste en descargar suficiente agente en un recinto para crear una atmósfera en el volumen encerrado. Esto se denomina “inundación total”. El otro método, consiste en descargar directamente sobre el material en combustión para obtener la extinción, sin confiar en un recinto que retenga al CO₂. Esto se denomina “aplicación local”.

3.3.1.1.1 Inundación total

En estos sistemas el CO₂ se aplica mediante toberas, diseñadas y emplazadas de forma tal, que generen una concentración uniforme en todos los puntos del recinto. La cantidad de CO₂ requerida para conseguir una atmósfera extintora se calcula fácilmente, basándose en el volumen y la concentración requerida por el material que haya en el recinto.

La integridad del propio recinto constituye una parte muy importante del sistema de inundación total. Si el recinto es muy hermético, particularmente en los costados y fondo, la atmósfera puede mantenerse durante largo tiempo, a fin de asegurar el control total del fuego. Si hay aberturas en los costados y fondo, la mezcla, más pesada, de CO_2 y aire puede escapar rápidamente y ser reemplazada con aire que penetre por las aberturas más elevadas. Si la atmósfera de extinción se pierde rápidamente, pueden permanecer brasas incandescentes, que provoquen la reignición cuando el aire alcance la zona de incendio. Es por ello importante que se cierren todas las aberturas para minimizar las fugas, o bien que se compense la atmósfera, añadiendo más CO_2 . Debido al peso relativo del CO_2 una abertura en el techo ayuda a liberar la presión interna del aire durante la descarga con muy poca influencia sobre la velocidad de fugas después de esta.

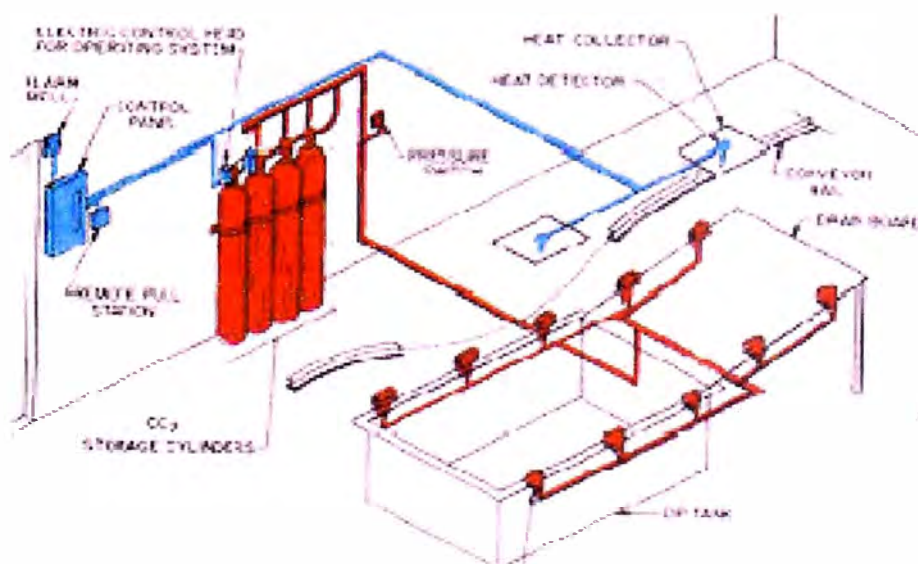


Figura 3.10 Sistema de inundación total con CO_2

La concentración mínima empleada en los sistemas de inundación total es del 34% en volumen de CO₂ para materiales de combustión superficial, tales como algunos líquidos combustibles. Los cableados eléctricos, incluyendo pequeños aparatos eléctricos, requieren el 50%. El papel en cantidades masivas requiere el 65% y los almacenes de pieles y colectores de polvo el 75%. Estos constituyen riesgos específicos de los que existen abundantes experiencias de ensayos. Otros materiales han de ensayarse para determinar las concentraciones mínimas y el tiempo de aplicación.

3.3.1.1.2 Descarga prolongada

Se emplea cuando un recinto no es lo suficientemente hermético como para mantener una concentración de extinción el tiempo deseado.

Generalmente consiste en una descarga inicial de alta velocidad, seguida de otra reducida para obtener la concentración necesaria en un tiempo razonablemente corto. La velocidad de descarga reducida debe ser una función de la velocidad de fugas, que puede calcularse a partir de la superficie de fugas o caudal, a través de conductos de ventilación que no puedan cerrarse.

La descarga prolongada se aplica particularmente a equipos eléctricos rotativos encerrados, tales como generadores, donde resulta difícil impedir la fuga hasta que se detienen. También puede aplicarse a sistemas ordinarios de inundación total e incluso a sistemas de aplicación local donde algún punto caliente puede requerir enfriamiento prolongado.

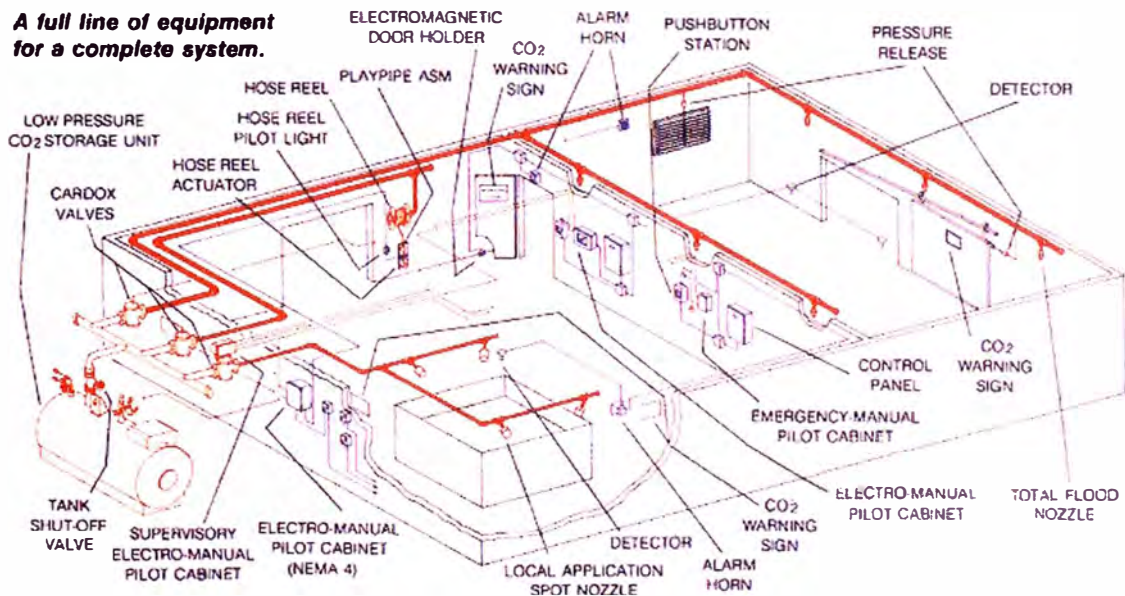
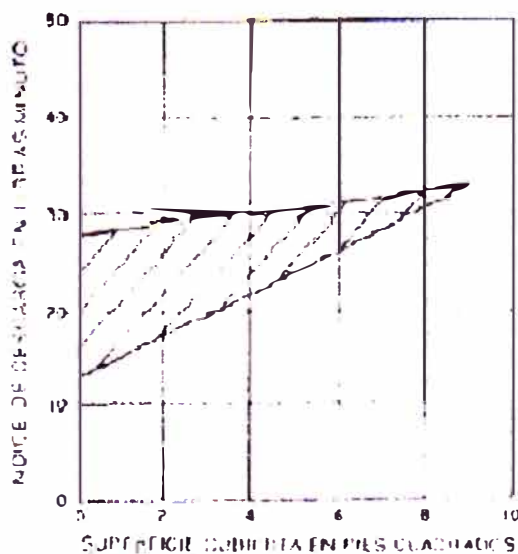
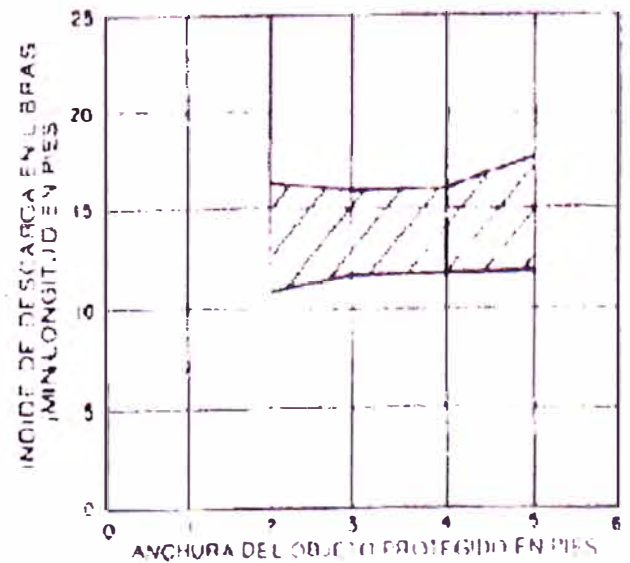


Figura 3.11 Descarga prolongada por tanque de CO₂



CURVA TÍPICA DE CERTIFICACIÓN O APROBACIÓN PARA UNA BOQUILLA DE CO₂ INSTALADA A UN LADO DEL DEPÓSITO, MOSTRANDO EL ÍNDICE DE DESCARGA FRENTE A LA SUPERFICIE COBERTA.

Figura 3.12 Índice de Superficie



CURVA TÍPICA DE CERTIFICACIÓN O APROBACIÓN PARA UNA BOQUILLA LINEAL DE CO₂, MOSTRANDO EL ÍNDICE DE DESCARGA FRENTE A LA ANCHURA DEL OBJETO PROTEGIDO.

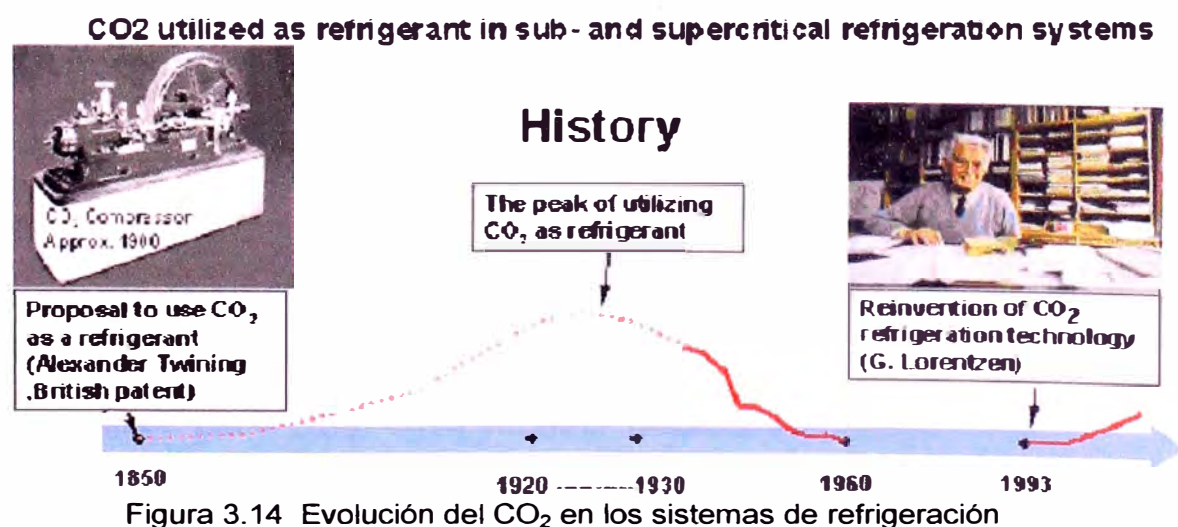
Figura 3.13 Índice de Anchura

3.3.2 Aplicación en la refrigeración comercial

La sustitución de los refrigerante actuales por el R744 (Número de Refrigerante asignado al CO₂) representa un reto significativo ya que se requiere de un ciclo a una presión más alta.

Los beneficios medioambientales se consiguen porque el refrigerante R744 posee un potencial sobre el calentamiento global más de mil veces menor que el actual R134a, además ya no se necesita recuperar ni reciclar al final de su ciclo.

En un esfuerzo por averiguar sobre esta alternativa nos encontramos con información sustancial sobre este viejo refrigerante natural que parece ser la gran solución al tema y vuelve a tomar vigencia como se puede apreciar en la figura 3.14.



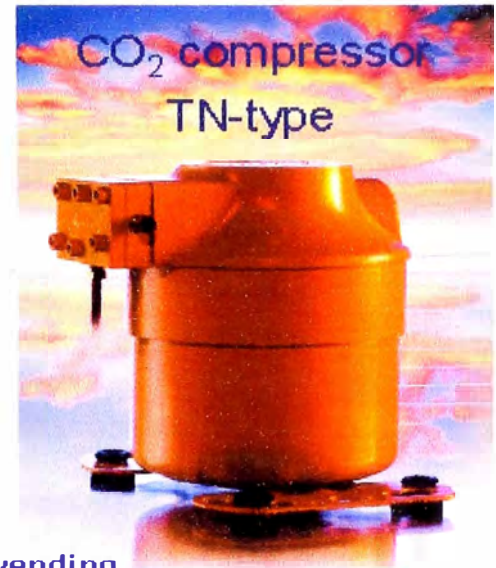
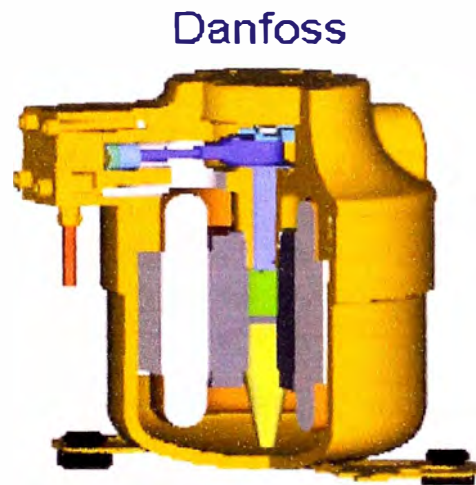
Los refrigerantes sintéticos fueron originalmente escogidos porque los refrigerantes naturales tenían ciertas desventajas.

Aún las tienen, pero a diferencia de los refrigerantes sintéticos los refrigerantes naturales son bien conocidos y están bien documentados.

El CO₂ no es solamente un refrigerante económico, tiene también otros beneficios, mínimo impacto ambiental, bajo costo inicial y alta estabilidad, Además cuando se usa en sistemas de circuito cerrado, el CO₂ no es químicamente activo y no es inflamable, ni tóxico.

Más aún, el CO₂ es también un refrigerante altamente eficiente. Por ejemplo con la más reciente tecnología, es posible alcanzar temperaturas de aire en los congeladores de placas que son hasta 10°C más bajas que los sistemas de refrigeración convencionales, y a costos similares. Esto significa menos tiempo a congelar el producto a -20°C, lo que da origen a un 20% de mejoramiento en la producción.

Varios grupos industriales independientes vienen centrándose en el diseño, producción y venta de componentes y sistemas de CO₂ dentro de los cuales es bien reconocido DANFOSS quien ya lanzó al mercado su compresor para CO₂, cuyo modelo podemos apreciar. Para que el CO₂ pueda ser considerado el refrigerante del futuro no le falta mucho, dado que los materiales tienden a ser más compatibles en la actualidad, pero debemos tener ciertas consideraciones y compararlo con otros refrigerantes actuales.



Application :

Light commercial applications like vending machines, small air-conditioners, and heat pumps.

Figuras 3.15 Compresor de CO₂ moderno para equipos comerciales

3.3.2.1 Ventajas

- Potencial disminución del OZONO (ODP) = 0 (Inocuo para el medio ambiente y seguro para el futuro)
- Potencial de calentamiento global (GWP) = 1
- No inflamable
- No tóxico
- Disponible y barato
- Alto rendimiento volumétrico: 3 -12 veces el rendimiento del NH₃
- Compresores, cañerías y auxiliares: 3 -12 veces mas pequeños
- Alto COP
- Bajo consumo de energía
- Alto coeficiente de transferencia de calor:
Condensadores y evaporadores más pequeños

-Baja pérdida de presión: cañerías más pequeñas, menos aislamiento

3.3.2.2 Desventajas

- Diseño para alta presión
- Temperatura de evaporación limitada mínima de -56°C
- Temperatura de condensación máxima de $+31^{\circ}\text{C}$
- Más pesado que el aire
- Inodoro, en caso de escape, no hay advertencia por olor.

| CO ₂ properties compared with various refrigerants | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Refrigerant | | R134a | R404A | NH ₃ | CO ₂ |
| Natural substance | | NO | NO | YES | YES |
| Ozone Depletion Potential (ODP)* | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Global Warming Potential (GWP)* | | 1300 | 3260 | - | 1 |
| Critical point | bar [psi] | 40.7 [590] | 37.3 [541] | 113 [1640] | 73.6 [1067] |
| | $^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$] | 101.2 [214] | 72 [162] | 132.4 [270] | 31.1 [87.9] |
| Triple point | bar [psi] | 0.004 [0.06] | 0.028 [0.41] | 0.06 [0.87] | 5.18 [75.1] |
| | $^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$] | -103 [-153] | -100 [-148] | -77.7 [-108] | -56.6 [-69.9] |
| Flammable or explosive | | NO | NO | (YES) | NO |
| Toxic | | NO | NO | YES | NO |

Figura 3. 16 El CO₂ comparado con otros refrigerantes

3.4 Usos y aplicaciones en fase gaseosa

3.4.1 En bebidas carbonatadas

La carbonatación consiste en incorporar suficiente CO₂ al agua o la bebida a fin de que cuando se sirva el producto debe escapar el gas bajo la forma de burbujas finas. Las cantidades de gas disuelto o contenidas en la solución son conocidas por el nombre de volúmenes. Cuando un volumen

de gas de CO₂, medidos bajo las condiciones estándar para los gases, se disuelve en el mismo volumen dado de líquido, se dice que el líquido contiene un volumen de gas.

Dentro de la amplia gama de bebidas carbonatadas podemos mencionar dos principales, la cerveza . que esta compuesta por ingredientes tales como: cebada, lúpulo, agua tratada, CO₂, enzimas, etc. y la gaseosa compuesta por agua tratada, CO₂, azúcar, saborizantes, colorantes y preservantes.

3.4.2 Tratamientos de aguas con CO₂

La neutralización de las aguas alcalinas con CO₂ es una técnica que ofrece grandes ventajas gracias a su versatilidad. Muchas industrias se benefician con este proceso gracias a la optimización de sus estaciones de tratamiento reduciendo los costos operacionales y eliminando los riesgos recurrente del empleo de ácidos.

Las ventajas de esta utilización del proceso con CO₂ son:

- Mejora de las condiciones operacionales, eliminando los riesgos de manipulación de ácidos agresivos, evitando la presencia de vapores tóxicos.
- Economía de mantenimiento, aumentando la vida útil de los equipos, evitando los efectos corrosivos de los ácidos convencionales.

- Seguridad de neutralización evitando efectos de super-acidez.
- Facilidad de almacenamiento, evitando los inconvenientes de suministro de otros ácidos.
- Mayor economía operativa, resultante de menores consumos en relación a otros ácidos.
- Baja inversión inicial al no requerir equipos sofisticados.
- Funcionamiento continuo y sin necesidad de diluciones para un perfecto ajuste del pH
- Facilidad de automatización.
- Mayor estabilidad si es utilizado en sistemas biológicos.

3.4.3 Proceso de moldeo en fundición

Las partes huecas de una pieza se consiguen con el empleo de machos, la fabricación de estos constituye una de las opciones más delicadas de moldear, porque casi siempre tienen importancia decisiva para la obtención de piezas sin defectos.

Es por esto que la utilización de la arena para alma de los machos tiene ciertos procesos, dentro de los cuales se encuentra el CO_2 con el silicato de sodio para el moldeo.

En este proceso se usa la sílice, esta se mezcla con el silicato de sodio tal como si fuera una mezcla en verde, se confeccionan con moldes y finalmente se inyecta con CO_2 .

El mecanismo de endurecimiento es de origen químico (Gelificación) y físico (Deshidratación).

3.4.4 Gas de protección en soldadura

La protección del baño de soldadura puede efectuarse únicamente con gas protector, que lo sobrenada, o bien combina este efecto con el de una capa de fundente, en el caso que se utilice un electrodo tubular.

Como gas protector se utiliza preferentemente una mezcla de un 80% de Argón y el resto de CO_2 , tanto con electrodos de alambre macizo como tubulares con fundente. El CO_2 como único componente del gas protector sólo es aplicable con éxito con ciertos tipos de electrodos tubulares.

Los electrodos tubulares con núcleo de fundente dan lugar a gases protectores, que completan el flujo que emana durante la soldadura a través de las zapatas de las cajas de gases, por lo que en ocasiones se denominan de autoprotección.

3.4.4.1 Transferencia en corto-circuito

Los cortos circuitos producidos por el contacto del electrodo con el baño fundido, ocurren con mucha regularidad, hasta 200 o más veces por segundo. El resultado final es un arco muy estable usando baja energía (inferior a 250 Amperios.) y bajo calor. El bajo calor reduce a un mínimo la distorsión, deformación del metal y otros efectos metalúrgicos

perjudiciales (figura 3.17). Esta transferencia metálica se obtiene en presencia de dióxido de carbono (CO_2) o Ar-CO_2 .

3.4.2.2 Transferencia globular

El metal se transfiere en gotas de gran tamaño. La separación de las gotas ocurre cuando el peso de éstas excede la tensión superficial que tiende a sujetarlas en la punta del electrodo. La fuerza electromagnética que actuaría en una dirección para separar la gota, es pequeña en relación a la fuerza de gravedad en el rango de transferencia globular (sobre 250 Amperios) La transferencia globular se utiliza para soldar acero dulce en espesores mayores a $1/2''$ (12,7 mm), en que se requiere gran penetración (figura 3.18).

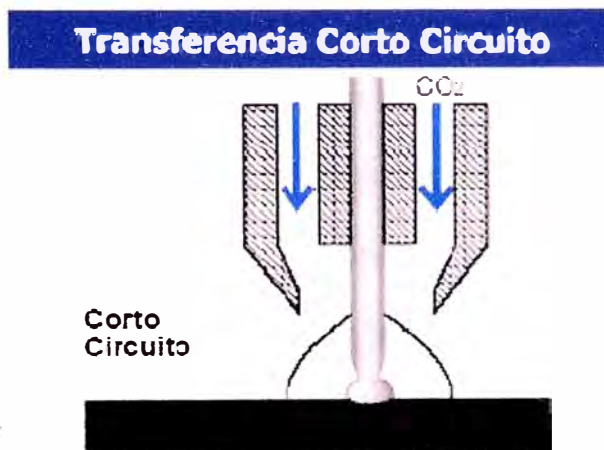


Figura 3.17 Esquema en corto circuito

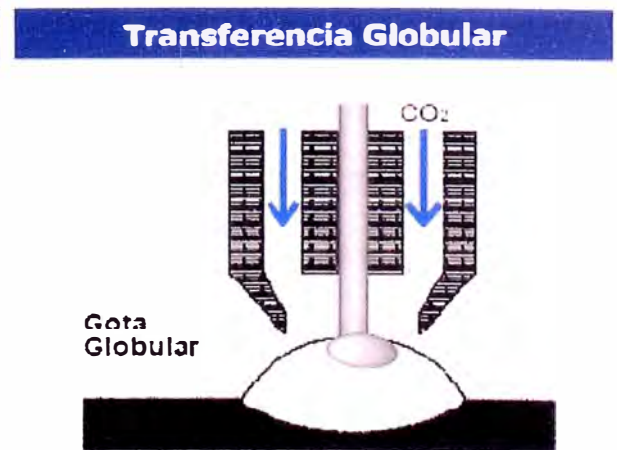


Figura 3.18 Esquema en globular

3.4.5 Desencalado de cuero

Durante mucho tiempo se han usado compuestos a base de amoníaco y otros ácidos débiles para el desencalado de las

pieles. A pesar de los terribles efectos colaterales para el medio ambiente de estos agentes, casi no se han desarrollado nuevos métodos.

AGA posee un nuevo método de desencalado, inocuo para el medio ambiente, que no sólo es más fácil de utilizar sino que incluso puede mejorar la calidad del cuero. Este método se basa en el empleo de CO₂ que no resulta perjudicial para el medio ambiente y es mucho más fácil de utilizar que los ácidos convencionales. Además, el proceso es más delicado con las pieles y mejora la calidad del producto acabado, a la vez que reduce los costos operacionales relativos a este proceso.

3.4.6 Expansión de espuma de poliuretano

La espuma de poliuretano está presente en innumerables productos que son utilizados en el día a día de las personas. En esta aplicación, AGA utiliza el CO₂ a alta presión para formar la espuma. El gas es inyectado en conjunto con los productos químicos, permitiendo mejor distribución del material en el molde y facilitando el ajuste de la densidad deseada.

3.5 Carbonatación

Después de innumerables ensayos para producir artificialmente tales aguas, los científicos jugaron a imitar , y a mejorar este producto de la naturaleza. Poco tiempo después los sabores fueron incorporados

al agua para estimular su sabor y así fueron desarrolladas las “aguas carbonatadas” o “bebidas gaseosas” de nuestros días.

La tremenda aceptación que tienen las bebidas carbonatadas en forma de refrescos se deben en parte al sabor único por deleite al burbujeo, que el anhídrido carbónico imparte en el producto, a pesar de que representa solo el 1% del total de los insumos en una embotelladora. Motivo por el cual las empresas que antiguamente tenían su fábrica de Gas Carbónico, optan actualmente por comprar CO_2 a las dos únicas empresas que fabrican este gas en el Perú Tecnogas y Praxair.

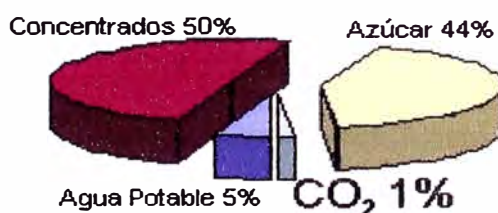


Figura 3.19 Porcentaje de insumos en una embotelladora

La incorporación de dióxido de carbono resalta el efecto refrescante de muchas bebidas. Finalmente debe hacerse mención al efecto hiperhémico del dióxido de carbono, que acelera la absorción de otras sustancias por la membrana mucosa del estómago. Este fenómeno influye por ejemplo, en la absorción acelerada del alcohol del champán y vinos espumosos.

El agua tiene la propiedad de absorber determinada cantidad de algunos gases, que estén en contacto con ella. El CO_2 es uno de

ellos. A 60 °F (15.6° C) y a presión atmosférica, absorberá una cantidad igual a su volumen lo cual se conoce como “Volumen de Carbonatación”.

El método usual para medir el grado de carbonatación de cualquier líquido, es determinante en el número de volúmenes de gas que contiene. Mientras más fría este el agua, será mayor la absorción del Bióxido de Carbono y mayor la retención. Agua a 70 °F (21.1 °C) y presión atmosférica, absorberá solamente 0.85 volúmenes , mientras que a 50 °F (10 °C) y al misma presión, absorberá 1.19 volúmenes. La cantidad de Bióxido de Carbono que absorberá el agua a una temperatura dada, variará proporcionalmente a la presión.

Agua 60 °F (15.6 °C) y a presión atmosférica absorberá un volumen de Bióxido de Carbono. Si el agua se pone en un recipiente cerrado y la presión del Bióxido de Carbono se aumenta cuatro veces, se absorberán 4 volúmenes. Hay una relación directa en el grado de carbonatación, y el sabor de la bebida terminada.

A una bebida que le falta Bióxido de Carbono, le falta también parte de su sabor o efecto picante, y se describe a menudo como floja. Cuando una solución ha absorbido todo el CO₂ que puede retener a una determinada presión y temperatura, se dice que está saturada. Si después se reduce la presión o se aumenta la temperatura, entonces la solución contendrá más gas del que puede retener, y está sobresaturada. Parte del gas se desprenderá de la solución,

hasta que llegue otra vez hasta su punto de saturación. Cuando una botella cerrada con bebida carbonada se calienta, la presión sube en el espacio libre del líquido, hasta que llegue a su punto de saturación, entonces ya no escapa más CO₂ de la bebida.

| VOLUMENES DE CO ₂ GASEOSO DISUELTO EN AGUA | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Psig °F | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 |
| 32 | 6.3 | 6.5 | 6.7 | 7.0 | 7.2 | 7.4 | 7.7 | 7.9 | 8.2 | 8.4 | 8.6 |
| 33 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 7.1 | 7.3 | 7.5 | 7.8 | 8.0 | 8.2 | 8.4 |
| 34 | 6.0 | 6.2 | 6.5 | 6.7 | 7.0 | 7.2 | 7.4 | 7.6 | 7.8 | 8.0 | 8.2 |
| 35 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.2 | 7.4 | 7.6 | 7.8 | 8.0 |
| 36 | 5.8 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.9 | 7.1 | 7.3 | 7.5 | 7.7 | 7.9 |
| 37 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.7 | 6.9 | 7.1 | 7.4 | 7.6 | 7.8 |
| 38 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.2 | 7.4 | 7.6 |
| 39 | 5.4 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.2 | 7.4 |
| 40 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.7 | 6.9 | 7.1 | 7.3 |
| 41 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.1 |
| 42 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.6 | 6.8 | 7.0 |
| 43 | 5.0 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.7 | 6.9 |
| 44 | 5.0 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.7 |
| 45 | 4.8 | 5.0 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.4 | 6.6 |
| 46 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.3 | 5.4 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.1 | 6.3 | 6.4 |
| 47 | 4.6 | 4.8 | 5.0 | 5.2 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 6.2 | 6.3 |
| 48 | 4.6 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.2 |
| 49 | 4.5 | 4.6 | 4.8 | 5.0 | 5.1 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 6.1 |
| 50 | 4.4 | 4.5 | 4.7 | 4.9 | 5.0 | 5.2 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.0 |
| 51 | 4.3 | 4.5 | 4.6 | 4.8 | 5.0 | 5.1 | 5.3 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 5.9 |
| 52 | 4.2 | 4.4 | 4.5 | 4.7 | 4.9 | 5.0 | 5.2 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 5.8 |
| 53 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 5.2 | 5.4 | 5.5 | 5.7 |

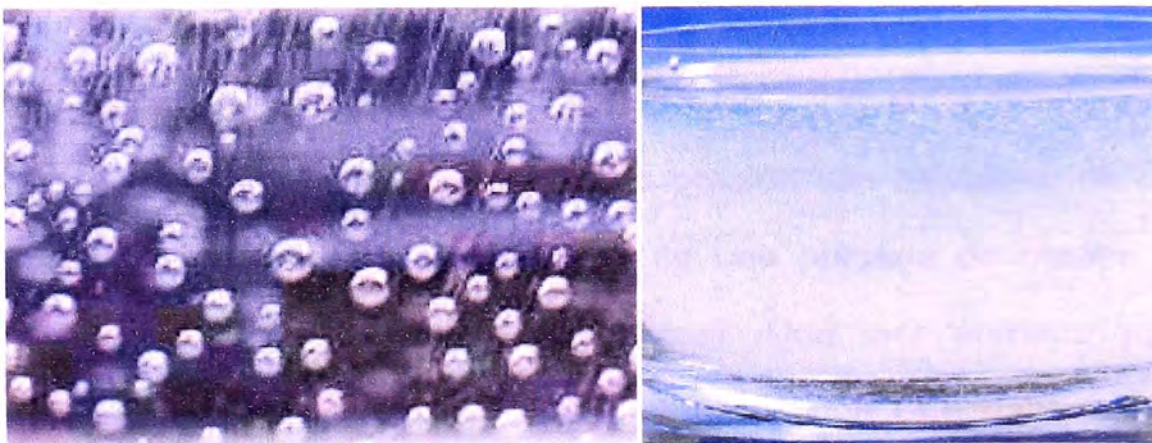
Tabla 3.1 Volúmenes disueltos de CO₂ en la bebida gaseosa

La cantidad de gas disuelta se mide en volúmenes. Si un litro de agua se carbonata con 2.5 volúmenes, eso significa que hay 2.5 litros de CO₂ disueltos en cierta presión y cierta temperatura del H₂O (tabla 3.1).

Cuando uno produce debe tomar control del nivel de carbonatación de forma de lograr obtener los sabores y aromas, pero de forma controlada.

3.5.15 Presión

La presión, medida en libras por pulgada cuadrada (pounds per square inch, PSI) se define como la fuerza a la cual las moléculas de CO₂ en la parte superior del carbonatador, presionan a la bebida (algo así como si se sentaran arriba). A medida que la presión aumenta, el gas golpea a la bebida con mayor fuerza y se disuelve dentro de la cerveza más fácilmente.



Figuras 3.20 Efecto burbujeando del CO₂ en la bebida

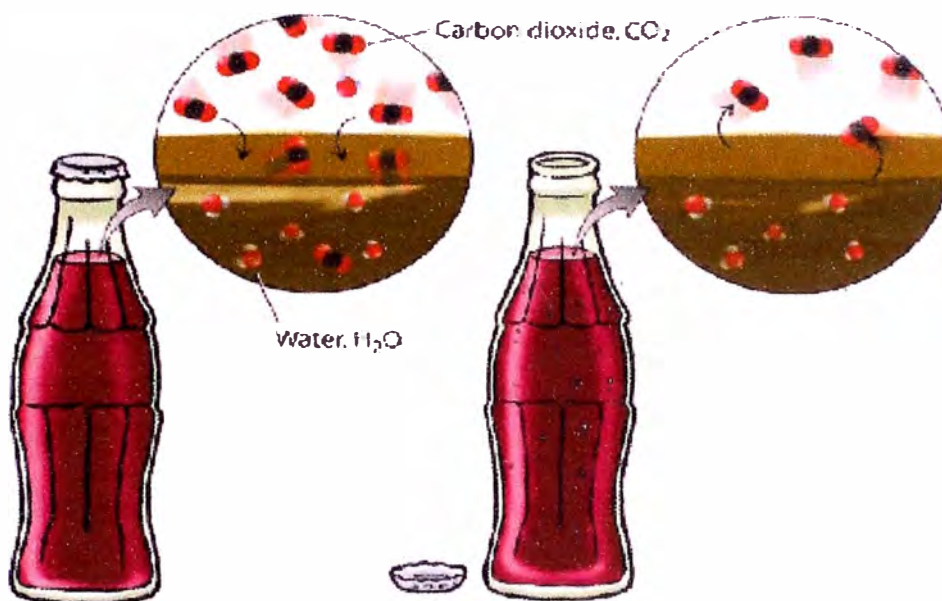
A medida que la presión disminuye, el gas no se disuelve dentro de la bebida tan fácilmente y sale del líquido (figura 3.20).

Las altas presiones incrementan los niveles de carbonatación, las presiones bajas reducen los niveles de carbonatación. La correcta cantidad de presión en un envase (metálico o botella) mantendrán el correcto nivel de carbonatación. La mayoría de los fabricantes de bebidas dan sus niveles sugeridos de presión para las bebidas que ellos venden. Siempre se debe utilizar el cuadro de carbonatación para determinar la presión adecuada.

3.5.2 Temperatura y balance de CO₂

La temperatura de la bebida afecta la cantidad de presión necesaria en el envase para controlar el nivel de carbonatación. A medida que la temperatura se incrementa, las burbujas de CO₂ se expanden y "salen" de la bebida (figura 3.21). Si la temperatura cae, el gas se disuelve más fácilmente (figura 3.22).

Generalmente, un incremento de 2 grados (° F) en la temperatura necesita una libra de incremento de presión. Un descenso de dos grados en la temperatura requiere de una pulgada de menos de presión (misma aclaración que antes). Una vez enfriado para aumentar la solubilidad, se satura el jarabe con CO₂ gaseoso, es decir, se carbonata. El CO₂ es muy soluble en agua, no es tóxico, es inerte, barato y no confiere olor o sabor al producto.



Figuras 3.21 Pérdida del CO_2 en la bebida al caer la presión

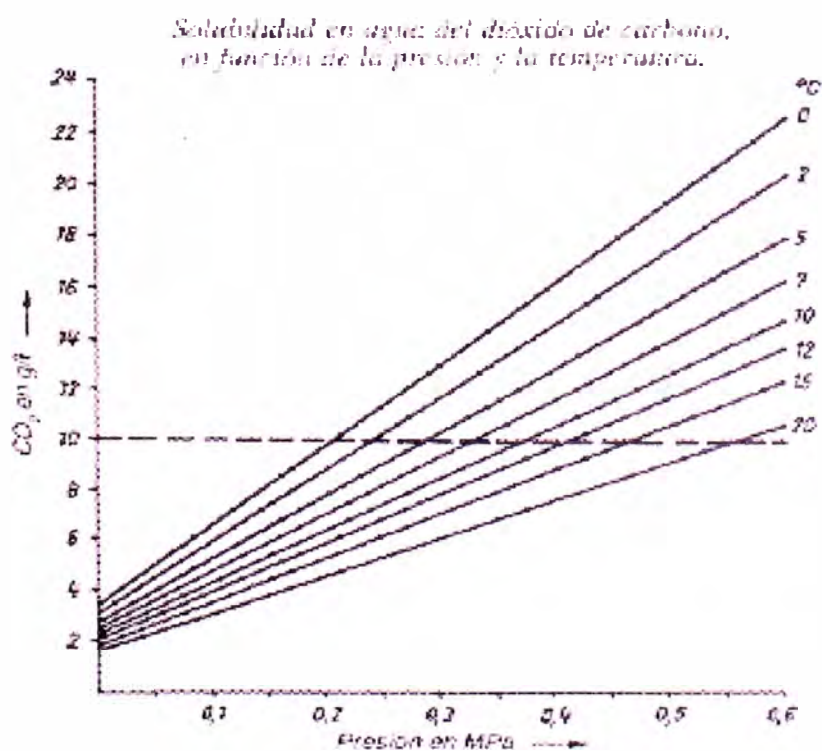


Fig 3.22 Solubilidad en H_2O del CO_2

Los factores que determinarán el grado de carbonatación de un refresco son:

-Temperatura del líquido (4-5°C).

-Presión del sistema (a mayor presión más CO₂)

-Tiempo de contacto entre el CO₂ y el líquido

-Afinidad del líquido por el CO₂ (a mayor cantidad de azúcar menos afinidad).

La presencia de otros gases como el O₂ hace que la carbonatación sea menor.

3.5.3 Alta presión

Si tu envase está expuesto a mucha presión o ha estado en uso por mucho tiempo, vas a experimentar problemas causados por la sobre carbonatación. Los síntomas de este problema aparecen cuando el nivel de carbonatación se incrementa por motivo de un ajuste de presión muy alto.

3.5.4 Presiones y temperatura de operación

El agua carbonada se mezcla con jarabe que no contiene Bióxido de Carbono, por lo tanto el jarabe debe tener suficiente cantidad de gas, para carbonatar adecuadamente la mezcla. Para producir una carbonatación aproximada de 3.5 volúmenes en el refresco final, el agua que sale del carbonatador debe tener aproximadamente 4.5 volúmenes.

Si hay pérdida grande de gas en la llenadora, entre la llenadora y la tapadora, el agua carbonada necesitará tener más de 4.5 volúmenes, varias combinaciones de presión de gas, y temperatura de agua en el carbonatador, producirán agua carbonada que contenga 4.5 volúmenes de gas. En la práctica se varía la presión del Bióxido de Carbono, para ajustarla a temperatura del gas. Si se usa un sistema de enfriamiento de agua, la temperatura del agua es obviamente la que tiene al salir de la tubería.

En cualquier caso la presión del Bióxido de Carbono, se ajusta para dar la combinación adecuada de presión y temperatura, que producirá la carbonatación deseada. A menos que el agua esté muy caliente, la presión del Bióxido de Carbono estará generalmente entre 50 y 60 libras por pulgada cuadrada 3.5 a 4.2 kilogramos por centímetros cuadrados.

Dos plantas embotelladoras con carbonatadores idénticos, y usando agua a la misma temperatura, puede usar presiones de Bióxido de Carbono considerablemente diferentes, para lograr el mismo grado de carbonatación en el refresco embotellado, siempre se pierde algo de gas en las válvulas llenadoras, también se pierde un poco de gas en la botella entre la llenadora y el coronador, y puede haber fugas en las líneas de agua carbonatada. La cantidad de estas pérdidas,

varían entre planta y planta. Así mismo, el contenido necesario de Bióxido de Carbono en el agua que sale del carbonatador, debe variar también. Los carbonatadores, rara vez producen agua que está completamente saturada, la saturación completa no sólo es difícil de obtener, sino que además no es deseable. Si el agua sale del carbonatador completamente saturada, cualquier aumento o disminución de presión la transforma en sobresaturada.



Figura 3.23 Carbonatador para gasificar bebidas en la embotelladora

El Bióxido de Carbono por lo tanto se escapará del agua, hasta que se alcance de nuevo el punto de saturación. Por ejemplo: Si la tubería entre el carbonatador y la llenadora es larga y no esta aislada, el agua que sale del carbonatador en estado de saturación, llegaría a la llenadora sobresaturada, y el resultado sería la formación de espuma. Un

carbonatador promedio (figura 3.23) operando bajo condiciones favorables y a la capacidad adecuada, producirá agua carbonatada, con grado de saturación del 90%. Si el agua contiene una cantidad considerable de aire o sedimento, el mismo carbonatador producirá agua solamente a 70% de saturación. Obviamente se podría usar mucho menos presión de gas, en el primer ejemplo que en el segundo, y obtenerse el mismo resultado final de 3.75 volúmenes de gas carbónico en la botella.

Hay tantos factores que pueden afectar la presión del gas requerida en el carbonatador, que la presión usada no puede considerarse como un indicador en el que se puede fiar, para conocer las pérdidas de gas con una eficiencia del sistema total del agua carbonada. No es posible preparar una tabla de presión contra la temperatura, que pueda aplicarse a los carbonatadores de todas las plantas. Aunque los manuales de las instrucciones que proporcionan los fabricantes, hacen recomendaciones aproximadas, cada planta debe determinar a través de su propia experiencia y de sus pruebas frecuentes, la combinación de presión y temperatura exacta que produzca la carbonatación necesaria en el refresco embotellado.

Con la experiencia el encargado de la carbonatación sabrá a ciencia cierta con que temperatura de agua de presión de

gas, dará la carbonatación necesaria. Si la temperatura del agua es más o menos constante, el carbonatador operará por largos períodos de tiempo, con poco o sin ningún ajuste de la presión. Sin embargo la carbonatación puede ser afectada por muchos factores y si se quiere producir una bebida uniforme, se requiere atención constante.

La tabla adjunta no da cierta referencia del suministro del CO₂ respecto a los volúmenes disueltos, que corresponden a determinado sabor y su producción de bebidas por hora (tabla 3.2).

| Consumo de Anhídrido Carbonico por las Carbonatadoras | | | | | | Capacidad de la Carbonatadora Galones por Hora |
|-------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----|------------------------------------------------|
| 1 Vol. | 2 Vols. | 3 Vols. | 4 Vols. | 5 Vols. | | |
| Libras de Gas CO ₂ Por Hora | | | | | | |
| 200 | 3.2 | 6.4 | 9.6 | 12.8 | 16 | |
| 250 | 4.0 | 8.0 | 12.0 | 16.0 | 20 | |
| 300 | 4.8 | 9.6 | 14.4 | 19.2 | 24 | |
| 500 | 8.0 | 16.0 | 24.0 | 32.0 | 40 | |
| 1000 | 16.0 | 32.0 | 48.0 | 64.0 | 80 | |
| 1200 | 19.2 | 38.4 | 57.6 | 76.8 | 96 | |
| 1500 | 24.0 | 48.0 | 72.0 | 96.0 | 120 | |
| 2000 | 32.0 | 64.0 | 96.0 | 128.0 | 160 | |

Tabla 3.2 Consumo de CO₂ por hora respecto a cada volumen de Carbonatación

3.5.5 Carbonatación y volúmenes de gas

Uno de los factores mas importantes que afectan el sabor de la bebida terminada es el contenido de CO₂ o grado de

carbonatación. La carbonatación consiste en incorporar suficiente anhídrido carbónico al agua o a la bebida a fin de, que cuando se sirva el producto deje escapar el gas bajo forma de burbujas finas y para que tenga ese sabor “picante” característico de las bebidas carbonadas. Para que el gas entre en solución se requiere que éste tenga una presión definitiva en la amplia superficie del líquido. Una vez que se ha disuelto el gas, se retiene por la presión del receptáculo cerrado.

Las cantidades de gas disueltas o contenidas en la solución son conocidas por el nombre de volúmenes. Cuando un volumen de gas CO_2 , medido bajo las condiciones Standard para los gases, se disuelve en el mismo volumen dado de un líquido, se dice que dicho líquido contiene un volumen de gas CO_2 . Si se disuelven dos de dichos volúmenes, el líquido contiene dos volúmenes, etc.

El anhídrido carbónico se disuelve en el agua en cantidades que varían con la presión bajo las cuales mantiene la mixtura. La cantidad de gas que absorba el agua aumenta directamente con el aumento de la presión o con la reducción de la temperatura. Por consiguiente, la carbonatación depende de los factores: presión y temperatura.

A la presión atmosférica y a 60 °F un volumen dado de agua absorberá un volumen de CO_2 y entonces se dice que

contiene un volumen de carbonatación. La cantidad de gas puede ser medida descargándolo y midiéndolo, pero el método más común consiste en calcular los volúmenes de carbonatación por medio de una tabla especial de temperaturas-presiones. Con el agua fría, por ejemplo menos presión de gas es necesaria que con el agua caliente a fin de obtener el mismo grado de carbonatación.

A 60 °F el agua absorberá un volumen cuando el manómetro indica “cero”, que en realidad a la presión atmosférica es quince libras. Por consiguiente, cuando el manómetro muestra quince libras y la temperatura del agua es de 60 °F, ésta absorberá dos volúmenes. Por cada quince libras adicionales en el manómetro, el agua absorberá un volumen adicional de gas.

Si reducimos la temperatura a 32 °F aumentamos la capacidad de absorción del agua por volumen. De manera que, cada quince grados adicionales en el manómetro a 32° F. (temperatura del agua) nos darán 1.7 volumen adicional, y no un volumen como en el caso de 60 °F.

Supongamos que una botella se llena a una temperatura de 32 °F y a una presión de 45 libras 1.7 x 4 volúmenes. Con la tapa en la botella el gas no se puede escapar y si se eleva la temperatura a 60 °F, la presión en la botella aumentará a 5.8 x 15 (presión atmosférica), u 87 libras por pulgada

cuadrada. Esto será indicado como 87 libras de presión en el manómetro. Nótese que 5.8 se multiplica por 15, aun cuando dieron 6.8 volúmenes en el ejemplo. Esto se debe al hecho de que un volumen queda indicado en "0" en el manómetro.

El número de volúmenes de gas en la bebida tiene una relación definitiva con el gusto del producto. Una carbonatación correcta significa una bebida burbujeante y estimulante que apaga la sed y que refresca y satisface al consumidor. Por otra parte, la insuficiente carbonatación deja la bebida insípida. Como hay una relación definitiva entre el gusto y la carbonatación, es sumamente importante determinar y mantener esta última a fin de que sea aceptable para el consumidor.

3.5.6 Operación del carbonatador

Cuando el agua es finalmente dispersada, como cuando se pasa a través de una tobera, o cuando cae en forma de cortina delgada sobre una serie de superficie, cualquier aire que tenga tiende a escapar del agua hacia la atmósfera que la rodea, a menos que el agua haya sido completamente aireada, el aire se acumulará lentamente en el carbonatador. la presión de gas será entonces debido en primera parte al aire y en parte al Bióxido de Carbono. Sin embargo, los

manómetros o medidores de presión indican solamente la presión total. Por lo tanto cuando se encuentre el aire presente dentro del carbonatador, es imposible conocer al observar el manómetro, que presión de Bióxido de Carbono existe en realidad.

El grado de carbonatación que puede obtenerse con agua a una temperatura dada depende de la presión ejercida por el CO_2 . mientras más aire se acumule, menor grado de carbonatación se obtendrá bajo la misma presión.

Así mismo mientras más espacio ocupe el aire dentro del carbonator, menos espacio ocupará el CO_2 . Con el correspondiente menor contacto, entre el agua y el CO_2 , la velocidad de carbonatación disminuye, disminuyendo también el grado de carbonatación.

La eficiencia de un carbonatador por lo tanto depende de conservarlo tan libre de aire como sea posible. Después que el carbonatador ha estado parado durante toda la noche, contendrá generalmente una cantidad considerable de aire y estará caliente.

Se recomienda el siguiente procedimiento a seguir al iniciar cada día la operación, para purgar y enfriar el equipo adecuadamente.

1° En la carbonatadora (figura 3.24) cierre la válvula surtidora de CO_2 y la de salida del agua, abrir el escape y

ponga en operación el equipo de frío, y dejar entrar agua fría al carbonatador, cuando se haya llenado completamente, saldrá el agua por la válvula de escape, pare inmediatamente el flujo de agua para evitar que se levante la válvula de seguridad.

2° Cierre la válvula de escape, (figura 3.25) abra la válvula surtidora del CO₂ y la válvula de drenaje. Deje que la presión del CO₂, saque el agua del carbonatador al drenaje. Cuando este vacío el carbonatador cierre la válvula de drenaje.

3° El carbonatador (figura 3.26) estará ahora lleno con CO₂ y todo el aire ha sido expulsado. Debe estar ya enfriado a temperatura aproximada de operación , por el agua que a pasado por el. Abrá las válvulas necesarias para la operación normal.

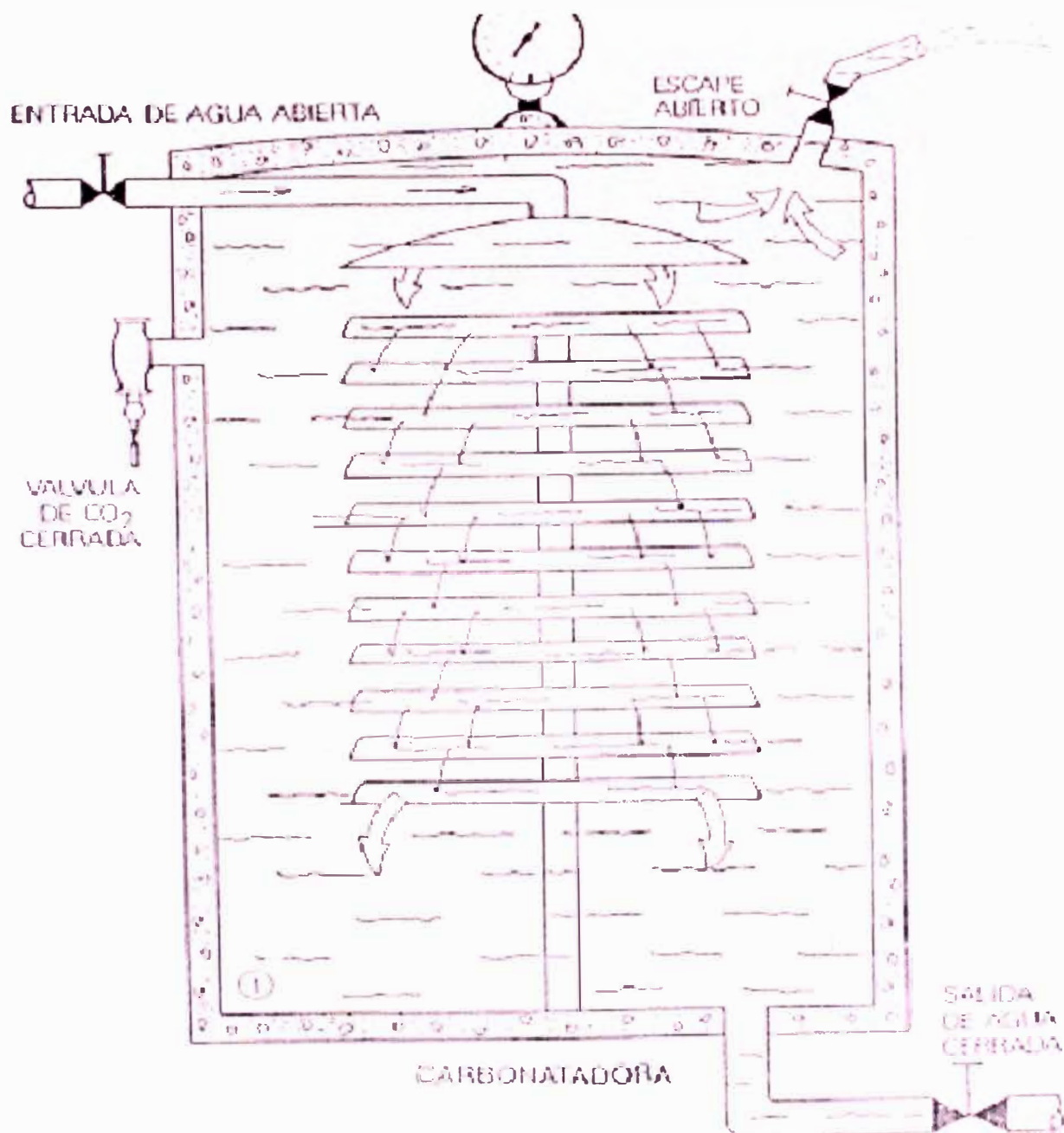


Figura 3.24 Primer paso para purgar el aire del carbonatador

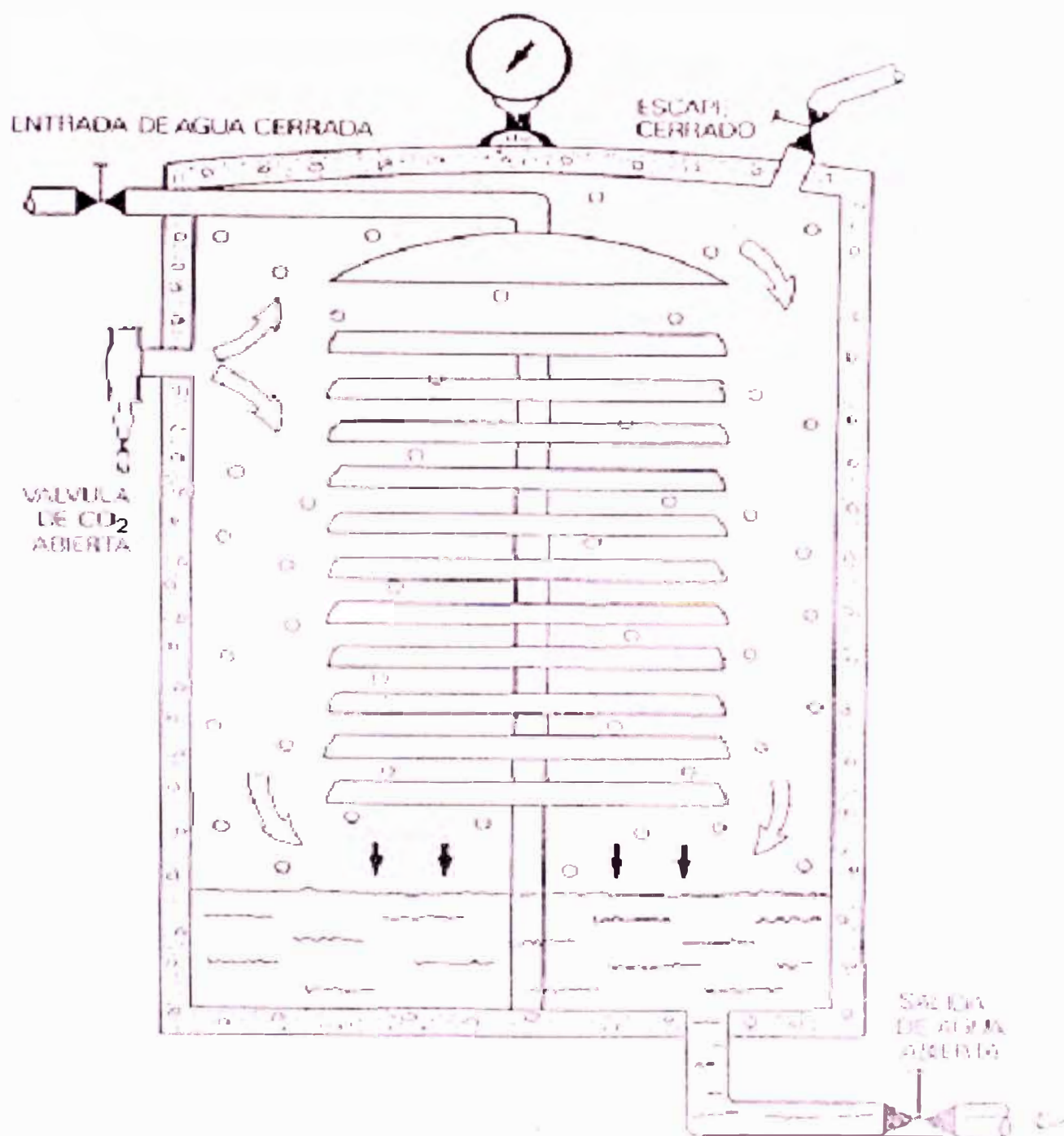


Figura 3.25 Segundo paso para purgar el aire del carbonatador

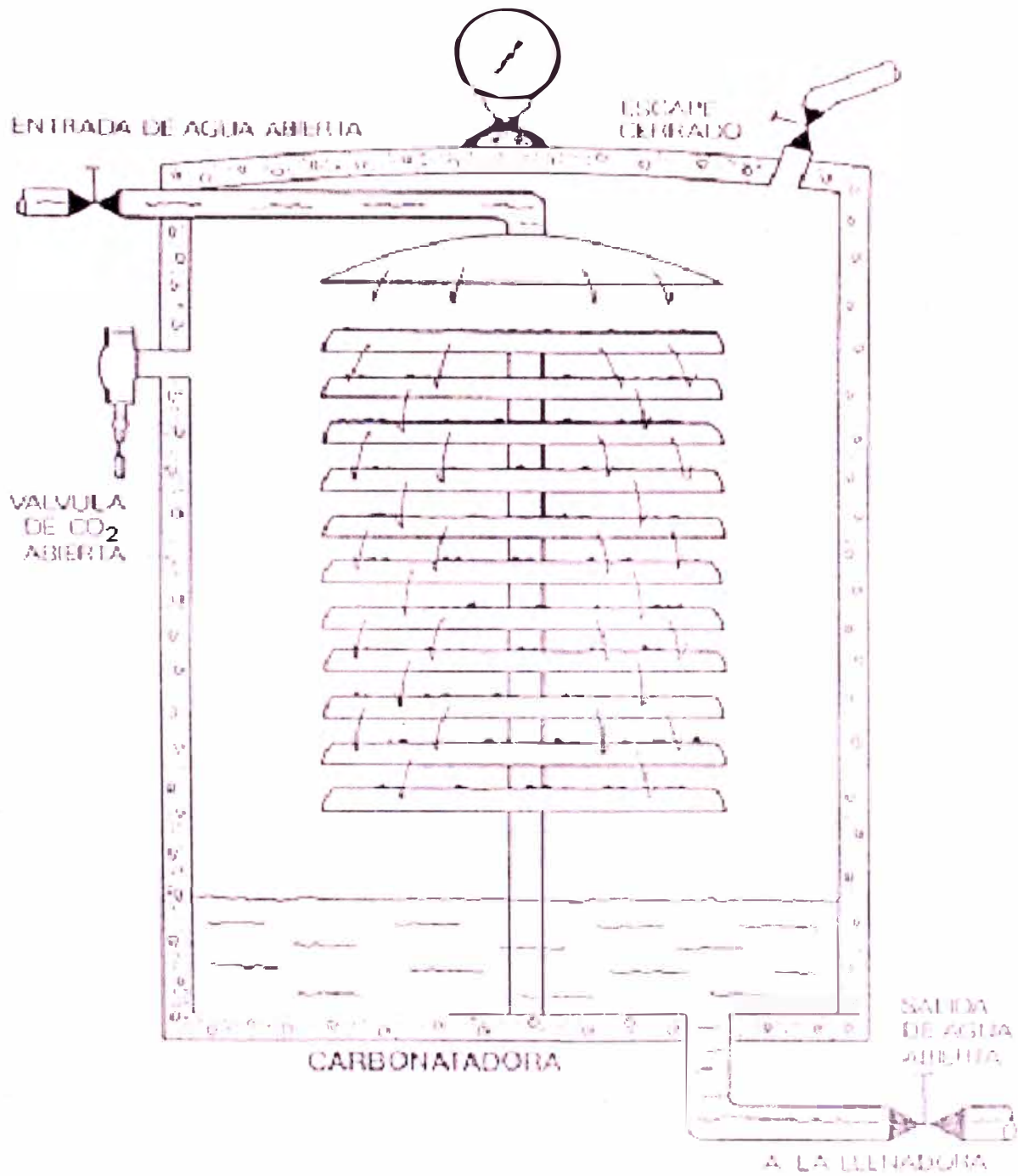


Figura 3.26 Tercer paso para purgar el aire del carbonatador

CAPITULO IV

CONSIDERACIONES TECNICAS

4.1 Normas de calidad del CO₂

Los estándares de la calibración, las intervenciones del funcionamiento y la seguridad, el etiquetado, y los requisitos interminables de la inspección son justos la extremidad del iceberg cuando viene a ocuparse de los estándares cada vez más rigurosos del control de calidad de la industria de las bebidas. Mientras que estos estándares de calidad llegan a ser más terminantes, invitan a los productores de la bebida cada vez más para conseguir productos para poner más rápidamente; con pocos recursos, mientras que simultáneamente manejan calidad del ingrediente, y en última instancia, riesgo. Lo cual hace el control de calidad más necesario que siempre, la garantía de calidad en la industria de las bebidas comienza asegurándose los gases de calidad que están siendo utilizados para realizar el proceso de la carbonatación y continúa con el proceso embotellador; y al que distribuye con una examinación de alta tecnología del control de calidad antes de recibir el CO₂. (figura 4.1). Los fabricantes principales de la bebida en esta industria, están tomando la medida crítica para asegurar la pureza de la bebida y

grado CO₂ usando gases de ayuda y servicios analíticos de la garantía por calidad. Desde asegurar la pureza del CO₂ es un factor tan crucial en el proceso de producción de la bebida, eligiendo una compañía del gas de la especialidad para proporcionar la purificación, calibración y los servicios de la remisión para sus productos deben ser una prioridad.



Figura 4.1 Purga de líneas de la cisterna previas a la descarga del CO₂

Sin importar la industria de la compañía de servicio, es vital que proporcione servicio especializado en la industria del CO₂ y debe adquirir los estándares de la industria en calidad comercial con respecto a CO₂.

Más pautas a considerar al elegir un servicio del gas de la especialidad del control de calidad:

Su surtidor del CO₂ nos debe de proporcionar la certificación y análisis que indica conformidad de los estándares de calidad

comercial, tales como ISBT, la sociedad internacional de los tecnólogos de la bebida.

Su compañía de servicio de la garantía de calidad debe tener los recursos disponibles crear las mezclas de encargo del gas para el control de calidad del ingrediente del CO₂. Los componentes típicos incluyen (pero no se limitan) lo siguiente:

- Para asegurar resultados exactos, su compañía de servicio debe identificar inexactitudes y verificar procesos analíticos teniendo laboratorios donde analice los estándares
- Su compañía de servicio debe elaborar un informe al departamento del control de calidad de su compañía que detalla resultados analíticos, incluyendo una representación estadística del funcionamiento de cada laboratorio del participante.
- La calidad de miembro en la sociedad internacional del comité de la calidad de los tecnólogos de la bebida (ISBT), subcomité del bióxido de carbono , se debe mantener para estar al corriente de métodos y de tecnologías analíticos que emergen dentro de la industria de las bebidas.
- Las compañías de servicio proporcionarán todo del CO₂ que se refiere a servicios para confirmar la exactitud de procesos analíticos críticos. Estos programas provienen de los fabricantes de bebidas confiables y el objetivo es el método para supervisar el funcionamiento de los laboratorios múltiples donde califique el

bióxido de carbono usado en bebidas carbónicas confirmando la calidad del ingrediente. El servicio que se refiere cruzado se debe considerar para:

- Alcanzar el grado más alto de confianza en la exactitud de análisis;
- Identificar las inconsistencias u otros problemas en procesos analíticos; y
- Mantener la garantía de calidad confiable y exacta. Y lo más importantemente posible, cerciórese de que la compañía de servicio tenga estándares internos de la intervención del CO₂ para resolver los requisitos más exigentes de la exactitud de cualquier tipo.

4.1.2 Control de calidad

Su objetivo es asegurar el cumplimiento de las especificaciones de calidad de materia prima, insumos, producto en proceso y producto terminado de acuerdo a requisitos del cliente y normas nacionales e internacionales

4.1.3 Requisitos

Normas ISBT (International Society of Beverage Technologists) se adjunta una copia de la traducción en el Anexo 1.

CGA (Compressed Gas Association)

NTP (Norma Técnica Peruana)

Normas de Cliente

Reglamentos y códigos.

4.1.4 Parámetros según norma ISBT

Son los que se encuentran indicados en la tabla 4.1

4.2 Prescripciones técnicas

Establecen la instrucción técnica a las que se ajustarán las instalaciones de almacenamiento de CO₂ a granel a baja presión, refrigerados. El campo de aplicación de esta instrucción técnica es de aplicación grado alimenticio dado que el cliente es una embotelladora de bebidas gasificadas.

4.2.2 Definiciones

Almacenamiento.- Es el conjunto de recintos y recipientes, Conjunto de todo tipo que contengan o puedan contener gas carbónico, incluyendo los recipientes propiamente dichos, los pasadizos intermedios de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego entre otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo donde se cumpla con los requisitos del cliente.

| ANÁLISIS DE | REPORTES LÍMITES PERMISIBLES SEGÚN NORMA | NOR MA | TOMA DE MUESTRA A FASE | LÍMITES DE DETECCIÓN | Resultado TANQUE |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Pureza Humedad | No menos 99.99% v/v No más de 20 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Vapor | 0.02% 0.526 ppm | |
| Acidez Oxígeno | Pasa la prueba No más de 30 ppm v/v | JECFA ISBT | Líquida Vapor | Pasa prueba 0.001 ppm | |
| Amoníaco Óxido nítrico | No más de 2.5 ppm v/v No más de 2.5 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Líquida | 0.25 ppm 0.5 ppm | |
| Dióxido de nitrógeno Residuo no volátil | No más de 2.5 ppm v/v No más de 10 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Líquida | 0.05 ppm 0.3 ppm | |
| Residuo orgánico no volátil Fosfina | No más de 5 ppm v/v 0.3 ppm v/v máx. | ISBT ISBT | Líquida Vapor | 0.01 ppm 0.01 ppm | |
| Hidrocarburos volátiles totales (como metano) | No más de 50 ppm como CH ₄ , no más de 20 ppm v/v diferentes de metano | ISBT | líquida (máx. 20 ppm) vapor (máx 50 ppm) | 0.001 ppm | |
| Acetaldehído | No más de 0.2 ppm v/v | ISBT | Líquida | 0.001 ppm | |
| Hidrocarburo aromático Monóxido de carbono | 0.02 ppm v/v 10 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Vapor | 0.001 ppm 2 ppm | |
| Azufre total como S Sulfuro de carbonilo | No más de 0.1 ppm v/v No más de 0.1 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Líquida | 0.001 ppm 0.001 ppm | |
| Sulfuro de hidrógeno Dióxido de azufre | No más de 0.1 ppm v/v No más de 1.0 ppm v/v | ISBT ISBT | Líquida Líquida | 0.001 ppm 0.001 ppm | |
| Apariencia en agua Olor | Sin color o turbidez Inodoro | ISBT ISBT | Líquida Líquida | SENSORIAL SENSORIAL | |
| Sabor y olor | Libre de sabores y olores extraños en agua | ISBT | Líquida | SENSORIAL | |

Tabla 4.1 Parámetros de la norma ISBT para el CO₂

-Gas Carbónico.- Gas licuado del CO₂

-Recipiente.- Todo tanque con capacidad de almacenamiento.

A efectos de esta, las tuberías no se consideran como recipientes.

Recipiente a presión.- Recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica superior a 40 bar y una temperatura de -30 °C.

-Tanque.- Recipiente cerrado diseñado para soportar una presión interna manométrica no superior a 30 bar, generalmente de forma cilíndrica horizontal.

4.2.2 Tipos de almacenamiento

Almacenamiento refrigerado.- Es aquél en el cual la temperatura del gas carbónico es aproximadamente -20 °C a 20 bar.

4.2.3 Inscripción

El proyecto de la instalación de almacenamiento de gas carbónico en establecimientos industriales se desarrollará, bien como parte del proyecto general del establecimiento, o bien en un proyecto específico. En este último caso será redactado y firmado por el personal competente que, cuando fuera distinto del autor del proyecto general, deberá actuar coordinadamente con éste y ateniéndose a los aspectos básicos en la instalación reflejados en el proyecto.

El proyecto a que se hace referencia estará compuesto por los documentos siguientes:

Memoria técnica en la que consten, al menos, los siguientes apartados:

Almacenamiento y recipientes, describiendo sus capacidades, dimensiones y demás características, productos almacenados, presiones y temperaturas, tanto de servicio como máximas previstas, así como la norma o código de diseño utilizado.

Sistemas, equipos y medios de protección, definiendo las normas de dimensionado que sean de aplicación en cada caso:

-Otros elementos de seguridad, describiendo sus características y, en su caso, protecciones de los materiales contra la corrosión y/u otros efectos peligrosos.

-Elementos de trasiego, sus características y dimensionado.

-Ubicación referente del entorno, con especial incidencia en aquellos accidentes naturales que puedan presentar riesgo de desprendimiento de tierras o arrastre de las aguas; se indicarán las medidas de protección previstas en tales casos.

-Justificación del cumplimiento de esta Instrucción Técnica o de las medidas sustitutorias previstas.

-Plano general del conjunto, en el que se indicarán las distancias reglamentarias de seguridad.

-Esquemas de las instalaciones en los que se señalen el trazado de la red contra incendios y la situación de todos los equipos fijos de lucha contra incendios y los sistemas de alarma, así como de otras instalaciones de seguridad.

-Descripciones técnicas de cada tipo de accesorios y de todos los sistemas de seguridad.

Instrucciones para el uso, conservación y seguridad de la instalación, en lo que respecta a las personas, los bienes y el medio ambiente.

Junto con el certificado final de obra, se presentará certificado de construcción de los recipientes extendido por el fabricante.

4.2.4 Emplazamiento y distancias

Si el almacenamiento está próximo a instalaciones con riesgo de explosión, se estudiarán las medidas necesarias para evitar que pueda verse afectado por cualquier impacto.

Se tendrá en cuenta la proximidad a vías de comunicación o tránsito de personal con móviles de carga, construyéndose, en caso necesario, barreras de protección adecuadas para caso de salida de vehículos de la calzada o de la vía.

Los almacenamientos se situarán al aire libre y no en el interior. Los servicios móviles de seguridad deberán poder acceder al almacenamiento desde dos puntos opuestos, preferentemente según la dirección de los vientos

predominantes. Habrá acceso y espacio suficiente para circulación y maniobra de la maquinaria de mantenimiento.

El área del almacenamiento y alrededores deben estar libre de materiales combustibles, tales como residuos, grasas o maleza.

Se deben señalar las distancias mínimas exigidas entre tanques o depósitos de gas carbónico y los diferentes lugares e instalaciones que se indican. La distancia se medirá, en línea recta, entre los puntos más próximos de lugar o instalación considerada y la proyección vertical sobre el terreno del tanque o depósito más cercano.

Cualquier reducción de las distancias mínimas requerirá la adopción de medidas de seguridad adicionales de considerarlas necesarias a las exigidas por esta instrucción. Dichas medidas adicionales deberán ser justificadas en el proyecto.

Distancias mínimas a tanques o depósitos de gas carbónico:

Vía de comunicación pública de circulación rápida: 10 metros.

Lugar de concentración (administrativo, comedor, vestuario):
20 metros.

Agrupamiento de viviendas: 100 metros.

Local de pública concurrencia: 200 metros

4.2.5 Cimentaciones

4.2.5.1 Condiciones del terreno

-Antes de definir el emplazamiento exacto de tanques y depósitos se determinarán la naturaleza y características previsibles del terreno. Con responsabilidad del cliente por la información brindada

-La cimentación de depósitos tanque horizontal requerirá la garantía del cliente respecto al terreno por su resistencia y asentamiento general .Para fijar los asentamientos admisibles se considerará:

- ✓ El tipo de tanque o depósito.
- ✓ El asentamiento relativo entre la cimentación y las tuberías conexas al tanque o depósito.
- ✓ La uniformidad del subsuelo con respecto al asentamiento diferencial.

4.2.5.2 Formas de cimentación

-Recipientes a presión: para recipientes a presión se construirán cimentaciones de hormigón armado. Los recipientes a presión cilíndricos de eje horizontal o vertical se podrán cimentar sobre zapatas aisladas

-Para evitar condensado por el hielo se dispondrá un drenaje.

4.2.6 Diseño

Las cimentaciones se diseñarán según la normativa vigente relativa a las condiciones de diseño y ejecución de obras

metálicas y de hormigón. Los cálculos tendrán en cuenta las condiciones de servicio y de prueba.

4.2.7 Capacidad

Para efectos de control de inventarios, la capacidad del tanque deberá garantizar un stock mínimo para temporadas de alto consumo y bajo consumo siendo responsabilidad del cliente el quedar desabastecido o consumir el mínimo técnico del tanque, que pudiese originar el colapso de algunos equipos o accesorios

4.2.8 Inspecciones y pruebas

Las inspecciones de la capacidad máxima de un tanque o recipiente a presión se determinará de forma que el gas carbónico líquido no ocupe más del 90% ó 95% por volumen total, tras dilatarse al incrementar su presión hasta la máxima que pueda alcanzar en servicio, siendo la cámara de gas para compensar la dilatación.

Los grados de llenado máximo de gas carbónico para tanques y recipientes a presión de los distintos tipos de almacenamiento serán los siguientes, expresados en % por de volumen del tanque o recipiente a presión:

- ✓ Almacenamiento refrigerado: 0,90
- ✓ Almacenamiento no refrigerado: 0,68.

La tubería de rebose ha de garantizar que por una acción involuntaria no se rellene el tanque

4.2.8.1 Datos de diseño

-Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con las presiones y temperaturas más desfavorables que puedan producirse en servicio y en prueba. La presión de diseño será siempre superior a la presión máxima de servicio. Se considerará, como mínimo, 1 milímetro de sobre espesor de corrosión para tanques y recipientes a presión.

-La presión máxima de trabajo estará limitada por el casco o las cabezas y no por partes secundarias.

-Los fabricantes del recipientes deberán someter sus diseños a aprobación.

4.2.8.2 Códigos de diseño

-Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con códigos de reconocida solvencia, tales como ASME Sección VIII División 1 y sus agregados consecuentes, para almacenamientos refrigerados .

-Una vez elegido el código de diseño, se aplicará sin efectuar combinaciones de cálculos y criterios de diferentes códigos. Cuando, para un determinado cálculo, no haya herramientas de cálculo en el código elegido, se podrán usar otros códigos o procedimientos de cálculo.

4.2.8.3 Materiales

-Los materiales a utilizar cumplirán los requisitos del código de diseño. Sus características deberán satisfacer las condiciones

más desfavorables de presión y temperatura que puedan producirse durante el servicio y en la prueba, y se controlarán mediante los ensayos adecuados.

-El material de los componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con gas Carbónico y de los demás componentes unidos directamente a los mismos han de ser compatibles con el contenido.

-Serán de acero ASTM 612 para trabajo en frío y buenas características de soldabilidad, ductilidad y tenacidad. Para recipientes a presión refrigerados y tanques el material de los mismos componentes tendrá también resistencia al impacto.

4.2.8.3 Elementos de seguridad

Los elementos de seguridad de tanques y recipientes a presión se diseñarán para las condiciones de presión y temperatura más desfavorables que puedan presentarse.

Se construirán de material adecuado para trabajar con gas carbónico anhidro.

-Todas las conexiones de tanques y recipientes a presión, excepto las de válvulas de seguridad, tendrán válvulas de cierre instaladas lo más cerca posible del punto de conexión.

-Válvulas de seguridad: cada tanque o recipiente a presión dispondrá, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de presión, una normalmente en operación y otra como reserva para ponerla en operación manualmente.

-El número de válvulas de seguridad y su capacidad de descarga permitirá que puedan desmontarse individualmente, sin que la protección disminuya y deberán ser verificada con cierta frecuencia.

-La presión de tarado de las válvulas de seguridad se determinará conforme a las prescripciones del código de diseño y construcción.

-Indicadores de nivel: cada tanque o recipiente a presión estará equipado con un indicador permanente que permita controlar el nivel del líquido contenido.

-Alarmas de alta y baja presión: en los tanques se dispondrán alarmas independientes de alta y baja presión, con señalización óptica y acústica.

4.3 Especificaciones técnicas

Las más importantes son dos, por estar comprometidas directamente, el producto que es el gas carbónico y el recipiente que debe garantizar no solamente su operatividad, sino también algunas veces políticas ambientales impuestas por el cliente embotellador, que se traducen en los materiales ha usar en el sistema de almacenamiento de CO₂.

4.3.1 Tanques para CO₂ líquido

Son construidos, diseñados y probados de acuerdo con los requisitos de la sociedad de ingenieros mecánicos (ASME) Sección III División 1. Esta unidad de almacenamiento se

construye con planchas de acero al carbono de grano fino SA-612, cuyas características se pueden observar en la ficha técnica del material que se adjunta y cuyas presiones y temperaturas de funcionamiento se aprecian en la figura 4.2.

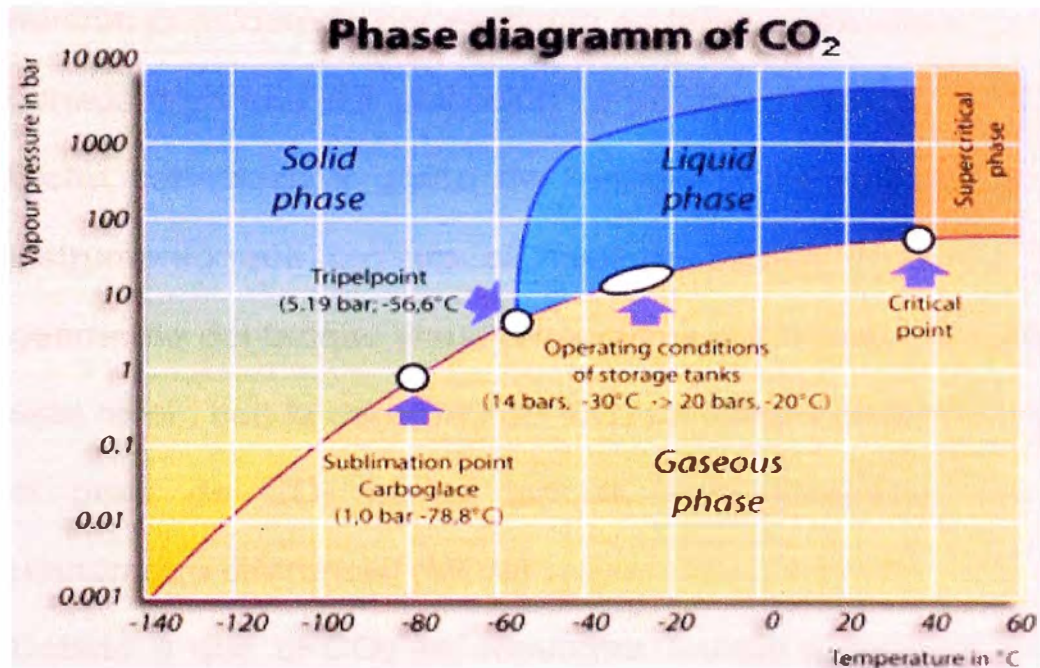


Figura 4.2 Presión y temperatura de los sistemas a granel de CO₂

Existen también tanques criogénicos de acero inoxidable al vacío para almacenamientos más autónomos y prolongados. La unidad de almacenamiento debe tener la capacidad óptima que garantice un mínimo de días de autonomía, dichos días suelen fijarse en mutuo acuerdo. Para suministrar la demanda de CO₂, la instalación en su conjunto con aparatos, dispositivos y accesorios se encargan de recibir, almacenar, controlar y distribuir por hora, lo suficiente para picos de consumo, manteniendo una presión estable, y el volumen

necesario para poder ubicarlo en cliente y almacenar las toneladas de CO₂ para una frecuencia de recargas adecuada. A la capacidad nominal del tanque de CO₂ lleno que oscila entre el 90% en volumen, es necesario restarle el stock mínimo considerado por el cliente en temporada crítica de alto consumo ya sea por ubicación o por frecuencia de pedidos. Dicha capacidad y grado de llenado es controlado por un instrumento que registra el nivel de líquido y conocida la geometría del tanque y sus respectivos volúmenes parciales a este nivel, con la densidad del CO₂ se calcula para cada nivel el peso de CO₂ en el tanque, este dispositivo es un manómetro diferencial (MDM)

Debido a que el CO₂ se encuentra licuado y tiene una baja temperatura, el tanque de almacenamiento debe ser aislado para prevenir gasificaciones descontroladas producto del ingreso de calor por sus paredes, que originen altas presiones y la posterior pérdida de producto, para ello se considera aislarlo con 4 pulgadas de espesor de un aislamiento de poliuretano que reúne las características suficientes en densidad y coeficiente de transferencia de calor, para la preservación de las cualidades de mismo se le forra con planchas de aluminio totalmente y en algunos casos con fibra de vidrio, ambos cumplen la función de garantizar la preservación del aislamiento.

4.3.2 Gas carbónico a granel

Lo primordial en el sistema de almacenamiento y necesario contemplar son las características del producto y en muchas veces las fuentes de origen (petróleo o gas natural), propiamente por exigencia del embotellador, las especificaciones técnicas del gas carbónico se encuentran en su ficha técnica del CO₂ a granel (ver anexo 2).

4.4 Condiciones contractuales

Las condiciones de ambos tanto proveedor como cliente tienen que ver con las garantías, para el cliente asegurar su suministro realiza una evaluación previa y calificación como proveedor de forma directa, todo esto obedece al riesgo que se puede producir al fallar el sistema de suministro de CO₂. El solo echo de parar la producción 1 minuto significará miles de soles en perjuicios.

A su vez el proveedor vía contrato asegurará un consumo estimado mensual, por el lapso de tres años como mínimo, para recuperar toda la inversión realizada al instalar el sistema de suministro de CO₂ en el cliente. Estas son detalladas en párrafo siguiente.

4.4.1 Cláusulas generales

Primero: Objeto Principal del Contrato

El objeto principal del presente contrato es el suministro garantizado de gas carbónico, Para el consumo de El Cliente, bajo las condiciones y términos, estipulados en este

documento, el cual está integrado por cláusulas particulares y por cláusulas generales. En este mismo documento se estipulan otras prestaciones al suministro.

Segundo: Declaraciones generales.

a. En adelante EL PROVEEDOR, conduce un negocio de comercialización de gas carbónico a granel y lo suministra a los usuarios que los solicitan, para lo cual requiere que los suministrados cuenten con tanques estacionarios para el almacenamiento de este producto y con las redes correspondientes para la conducción del gas carbónico hasta los puntos de consumo. Asimismo, EL PROVEEDOR, es propietaria de este tipo de tanques y cuenta con amplia experiencia en brindar mantenimiento a los mismos, así como los sistemas de tuberías y accesorios.

b. Para efectos de este contrato, el o los tanques de almacenamiento se denominaran indistintamente LOS TANQUES hasta los puntos de consumo de EL CLIENTE se denominará conjuntamente LA RED. Se deja constancia que LA RED no forma parte del integrante del inmueble en el cual se instala, ya que puede ser separada de este sin destruirlo deteriorarlo o alterarlo.

c. EL CLIENTE requiere de gas carbónico para su consumo. Sin embargo, EL CLIENTE no cuenta con LOS TANQUES

necesarios, ni con las partes de LA RED necesarias para este efecto.

d. La indicación de la propiedad de LOS TANQUES y las partes de LA RED esta especificada en las cláusulas particulares del presente contrato.

Tercero: Prestaciones Comprendidas.

a. Suministro de gas carbónico de EL PROVEEDOR a favor de EL CLIENTE. Esta es la prestación principal del presente contrato.

b. Comodato de LOS TANQUES de propiedad de EL PROVEEDOR, , especificados como materia del comodato en las cláusulas particulares del contrato.

c. Compraventa de las partes de LA RED de propiedad de EL PROVEEDOR, especificadas como materia de la compraventa en las cláusulas particulares del contrato.

d. Servicio de Mantenimiento de LOS TANQUES y LA RED.

Cuarto: E l Suministro

a. EL PROVEEDOR se obliga frente AL CLIENTE a suministrarle gas carbónico de la especie y calidad que se indican en las cláusulas particulares y en las condiciones que se describen en este contrato, tomando como referencia la norma adecuada para tal suministro.

b. Las partes convienen que el suministro pactado tendrá la calidad de exclusivo para EL CLIENTE, de modo que este sólo podrá adquirir gas carbónico de EL PROVEEDOR. Esta exclusividad se pacta de conformidad con lo establecido por el art. 1616 del Código Civil.

c. EL PROVEEDOR se obliga a suministrarle el gas carbónico contratado, en la cantidad que requiera EL CLIENTE. El gas carbónico materia del contrato se deberá ajustar a las especificaciones fijadas por la Administración para los gases licuados.

d. El suministro de gas carbónico se realizará con cisternas con o sin equipo de trasvase, realizando las operaciones de trasvase, el conductor del camión cisterna. Para todos los efectos se entenderá que la cantidad suministrada será la que indique el peso de una balanza externa con un ticket de destare.

e. Las entregas ordinarias de gas carbónico serán realizadas por rutas regulares, cuya periodicidad será definida bajo responsabilidad de EL CLIENTE, en coordinación con EL PROVEEDOR, en función de los consumos previstos o históricos del primero. El CLIENTE vigilará el indicador de nivel de LOS TANQUES, siendo su obligación dar aviso a EL PROVEEDOR, cuando marque un contenido menor al 20%. Asimismo, EL CLIENTE podrá efectuar pedidos

extraordinarios a su conveniencia, en donde las entregas de gas carbónico tendrá lugar en el plazo máximo a los cuatro días hábiles a partir de la recepción del pedido en la dependencia correspondiente de EL PROVEEDOR.

f. EL PROVEEDOR garantiza a EL CLIENTE el abastecimiento de gas carbónico en todo momento, inclusive en períodos de escasez o racionamiento de este producto, haciendo uso de todos los medios razonables que estén a su alcance para cumplir con dicho objeto, salvo que en caso fortuito o la fuerza mayor lo impidan, siendo estos eventos verificables.

g. EL PROVEEDOR se compromete a mantener un precio competitivo en el mercado durante la vigencia del presente contrato, considerando sus estándares de calidad y servicio.

h. El pago por el suministro debe efectuarse al EL PROVEEDOR de acuerdo con el cliente. EL CLIENTE está obligado al pago de las facturas a la presentación de las mismas. La facturación se realizará por entrega. No obstante lo anterior, EL PROVEEDOR podrá otorgar un plazo para el pago del suministro del gas carbónico. Este plazo de pago podrá ser modificado, cancelado o suspendido por EL PROVEEDOR. La modificación, cancelación o suspensión del plazo no dará lugar a reclamación alguna por parte de EL CLIENTE.

i. El precio a facturar a EL CLIENTE será el resultado de aplicarle el descuento respectivo otorgado al PRECIO de lista de EL PROVEEDOR, descuento que se consigna en las cláusulas particulares del presente contrato el cual se determina considerando el consumo anual previsto según declaración de EL CLIENTE que se consigna en las mismas cláusulas. El descuento estará sujeto a la variación de acuerdo a los consumos que registre EL CLIENTE. La recepción del gas carbónico implica la aceptación del precio vigente facturado al momento del suministro.

j. De conformidad con lo establecido por el artículo 1614 del código civil, las partes estipulan el derecho de preferencia a favor de EL PROVEEDOR, a cuyo efecto se tendrá en consideración lo dispuesto en la parte final del presente contrato.

Quinto: El Comodato.

a. EL CLIENTE recibirá en calidad de comodato de EL PROVEEDOR, de conformidad con lo establecido por los artículos 1728 y siguiente del código civil, LOS TANQUES de propiedad de EL PROVEEDOR, indicados en las cláusulas particulares de este contrato como materia del mismo. La entrega de estos bienes se realizará al momento de finalizar el servicio de instalación de los mismos, de lo que dejará

constancia por medio de un acta de entrega, que formará parte de este contrato en calidad de anexo.

b. EL PROVEEDOR asumirá el costo correspondiente al servicio de instalación de los bienes materia del comodato, el mismo que será ejecutado por la empresa instaladora responsable. Se excluyen de este punto las obras civiles necesarias para la ejecución de la instalación así como el costo del transporte y el servicio de grúa que fueran necesarios, los que serán asumidos por EL CLIENTE, la ejecución a las obras civiles corresponde a EL CLIENTE, a cuyo efecto EL CLIENTE observará las instrucciones de EL PROVEEDOR.

c. Al finalizar el presente contrato, EL CLIENTE se compromete a devolver a EL PROVEEDOR los bienes entregados en comodato en las mismas condiciones en que los recibió, salvo el desgaste natural producto del buen y normal uso, en la forma prevista en el literal de la cláusula décima del presente contrato.

d. EL CLIENTE, en calidad de comodatario de LOS TANQUES de propiedad de EL PROVEEDOR, queda obligado a obtener custodia y el mantenimiento adecuado de los mismos, actuando con la mayor diligencia y cuidado, siendo responsable de la pérdida o deterioro que provenga de cualquier causa ajena a EL PROVEEDOR. En este

sentido EL CLIENTE deberá responder por la pérdida o deterioro de estos bienes, aún si estos hechos obedecen al caso fortuito o la fuerza mayor.

e. EL CLIENTE no podrá subarrendar, ceder o traspasar los bienes materia del comodato a terceras personas, así como removerlo de lugar donde se encuentran instalados. Para estos efectos se adjuntan un esquema integral de la ubicación de LOS TANQUES que conforman la instalación.

f. EL CLIENTE se obliga a indicar de manera fácilmente visible que los bienes materia del comodato son de propiedad de EL PROVEEDOR. Así mismo deberá indicar que éstos han sido recibidos en comodato, por lo que no podrán ser materia de medida cautelar alguna ejecutada contra EL CLIENTE o tercero.

g. EL CLIENTE está obligado a ejercer la defensa posesoria judicial o extrajudicial de los bienes materia del comodato, así como a ejercer la defensa del derecho de propiedad de EL PROVEEDOR, sobre los mismos, sin perjuicio de facilitar la acción directa de EL PROVEEDOR, para lo cual deberá comunicar por escrito y de inmediato a EL PROVEEDOR, sobre cualquier ocurrencia que afecte sus derechos sobre sus bienes.

h. Queda expresamente convenido que al terminar o resolverse el presente contrato, EL CLIENTE se obliga a

permitir el retiro de los bienes en materia de los comodato, de modo que cualquier obstrucción podrá ser considerada como delito de apropiación ilícita. El gas carbónico existentes en LOS TANQUES materia del comodato será retirado junto a éstos, para lo cual EL PROVEEDOR reconocerá a favor de EL CLIENTE el valor de GAS CARBÓNICO de acuerdo con el precio facturado al cliente en la última entrega.

CAPITULO V

INSTALACION Y OPERACION

5.1 Instalación

Lo primero en tomar en cuenta es la capacidad del proyecto de la Instalación del sistema de almacenamiento de CO₂ que expresa la cantidad de producto por unidad de tiempo requerida de CO₂ en fase gaseosa requerida para su equipo carbonatador del cliente.

5.1.1 Definición del tamaño

Es la producción normal del conjunto de equipos instalados, con relación a la unidad de tiempo. Para el caso específico de nuestro proyecto, significa el señalar el volumen de producción de refrescos, en un período de tiempo determinado. (minuto, hora, día, mes, año). Y éste, equivale a botellas/minuto, cajas/minuto, o cajas/hora, o cajas/día, o cajas/mes, o cajas/año. Este sería el tamaño de la nueva embotelladora de refrescos contemplada.

5.1.2 Capacidad diseñada

Es la capacidad o volumen de producción que puede llegar a tener la maquinaria y que al momento de ser fabricada, su

productor, la diseñó para llegar a operar a ése nivel máximo de producción y de ninguna manera se puede incrementar de ése nivel.

En éste caso en particular, la maquinaria y equipo necesario para la elaboración y embotellado de refrescos, cuenta con una capacidad máxima de diseño de dos turnos de 12 horas, para trabajar todo el día.

5.1.3 Márgenes de capacidad utilizada

Significan los porcentajes a los que trabajará la planta embotelladora, es decir, los porcentajes de utilización de la capacidad de operación a la cual trabajará la maquinaria y equipo existentes.

5.1.4 Carboenfriador

Hablaremos primero de la carbonatación: donde la mezcla que proviene del proporcionador, entra al tanque del carbonatador por la parte superior y se distribuye por las placas enfriadoras por medio de charolas de distribución, las cuales tienen una serie de perforaciones, que facilitan la formación de una fina película del producto, sobre las dos caras de la placa, facilitando el fino espesor de la película y el enfriamiento, que se incorpore el gas carbónico al producto.

Este equipo opera a presiones internas mayores que las atmosféricas y por una serie de dispositivos electromecánicos,

se controla el nivel del producto, la inyección del gas carbónico, la temperatura del producto dentro del tanque, quedando listo, el producto para ser enviado a la llenadora. Se adiciona gas carbónico, con la finalidad de hacer el refresco más agradable al paladar, además de que también actúa, como conservador de la bebida.

A final el cliente proporciona el requerimiento de consumo de CO_2 solicitando por hora, la presión que necesita en la línea de suministro y la cantidad de CO_2 de almacenamiento que debería tener su tanque para la autonomía de consumo.

En la Figura 5.1 observamos de forma aproximada las dimensiones de diversos tanques y su capacidad de almacenamiento de CO_2 , que son necesarias para contemplar el área que va ocupar y el peso del tanque más el producto, datos necesarios para las obras civiles.

Las bases de sustentación normalmente lo realiza un ingeniero civil a cargo de toda la obra de la embotelladora, normalmente estas bases se construyen del tipo zapata-muro, comúnmente los tanques de almacenamiento están diseñados para solo dos bases de sustentación. A pesar de ser posible diseñar las bases unidas por medio de un contra-trabes, este caso es poco frecuente que sea necesario solo cuando el terreno es poco resistente y existen fuertes riesgos de asentamiento diferencial.

| Tank Capacity (Tons) | Tank No. | A Length | | B Width | | C Height | | D Lift Lugs | | E Dip Tube | | Empty Weight | | Weight of CO ₂ | | Total Volume | |
|----------------------|----------|----------|--------|---------|-------|----------|-------|-------------|--------|------------|-------|--------------|---------|---------------------------|---------|--------------|---------|
| | | ft.-in. | (m) | ft.-in. | (m) | ft.-in. | (m) | ft.-in. | (m) | in. | (mm) | lb. | (kg) | lb. | (kg) | gal. | (L) |
| .75 | 425397 | 7-11 | (2.4) | 4-3 | (1.3) | 6-5 | (1.9) | 1-9 3/4 | (.55) | 3 | (76) | 1200 | (544) | 1500 | (680) | 192 | (728) |
| 1.6 | 425398 | 11-8 | (3.6) | 4-3 | (1.3) | 6-5 | (1.9) | 2-11 | (.58) | 3 | (76) | 3200 | (1452) | 3000 | (1361) | 385 | (1458) |
| 2 | 425399 | 13-8 | (4.1) | 4-3 | (1.3) | 6-5 | (1.9) | 4-3 | (.99) | 3 | (76) | 3500 | (1588) | 4000 | (1814) | 513 | (1941) |
| 2.75 | 425400 | 15-8 | (4.8) | 4-3 | (1.3) | 6-5 | (1.9) | 7-0 | (2.1) | 4 | (102) | 4000 | (1814) | 5500 | (2495) | 705 | (2669) |
| 3.75 | 425401 | 11-10 | (3.6) | 5-10 | (1.8) | 8-6 | (2.6) | 3-3 1/2 | (1.0) | 4 | (102) | 7500 | (3402) | 7500 | (3402) | 935 | (3538) |
| 6 | 425402 | 15-10 | (4.8) | 5-10 | (1.8) | 8-6 | (2.6) | 5-2 | (1.6) | 6 | (152) | 9000 | (4082) | 12000 | (5443) | 1541 | (5833) |
| 8 | 425403 | 19-9 | (5.8) | 5-10 | (1.8) | 8-6 | (2.6) | 8-9 | (2.6) | 6 | (152) | 10200 | (4627) | 18000 | (7258) | 2057 | (7787) |
| 10 | 425404 | 23-4 | (6.7) | 5-10 | (1.8) | 8-6 | (2.6) | 12-3 | (3.7) | 8 | (203) | 11500 | (5216) | 20000 | (9050) | 2543 | (9628) |
| 12 | 425405 | 25-5 | (7.0) | 5-10 | (1.8) | 8-6 | (2.6) | 15-4 | (4.7) | 8 | (203) | 12650 | (5738) | 24000 | (10886) | 3052 | (11587) |
| 14 | 425406 | 19-8 | (5.7) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 7-2 5/8 | (2.2) | 8 | (203) | 14000 | (6350) | 29000 | (12700) | 3598 | (13620) |
| 18 | 425407 | 25-0 | (6.9) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 11-0 | (3.3) | 8 | (203) | 16600 | (7621) | 36000 | (16330) | 4592 | (17368) |
| 22 | 425408 | 25-8 | (6.7) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 14-0 | (4.3) | 8 | (203) | 20500 | (9299) | 44000 | (19959) | 5641 | (21353) |
| 26 | 425409 | 32-8 | (9.9) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 18-0 | (5.6) | 8 | (203) | 23500 | (10660) | 52000 | (23567) | 6687 | (25237) |
| 30 | 425410 | 38-8 | (11.1) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 22-0 | (6.7) | 8 | (203) | 26500 | (12020) | 60000 | (27216) | 7692 | (29118) |
| 34 | 425411 | 40-8 | (12.3) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 17-8 | (5.3) | 8 | (203) | 29500 | (13330) | 68000 | (30845) | 8716 | (33000) |
| 38 | 425412 | 44-8 | (13.8) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 22-3 1/2 | (6.8) | 8 | (203) | 33000 | (14970) | 76000 | (34474) | 9744 | (36864) |
| 42 | 425413 | 48-8 | (14.8) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 21-4 | (6.5) | 8 | (203) | 35000 | (15876) | 84000 | (38102) | 10770 | (40788) |
| 46 | 425414 | 52-8 | (16.0) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 25-4 | (7.7) | 8 | (203) | 37500 | (17070) | 92000 | (41731) | 11795 | (44650) |
| 50 | 425415 | 58-8 | (17.2) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 29-5 1/2 | (9.0) | 8 | (203) | 40000 | (18144) | 100000 | (45360) | 12820 | (48530) |
| 54 | 425416 | 60-8 | (16.4) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 33-3 | (10.2) | 8 | (203) | 41800 | (18970) | 108000 | (48990) | 13846 | (52413) |
| 59 | 425417 | 64-8 | (19.7) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 35-8 | (10.8) | 8 | (203) | 43200 | (19595) | 116000 | (52618) | 14872 | (56298) |
| 60 | 425418 | 66-8 | (20.3) | 7-4 | (2.2) | 9-8 | (2.9) | 35-5 | (10.8) | 8 | (203) | 45000 | (20412) | 120000 | (54432) | 15355 | (58237) |

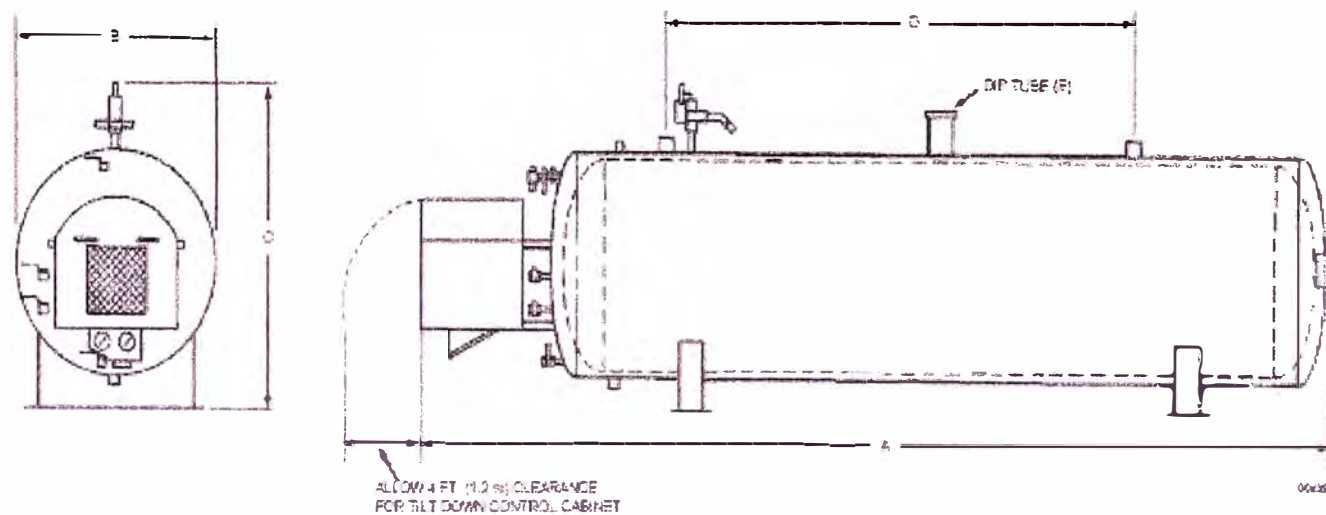


Figura 5.1 Dimensiones comerciales y esquema típico de un tanque de almacenamiento de CO₂ a granel

entre una base y otra, no existe una normatividad de la altura mínima del fondo del tanque al nivel del piso terminado, pero un factor limitante son las tuberías que se conectarán con los equipos adicionales, donde es necesario tomar en cuenta la facilidad de la instalación y el futuro mantenimiento de los mismos.

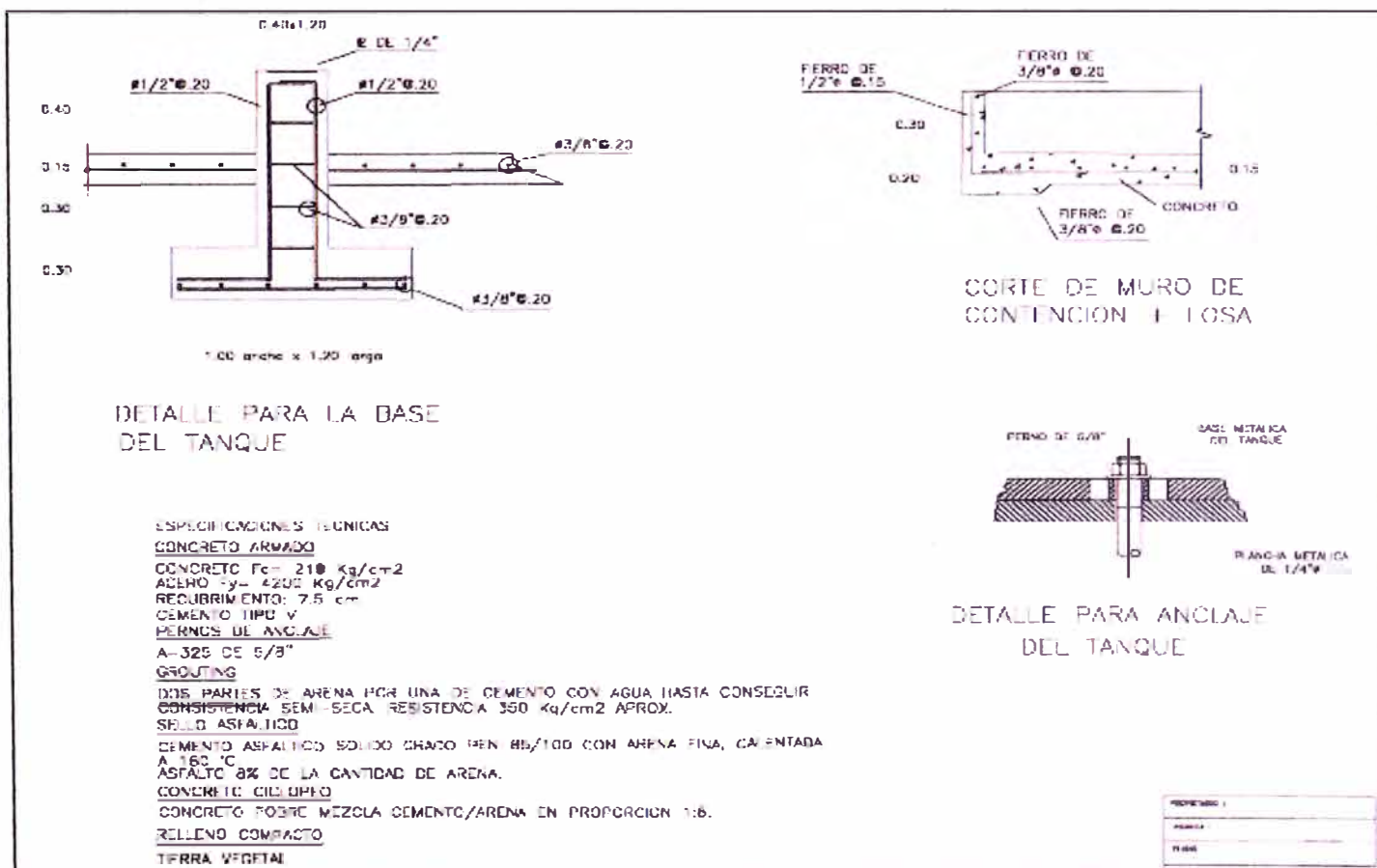


Figura 5.2 Vistas de detalle para la base del tanque de almacenamiento

Teniendo la bases garantizadas (figura 5.2) y sabiendo los pesos correspondientes, se procede a retirarlo de la fábrica (figuras 5.3) donde se realizó su construcción, debiendo

siempre comprobar la ficha técnica del tanque con los valores y características técnicas que se refiere de acuerdo a norma.



Figuras 5.3 Término de fabricación y traslado al cliente del tanque para CO₂

5.2 Datos técnicos del tanque para CO₂

| File No. | Nombre y descripción de documentos |
|----------|-------------------------------------------------|
| 1 | Lista de contenido |
| 2 | Ficha técnica, planos, esquemas |
| 3 | Prueba radiográfica |
| 4 | Prueba hidrostática. |
| 5 | Prueba de partículas y saneamiento del tanque |
| 6 | Control y pruebas funcionamiento del tanque |
| 7 | Certificado de entrega de conformidad de tanque |

| Ficha Técnica de Tanque de CO₂ | | | |
|--------------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| ASIGANDO AL CLIENTE: | | RUC: | |
| UBICACIÓN: | | FECHA: | |
| REFERENCIA: | | | |
| Código Tanque: | | Modelo: Horizontal | |
| Capacidad Nominal: 40 toneladas | | | |
| Parte Cilíndrica | | | |
| Acero ASTM-SA-612 | | Recubrimiento (Poliuretano) | |
| Diámetro del Tanque: 2 m | | Volumen Total: 10.7539 m ³ | |
| Espesor Cilindro: 15.8 mm | | Largo del Cilindro: 11 m | |
| Largo Tanque: 11 m | | Espesor Recubrimiento: 100 mm | |
| Área: 69.4540 m ² | | Diámetro: 2.1 m | |
| Peso Total: 12,429Tns. | | Densidad: 40 kg/m ³ | |
| Parte Esférica | | | |
| Acero ASTM-SA-612 | | Recubrimiento (Poliuretano) | |
| Diámetro: 2 m | | Volumen Total: 1.6253 m ³ | |
| Espesor: 12.7 m | | Espesor : 100 mm | |
| Área: 11.2221 m ² | | Diámetro: 2.1 m | |
| Peso Total: 1.122 Tns. | | Densidad: 40 kg/m ³ | |

Tabla 5.1 Ficha técnica del tanque de almacenamiento para CO₂

Todos los formatos del expediente de un Tanque para el sistema de almacenamiento de CO₂ se encuentran en el Anexo 3. Por discreción sólo algunos campos del formato están llenados.

5.2 Sistema de gasificación

La gasificación natural o vaporización tiene lugar en el tanque de almacenamiento dado que el aislamiento no detiene el calor de ingreso sólo retarda el ingreso del mismo, para poder manejarlo con los equipos adicionales y garantizar las presiones de almacenamiento e impedir que en el tanque ocurra una súbita caída de presión, pudiendo solidificarse el CO₂ líquido al llegar al punto

triple. Estos equipos que se encargan de la vaporización artificial existen en dos tipos comerciales.

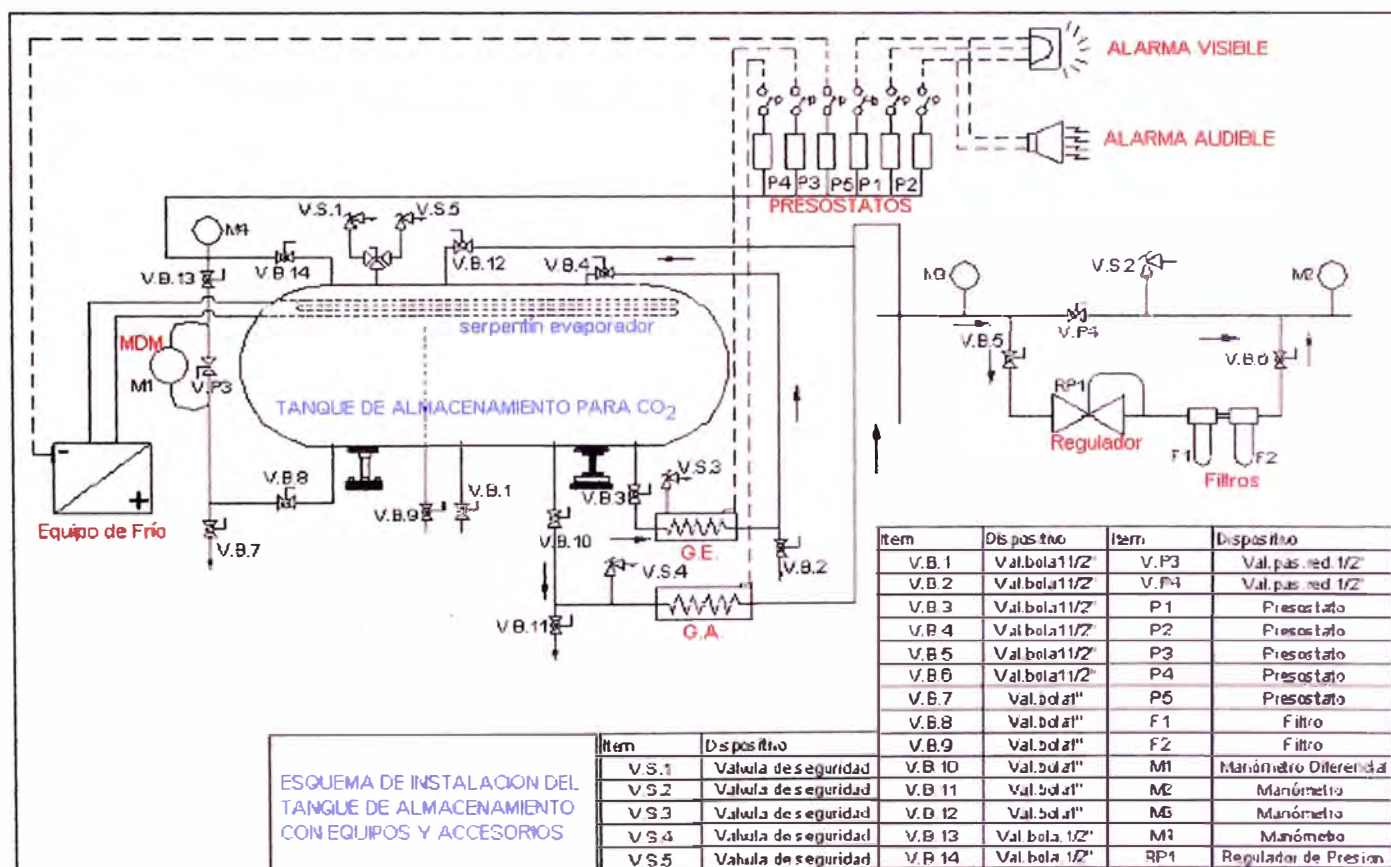


Figura 5.4 Esquema del sistema de almacenamiento de CO₂ a granel

5.2.1 Gasificador eléctrico

Que realiza una aplicación directa de calor a la fase líquida haciendo hervir el mismo mediante elementos resistivos de alto amperaje y su posterior incremento del gas caliente con incremento de presión a la fase gaseosa del tanque de almacenamiento, su capacidad esta directamente relacionada con el consumo del cliente por los kg de CO₂ gaseoso como se puede observar en la figura 5.5.

| | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | Capacidad | | Vataje | Dimensiones (L x W x H) |
| | 245 lbs/hr | 230V | 9,000 | 60 "x 19 "x 50 " |
| | 111.13 kg/hr en 230 | | 9,000 | 152.4 centímetros x 48.3 centímetros x 127 centímetros |
| | ∇ | | | |
| | 490 lbs/hr | 230V | 18,000 | 60 "x 19 "x 50 " |
| | 222.26 kg/hr en 230 | | 18,000 | 152.4 centímetros x 48.3 centímetros x 127 centímetros |
| ∇ | | | | |
| 760 lbs/hr | 230 V | 28,000 | 55 "x 21 "x 57 " | |
| 344.76 kg/hr en 230 | | 28,000 | 139.7 centímetros x 53.3 centímetros x 144.8 centímetros | |
| ∇ | | | | |

Figura 5.5 Gasificadores eléctricos comerciales para tanques con CO₂

5.2.2 Gasificador ambiental

Estos son usados frecuentemente cuando la capacidad de GE es superior o existe el peligro de que por un alto consumo de la fase gaseosa el G.E. no se pueda abastecer, entonces el G.A. entra a satisfacer la demanda de consumo sin tomar la fase gaseosa, sino la líquida de CO₂ gasificándola por dos serpentines conmutables y utilizando unos ventiladores axiales que aceleran el paso de aire para gasificar y calentar el CO₂ líquido que sale del tanque a baja temperatura hasta la temperatura ambiente.

Technical Specification:

| Vapourising capacity | Air flow in m ³ /sec | Total electric connection | Max. working pressure in bar |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 50 kg/hr | 0.42 | 180 W | 24 |
| 200 kg/hr | 1.90 | 570 W | 24 |
| 300 kg/hr | 2.85 | 850 W | 24 |
| 500 kg/hr | 5.57 | 2.16 kWt | 24 |
| 1000 kg/hr | 8.75 | 2.76 kWt | 24 |

Tabla 5.2 Especificaciones técnicas del gasificador ambiental

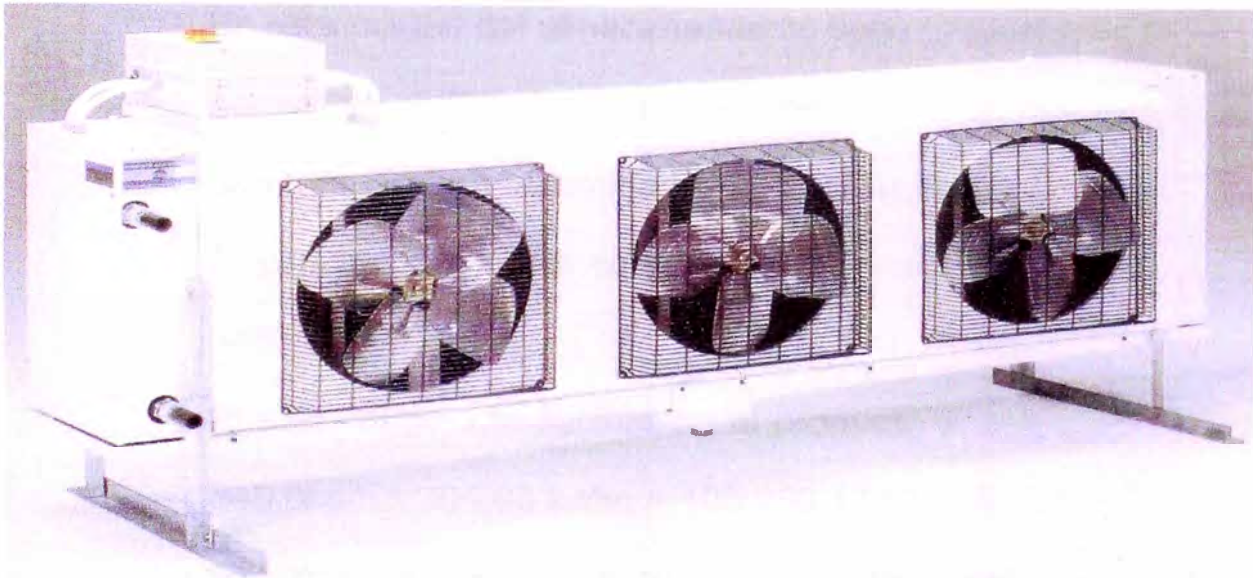


Figura 5.6 Gasificador ambiental de CO₂ líquido para suministro

Podemos comprobar que existe un efecto de refrigeración en el retiro de vapor. Para cada libra de vapor retirada, aproximadamente 120 Btu debe agregarse al CO₂ para compensar la presión. Si el retiro está en la proporción bastante grande para requerir más Btu para ser introducido en el producto que está disponible de la entrada de calor normal a través del aislamiento, una fuente externa de calor debe introducirse que mantendrá la presión por encima de límite mínimo de almacenamiento 14 bars a -30 °C .

| HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS | | | L [m]: | W [m]: | H [m]: | Q _{TRANS} : 0,673 [kW] |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------------------------------|
| | k-value [W/(m ² ·K)] | T [°C] | 10 | 2 | 2 | |
| WALL 1 | 0,17 | 15,0 | Volume: 40 [m ³] WALL 2 (L = length) T _{ROOM} [°C]: -30,0 RH _{ROOM} [%]: 100 WALL 1 (W = width) WALL 3 WALL 4 | | | |
| WALL 2 | 0,17 | 15,0 | | | | |
| WALL 3 | 0,17 | 15,0 | | | | |
| WALL 4 | 0,17 | 15,0 | | | | |
| FLOOR | 0,17 | 10,0 | | | | |
| CEILING | 0,17 | 20,0 | | | | |

Cuadro 5.1 Pantalla resultado de calor de ingreso

En esta unidad del almacenamiento tiene una entrada de calor normal de 0,673kW las condiciones antes mencionadas con una temperatura asumida de 15 °C. (ver cuadro 5.1).

El producto se retira como un vapor, a una velocidad de 345.6 kg / h .

El calor debe introducirse en el producto a una velocidad de $345.6\text{kg/h} \times 304,63\text{ kJ/kg} = 105\,280,12\text{ kJ} = 29,24\text{ kW/h}$.

Entonces el G.E. debe proporcionar una capacidad de 29,24 kW – 0,673kW = 28.56 kW/h para mantener la presión en la unidad del almacenamiento.

Comprobando el consumo de energía con la gasificación en kg/h de CO₂ en la tabla de un fabricante de gasificadores eléctricos, sería el de mayor capacidad (ver figura 5.5). Y según las especificaciones técnicas del gasificador ambiental, escogemos el de 500 kg/h de gasificación de CO₂ de la tabla 5.2 de especificaciones técnicas.

5.3 Sistema de licuación

Para el sistema de licuación hay que determinar el calor a extraer del tanque de almacenamiento con CO₂. Tomaremos como referencia el programa COOLPACK, donde simularemos el metraje cúbico de 40 m³ que posee nuestro tanque de almacenamiento, cuyo diámetro es de 2 metros interiormente y largo de 11 metros, a efecto de estimar cuanto de cantidad de calor ingresa por hora conociendo los rangos

de temperaturas y presiones de almacenamiento que se aprecia en la figura 5.7.

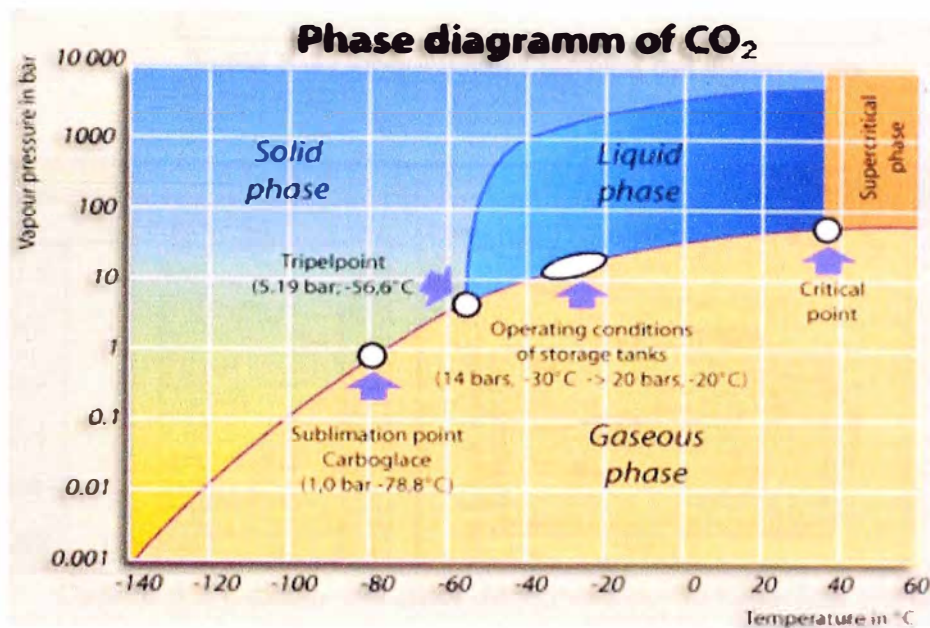


Figura 5.7 Condiciones de operación de los tanques para CO₂

En el cuadro 5.2 se considera la temperatura del interior del CO₂ de -30 °C para determinar una cantidad de calor de ingreso por exceso y la temperatura exterior del ambiente 30°C, en las paredes laterales 25 °C y 20°C en la parte baja del tanque, la conductividad térmica del poliuretano como sabemos es de 4 pulgadas (aproximadamente 100mm) por lo cual se ingresa:

$$k = 0,17W/(m^2-K)$$

Según tabla 5.3 del programa COOLPACK de refrigeración que utilizaremos (Ref. : W.F. Stoecker, "Industrial Refrigeration Handbook", page. 610, table 18.4. McGraw-Hill, 1998. ISBN 0-07-061623-X) resultando con un calor transferido de 0,823 Kw.

| Espesor [mm] | k-valor [W/(m ² ·K)] | temperatura recomendada |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|
| 75 | 0.27 | 0 °C |
| 100 | 0.17 | -29 °C |
| 125 | 0.14 | -45 °C |
| 150 | 0.11 | -57 °C |

Tabla 5.3 Conductividad térmica del aislamiento

HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS

| | k-value [W/(m ² ·K)] | T [°C] | L [m]: 10 | W [m]: 2 | H [m]: 2 | Q _{TRANS} : 0,823 [kW] |
|---------|---------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|---------------------------------|
| WALL 1 | 0,17 | 25,0 | Volume: 40 [m ³] T _{ROOM} [°C]: -30,0 RH _{ROOM} [%]: 100 | WALL 2 (L = length) | | |
| WALL 2 | 0,17 | 25,0 | | WALL 1 (W = width) | WALL 3 | |
| WALL 3 | 0,17 | 25,0 | | WALL 4 | | |
| WALL 4 | 0,17 | 25,0 | | | | |
| FLOOR | 0,17 | 20,0 | | | | |
| CIELING | 0,17 | 30,0 | | | | |

Cuadro 5.2 Cálculo del calor de ingreso por la superficie del tanque

Este calor que ingresa va a producir una gasificación de CO₂ líquido a las condiciones de almacenamiento de -20°C y 20 bars como se puede observar en el diagrama PH (figura 5.8), donde para gasificar un kg se necesita 281 kJ ó 78.06 Wh según conversión (cuadro 5.3).

Energy Conversions

Initial energy: 201000

Initial energy in:

- joules
- erg
- electronvolt
- calorie (mean)
- calorie (therm)
- calorie (nutrition)
- quart
- ton (TNT)
- wattsecond
- watthour
- kilowatthour
- foot pound force
- British thermal unit (BTU)
- British thermal unit (mean)
- British thermal unit (therm)

Equivalent energy:

- 2.01e+005 J
- 2.01e+012 erg
- 1.754e+024 eV
- 6.706e+004 cal
- 6.716e+004 cal
- 67.16 cal
- 2.664e-013 quad
- 6.716e-005 ton
- 2.01e+005 W·s
- 78.06 Wh**
- 0.07806 kWh
- 2.073e+005 ft·lb
- 266.3 Btu
- 266.1 Btu
- 266.5 Btu

Cuadro 5.3 Conversión de unidades

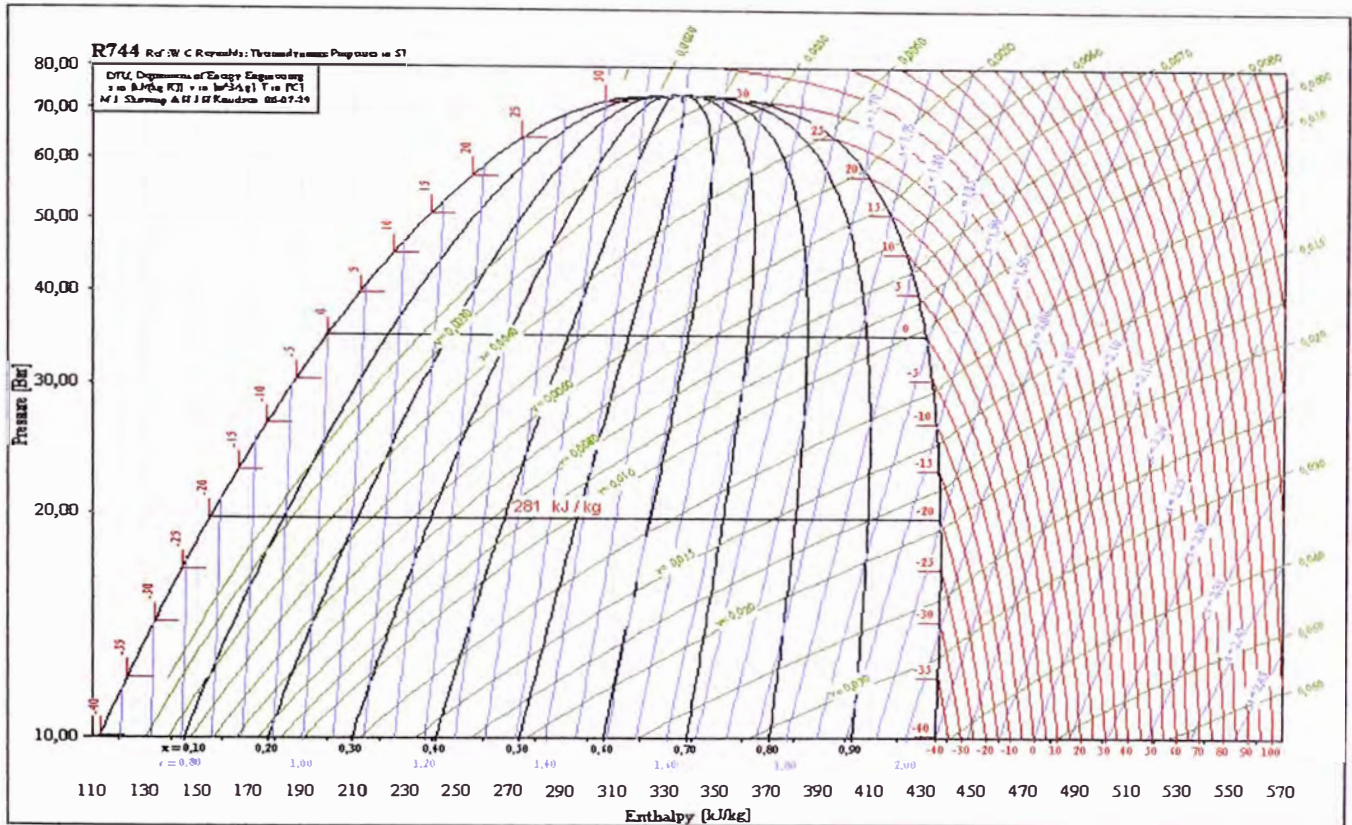


Figura 5.8 Diagrama presión entalpía del CO₂

En consecuencia tenemos:

$$823 \text{ W} / 78,06 \text{ Wh/kg} = 10,54 \text{ kg/h de CO}_2 \text{ gasificado} \dots\dots\dots(a)$$

El tanque de almacenamiento posee una cámara gaseosa de 6 m³ dado que el tanque de CO₂ debe llenarse como máximo entre 85% a 90% en volumen siendo el 15% de 40m³ = 6 m³(b)

Del cuadro 5.4 se obtiene la densidad de la fase gaseosa saturada del CO₂ a las condiciones que se ingresan tanto la temperatura como la presión de almacenamiento.

Entonces los 6m³ pesan:

$$6 \times 52,54 = 315,24 \text{ kg} \quad (-20^\circ\text{C y 20 bars)} \dots\dots\dots(c)$$

Asumiendo que el equipo descansa 4 horas y trabaja una con (a) se tiene:

En 4 horas se tendrá $4 \times 10,54 \text{ kg/h} = 42,16 \text{ kg}$ de CO_2(d)

Aparte durante las 4 horas se gasificaron 42,16kg y durante una hora más que el equipo de frío restablecerá las condiciones iniciales de donde partió se tendrá que licuar $42,16 + 10,54 \text{ kg}$ de $\text{CO}_2 = 52,7 \text{ kg}$ de CO_2 equivalente a remover:

$$52,7 \times 78,06 = 4113,76 \text{ Wh} \dots\dots\dots(e)$$

Si luego el equipo de frío enciende deberá en una hora retirar la cantidad de calor latente (según diagrama PH Figura 5.8) de 10 kJ/kg

De (c) los $315,24$ de -20°C a -30°C (que es la temperatura del evaporador) para que baje su presión y apague el equipo de frío.

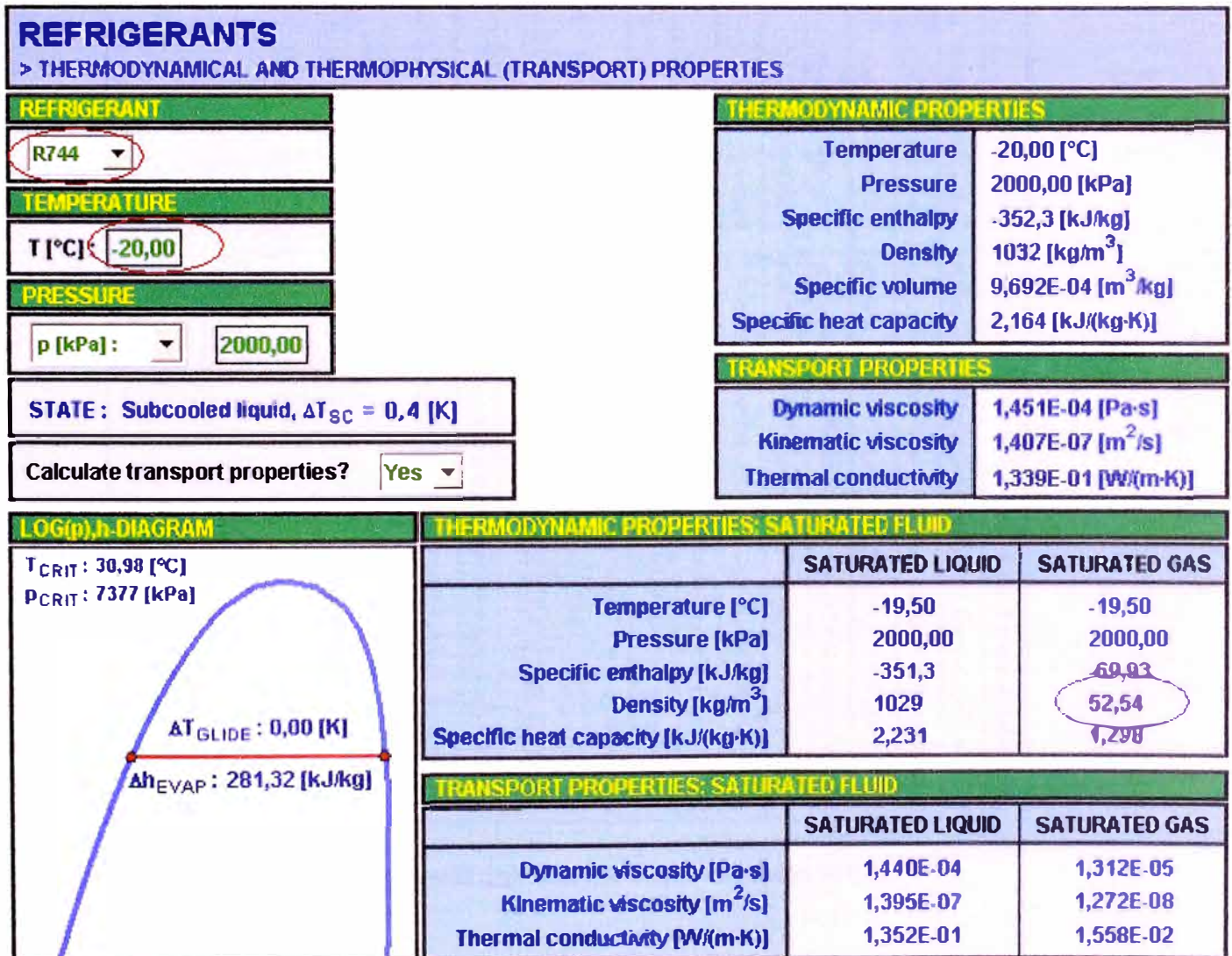
Esto es una cantidad de:

$$315,24 \text{ kg} \times 10 \text{ kJ/kg} = 3152,4 \text{ kJ} = 875,7 \text{ Wh} \dots\dots\dots(f)$$

Con (e)+(f) se tiene que extraer $4113,76 + 875,7 = 4.99 \text{ kw} \dots\dots\dots(g)$

Teniendo la capacidad del evaporador es preciso garantizar el serpentín evaporador dado que los tanques que no son criogénicos (que no tienen aislamiento al vacío) tienen un aislamiento de poliuretano expandido y están equipados con un serpentín de refrigeración donde debe circular un refrigerante que al evaporarse licua el CO_2 y cuya condensación mantiene la presión del tanque gaseoso mediante una tubería de cobre en forma de serpentín instalado interiormente en la parte superior del tanque y siempre esta en contacto con la fase gaseosa del CO_2 , mientras el CO_2 este seco

como este es el caso dado las normas que rigen la comercialización para este tipo de uso, no ha de tenerse ningún problema.



Cuadro 5.4 Densidad del CO₂ en fase gaseosa y líquida a la presión ingresada

Sin embargo adjunto un cuadro donde podemos comprobarlo en la tabla 5.4, la resistencia química de los metales en donde se observa que el cobre es resistente al ser atacado por el CO₂ seco, o lo que es mismo decir o interpretar sin humedad, con lo cual se garantizará la preservación del cobre.

| RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------------|--------|-------|----------|--------|---------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|
| Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda. | | | | | | | | | | | | | | |
| Sustancia | Hierro y acero | Latón rojo | Bronce comercial | Piombo | Cobre | Aluminio | Níquel | Inconel | Metal Mende | Ac. Inox. Tipo 304 | Ac. Inox. Tipo 316 | Ac. Inox. Tipo 321 | Ac. Inox. Carpenter "20" | Hastelloy "B" o "C" |
| Metano | A | A | A | - | - | A | - | - | A | A | A | A | A | A |
| Alcohol butílico, butanol | A | A | A | - | - | A | - | - | A | A | A | A | A | A |
| Cloruro de calcio | F | F | F | X | X | C | - | - | A | C | C | C | C | X |
| Hidróxido de calcio | F | F | F | X | X | C | - | - | A | C | C | C | C | X |
| Sulfato carbónico, ferros | A | C | F | A | A | A | A | A | A | C | C | C | C | A |
| Dióxido de carbono, seco | F | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Humedad | A | A | A | X | X | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Tetraóxido de carbono | C | C | F | F | C | F | A | A | A | C | A | C | A | A |
| Cinco, seco | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Húmedo | X | X | X | F | C | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Acido crómico | C | X | X | A | X | C | F | C | A | C | C | X | C | A |
| Acido nítrico | X | A | A | A | A | F | F | A | A | A | A | A | A | A |
| Enzimas | C | A | A | A | A | C | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Etanol, seco | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Formal | A | A | A | - | - | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Gasolina, agua | C | X | X | A | X | A | A | A | A | C | A | A | A | A |
| Refinado | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Glicerina, glicerol | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Acido clorhídrico, < 150°F | X | C | C | C | C | X | X | C | F | X | X | X | X | A |
| Acido fluorhídrico, frío, < 65% | X | X | X | X | X | X | X | C | A | X | X | X | X | A |
| > 65% | X | X | X | F | C | X | X | - | A | X | X | X | X | A |
| Calcio < 60 lb | X | X | X | X | X | X | X | X | A | X | X | X | X | A |
| > 65% | X | X | X | X | X | X | X | C | A | X | X | X | X | A |
| Hidrogeno gaseoso, frío | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A | A |

Tabla 5.4 Resistencia química del cobre respecto al CO₂

5.3.1 Determinación del serpentín evaporador

La vaporización natural en los tanques de CO₂ es uno de los fenómenos más complejos y del que menos bibliografía existe.

Cuando tenemos la posibilidad de dimensionar el serpentín, como en este caso dado que la fabricación de tanque de

almacenamiento es local, es preciso decidir que refrigerante se utilizará.

En este tipo de evaporador (serpentín sin aletas) se emplea únicamente con los fluidos miscibles con el aceite y donde es indispensable una velocidad de circulación mínima en la mezcla líquido vapor del refrigerante para permitir que el aceite arrastrado por el refrigerante retorne al compresor.

Bajo esta concepción se utilizan solamente para potencias inferiores o iguales a 20 kw y para fluidos frigorígenos clorofluorados, como el R22. en su diseño debe tenerse en cuenta que la longitud de tubo necesaria para lograr la superficie correspondiente a la evacuación de la producción frigorífica de la máquina y no puede provocar una pérdida de carga excesiva en el evaporador. A fin de remediar este inconveniente es indispensable separar, llegado el caso, la superficie total del evaporador en un determinado número de serpentines, para lo cual se tiene que contemplar el valor de la relación:

Longitud tubo en mm / (diámetro interior en mm) no debe exceder a 2000


Contemplado esto, debemos saber que en la refrigeración, el R22 es comercialmente usado y disponible en todo el país debido a su aplicación en el uso de aire acondicionado, existe

mayor información técnica y experiencia en el uso de sus bondades y dificultades en sus aplicaciones.

Cuando el porcentaje de calor latente es superior al 50 % resulta conveniente un serpentín de tubos lisos (sin aletas) por lo tanto podemos utilizar la tabla de coeficientes de paso de calor en kcal/ m² h°C.

Coeficientes de paso de calor k en kcal/m²h°C para varios tipos de evaporadores

a) Tubos desnudos
 (Tubos de cobre para R 12, F 22, A 502)
 (Tubos de acero para R 717)



| Enfriamiento de aire | Enfriamiento de líquidos | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------------------------------|----------------------------|---------|---------|
| | Temperatura del aire | sobre 0°C | bajo 0°C | Temperatura de evaporación | 0 - -30 | -15°C | -20°C |
| Aire tranquilo (sin ventilador) | 16 | 12* | Líquido tranquilo | 100-120 | 80-100 | 60 |
| Aire forzado (con ventilador) | 20 | 16* | Líquido ligeramente en movimiento | 170 | 150 | 140 |
| | | | Líquido fuertemente en movimiento | 200-250 | 180-200 | 140-160 |
| * Tomada en cuenta la escarcha. | | | Enfriador de agua o salmuera de cubierta y tubo | 300 | 400 | 300 |

Tabla 5.5 Coeficiente del paso de calor por el serpentín de cobre

Tomamos el enfriamiento de líquidos dado que el serpentín condensará al CO₂, sabemos la temperatura de nuestro evaporador que es de -30°C, interpolando para un líquido tranquilo (-15°C, 100 y -20°C, 80) según tabla tendríamos:

El "K" del cobre es de 60 kcal/ m² h°C, (para -30 °C.)(h).

Asumimos primero una tubería de 1 1/8 de pulgada para nuestro serpentín, entonces tenemos de la tabla 5.6.

| MEDIDAS Y PESO DE TUBOS DE ACERO Y DE COBRE | | | | | | |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Tubo de acero | | | | | | |
| Diámetro nominal | Diámetro ext. mm. | Diámetro int. mm. | Superficie ext. m ² | Superficie int. m ² | Capacidad lit. m ³ | Peso en Kgs. |
| | | | por metro lineal | | | |
| 1" | 10 | 4 | 0,0314 | 0,0126 | 12,57 | 0,510 |
| 1 1/8" | 13 | 5 | 0,0408 | 0,0251 | 50,27 | 0,640 |
| 1 1/2" | 16 | 11 | 0,0502 | 0,0345 | 95,03 | 0,900 |
| 1 3/4" | 21 | 15 | 0,0680 | 0,0470 | 176,71 | 1,310 |
| 2" | 26 | 20 | 0,0818 | 0,0627 | 314,16 | 1,650 |
| 2 1/2" | 33 | 27 | 0,1035 | 0,0650 | 52,55 | 2,200 |
| 3" | 42 | 35 | 0,1320 | 0,1095 | 902,11 | 3,300 |
| 3 1/2" | 48 | 40 | 0,1505 | 0,1255 | 1,256,64 | 4,300 |
| 4" | 52 | 45 | 0,1635 | 0,1410 | 1,590,43 | 4,550 |
| 4 1/2" | 60 | 52 | 0,1885 | 0,1630 | 2,123,72 | 5,500 |
| 5" | 70 | 60 | 0,2200 | 0,1885 | 2,827,43 | 6,900 |
| 5 1/2" | 76 | 67 | 0,2350 | 0,2100 | 3,525,65 | 7,800 |
| Tubo de cobre | | | | | | |
| 1/2" | 6,3 | 4,6 | 0,0138 | 0,0144 | 16,62 | 0,160 |
| 3/8" | 9,5 | 7,7 | 0,0300 | 0,0242 | 46,57 | 0,230 |
| 1/4" | 12,7 | 10,9 | 0,0450 | 0,0342 | 93,31 | 0,260 |
| 3/16" | 15,8 | 14,1 | 0,0495 | 0,0442 | 156,14 | 0,350 |
| 1/8" | 19,0 | 17,2 | 0,0596 | 0,0540 | 232,35 | 0,455 |
| 1/4" | 25,2 | 20,4 | 0,0697 | 0,0641 | 312,61 | 0,580 |
| 3/8" | 25,4 | 24,6 | 0,0759 | 0,0773 | 416,30 | 0,650 |
| 1/2" | 28,5 | 26,7 | 0,0895 | 0,0839 | 532,15 | 0,970 |
| 3/4" | 34,9 | 33,1 | 0,1056 | 0,1040 | 610,42 | 1,310 |

Tabla 5.6 Superficie del serpentín de cobre

De (g), (h) y la diferencia de las temperaturas del evaporador tenemos:

$$4.99\text{kW} = 0.0895 \text{ m}^2 \times L\text{m} \times (-20 - (-30)) \times 60$$

de donde:

$$L\text{m} = 79 \text{ metros de tubería de } 11/8''$$

| CYCLE SPECIFICATION | | | | | | | | |
|-------------------------------------------|------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|------|-----|
| TEMPERATURE LEVELS | | PRESSURE LOSSES | | SUCTION GAS HEAT EXCHANGER | REFRIGERANT | | | |
| T_E [°C]: | 30,0 | ΔT_{SH} [K]: | 5 | Δp_{sl} [K]: | 0,5 | Thermal efficiency η_1 | 0,30 | R22 |
| T_C [°C]: | 35,0 | ΔT_{SC} [K]: | 2 | Δp_{DL} [K]: | 0,5 | | | |
| CYCLE CAPACITY | | | | | | | | |
| Cooling capacity \dot{Q}_E [KW] | 4,99 | \dot{Q}_E : 4,99 [KW] | \dot{Q}_C : 7,391 [KW] | \dot{m} : 0,03001 [kg/s] | \dot{V}_S : 16,68 [m ³ /h] | | | |
| COMPRESSOR PERFORMANCE | | | | | | | | |
| Isentropic efficiency η_{IS} [-] | 0,7 | η_{IS} : 0,700 [-] | W : 2,63 [KW] | | | | | |
| COMPRESSOR HEAT LOSS | | | | | | | | |
| Heat loss factor f_Q [%] | 10 | f_Q : 10,0 [%] | T_2 : 119,9 [°C] | \dot{Q}_{LOSS} : 0,263 [KW] | | | | |
| SUCTION LINE | | | | | | | | |
| Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K] | 1,0 | \dot{Q}_{SL} : 21 [W] | T_B : -24,0 [°C] | $\Delta T_{SH,SL}$: 1,0 [K] | | | | |

Cuadro 5.5 Calor que recibe el serpentín evaporador con refrigerante 22

Confirmando la recomendación mencionada para poder usar el R22 :

$$79\ 000\text{mm} / (26,7) = 2958 \text{ que es mayor que } 2000$$

por tanto serán 2 serpentines c/u de: $79/2 = 39.5$ m de 1 1/8"

En los pases de la tubería de cobre por las paredes del tanque, su aislamiento y su recubrimiento son posibles de ser observadas en dibujo croquizado. Donde se aprecia que el pase consta de una tubería de serpentín de cobre y para el pase se utilizó una barra maciza de cobre perforada, que es soldada en el interior con tubo de Fe negro Sch 80 y que para mayor seguridad se le fabricó en el exterior un prensa estopa en el caso que esta soldadura se resquebraje (figura 5.9)

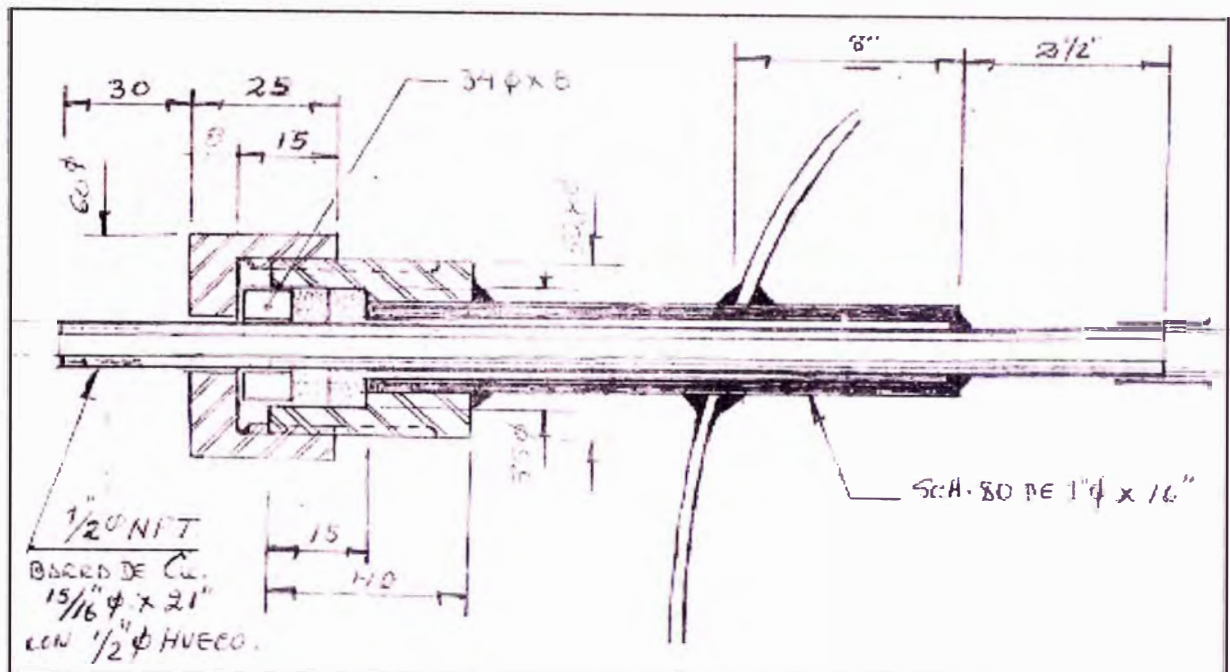


Figura 5.9 Detalle de la conexión exterior del serpentín del evaporador

Ahora bien en el caso que pudiera la presión del tanque con CO_2 , ingresar al serpentín del sistema de licuación es necesario prever, muy aparte de los dispositivos de seguridad como son los presostatos duales que tiene todo equipo de condensación para la refrigeración, una válvula de seguridad ubicada en el cilindro de acumulación de líquido refrigerante, para salvaguardar la funcionalidad del equipo y posibles desgracias, por la súbita presión que podría registrarse al ocurrir ello.

Mucho de los equipos actualmente comercializados ya disponen de estas válvulas de seguridad. Las marcas de los equipos de condensación ideales para este fin y con representantes que garantizan sus repuestos son COPELAND y BITZER.

Las capacidades nominales de las unidades de refrigeración pueden llegar a variar ligeramente en función de las condiciones específicas de operación ubicación y necesidad del cliente.

Para realizar este efecto refrigerante se necesita de una unidad de condensación con la capacidad suficiente para mantener la presión del tanque dentro de los límites de operación y seguridad para el cual esta requerido y por el cual el refrigerante en cuestión tiene que ser identificado en el equipo para el control ambiental , si es que las políticas medio ambientales del cliente así lo exigen.

Cuando el dióxido del carbono se retira de la unidad del almacenamiento, un mismo efecto de refrigeración ocurre y su presión se ve reducida en la unidad del almacenamiento. Podemos señalar que en un tanque de 4 ton de CO₂ a -17,7 °C (O°F) y una presión de 21kg/cm² ó 300 psig. No se pierde nada de producto después de unas 24 horas de interrupción de su sistema de refrigeración sin tener a favor algún consumo. Y todo por efecto del calor circundante con una temperatura ambiente de 80°F (26 °C) , la pérdida de un depósito de estas dimensiones oscila entre 100 libras (45,4 kg) al día.

La admisión de calor natural, imprescindible para este paso de líquido a gas, viene limitado por la temperatura ambiente y por

la superficie mojada en contacto con el líquido de CO₂ interiormente, es por ello que todo tanque tiene una tubería de rebose de líquido de CO₂ cuando es recargado y que garantiza como máximo llenado el 90 % en volumen al momento del trasvase de una cisterna al tanque estacionario donde se almacena el CO₂ en el cliente.

La vaporización natural en los tanques de CO₂ es uno de los fenómenos más complejos y del que menos bibliografía existe. Por lo cual nos vamos a remitir a las experiencias serias y responsables que confirman de forma práctica la operación de estos equipos de refrigeración. En la mayoría de los sistemas de refrigeración de los tanques de almacenamiento de CO₂ los refrigerantes utilizados son el R22, R502 o su reemplazo R404A .

Los fabricantes de refrigerantes y su marca comercial son:



| Fabricante | Marca Comercial |
|---------------|-----------------|
| Dupont | Suva |
| Allied Signal | Genetron |
| ICI | Klea |
| Elf Atochem | Forane |
| Solvay | Solkane |
| Ausimont | Meforex |
| Asahi Glass | Asahiflon |
| Mitsui-Dupont | Suva |
| Daikin | Diaflon |
| Showa Denko | Ecolocce |

Figura 5.10 Fabricantes de refrigerantes y su marca comercial

5.3.2 Selección del equipo de frío

Técnicamente llamado unidad condensadora, porque realiza la condensación del refrigerante que se encarga de licuar al CO₂, que en nuestro caso es R22, ingresando los datos en el cuadro 5.6 del COOLPAK se tiene la unidad de condensación para nuestra instalación de acuerdo a los parámetros ingresados.

Select cycle type:

One stage Two stage, closed intercooler
 Two stage, open intercooler Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name: Draw cycle

Values:

| | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Evaporating temperature: | <input type="text" value="-30,00"/> | <input type="text" value="°C"/> | Condensing temperature: | <input type="text" value="35,00"/> | <input type="text" value="°C"/> |
| Superheat: | <input type="text" value="5,00"/> | <input type="text" value="K"/> | Subcooling: | <input type="text" value="2,00"/> | <input type="text" value="K"/> |
| Dp evaporator: | <input type="text" value="0,00"/> | <input type="text" value="K"/> | Dp condenser: | <input type="text" value="0,00"/> | <input type="text" value="Bar"/> |
| Dp suction line: | <input type="text" value="1,00"/> | <input type="text" value="K"/> | Dp liquid line: | <input type="text" value="0,00"/> | <input type="text" value="K"/> |
| Dp discharge line: | <input type="text" value="0,00"/> | <input type="text" value="Bar"/> | | | |
| Isentropic efficiency [0-1]: | <input type="text" value="0,70"/> | <input type="text" value="Q loss..."/> | | | |

Cuadro 5.6 Datos de ingreso para seleccionar la unidad condensadora

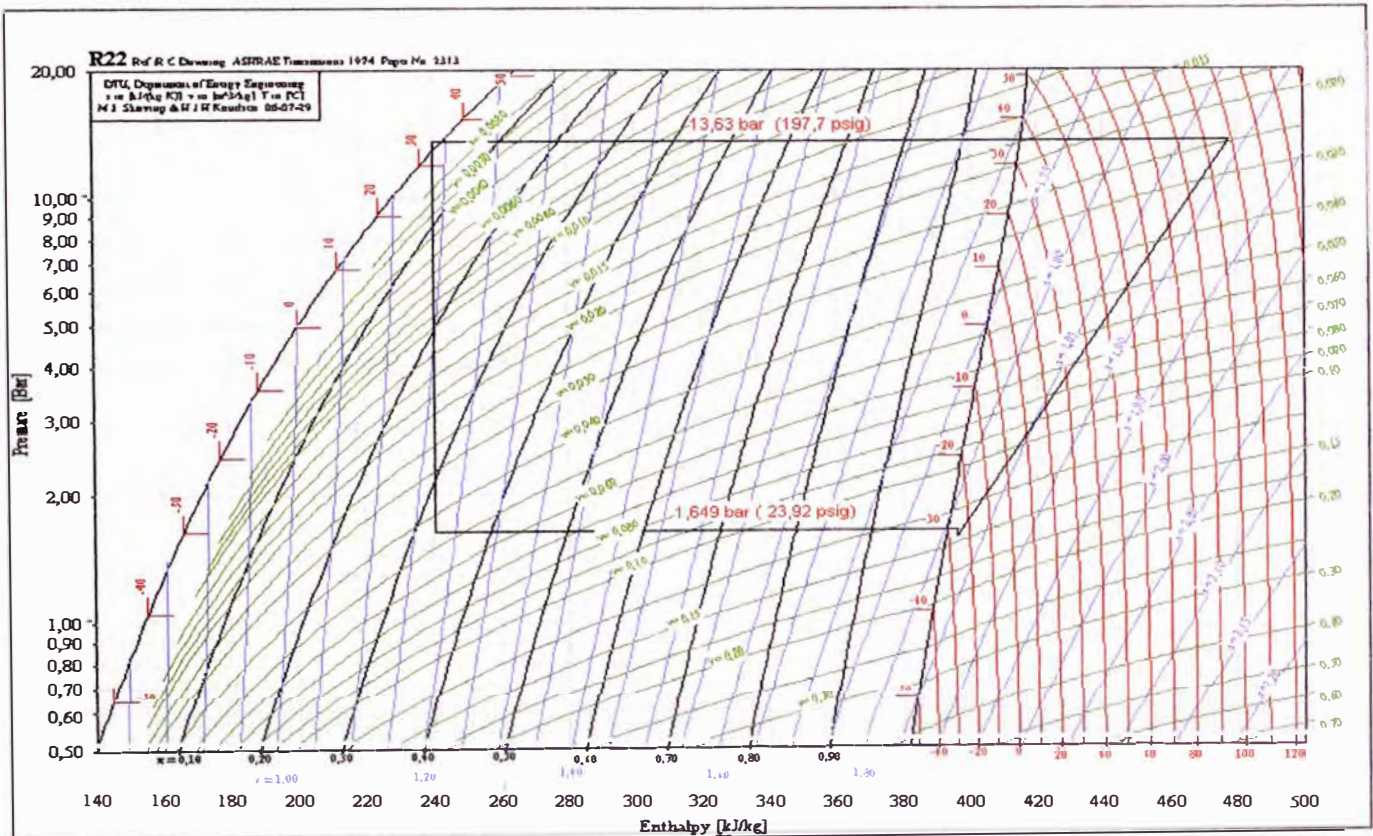


Figura 5.11 Ciclo de refrigeración para el R22 en el diagrama de presión entalpía

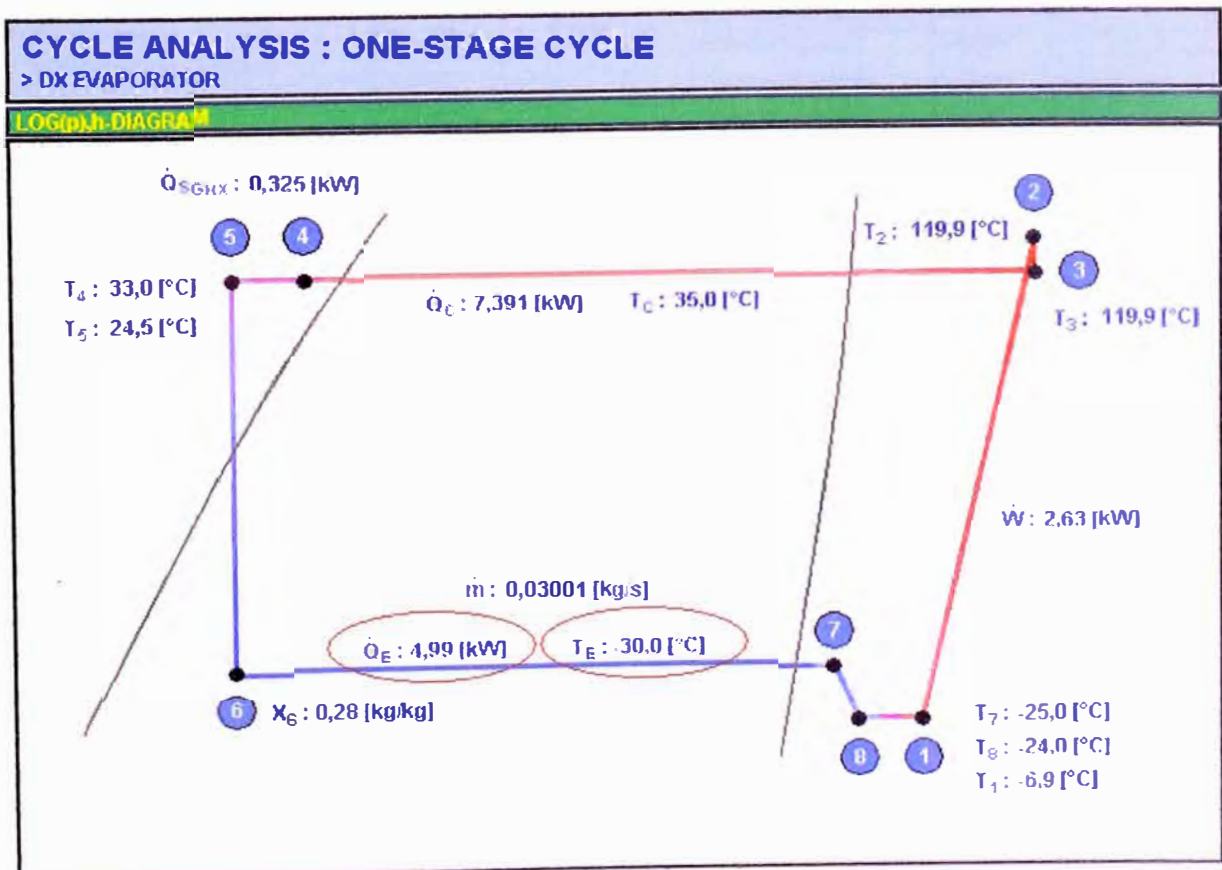


Figura 5.12 Ciclo de refrigeración graficado para el R22

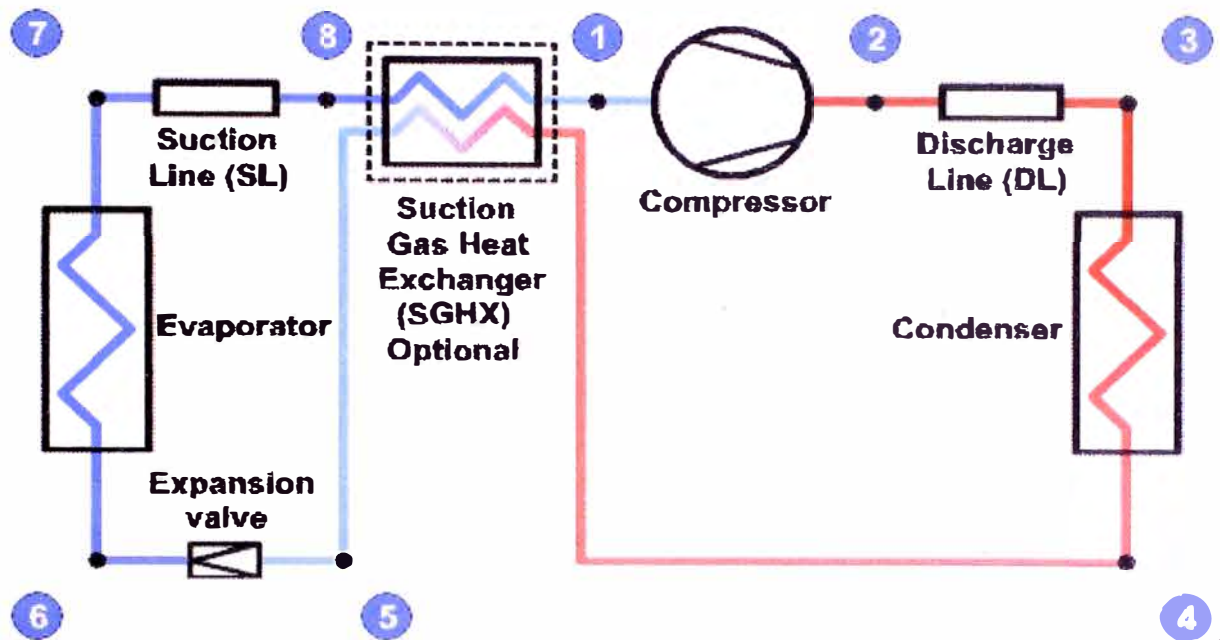


Figura 5.13 Esquema del ciclo de refrigeración para el refrigerante 22

| Calcular | Imprimir | Exportar | Límites | Datos técnicos | Tablas | Ayuda | Cerrar |
|------------------------------------------------|-------------------------|----------|---------|-----------------------------------------|------------|-------|--------|
| Datos de entrada | | | | Datos de salida | | | |
| Serie | Estándar | | | Modelo de compresor LH104/4Z-8.2 | | | |
| Refrigerante | R22 | | | Potencia frigorífica | 5.42 kW | | |
| Temperatura de referencia | Temp. en el punto de... | | | Potencia en el evap. | 5.42 kW | | |
| <input type="radio"/> Potencia frigorífica | kW | | | Potencia absorbida* | 4.10 kW | | |
| <input checked="" type="radio"/> Unidad modelo | LH104/4Z-8.2 | | | Corriente (220V) | 14.38 A | | |
| Temp. de evaporación | -30 °C | | | Caudal másico | 130.8 kg/h | | |
| Temperatura ambiente | 35 °C | | | Temp. de condensación | 40.7 °C | | |
| Recalentamiento de gas aspira | 5 K | | | Subenfriamiento del líquido | 2.83 K | | |
| Recalentamiento útil | 5.00 K | | | Modo de funcionamiento | Standard | | |
| Modo de funcionamiento | Auto | | | | | | |
| Alimentación eléctrica | 220..230V D-3-60Hz | | | | | | |

Cuadro 5.7 Resultados de la selección de la unidad condensadora

Leyenda y posición de las conexiones:

DL Línea descarga, FL Salida líquido, KL Línea condensados

SL Entrada gas aspirado, SV Válvula de seguridad.

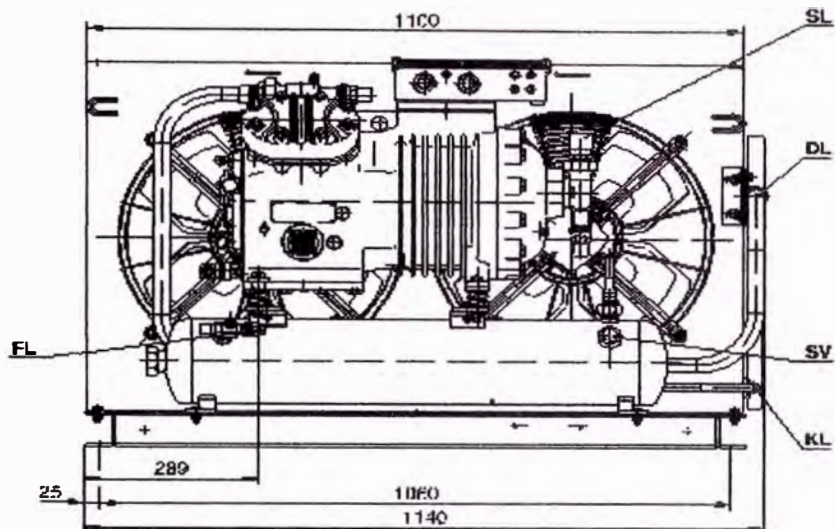


Figura 5.14 Dimensiones y conexiones de la unidad condensadora



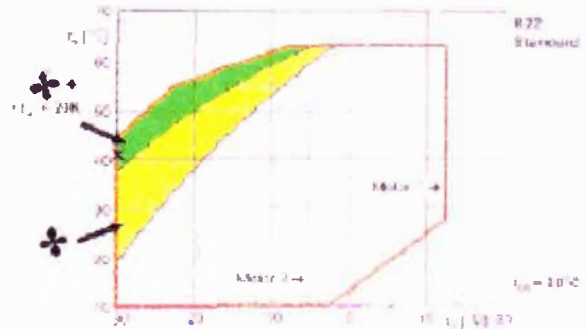
Version 3.2 - © 2001, BITZER Germany
 Todos los datos son susceptibles de cambio

Selección del Compresor: Unidades condensadoras

Valores de entrada

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Unidad modelo | LH104/4Z-8.2 |
| Serie | Estandar |
| Refrigerante | R22 |
| Temperatura de referencia | Temp. en el punto de rot. |
| Temp. de evaporación | -20°C |
| Temperatura ambiente | 35°C |
| Recalentamiento de gas aspirado | 5K |
| Alimentación eléctrica | 220, 230V 0.3-50Hz |
| Recalentamiento útil | 5.00K |

Limites de aplicación

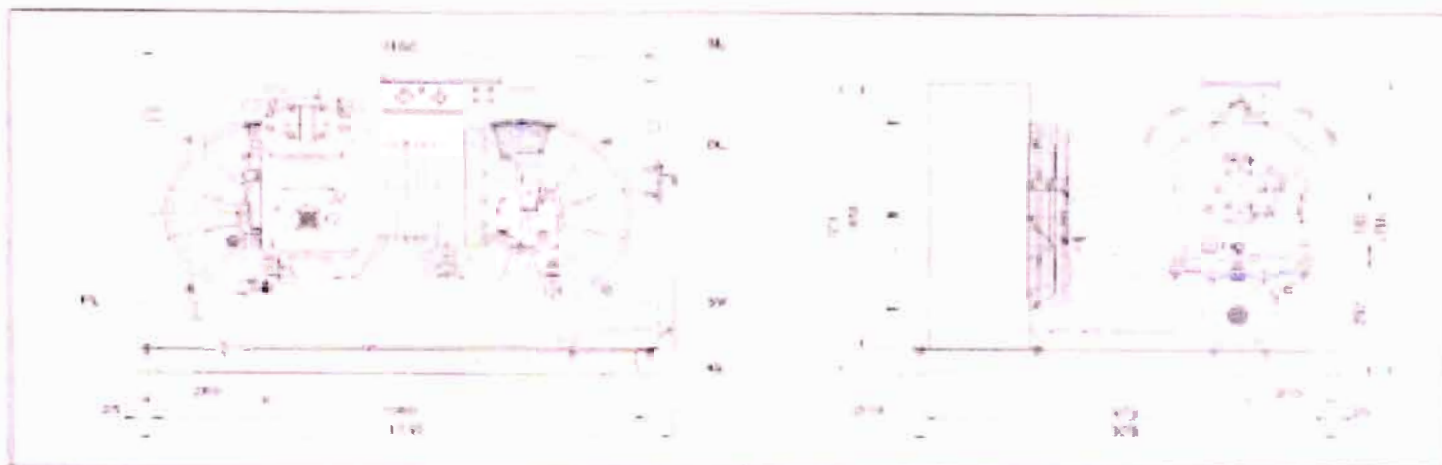


Resultado

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Modelo de compresor | LH104/4Z-8.2 |
| Potencia frigorífica | 5.42 kW |
| Potencia en el eje | 5.42 kW |
| Potencia absorbida* | 4.10 kW |
| Corriente (220V) | 14.38 A |
| Caudal masico | 150.8 kg/h |
| Temp. de condensación | 40.7 °C |
| Subenfriamiento del liquido | 2.83 K |
| Modo de funcionamiento | Standard |

Regulación de presión condensación? Debe preverse suficiente ventilación y limitación ver 'Datos técnicos'
 *Potencia absorbida compresor, potencia absorbida ventilador ver 'Datos técnicos'

Figura 5.15 Características de la unidad condensadora

Datos técnicos: LH104/42-B 2**Dimensiones y conexiones****Datos técnicos**

| | |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| Peso | 251 kg |
| Anchura total | 1140 mm |
| Profundidad total | 920 mm |
| Altura total | 220 mm |
| Conexión línea aspiración | 25 mm - 1" 1/8" |
| Conexión línea líquido | 10 mm - 3/8" |
| Ventilador: Cantidad | 2 |
| Tensión | 230V, 1-50Hz (Standard) |
| Corriente / capacidad de cada ventilador | 1,47 A / 316 W |
| Flujo volumétrico de aire del condensador 50Hz | 7248 m ³ /h |
| Tensión | 230V, 1-60Hz (Standard) |
| Corriente / capacidad de cada ventilador | 2,04 A / 469 W |
| Flujo volumétrico de aire del condensador 50Hz | 8212 m ³ /h |
| Recipiente colector (standard) | F152H |
| Máx. carga refrigerante 90% a 20°C | |
| R22 | 16,3 kg |
| R134a | 19,6 kg |
| R407C | 15,6 kg |
| R404A/R507A | 14,4 kg |
| Recipiente colector (opción) | F302H |
| R22 | 31,7 kg |
| R134a | 31,1 kg |
| R407C | 31,3 kg |
| R404A/R507A | 29,8 kg |
| Separador de aceite | Opción ✓ |
| Retención incorporada | Opción ✓ |
| Conmutador de alta y baja presión | Opción ✓ |
| Accesorios | Opción ✓ |

Figura 5.16 Ficha técnica de la unidad condensadora

De los datos técnicos de la unidad (figura 5.16) se estima una recarga en la instalación de 16,3 kg de R22, dado que las unidades nuevas vienen siempre cargadas inicialmente con Nitrógeno, en la solicitud de dicha unidad se solicitará también como se remarca en los datos de la Unidad Condensadora, un separador de aceite, muy necesario cuando se trabaja con R22 a bajas temperaturas, una válvula de antiretorno (retención incorporada), un conmutador de alta y baja (diferencial regulable), y dentro de lo que son accesorios un acumulador de succión, por posibles retornos de refrigerante líquido al momento del arranque del equipo.

Respecto al dimensionamiento de tuberías para la conexión de las tomas del serpentín interior del tanque, hasta la unidad condensadora (Equipo de frío), como no superan los tres metros y es más, el diámetro de la tubería del evaporador coincide con la toma de aspiración según datos técnicos de la unidad condensadora, no influirá en el desempeño óptimo de este, quedando solamente la parte más importante del sistema de licuación, que es a selección de una válvula de expansión, que necesariamente tiene que tener ecualización externa ha efecto de eliminar gran parte de las caídas de presión en el serpentín evaporador.

5.3.3 Selección de la válvula de expansión(VET)

Para ello debemos seguir el procedimiento a continuación:

5.3.3.1 Determinación de caída de presión en VET

Restaremos la presión de evaporador de la presión de condensador. La presión de condensación que debe usarse en este cálculo debe ser la presión de condensación mínima de operación del sistema. De este valor, restamos todas las otras pérdidas de presión para obtener la caída neta de presión a través de la válvula de expansión (VET). Asegúrese de considerar todas las posibles fuentes de caída de presión:

- (1) caídas por fricción en las líneas de refrigeración incluyendo evaporador y condensador;
- (2) caída de presión a través de accesorios de la línea de líquido tales como válvula solenoide y filtro-secador;
- (3) caída (subida) de presión estática debida a un ascenso (descenso) vertical de la línea de líquido; y
- (4) caída de presión a través del distribuidor de refrigerante, si se usa.

La tabla del fabricante debe especificar las caídas de presión típicas en condiciones de carga de diseño, Para mayor información acerca de distribuidores de refrigerante. Encuentre el factor de corrección por caída de presión (FC Presión) correspondiente a la temperatura de evaporación y a la caída de presión a través de la válvula (ver tablas 5.9).

5.3.2.2 Temperatura del refrigerante en la VET

Las tablas de capacidad son basadas en líquido a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ para R-12, R-22, , R-404A y, R-502 . Para otras temperaturas de líquido, aplique el factor de corrección (FC Líquido) en las tablas para cada refrigerante.

5.3.3.3 Selección de la VET en tablas de capacidad

Seleccione una válvula en base a la temperatura de evaporación de diseño. Si es posible, la capacidad de la válvula debe ser igual o exceder ligeramente el valor de capacidad de diseño del sistema.

Asegúrese de aplicar los factores de corrección por temperatura de líquido y por caída de presión apropiados a los valores de capacidad de válvulas mostrados en las tablas.

Una vez que el valor de capacidad ha sido encontrado, determine la capacidad nominal de la válvula de la segunda columna de las tablas.

-Determinamos que si, se requiere un equilibrador externo en la VET dado que la cantidad de caída de presión entre la salida de la VET y el lugar donde está ubicado el bulbo podría ser apreciable.

-Seleccionamos el tipo de cuerpo de acuerdo al estilo de las conexiones que se necesita.

-Seleccionamos la carga termostática selectiva o recomendada por el fabricante de acuerdo a la temperatura de evaporación (Tabla 5.7).

Hemos de saber que el bulbo sensor de la VET transmite presión a la parte superior del diafragma por medio del tubo capilar. La carga termostática es la sustancia dentro del bulbo sensor que responde a la temperatura de la línea de succión para crear presión de bulbo y está diseñada para permitir que la VET opere a un nivel satisfactorio de recalentamiento dentro de un rango de temperaturas de operación.

El término de carga cruzada surge del hecho que las características presión-temperatura de la mezcla de refrigerantes cruzará en algún punto la curva de saturación del refrigerante del sistema. Tanto la carga líquida como la carga cruzada tiene suficiente líquido, de manera que el bulbo, tubo capilar y la cámara del diafragma siempre tendrán algún líquido en todas las condiciones de temperatura. Esta característica previene la migración de carga de la carga termostática que se alejara del bulbo sensor si la temperatura del mismo se vuelve mayor que las otras partes del elemento termostático. La migración de carga provocará la pérdida de control de la VET una característica adicional de estas cargas es la ausencia de una presión máxima de operación (PMO), es por ello que las cargas ZP vienen con PMO.

CARGAS SELECTIVAS SPORLAN DISEÑADAS PARA MAXIMO RENDIMIENTO EN CADA APLICACION ESPECIFICA

*CARGAS TERMOSTATICAS RECOMENDADAS

| APLICACION | REFRIGERANTES | | | | | | | | | | CARGAS TERMOSTATICAS REALES |
|--------------------------------------------------------|---------------|------------|-------|-------|------|--------|--------|-------------|-----|--------|-----------------------------|
| | 12 409A | 22 407A | 134a | 401A | 402A | 404A | 407C | 502 406A | 507 | 717 | |
| AIRE ACONDICIONADO | FCP60 | - | JCP60 | KCP60 | - | - | - | - | - | - | FCP60 |
| | - | VCP100 | - | - | - | - | MCP100 | - | - | - | VCP100 |
| | - | VGA | - | - | - | - | NGA | - | - | - | VGA |
| | - | - | - | - | - | SCP115 | - | RCP115 | - | - | SCP115 |
| REFRIGERACION COMERCIAL 10°C to -25°C | FC | - | JC | XC | - | - | - | - | - | - | FC |
| | - | VC | - | - | - | - | WC | - | - | - | VC |
| | - | - | - | - | - | SC | - | RC | - | - | SC |
| | - | - | - | - | LC | - | - | - | PC | - | PC |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | AC, AL | AC, AL |
| REFRIGERACION DE BAJA TEMPERATURA -20°C to -40°C | FZ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | FZ |
| | FZP | - | - | - | - | - | - | - | - | - | FZP |
| | - | VZ | - | - | - | - | - | - | - | - | VZ |
| | - | VZF40 | - | - | - | - | - | - | - | - | VZF40 |
| | - | - | - | - | LZ | SZ | - | RZ | PZ | - | SZ |
| | - | - | - | - | LZP | SZP | - | RZP | PZP | - | SZP |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | AZ, AL | AZ, AL |
| TEMPERATURA EXTREMADAMENTE BAJA -40°C to -75°C | - | VX | - | - | - | - | - | - | - | - | VX |
| | - | - | - | - | LX | SX | - | RX | PX | - | SX |

Tabla 5.7 Tipo de cargas termostáticas recomendadas para la VET

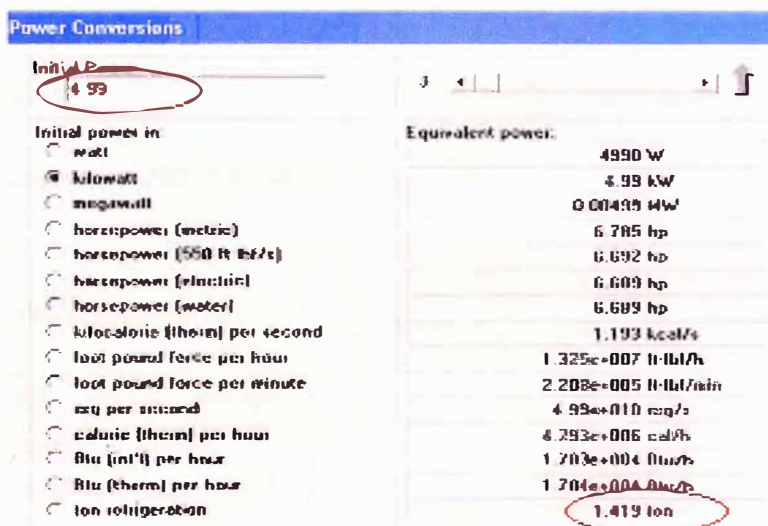
Observamos que las cargas recomendadas son del tipo Z y ZP con R22 de -20°C a -40°C . La "V" es que se trata del R22 (tabla 5.7).

Una curva característica de recalentamiento típica de la carga Z es la ilustrada en la figura siguiente, dado que la curva tiene una pendiente hacia arriba y la derecha; la válvula controlará a valores menores de recalentamiento a medida que disminuya la temperatura del evaporador, brindando ventajas operacionales para la refrigeración a baja temperatura que es nuestro caso. Esta característica evita el retorno de líquido durante el arranque del compresor, reduce la carga del

compresor después del arranque y permite un incremento brusco de la carga térmica.

Observando la tabla 5.10 debemos confirmar la capacidad real de la VET seleccionada:

De la conversión se tiene que $4,99 \text{ kW} = 1,419 \text{ ton}$ de refrigeración.



Cuadro 5.8 Conversión de unidades

Para nuestro ciclo con refrigerante R-22 del diagrama PH figura 5.11, tenemos:

-Temperatura de evaporador de diseño $-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$

-Temperatura de condensador de diseño..... $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$

-Temperatura de líquido refrigerante $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidad de diseño del sistema 1.419 tons (4,99 kW)

-Caída de presión disponible a través de la VET:

Del diagrama PH (figura 5.11)

| | |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| -Presión de condensación (psig) | 197,70 (13,63 bar) |
| -Presión de evaporación (psig) | <u>23,92</u> (1,649 bar) |
| Diferencia | 173,78 psig |
| -Caída en línea de líquido y accesorios (psig) | 5 |
| (estimado de las instalaciones) | |
| -Caída en distribuidor y tubos (psig)..... | 35 |
| según tabla 5.8 para R22 | |
| | <u>40 psig</u> |

de donde $173,78 - 40 = 133,78$ psig, trabajamos con esta presión para confirmar nuestra VET.

| REFRIGERANTE | CAIDA DE PRESION PROMEDIO A TRAVES DEL DISTRIBUIDOR |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 12, 134B, 401A, 409A | 25 psi |
| 22, 402A, 404A, 408A, 407A, 502, 507 | 35 psi |
| 717 (Amoniaco) | 40 psi |

Tabla 5.8 Caídas de presión con el R22

De la tabla 5.10 escogemos el tipo de VET en la columna izquierda con orificio No. 3 de 1 ½ ton de capacidad y a -30 °C como temperatura del evaporador con un tipo de carga térmica VZ de donde $C_{tab} = 1,01$, en la misma tablas 5.9 izquierda y derecha respectivamente obtenemos:

$FC_p = 0,8756$ (interpolando en la parte izquierda de las tablas 5.9) y $FCL = 1,11$, entonces:

$$C_{Real} = C_{tab} \times FC_{Presión} \times FC_{Líquido}$$

$$= 1,01 \text{ tons} \times 0,8756 \times 1,11 = 0,98 \text{ tons}$$

| TEMPERATURA DE EVAPORADOR °C | CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET (PSI) | | | | | | | REFRIGERANTE | TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C) | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | | 225 | -20° | -10° | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° |
| | FC PRESION | | | | | | | | FC LIQUIDO | | | | | | | | | |
| 5° B° | 0.71 | 0.87 | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.32 | 1.41 | 1.50 | 22 407A 407C | 1.63 | 1.53 | 1.42 | 1.32 | 1.20 | 1.11 | 1.00 | 0.89 | 0.78 |
| -10° | 0.63 | 0.77 | 0.89 | 1.00 | 1.10 | 1.18 | 1.26 | 1.34 | | 1.85 | 1.71 | 1.57 | 1.44 | 1.30 | 1.15 | 1.00 | 0.84 | 0.66 |
| 30° -40° | 0.53 | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.13 | | 1.42 | 1.36 | 1.30 | 1.23 | 1.16 | 1.08 | 1.00 | 0.91 | 0.82 |

133.78

Tablas 5.9 Factores de corrección para la VET con R22

| Capacidades de Válvulas de Expansión Termostática en tons | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-----------|------|------|------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|
| VALVULA TIPO | CAPACIDAD NOMINAL (tons) | REFRIGERANTE | | | | | | | | | | | | | |
| | | 22 | | | | 407A | | | | 407C | | | | | |
| | | CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA | | | | | | | | | | | | | |
| | | VC, VCP100, VGA | | | | VZ, VZP40 | | | | VC, VCP100, VGA | | | | NC, NCP100, NGA | |
| TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5° | 0° | -10° | -20° | -30° | -40° | 5° | 0° | -10° | -20° | 5° | 0° | -10° | -20° |
| F-EF-G-EG | 1-5 | 1.20 | 0.19 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.12 | 0.18 | 0.18 | 0.18 |
| M | 1/4 | 0.25 | 0.34 | 0.29 | 0.32 | 0.24 | 0.17 | 0.22 | 0.22 | 0.24 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | 0.24 |
| F-EF-G-EG | 1-3 | 0.34 | 0.34 | 0.38 | 0.32 | 0.25 | 0.18 | 0.32 | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.28 | 0.31 | 0.31 | 0.32 |
| M-F-EF-G-EG | 1/2 | 0.44 | 0.44 | 0.48 | 0.41 | 0.33 | 0.23 | 0.41 | 0.40 | 0.42 | 0.36 | 0.40 | 0.39 | 0.41 | 0.38 |
| G-EG | 3/4 | 0.74 | 0.73 | 0.77 | 0.72 | 0.61 | 0.44 | 0.68 | 0.67 | 0.69 | 0.64 | 0.67 | 0.66 | 0.68 | 0.64 |
| M-F-EF-G-EG | 1 | 0.88 | 0.87 | 1.02 | 0.95 | 0.78 | 0.56 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.85 | 0.85 | 0.81 | 0.81 |
| F-EF-G-EG | 1-1/2 | 1.57 | 1.55 | 1.64 | 1.45 | 1.12 | 0.79 | 1.45 | 1.42 | 1.47 | 1.29 | 1.43 | 1.45 | 1.46 | 1.27 |
| F-EF(G)-G-EG(L)-S | 2 | 1.59 | 1.64 | 2.03 | 1.89 | 1.29 | 1.28 | 1.81 | 1.78 | 1.85 | 1.76 | 1.78 | 1.75 | 1.82 | 1.74 |
| F-EF(G)-G-EG(L)-S | 2-1/2 | 2.45 | 2.42 | 2.96 | 2.59 | 1.81 | 1.43 | 2.21 | 2.23 | 2.31 | 2.11 | 2.23 | 2.19 | 2.28 | 2.09 |
| F-EF(G)-G-EG(L)-S | 3 | 3.13 | 2.10 | 3.28 | 2.87 | 2.12 | 1.52 | 2.81 | 2.85 | 2.95 | 2.54 | 2.85 | 2.89 | 2.82 | 2.81 |
| G-S | 4 | 4.41 | 4.36 | 4.61 | 4.59 | 3.14 | 2.23 | 4.08 | 4.01 | 4.16 | 3.63 | 4.01 | 3.94 | 4.11 | 3.58 |
| F-EF(G)-G-S | 5 | 5.08 | 5.04 | 5.29 | 5.16 | 3.65 | 2.69 | 4.73 | 4.63 | 4.80 | 4.29 | 4.64 | 4.55 | 4.74 | 4.13 |
| EAS(L)-S | 6 | 5.84 | 5.75 | 6.02 | 6.16 | 4.31 | 3.08 | 5.27 | 5.17 | 5.29 | 5.09 | 5.12 | 5.03 | 5.14 | 5.04 |
| S(L)-S | 10 | 9.50 | 9.50 | 10.0 | 10.15 | 6.20 | 4.37 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 7.49 | 8.12 | 8.05 | 8.00 | 7.43 |
| S(L)-S | 15 | 15.2 | 15.0 | 15.5 | 15.3 | 9.24 | 5.99 | 11.1 | 11.0 | 11.0 | 11.6 | 11.0 | 10.9 | 11.5 | 11.1 |
| M | 2-1/2 | 2.45 | 2.40 | 2.50 | 2.10 | 1.50 | 1.22 | 2.27 | 2.21 | 2.28 | 2.07 | 2.22 | 2.17 | 2.25 | 2.06 |
| M | 3-1/2 | 3.41 | 3.35 | 3.45 | 3.12 | 2.45 | 2.07 | 3.09 | 3.04 | 3.10 | 2.81 | 3.00 | 2.95 | 3.04 | 2.81 |
| M | 7 | 6.80 | 6.73 | 7.07 | 6.79 | 5.20 | 3.99 | 6.37 | 6.18 | 6.17 | 5.56 | 6.25 | 6.18 | 6.29 | 5.61 |
| M | 11 | 10.3 | 10.1 | 10.6 | 10.15 | 7.31 | 5.17 | 9.65 | 9.27 | 9.24 | 8.00 | 9.37 | 9.12 | 9.14 | 8.01 |
| M | 16 | 14.3 | 14.0 | 14.4 | 13.9 | 9.59 | 6.84 | 13.0 | 13.4 | 13.0 | 11.7 | 13.8 | 13.2 | 13.2 | 11.7 |
| M | 20 | 18.0 | 17.8 | 18.4 | 17.9 | 12.4 | 9.17 | 16.2 | 16.6 | 16.2 | 14.6 | 16.8 | 16.3 | 16.3 | 14.6 |
| M | 21 | 21.1 | 20.8 | 21.5 | 21.0 | 15.7 | 12.9 | 19.5 | 19.1 | 19.4 | 16.1 | 19.2 | 18.6 | 18.6 | 16.1 |
| M | 26 | 26.0 | 25.7 | 26.5 | 26.0 | 19.7 | 16.2 | 24.1 | 23.6 | 24.1 | 21.7 | 23.6 | 23.2 | 23.6 | 21.7 |
| M | 34 | 33.3 | 32.9 | 33.8 | 33.3 | 27.6 | 21.5 | 30.9 | 30.3 | 30.9 | 26.7 | 30.3 | 29.8 | 29.8 | 26.7 |
| M | 42 | 41.1 | 40.7 | 41.7 | 41.2 | 33.5 | 26.6 | 38.2 | 37.4 | 37.9 | 33.6 | 37.5 | 36.8 | 36.8 | 33.6 |
| VALVULA TIPO | GRUPO | VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA DE BRICIFICIO INTERCAMBIABLE TIPO D | | | | | | | | | | | | | |
| G-SO-EG | 0 | 0.38 | 0.34 | 0.36 | 0.32 | 0.25 | 0.18 | 0.32 | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.28 |
| G-SO-EG | 1 | 0.24 | 0.23 | 0.27 | 0.22 | 0.17 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.17 | 0.16 | 0.16 |
| G-SO-EG | 2 | 0.38 | 0.37 | 0.42 | 0.35 | 0.28 | 0.19 | 0.41 | 0.40 | 0.42 | 0.34 | 0.39 | 0.38 | 0.41 | 0.34 |
| G-SO-EG | 3 | 1.15 | 1.15 | 1.14 | 1.11 | 0.81 | 0.57 | 1.06 | 1.04 | 1.09 | 1.00 | 1.04 | 1.03 | 1.07 | 1.00 |
| G-SO-EG | 4 | 2.45 | 2.42 | 2.55 | 2.19 | 1.61 | 1.43 | 2.27 | 2.23 | 2.31 | 2.11 | 2.23 | 2.19 | 2.20 | 2.03 |
| G-SO-EG | 5 | 3.42 | 3.39 | 3.59 | 3.31 | 2.24 | 1.95 | 3.18 | 3.12 | 3.23 | 2.93 | 3.17 | 3.09 | 3.19 | 2.90 |
| G-SO-EG | 6 | 4.20 | 4.15 | 4.39 | 4.05 | 3.34 | 2.78 | 4.36 | 4.27 | 4.43 | 4.05 | 4.30 | 4.21 | 4.39 | 4.02 |
| VALVULA TIPO | GRUPO | Cargas Termostáticas VGA y NGA Solemno | | | | | | | | | | | | | |
| RIVE | 2 | 2.10 | 2.07 | 2.21 | 1.96 | | | 1.94 | 1.93 | 1.99 | 1.77 | 1.91 | 1.87 | 1.96 | 1.72 |
| RIVE | 3 | 2.73 | 2.69 | 2.84 | 2.58 | | | 2.69 | 2.63 | 2.74 | 2.52 | 2.69 | 2.64 | 2.72 | 2.48 |
| RIVE | 4 | 4.09 | 4.05 | 4.31 | 3.78 | | | 3.80 | 3.72 | 3.89 | 3.54 | 3.79 | 3.65 | 3.84 | 3.47 |
| RIVE | 5 | 5.43 | 5.38 | 5.64 | 5.10 | | | 4.91 | 4.82 | 4.99 | 4.54 | 4.83 | 4.68 | 4.85 | 4.40 |

Tabla 5.10 Capacidades de la VET en toneladas de refrigeración

El porcentaje de carga, indicador de la utilización de la capacidad de la VET, puede calcularse dividiendo la capacidad de diseño del sistema entre la capacidad real de la

VET en las condiciones dadas y multiplicando el resultado por 100%.

$$\% \text{ de carga} = \frac{\text{Capacidad diseño del sistema}}{\text{Capacidad Real condiciones dadas}}$$

% de Carga = $(1.419 \text{ ton} / 0.98 \text{ ton}) \times 100 \% = 1,4479$ ó 144,79% no aceptable, dado que la interpretación de este resultado indicaría que yo puedo utilizar la capacidad del la VET hasta más de un 100%.

Recalculando para VET siguiente de 2 1/2 ton con orificio No.4 se tiene (ver tabla 5.12).

de donde $C_{tab} = 2,01$

| TEMPERATURA DE EVAPORADOR °C | CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET (PSI) | | | | | | | | REFRIGERANTE | TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C) | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | | -20° | -10° | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° |
| | FC PRESION | | | | | | | | | FC LIQUIDO | | | | | | | | |
| 5°, 0° | 0.71 | 0.87 | 1.00 | 1.12 | 1.22 | 1.30 | 1.41 | 1.50 | | | | | | | | | | |
| -10° | 0.63 | 0.77 | 0.89 | 1.00 | 1.10 | 1.18 | 1.26 | 1.34 | 22 | 1.63 | 1.53 | 1.42 | 1.32 | 1.20 | 1.11 | 1.00 | 0.89 | 0.78 |
| 20° | 0.57 | 0.71 | 0.82 | 0.91 | 1.00 | 1.08 | 1.15 | 1.22 | 407A | 1.85 | 1.71 | 1.57 | 1.44 | 1.30 | 1.15 | 1.00 | 0.84 | 0.66 |
| 30°, -40° | 0.53 | 0.65 | 0.76 | 0.85 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.13 | 407C | 1.42 | 1.36 | 1.30 | 1.23 | 1.16 | 1.08 | 1.00 | 0.91 | 0.82 |

133.78

Tablas 5.11 Factores de corrección para la VET con R22

En las misma tablas 5.11 en la parte izquierda y derecha respectivamente obtenemos: $FC_p = 0,8756$ y $FC_l = 1,11$

$$C_{Real} = C_{tab} \times FC_{Presión} \times FC_{Líquido}$$

$$= 2,01 \text{ tons} \times 0,8756 \times 1,11 = 1,95 \text{ tons}$$

$$\% \text{ de carga} = \frac{\text{Capacidad diseño del sistema}}{\text{Capacidad Real}}$$

$$\% \text{ de carga} = 1.419 \text{ tons} / 1.95 \text{ tons} = 0,7276 \text{ ó } 72\% \text{ OK}$$

La interpretación es que todavía tengo reservado:

$$100\% - 72,76\% = 27,24\% \text{ de capacidad de la VET.}$$

Por tanto la VET seleccionada según tabla 5.13 es:

QVE-2½-3/8"x1½"SAE,¼"ecualizador externo orificio No.4.

| VALVULA TIPO | | CAPACIDAD NOMINAL (tons) | REFRIGERANTE | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|------|--|
| | | | 22 | | | | 407A | | | | | | | | 407C | | | |
| | | | CARGA TERMOESTÁTICA RECOMENDADA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | VC, VCP100, VGR | | | | VZ, VZP10 | | | | VC, VCP100, VGR | | | | NC, NCP100, NGA | | | |
| TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 5° | 0° | -10° | -20° | -30° | -40° | 5° | 0° | -10° | -20° | 5° | 0° | -10° | -20° | |
| P-EF-G-EG | | 1/8 | 0.20 | 0.19 | 0.27 | 0.19 | 0.16 | 0.11 | 0.11 | 0.18 | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.17 | |
| NE | | 1/4 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.27 | 0.24 | 0.17 | 0.23 | 0.22 | 0.24 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | |
| P-EF-G-EG | | 1/2 | 0.34 | 0.34 | 0.38 | 0.37 | 0.29 | 0.18 | 0.30 | 0.27 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | |
| NE-P-EF-G-EG | | 1/2 | 0.41 | 0.40 | 0.45 | 0.41 | 0.32 | 0.22 | 0.43 | 0.40 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.41 | 0.36 | |
| G-EG | | 3/4 | 0.44 | 0.43 | 0.47 | 0.42 | 0.30 | 0.24 | 0.45 | 0.42 | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.44 | |
| NE-P-EF-G-EG | | 1 | 0.55 | 0.54 | 0.62 | 0.55 | 0.40 | 0.30 | 0.61 | 0.58 | 0.64 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.59 | 0.53 | |
| P-EF-G-EG | | 1-1/2 | 1.07 | 1.05 | 1.14 | 1.05 | 1.12 | 0.75 | 1.45 | 1.42 | 1.47 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 1.42 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG | | 2 | 1.95 | 1.94 | 2.05 | 1.99 | 1.70 | 1.28 | 1.82 | 1.78 | 1.85 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 1.72 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG | | 2-1/2 | 2.45 | 2.42 | 2.56 | 2.39 | 2.01 | 1.40 | 2.25 | 2.23 | 2.31 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.09 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG(G)-G | | 3 | 3.12 | 3.10 | 3.25 | 2.97 | 2.30 | 1.52 | 2.91 | 2.89 | 2.96 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | 2.51 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG(G)-G | | 4 | 4.41 | 4.38 | 4.61 | 4.29 | 3.14 | 2.00 | 4.06 | 4.01 | 4.15 | 3.31 | 3.31 | 3.31 | 3.31 | 3.31 | 3.28 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG(G)-G | | 5 | 5.09 | 5.04 | 5.23 | 4.76 | 3.69 | 2.53 | 4.73 | 4.63 | 4.66 | 3.69 | 3.69 | 3.69 | 3.69 | 3.69 | 3.67 | |
| P-EF(G)-G-EG(G)-EG(G)-G | | 6 | 7.84 | 7.75 | 8.02 | 7.38 | 4.91 | 3.30 | 7.27 | 7.12 | 7.23 | 5.59 | 5.59 | 5.59 | 5.59 | 5.59 | 5.54 | |
| S(E)E | | 10 | 9.81 | 9.69 | 10.0 | 9.16 | 6.24 | 4.37 | 9.09 | 8.90 | 9.03 | 7.49 | 7.49 | 7.49 | 7.49 | 7.49 | 7.43 | |
| S(P)E | | 15 | 15.2 | 15.0 | 15.5 | 14.1 | 9.74 | 7.09 | 14.1 | 13.9 | 14.0 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.8 | 11.7 | |
| H | | 2-1/2 | 2.45 | 2.40 | 2.50 | 2.35 | 1.59 | 1.07 | 2.27 | 2.21 | 2.25 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.06 | |
| H | | 3-1/2 | 3.49 | 3.35 | 3.46 | 3.22 | 2.43 | 1.67 | 3.29 | 3.14 | 3.18 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.81 | 2.79 | |
| H | | 2 | 6.86 | 6.71 | 7.07 | 6.20 | 3.90 | 2.94 | 6.77 | 6.58 | 6.71 | 5.55 | 5.55 | 5.55 | 5.55 | 5.55 | 5.53 | |
| H | | 3 | 10.3 | 10.1 | 10.5 | 9.55 | 5.35 | 4.07 | 10.0 | 9.77 | 9.94 | 8.09 | 8.09 | 8.09 | 8.09 | 8.09 | 8.05 | |
| H | | 4 | 14.0 | 13.8 | 14.1 | 12.7 | 5.58 | 4.31 | 13.8 | 13.4 | 13.6 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.1 | |
| H | | 5 | 17.8 | 17.4 | 17.9 | 16.1 | 6.47 | 5.02 | 17.2 | 16.6 | 16.9 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.5 | |
| H | | 6 | 21.6 | 21.1 | 21.8 | 19.6 | 7.57 | 5.93 | 20.8 | 19.9 | 20.4 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 15.9 | |
| M | | 20 | 26.9 | 26.2 | 27.5 | 24.8 | 23.7 | 16.2 | 24.1 | 23.6 | 23.7 | 19.2 | 19.2 | 19.2 | 19.2 | 19.2 | 19.1 | |
| M | | 24 | 33.2 | 32.4 | 33.8 | 30.8 | 27.5 | 21.5 | 30.9 | 30.2 | 30.3 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.1 | |
| M | | 42 | 41.1 | 40.2 | 41.4 | 38.2 | 33.5 | 24.6 | 38.2 | 37.4 | 37.5 | 29.9 | 29.9 | 29.9 | 29.9 | 29.9 | 29.8 | |
| VALVULA TIPO | ORIFICIO | VALVULAS DE EXPANSION TERMOESTÁTICA DE ORIFICIO INTERCAMBIABLE TIPO U | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q-SO-EO | 0 | 1/8 | 0.34 | 0.34 | 0.38 | 0.37 | 0.29 | 0.18 | 0.32 | 0.27 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | |
| Q-SO-EO | 1 | 3/4 | 0.71 | 0.71 | 0.77 | 0.72 | 0.52 | 0.34 | 0.68 | 0.67 | 0.69 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | |
| Q-SO-EO | 2 | 1 | 0.98 | 0.97 | 1.02 | 0.95 | 0.70 | 0.46 | 0.91 | 0.89 | 0.92 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | |
| Q-SO-EO | 3 | 1-1/2 | 1.47 | 1.45 | 1.54 | 1.45 | 1.07 | 0.72 | 1.38 | 1.34 | 1.39 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | 1.13 | |
| Q-SO-EO | 4 | 2-1/2 | 2.45 | 2.42 | 2.56 | 2.39 | 1.73 | 1.10 | 2.27 | 2.23 | 2.24 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.11 | 2.09 | |
| Q-SO-EO | 5 | 3-1/2 | 3.43 | 3.39 | 3.54 | 3.35 | 2.34 | 1.56 | 3.18 | 3.12 | 3.23 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.67 | |
| Q-SO-EO | 6 | 5 | 4.75 | 4.69 | 4.87 | 4.58 | 3.14 | 2.10 | 4.36 | 4.27 | 4.31 | 3.66 | 3.66 | 3.66 | 3.66 | 3.66 | 3.64 | |
| VALVULA TIPO | | Cargas Termostáticas VCA y NGA Solamente | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RIVE | 2 | 2.10 | 2.07 | 2.21 | 1.99 | | | | 1.94 | 1.93 | 1.99 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.71 | 1.70 | |
| RIVE | 3 | 3.20 | 3.16 | 3.31 | 3.08 | | | | 3.09 | 3.03 | 3.16 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | 2.72 | 2.70 | |
| RIVE | 4 | 4.09 | 4.05 | 4.21 | 3.97 | | | | 3.99 | 3.92 | 4.05 | 3.54 | 3.54 | 3.54 | 3.54 | 3.54 | 3.53 | |
| RIVE | 5 | 5.45 | 5.38 | 5.64 | 5.35 | | | | 5.33 | 5.22 | 5.40 | 4.64 | 4.64 | 4.64 | 4.64 | 4.64 | 4.63 | |

Tabla 5.12 Capacidades de la VET en toneladas de refrigeración

VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA SPORLAN

ESPECIFICACIONES



TIPO-O, EQ, SQ

Tamaño elemento No. 43, unión tipo de navaja
 Longitud estándar de tubo capilar: 152 cm



| REFRIGERANTE (Código de Sporlan) | TIPO DE CUERPO ORIFICIO | | | | | | ORIFICIO | CAPACIDAD NOMINAL | | CONEXIONES pulgadas |
|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|-------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | SAE Roscar | | ODF Soldar | | | | | lons | kW | |
| | ⓪ Equilibrador Interno | Ⓛ Equilibrador Externo | ⓪ Equilibrador Interno | Ⓛ Equilibrador Externo | ⓪ Equilibrador Interno | Ⓛ Equilibrador Externo | | | | Entrada x Salida |
| 22 (V) 407C (R) 407A (V) | Q-0 | QE-0 | EQ-0 | EQE-0 | SQ-0 | SQE-0 | 0 | 1/3 | 1.17 | Q y QE 1/4 x 3/8 SAE Entrada en Codo 90° 0 1/4 x 1/2 SAE Entrada en Codo 90° 0 3/8 x 1/2 SAE Entrada en Codo 90° EQ 3/8 x 1/2 ODF+ Rectas a Través EQE 3/8 x 1/2 ODF+ Rectas a Través 0 3/8 x 1/2 ODF+ Entrada en Codo 90° 0 1/2 x 5/8 ODF+ Rectas a Través 0 1/2 x 7/8 ODF+ Rectas a Través SQ & SQE 3/8 x 1/2 ODF+ Entrada en Codo 90° |
| | Q-1 | QE-1 | EQ-1 | EQE-1 | SQ-1 | SQE-1 | 1 | 3/4 | 2.54 | |
| | Q-2 | QE-2 | EQ-2 | EQE-2 | SQ-2 | SQE-2 | 2 | 1 | 3.52 | |
| | Q-3 | QE-3 | EQ-3 | EQE-3 | SQ-3 | SQE-3 | 3 | 1 1/2 | 5.28 | |
| | Q-4 | QE-4 | EQ-4 | EQE-4 | SQ-4 | SQE-4 | 4 | 2 1/2 | 8.79 | |
| | Q-5 | QE-5 | EQ-5 | EQE-5 | SQ-5 | SQE-5 | 5 | 3 1/2 | 12.3 | |
| | Q-6 | QE-6 | EQ-6 | EQE-6 | SQ-6 | SQE-6 | 6 | 5 | 17.6 | |
| 134a (J) 12 (F) 401A (X) 409A (F) | Q-0 | QE-0 | EQ-0 | EQE-0 | SQ-0 | SQE-0 | 0 | 1/8 | 0.59 | |
| | Q-1 | QE-1 | EQ-1 | EQE-1 | SQ-1 | SQE-1 | 1 | 1/4 | 0.88 | |
| | Q-2 | QE-2 | EQ-2 | EQE-2 | SQ-2 | SQE-2 | 2 | 1/2 | 1.76 | |
| | Q-3 | QE-3 | EQ-3 | EQE-3 | SQ-3 | SQE-3 | 3 | 1 | 3.52 | |
| | Q-4 | QE-4 | EQ-4 | EQE-4 | SQ-4 | SQE-4 | 4 | 1 1/2 | 5.28 | |
| | Q-5 | QE-5 | EQ-5 | EQE-5 | SQ-5 | SQE-5 | 5 | 2 | 7.03 | |
| | Q-6 | QE-6 | EQ-6 | EQE-6 | SQ-6 | SQE-6 | 6 | 2 1/2 | 8.79 | |
| 404A (S) 502 (R) 408A (S) | Q-0 | QE-0 | EQ-0 | EQE-0 | SQ-0 | SQE-0 | 0 | 1/8 | 0.59 | |
| | Q-1 | QE-1 | EQ-1 | EQE-1 | SQ-1 | SQE-1 | 1 | 1/4 | 0.88 | |
| | Q-2 | QE-2 | EQ-2 | EQE-2 | SQ-2 | SQE-2 | 2 | 1/2 | 1.76 | |
| | Q-3 | QE-3 | EQ-3 | EQE-3 | SQ-3 | SQE-3 | 3 | 1 | 3.52 | |
| | Q-4 | QE-4 | EQ-4 | EQE-4 | SQ-4 | SQE-4 | 4 | 1 1/2 | 5.28 | |
| | Q-5 | QE-5 | EQ-5 | EQE-5 | SQ-5 | SQE-5 | 5 | 2 | 7.03 | |
| | Q-6 | QE-6 | EQ-6 | EQE-6 | SQ-6 | SQE-6 | 6 | 3 | 10.6 | |
| 507 (P) 402A (L) | Q-0 | QE-0 | EQ-0 | EQE-0 | SQ-0 | SQE-0 | 0 | 1/8 | 0.59 | |
| | Q-1 | QE-1 | EQ-1 | EQE-1 | SQ-1 | SQE-1 | 1 | 1/4 | 0.88 | |
| | Q-2 | QE-2 | EQ-2 | EQE-2 | SQ-2 | SQE-2 | 2 | 1/2 | 1.76 | |
| | Q-3 | QE-3 | EQ-3 | EQE-3 | SQ-3 | SQE-3 | 3 | 1 | 3.52 | |
| | Q-4 | QE-4 | EQ-4 | EQE-4 | SQ-4 | SQE-4 | 4 | 1 1/2 | 5.28 | |
| | Q-5 | QE-5 | EQ-5 | EQE-5 | SQ-5 | SQE-5 | 5 | 2 | 7.03 | |
| | Q-6 | QE-6 | EQ-6 | EQE-6 | SQ-6 | SQE-6 | 6 | 3 | 10.6 | |

Tabla 5.13 Especificaciones de las válvulas de expansión termostáticas

Teniendo el sistema de refrigeración completo, e instalado se lanza el equipo de frío sin tener que regular la VET, antes es mejor revisar minuciosamente toda el sistema y descartar todos los principales problemas que han de presentarse y que se adjunta a efecto de no olvidar ninguno, caso contrario se podría regular la VET con el vástago de regulación de

capacidad en giros de 90° horario o antihorario y medir las presiones de alta y baja del sistema de refrigeración, y observar durante 20 minutos.

| PRINCIPALES PROBLEMAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACION | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| El compresor no arranca ni zumba | | | | | | | | | |
| El compresor no arranca, zumba pero cicla a travez del protector de sobrecarga | | | | | | | | | |
| El compresor trabaja pero cicla a travez del protector de sobrecarga | | | | | | | | | |
| El compresor trata de arrancar cuando el termostato esta cerrado pero desconecta a travez del protector de sobrecarga, despues de varios intentos arranca | | | | | | | | | |
| El compresor arranca pero se desconecta inmediatamente por sobrecarga | | | | | | | | | |
| Unidad ruidosa | | | | | | | | | |
| Linea de liquido caliente | | | | | | | | | |
| Linea de liquido escorchada | | | | | | | | | |
| Ciclo de funcionamiento muy largo, opera continuamente | | | | | | | | | |
| El evaporador congela, pero descongela cuando la unidad esta trabajando | | | | | | | | | |
| Demasiado frio en el espacio refrigerado | | | | | | | | | |
| El compresor cicla | | | | | | | | | |
| Linea de succion sudada o escorchada | | | | | | | | | |
| Contactor de arranque quemado | | | | | | | | | |
| Demasiada alta presion en el cabezal | | | | | | | | | |
| Demasiada baja presion en el cabezal | | | | | | | | | |
| POSIBLES CAUSAS - FALLAS ELECTRICAS | | | | | | | | | |
| No hay voltaje en la toma de alimentacion | | | | | | | | | |
| Alto voltaje | | | | | | | | | |
| Bajo voltaje | | | | | | | | | |
| Desbalanceo de voltaje | | | | | | | | | |
| Cableado defectuoso o incorrecto | | | | | | | | | |
| Fusible abierto | | | | | | | | | |
| Contactor incorrecto o defectuoso | | | | | | | | | |
| Contactos el contactor abiertos o descalibrados | | | | | | | | | |
| Contactos del contactor pegados | | | | | | | | | |
| Protector de sobrecarga disparado o defectuoso | | | | | | | | | |
| Compresor a tierra | | | | | | | | | |
| Bobinas del motor compresor quemadas | | | | | | | | | |
| Termostato defectuoso o inadecuado | | | | | | | | | |
| Termostato sin alimentacion | | | | | | | | | |
| Falso contacto del termostato | | | | | | | | | |
| Diferencial del termostato mal regulado o corto | | | | | | | | | |
| Bulbo de termostato desprendido o mal fijado | | | | | | | | | |
| Falso contacto en el presostato | | | | | | | | | |
| Diferencial del presostato mal regulado o corto | | | | | | | | | |
| Abiertos los contactos del presostato | | | | | | | | | |
| El presostato de alta desconecta | | | | | | | | | |

Cuadro 5.9 Principales problemas del sistema de refrigeración

| PRINCIPALES PROBLEMAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACION | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|---|---|---|---|--|---|-------------------------------------------------|
| El compresor no arranca ni zumba | | | | | | | | | | |
| El compresor no arranca, zumba pero cicla a travez del protector de sobrecarga | | | | | | | | | | |
| El compresor trabaja pero cicla a travez del protector de sobrecarga | | | | | | | | | | |
| El compresor trata de arrancar cuando el termostato esta cerrado pero desconecta a travez del protector de sobrecarga, despues de varios intentos arranca | | | | | | | | | | |
| El compresor arranca pero se desconecta inmediatamente por sobrecarga | | | | | | | | | | |
| Unidad ruidosa | | | | | | | | | | |
| Linea de liquido caliente | | | | | | | | | | |
| Linea de liquido escarchada | | | | | | | | | | |
| Ciclo de funcionamiento muy largo, opera continuamente | | | | | | | | | | |
| El evaporador congela, pero descongela cuando la unidad esta trabajando | | | | | | | | | | |
| Demasiado frio en el espacio refrigerado | | | | | | | | | | |
| El compresor cicla | | | | | | | | | | |
| Linea de succion sudada o escarchada | | | | | | | | | | |
| Contactor de arranque quemado | | | | | | | | | | |
| Demasiada alta presion en el cabezal | | | | | | | | | | |
| Demasiada baja presion en el cabezal | | | | | | | | | | |
| POSIBLES RAZONES - COMPONENTES | | | | | | | | | | |
| . | . | | | | | | | | . | Motor compresor defectuoso o ineficiente |
| | | | | | | | | | . | Motor ventilador defectuoso o ineficiente |
| | | | | . | . | | | | | Compresor ineficiente |
| | | | | | | | | | . | Compresor trabaja muy poco |
| . | . | | | . | | | | | | Demasiada alta presion en el cabezal |
| . | . | | | | | | | | | Bujes y pistones muy ajustados |
| | | | | . | | | | | | Bujes de motor ventilador sueltos o desgastados |
| | | | | . | | | | | . | Tubo capilar o filtro secador muy pequeño |
| | | | | . | | | | | | Deshidratador pequeño |
| | | | | . | | | | | . | Aire y gases no condensables en el sistema |
| | | | | . | | | | | | Poca carga de aceite en el compresor |
| | | | | . | | | | | | Vibracion debidas a las aspas |
| | | | | . | | | | | | Vibracion en la tuberia |
| | | | | . | | | | | | Partes de la unidad condensadora suelta |
| | | | | . | | . | . | | | La unidad es pequeña para la aplicacion |
| | | | | . | | | | | | Mala nivelacion de la unidad |
| | | | | . | | . | . | | . | Baja carga de refrigerante |
| | | | | . | | . | . | | . | Sobrecarga de refrigerante |
| | | | | . | | | . | | | VET demasiado abierta |
| | | | | . | | . | . | | | VET demasiado pequeño |
| | | | | . | | . | . | | | VET obstruida o defectuosa |
| | | | | . | | | | | . | Valvula de descarga parcialmente cerrada |
| | | | | . | | | | | | Valvula del recibidor obstruida |

Cuadro 5.10 Problemas del sistema de refrigeración

CAPITULO VI

MONITOREO Y CONTROL

6.1 Sistema de suministro

Las unidades de almacenamiento a presión de acero soldado diseñado, se construyeron, y probaron de acuerdo con los requisitos de la Sociedad americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) Recipientes sujetos a Presión, Sección VIII División 1. La unidad del almacenamiento se construye usando la alta fuerza del acero al carbono de grano fino, con SA-612 que se ha normalizado para mejorar la dureza del material. La unidad de almacenamiento puede contener CO₂ líquido es – 30 °C o más frío.

La selección de la capacidad de un recipiente para contener gas está en función de la demanda de la instalación que abastece y del tiempo de reserva de almacenamiento que se desea mantener, dependiendo de la lejanía o de la confiabilidad del suministro.

Se debe considerar la capacidad máxima permisible de llenado a las condiciones más desfavorables, en el cuadro siguiente el cliente

proporciona el cálculo de su consumo por hora, que nos ha de servir para determinar la capacidad del tanque y la capacidad de gasificación que se necesita:

| | | | |
|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Línea | 1 | Línea | 2 |
| Volumen por botella | 33,814 oz | Volumen por botella | 101,442 oz |
| Carbonatación | 4,00 vol | Carbonatación | 4,50 vol |
| Velocidad de llenado | 170 BPM | Velocidad de llenado | 40 BPM |
| Minutos/hora | 60 | Minutos/hora | 60 |
| Factor de conversión | 5043 | Factor de conversión | 5043 |
| Consumo | 273,570 lb/hr | Consumo | 217,247 lb/hr |
| Contrapresión | 27,4 lb/hr | Contrapresión | 21,7 lb/hr |
| Factor de desaireación | 68,4 lb/hr | Factor de desaireación | 54,3 lb/hr |
| Consumo total | 369,319 lb/hr | Consumo total | 293,283 lb/hr |
| Merma 15% | 424,717 lb/hr | Merma 15% | 337,275 lb/hr |
| Consumo total | 761,992 lb/hr | | |

Tabla 6.1 Estimado de consumo de CO₂ a granel

| Mass Conversions | |
|------------------------------------------------|-----------------|
| Initial Mass: | 761.992 |
| Initial mass in: | |
| <input type="checkbox"/> milligram | |
| <input type="checkbox"/> gram | |
| <input type="checkbox"/> carat (metric) | |
| <input type="checkbox"/> kilogram | |
| <input type="checkbox"/> ton (metric) | |
| <input type="checkbox"/> grain | |
| <input type="checkbox"/> ounce (troy) | |
| <input type="checkbox"/> ounce | |
| <input checked="" type="checkbox"/> pound | |
| <input type="checkbox"/> pound (troy) | |
| <input type="checkbox"/> pennyweight | |
| <input type="checkbox"/> slug | |
| <input type="checkbox"/> hundredweight (short) | |
| <input type="checkbox"/> ton (short) | |
| <input type="checkbox"/> ton (long) | |
| Equivalent mass: | |
| | 3.456e+008 mg |
| | 3.456e+005 g |
| | 1.728e+006 Kt |
| | 345.6 kg |
| | 0.3456 t |
| | 5.334e+006 gr |
| | 1.111e+004 oz t |
| | 1.219e+004 oz |
| | 762 lb |
| | 926 lb t |
| | 2.222e+005 pwt |
| | 23.68 slug |
| | 7.62 hwt |
| | 0.381 ton |
| | 0.3402 ton |

Cuadro 6.1 Conversión de libras a kilogramos

Tomando en consideración que trabajen las 24 horas del día, pero eso sí de lunes a viernes, dado que los días sábados y domingos se aprovecha para los mantenimientos y/o reparaciones, se tiene:

$$345,6 \times 24 \times 5 = 41\,472 \text{ kg de CO}_2 = 41 \text{ Toneladas de CO}_2$$

con lo cual se estará recargando el tanque una vez por semana en promedio dependiendo de la temporada, dado que el consumo de CO₂ en una embotelladora es estacional.

Dicha capacidad al momento de la recarga es registrada por un MDM manómetro diferencial mecánico (figura 6.1) que mide en pulgadas de H₂O, la altura de líquido del CO₂ desde la parte del fondo del tanque hasta la parte donde el líquido de CO₂ se encuentra con su fase gaseosa.

WIKAI

Differential Gauges

Type 732.26

- Membrane Sensing Element
- Dry or Liquid Filled
- For Use in Differential/Static Process Pressures



The opposed membrane/liquid filled sensor element differential pressure gauge is for applications requiring high differential/high process pressures. The 732.26 is typically used for a variety of industrial uses including cryogenic gases and/or corrosive environments in liquid or gaseous media.

Standard Features

- Size: 4 1/2" & 6" (114mm, 150mm)
- Connection: 2 x 1/2" NPT female, top & bottom
- Wetted parts: 316 stainless steel housing, 316L stainless steel membrane and PTFE O-ring
- Case: Black Aluminum with white lettering
- Finish: White aluminum
- Window: Acrylic
- Accuracy: ± 1% of full scale (on increasing pressure)
- Samples: Cleaned for O₂ service with "LIGHTNOCIL" or "Lid"
- Case/Bezel: Black powder-coated aluminum
- Maximum Safe Working Pressure: 300 PSIG

| Type | 732.26 | |
|------------|--------------------------------|---------|
| Connection | 2 x 1/2" NPT female top/bottom | |
| Case Size | 4 1/2" | 6" |
| Part No. | | |
| 4000 PSI | 4319266 | 4319268 |
| 4500 PSI | 4329264 | 4329266 |
| 5000 PSI | 4329305 | 4329314 |
| 5500 PSI | 4329319 | 4329312 |
| 6000 PSI | 4329327 | 4329310 |
| 6750 PSI | | |
| 7500 PSI | | |
| 8750 PSI | | |
| 9500 PSI | | |
| 10000 PSI | | |
| 1400 PSI | | |

Figura 6.1 Catalogo del MDM (indicador de Nivel del Sistema de CO₂)

6.1.2 Manipulación del MDM

El procedimiento se realiza observando la figura 6.2

1. Abrir VB y cerrar seguidamente VL
2. Debe verificarse el giro de la aguja en sentido antihorario hasta su tope mínimo.
3. Inmediatamente cerrar VG y abrir VP para purgar el gas del tramo VG–VL–VP.
4. Con VP abierta abrir VL gradualmente y en forma alternada en tres oportunidades para verificar el paso de CO₂ líquido en tramo VL-VP. Caso contrario proceder a comunicarse con personal de técnico de su proveedor de CO₂.
5. Para poner en operación nuevamente el manómetro diferencial cerrar VP. Luego abrir VG y cerrar VB. Hasta aquí el tramo VP-VL-VG se encuentra presurizado de gas a las mismas presiones, por ello la aguja debe de no moverse en ningún sentido.
6. Abrir VL y evidenciar el giro en sentido horario hasta que la aguja indique la altura de líquido de CO₂ en el tanque y por la tabla, el correspondiente peso en toneladas de gas Carbónico.

6.1.3 Definiciones

VP: Válvula de purga, es aquella que abierta hace posible la evacuación de gas entre las válvulas VG y VL con la VB

abierta. Normalmente se debe encontrar cerrada y en buen estado.

VB: Válvula de BYPASS que normalmente en operación esta cerrada para separar las presiones de líquido y gas. Y por diferencia de presiones el manómetro diferencial puede indicar las pulgadas en columna de agua.

VL: Válvula de línea líquida del tanque al manómetro diferencial, sirve para verificar pase de líquido de CO₂, abriendo y cerrando gradualmente. Normalmente se encuentra abierta. Es considerada como la presión mayor que hace girar a la aguja del reloj en sentido horario.

VG: Válvula de línea de gas del tanque que comunica la fase gaseosa con el manómetro diferencial, normalmente está abierta. Es considerada como la menor presión y que gire la aguja en sentido antihorario.

VC: Válvula de control, es la que gobierna la comunicación de presión al tablero de operación y sirve para pruebas pertinentes, es de uso y manipuleo exclusivo del personal proveedor de CO₂ normalmente debe encontrarse abierta.

El diferencial da la medida nivelada líquida tiene unas 6" (15.24 centímetro) la cara de dial de diámetro, esta se puede calibrar para leer en los kilogramos y libras de dióxido del carbono líquido ó mediante una hoja de cálculo, donde se

ingresan sus dimensiones geométricas, y densidades tanto del gas como del líquido.

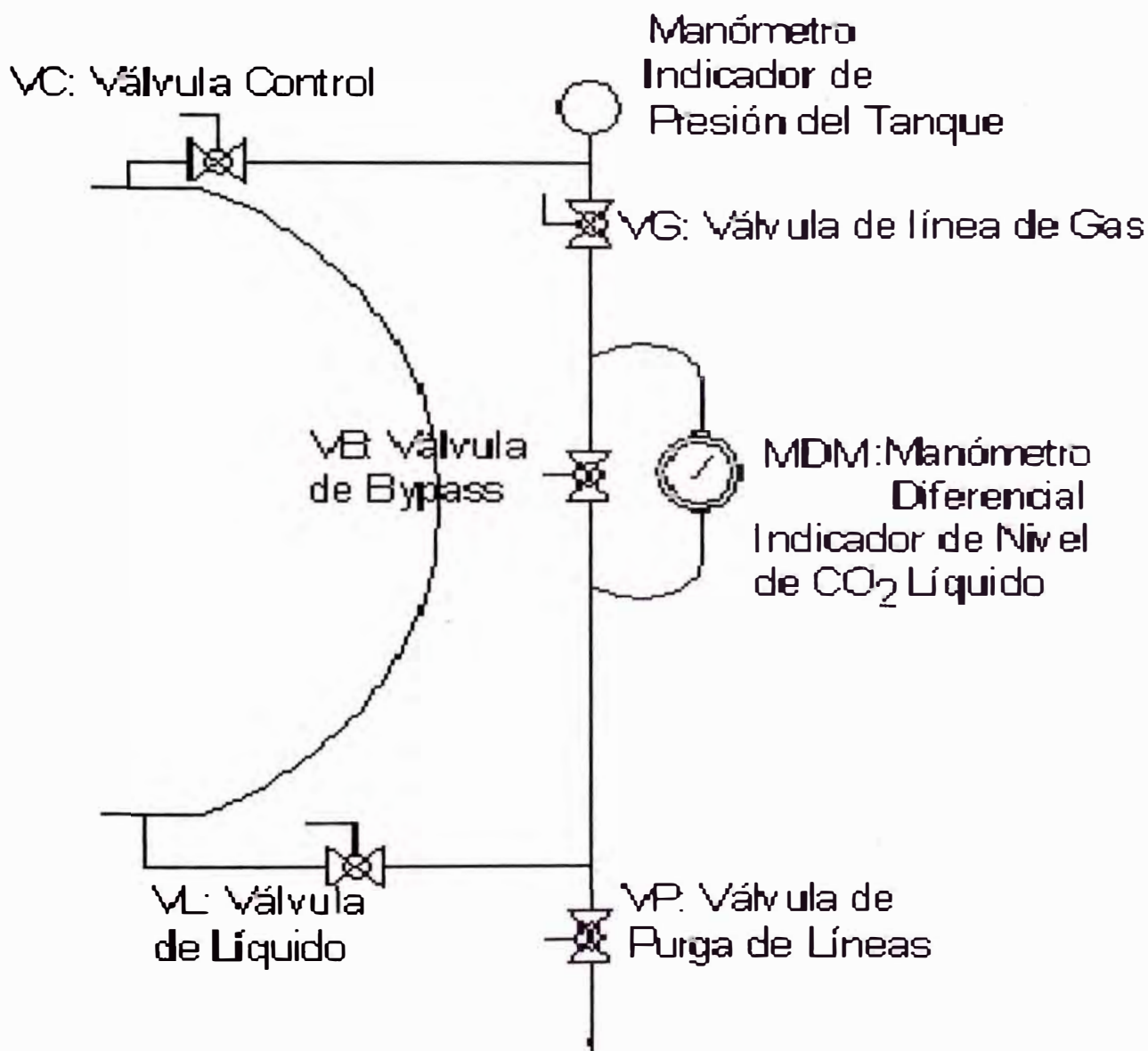


Figura 6.2 Diagrama de instalación del MDM indicador de CO₂

A la presión promedio se determina la cantidad de CO₂ existente en el tanque con un error de +/- 100 Kg de CO₂ que son verificables en cada momento que se realiza la recarga al tanque.

DATOS DEL TANQUE

| | | | |
|---------------------|-------------------------|----------------|----------------------------------------------------|
| TIPO : | CILINDRICO - HORIZONTAL | | |
| CODIGO DE CABEZAS : | 2 | | |
| | | | CABEZAS ESFERICAS -- 2 CABEZAS ELIPSOIDALES - 1 |
| DIAMETRO : | 2 | m | |
| LONGITUD : | 11 | m | |
| VOLUMEN DE CABEZAS: | 4.5056 | m ³ | VOL. DE CILINDRO (m ³): 34.5576 |
| VOLUMEN TOTAL : | 39.0632 | m ³ | |

CARACTERISTICAS DE TRABAJO

| | | |
|------------------------|--------------|-------------------|
| RANGO DE PRESIÓN : | <250 - 300> | psig |
| RANGO DE TEMPERATURA : | <-30 a -20 > | °C |
| DEKSIDAD DEL LIQUIDO : | 1062 | kg/m ³ |
| DENSIDAD DEL GAS : | 40.8 | kg/m ³ |

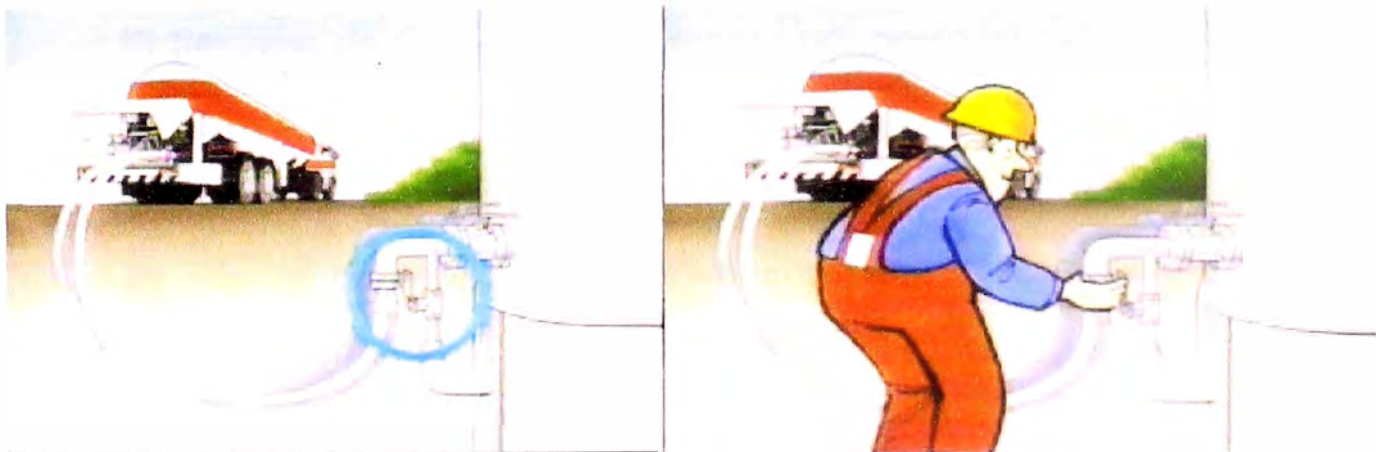
Tabla 6.2 Para el ingreso de dimensiones del Tanque

PULGADAS EN COLUMNA DE AGUA VS TONELADAS DE CO₂

| (inch) | HD | ab | c | Ku | Ka | VL CILIND. | VG CILIND. | VL CAB. | VG CAB. | Vtl | Vtg | Wt, [TN] |
|--------|-------|------|---|----------|----------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | 0.012 | 0.01 | 2 | 0.002223 | 0.000429 | 0.0768 | 34.4808 | 0.0018 | 4.1870 | 0.0786 | 38.6678 | 1.661 |
| 2 | 0.025 | 0.02 | 5 | 0.00666 | 0.001844 | 0.2302 | 34.3274 | 0.0077 | 4.1811 | 0.2379 | 38.5085 | 1.824 |
| 3 | 0.038 | 0.03 | 8 | 0.012432 | 0.004222 | 0.4296 | 34.1280 | 0.0177 | 4.1711 | 0.4473 | 38.2991 | 2.038 |
| 4 | 0.050 | 0.05 | 0 | 0.018692 | 0.00725 | 0.6460 | 33.9116 | 0.0304 | 4.1584 | 0.6763 | 38.0701 | 2.272 |
| 5 | 0.063 | 0.06 | 3 | 0.026331 | 0.011407 | 0.9099 | 33.6477 | 0.0478 | 4.1410 | 0.9577 | 37.7887 | 2.559 |
| 6 | 0.076 | 0.07 | 5 | 0.034073 | 0.016031 | 1.1775 | 33.3801 | 0.0672 | 4.1216 | 1.2446 | 37.5018 | 2.852 |
| 7 | 0.088 | 0.08 | 7 | 0.04241 | 0.02139 | 1.4656 | 33.0920 | 0.0896 | 4.0992 | 1.5552 | 37.1912 | 3.169 |
| 8 | 0.101 | 0.10 | 1 | 0.05281 | 0.028542 | 1.8250 | 32.7926 | 0.1196 | 4.0692 | 1.9445 | 36.8019 | 3.567 |
| 9 | 0.114 | 0.11 | 4 | 0.063062 | 0.036025 | 2.1793 | 32.3783 | 0.1509 | 4.0379 | 2.3302 | 36.4162 | 3.960 |
| 10 | 0.127 | 0.12 | 7 | 0.073836 | 0.04429 | 2.5516 | 32.0060 | 0.1855 | 4.0033 | 2.7371 | 36.0093 | 4.376 |
| 11 | 0.139 | 0.13 | 9 | 0.084212 | 0.052592 | 2.9102 | 31.6474 | 0.2203 | 3.9685 | 3.1305 | 35.6159 | 4.778 |
| 12 | 0.152 | 0.15 | 2 | 0.095884 | 0.062288 | 3.3135 | 31.2441 | 0.2609 | 3.9279 | 3.5744 | 35.1720 | 5.231 |
| 13 | 0.165 | 0.16 | 5 | 0.107973 | 0.072691 | 3.7313 | 30.8263 | 0.3045 | 3.8843 | 4.0358 | 34.7106 | 5.702 |
| 14 | 0.177 | 0.17 | 6 | 0.118506 | 0.082024 | 4.0953 | 30.4623 | 0.3436 | 3.8452 | 4.4389 | 34.3075 | 6.114 |
| 15 | 0.190 | 0.19 | 0 | 0.13229 | 0.094582 | 4.5716 | 29.9860 | 0.3962 | 3.7926 | 4.9678 | 33.7766 | 6.654 |
| 16 | 0.203 | 0.20 | 3 | 0.145443 | 0.106896 | 5.0262 | 29.5314 | 0.4478 | 3.7410 | 5.4739 | 33.2725 | 7.171 |
| 17 | 0.215 | 0.21 | 5 | 0.157867 | 0.118798 | 5.4555 | 29.1021 | 0.4976 | 3.6912 | 5.9531 | 32.7933 | 7.660 |
| 18 | 0.228 | 0.22 | 8 | 0.171613 | 0.132247 | 5.9305 | 28.6271 | 0.5540 | 3.6348 | 6.4845 | 32.2619 | 8.203 |
| 19 | 0.241 | 0.24 | 1 | 0.185639 | 0.146248 | 6.4152 | 28.1424 | 0.6126 | 3.5762 | 7.0278 | 31.7186 | 8.758 |
| 20 | 0.254 | 0.25 | 4 | 0.199922 | 0.160774 | 6.9088 | 27.6488 | 0.6735 | 3.5153 | 7.5823 | 31.1641 | 9.324 |
| 21 | 0.266 | 0.26 | 6 | 0.213326 | 0.174626 | 7.3720 | 27.1856 | 0.7315 | 3.4573 | 8.1035 | 30.6429 | 9.856 |
| 22 | 0.279 | 0.27 | 9 | 0.228065 | 0.190088 | 7.8814 | 26.6762 | 0.7962 | 3.3926 | 8.6776 | 30.0688 | 10.442 |
| 23 | 0.292 | 0.29 | 2 | 0.243016 | 0.205998 | 8.3980 | 26.1596 | 0.8629 | 3.3259 | 9.2609 | 29.4855 | 11.038 |
| 24 | 0.304 | 0.30 | 4 | 0.256992 | 0.22106 | 8.8810 | 25.6766 | 0.9260 | 3.2628 | 9.8070 | 28.9394 | 11.596 |
| 25 | 0.317 | 0.31 | 7 | 0.27231 | 0.237757 | 9.4104 | 25.1472 | 0.9959 | 3.1929 | 10.4063 | 28.3401 | 12.208 |
| 26 | 0.330 | 0.33 | 0 | 0.287795 | 0.254826 | 9.9455 | 24.6121 | 1.0674 | 3.1214 | 11.0129 | 27.7335 | 12.827 |
| 27 | 0.342 | 0.34 | 2 | 0.302228 | 0.270989 | 10.4443 | 24.1133 | 1.1347 | 3.0541 | 11.5790 | 27.1674 | 13.405 |
| 28 | 0.355 | 0.35 | 5 | 0.318001 | 0.288597 | 10.9894 | 23.5682 | 1.2089 | 2.9799 | 12.1982 | 26.5482 | 14.038 |
| 29 | 0.368 | 0.36 | 8 | 0.333905 | 0.3066 | 11.5390 | 23.0186 | 1.2843 | 2.9045 | 12.8232 | 25.9232 | 14.676 |
| 30 | 0.381 | 0.38 | 1 | 0.349926 | 0.32487 | 12.0926 | 22.4650 | 1.3608 | 2.8280 | 13.4534 | 25.2930 | 15.319 |
| 31 | 0.393 | 0.39 | 3 | 0.364811 | 0.34195 | 12.6070 | 21.9506 | 1.4324 | 2.7564 | 14.0394 | 24.7070 | 15.918 |
| 32 | 0.406 | 0.40 | 6 | 0.381024 | 0.260661 | 13.1673 | 21.3903 | 1.0919 | 3.0969 | 14.2591 | 24.4873 | 16.142 |
| 33 | 0.419 | 0.41 | 9 | 0.39732 | 0.379563 | 13.7304 | 20.8272 | 1.5899 | 2.5989 | 15.3203 | 23.4261 | 17.226 |
| 34 | 0.431 | 0.43 | 1 | 0.412426 | 0.397157 | 14.2525 | 20.3051 | 1.6636 | 2.5252 | 15.9161 | 22.8303 | 17.834 |
| 35 | 0.444 | 0.44 | 4 | 0.42884 | 0.416351 | 14.8197 | 19.7379 | 1.7440 | 2.4448 | 16.5637 | 22.1927 | 18.496 |
| 36 | 0.457 | 0.45 | 7 | 0.445318 | 0.43565 | 15.3891 | 19.1685 | 1.8249 | 2.3639 | 17.2140 | 21.5324 | 19.160 |
| 37 | 0.469 | 0.46 | 8 | 0.459283 | 0.452066 | 15.8717 | 18.6859 | 1.8936 | 2.2952 | 17.7653 | 20.9811 | 19.723 |
| 38 | 0.482 | 0.48 | 2 | 0.477086 | 0.473012 | 16.4869 | 18.0707 | 1.9814 | 2.2074 | 18.4683 | 20.2781 | 20.441 |
| 39 | 0.495 | 0.49 | 5 | 0.493633 | 0.4925 | 17.0588 | 17.4988 | 2.0630 | 2.1258 | 19.1218 | 19.6246 | 21.108 |
| 40 | 0.508 | 0.50 | 8 | 0.51018 | 0.511999 | 17.6306 | 16.9270 | 2.1447 | 2.0441 | 19.7753 | 18.9711 | 21.775 |

Tabla 6.3 Pulgadas de H₂O y su correspondiente peso de CO₂

Se define la capacidad como la cantidad de dióxido del carbono líquido que una unidad del almacenamiento contendrá galones o litros, kilogramos o libras, bajo las condiciones de equilibrio normal que opera en presión y temperatura, cuando lleno con el líquido al nivel diseñado. Cuando una unidad del almacenamiento está llena con el dióxido del carbono líquido más frío, almacenará más producto. Todo tanque se diseñan para limitar la carga de líquido normal a 90 % de la capacidad volumétrica de la unidad del almacenamiento.



Figuras 6.3 Tomas y purgas de los tanques de almacenamiento.

Siempre se necesitan de dos mangueras , especialmente para este uso y compatible con el producto, (figura 6.4) una para gas y otra para trasvase del CO₂ líquido, en ambas es necesario eliminar el aire mediante purgas adecuadas, manipulando las válvulas de purgas correspondientes,

dependiendo de las especificaciones técnicas de suministro, se realizarán evaluaciones de calidad al momento, pero siempre se entregará al cliente su certificado de calidad a los encargados, certificado de acuerdo a la norma ISBT.



Figura 6.4 Conexiones flexibles para recargar los tanques de CO₂

El trasvase de CO₂ líquido se realiza por personal calificado que fue entrenado especialmente para ello, y siempre previo a la conexión realiza una verificación de rutina, registrando en un informe de servicio los parámetros antes y después de recarga del tanque, informe que sirve para monitorear las variaciones estadísticas de presión y consumo del cliente. A efecto de ir regulando el accionar de los presostatos para que entren en operación los equipos de gasificación, refrigeración y alarmas entre otras.

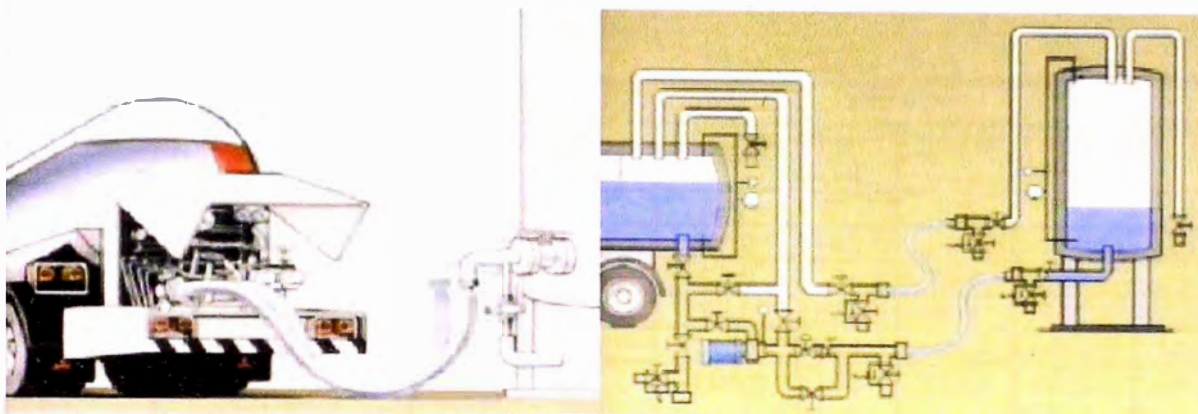


Figura 6.5 Vista y esquema de la conexión en la recarga de un tanque

La presión de línea requerida por el cliente es calculada de acuerdo al requerimiento de sus equipos carbonatadores y su red de tuberías, estimando ellos las posibles variantes de presión que han de existir en el mismo, producto del orden en la cual se encuentran de menor a mayor tamaño sus carbonatadores (tabla 6.4).

Como ya sabemos la presión de línea (150 psig) y el flujo de CO₂ (345,6 kg), podemos obtener un regulador que satisfaga dicha demanda y tenga conexión igual o mayor a la de 1 ¼" de acuerdo a la tablas 6.5.

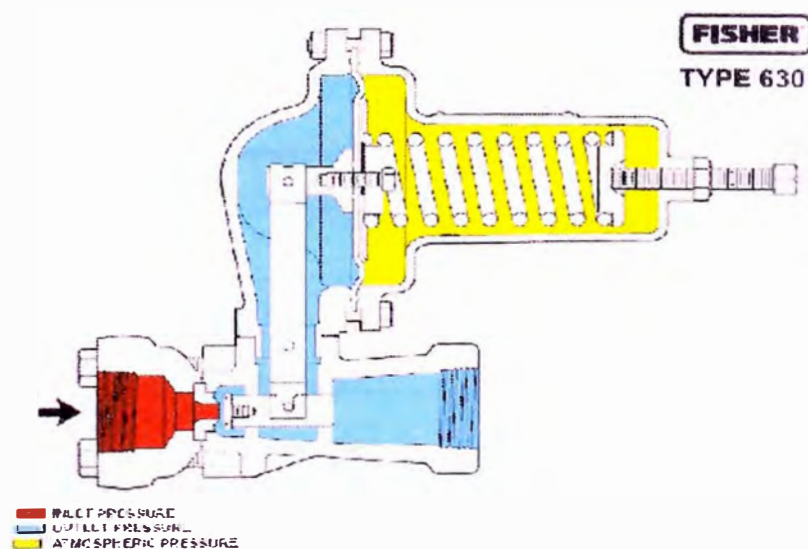


Figura 6.6 Vista de corte de un regulador

| Tamaño Nominal del Tubo | Diámetro Interno | Area Pulg. ² | Presión de la Línea | | | | | |
|-------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | | | 125 PSIG | | 150 PSIG | | 175 PSIG | |
| | | | Lbs./Hr. | SCFM | Lbs./Hr. | SCFM | Lbs./Hr. | SCFM |
| 1/2" | 0.546 | 0.234 | 57.4 | 8.1 | 67.7 | 9.5 | 77.9 | 10.9 |
| 3/4" | 0.742 | 0.432 | 119.2 | 17.0 | 140.8 | 20.0 | 161.9 | 23.1 |
| 1" | 0.957 | 0.719 | 239.0 | 34.0 | 281.8 | 40.0 | 324.5 | 46.2 |
| 1-1/4" | 1.278 | 1.283 | 479.0 | 68.0 | 564.8 | 80.1 | 650.5 | 92.3 |
| 1-1/2" | 1.588 | 1.767 | 776.6 | 116.6 | 914.9 | 129.7 | 1053.8 | 149.4 |
| 2" | 1.939 | 2.953 | 1280.6 | 184.0 | 1507.8 | 216.7 | 1739.1 | 249.8 |
| 2-1/2" | 2.323 | 4.238 | 1837.4 | 264.8 | 2164.5 | 311.9 | 2495.2 | 359.6 |

| Tamaño Nominal del Tubo | Diámetro Interno | Area Pulg. ² | Presión de la Línea | | | | | |
|-------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | | | 200 PSIG | | 250 PSIG | | 300 PSIG | |
| | | | Lbs./Hr. | SCFM | Lbs./Hr. | SCFM | Lbs./Hr. | SCFM |
| 1/2" | 0.546 | 0.234 | 88.2 | 12.5 | 108.8 | 15.3 | 129.0 | 18.0 |
| 3/4" | 0.742 | 0.432 | 183.2 | 27.1 | 225.9 | 32.2 | 268.0 | 38.0 |
| 1" | 0.957 | 0.719 | 367.3 | 52.3 | 452.9 | 64.4 | 537.0 | 76.0 |
| 1-1/4" | 1.278 | 1.283 | 736.2 | 104.5 | 907.7 | 128.8 | 1074.0 | 152.0 |
| 1-1/2" | 1.500 | 1.767 | 1192.7 | 169.1 | 1470.5 | 208.5 | 1744.0 | 248.0 |
| 2" | 1.939 | 2.953 | 1968.3 | 282.8 | 2425.6 | 348.7 | 2883.8 | 414.5 |
| 2-1/2" | 2.323 | 4.238 | 2824.1 | 406.9 | 3481.8 | 501.7 | 4139.7 | 596.5 |

Tabla 6.4 Dimensión y presión de línea del cliente para el suministro de CO₂

| <p>Available Configurations</p> <p>Type 630: Spring-loaded reducing regulators Type 630R: Spring-loaded relief valves</p> <p>End Connection Sizes And Style</p> <p>■ 1 or ■ 2-inch, screwed</p> <p>Maximum Allowable Inlet Pressures⁽¹⁾</p> <p>Type 630 Regulators: See table 2 Type 630R Relief Valves: See table 4</p> <p>Outlet Pressure Ranges⁽¹⁾</p> <p>3 to 500 psig (0.2 to 34.5 bar) with intermediate values shown in table 3</p> <p>Maximum Allowable Outlet Pressures⁽¹⁾</p> <p>See table 3</p> <p>Maximum Allowable Pressure Drops⁽¹⁾</p> <p>See table 2</p> | <p>Material Temperature Capabilities⁽¹⁾</p> <p>Standard: -20 to 150° F (-29 to 66° C) Optional: -20 to 300° F (-29 to 149° C)</p> <p>Orifice Sizes</p> <p>■ 1/8 (3.2 mm), ■ 3/16 (4.8 mm), ■ 1/4 (6.4 mm), ■ 3/8 (9.5 mm), or ■ 1/2-inch (12.7 mm)</p> <p>Coefficients For Relief Valve Sizing</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ORIFICE SIZE, INCH (mm)</th> <th colspan="2">WIDE OPEN</th> </tr> <tr> <th>C_g</th> <th>C₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/8-inch (3.2 mm) orifice:</td> <td>13.9</td> <td>25.4</td> </tr> <tr> <td>3/16-inch (4.8 mm) orifice:</td> <td>31.3</td> <td>28.2</td> </tr> <tr> <td>1/4-inch (6.4 mm) orifice:</td> <td>55.1</td> <td>27.2</td> </tr> <tr> <td>3/8-inch (9.5 mm) orifice:</td> <td>122.5</td> <td>26.6</td> </tr> <tr> <td>1/2-inch (12.7 mm) orifice:</td> <td>216.0</td> <td>25.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Approximate Weights</p> <p>1-inch End Connection: 25 lb (11.3 kg) 2-inch End Connection: 30 lb (13.6 kg)</p> | ORIFICE SIZE, INCH (mm) | WIDE OPEN | | C _g | C ₁ | 1/8-inch (3.2 mm) orifice: | 13.9 | 25.4 | 3/16-inch (4.8 mm) orifice: | 31.3 | 28.2 | 1/4-inch (6.4 mm) orifice: | 55.1 | 27.2 | 3/8-inch (9.5 mm) orifice: | 122.5 | 26.6 | 1/2-inch (12.7 mm) orifice: | 216.0 | 25.4 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|--|----------------|----------------|----------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|----------------------------|------|------|----------------------------|-------|------|-----------------------------|-------|------|
| ORIFICE SIZE, INCH (mm) | WIDE OPEN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C _g | C ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/8-inch (3.2 mm) orifice: | 13.9 | 25.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/16-inch (4.8 mm) orifice: | 31.3 | 28.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/4-inch (6.4 mm) orifice: | 55.1 | 27.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8-inch (9.5 mm) orifice: | 122.5 | 26.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2-inch (12.7 mm) orifice: | 216.0 | 25.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

⁽¹⁾ The pressure/temperature limits in this manual and any applicable code or standard limitations should not be exceeded.

Cuadro 6.2 Características del regulador

De acuerdo a las especificaciones escogemos un regulador de esta serie por las temperaturas y sus rangos amplios de presión de suministro, siendo solamente necesario que tenga un orificio de ½" y conexiones 2" NPT.

Table Maximum Inlet Pressures and Pressure Drops for Type 630 Regulators

| Description | 1/8-inch (3.2 mm) and 3/16-inch (4.8 mm) Orifice Size | 1/4-inch (6.4 mm) Orifice Size | 3/8-inch (9.6 mm) Orifice Size | 1/2-inch (12.7 mm) Orifice Size |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Maximum Allowable Inlet Pressure, Psig (Bar) | 1500 (103.5) ⁽¹⁾ | 1500 (103.5) ⁽¹⁾ | 1000 (69) ⁽¹⁾ | 750 (51.8) ⁽¹⁾ |
| Maximum Allowable Pressure Drop, ⁽²⁾ Psi (Bar Differential) | 1500 (103.5) | 1000 (69) | 500 (34.5) | 250 (17.3) |

Table Spring-Loaded Type 630 Regulator Outlet Pressure Limits

| Description | Low Pressure Regulator | | | | High Pressure Regulator | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 5 to 10 (0.2 to 0.7) | 6 to 20 (0.5 to 1.4) | 17 to 30 (1.2 to 2.0) | 27 to 40 (1.9 to 2.8) | 27 to 50 (1.9 to 3.5) | 46 to 95 (3.2 to 6.6) | 90 to 150 (6.2 to 10.3) | 150 to 200 (10.3 to 13.8) | 200 to 275 (13.8 to 19.3) | 275 to 500 (19.3 to 34.5) |
| Outlet Pressure Range, Psig (Bar) and Spring Part Number | 0W0192 27022 | 0W0191 27022 | 0W0190 27022 | 0Y0664 000A2 | 0W0192 27022 | 0W0190 27022 | 0W0190 27022 | 0Y0664 000A2 | 121458 27142 | 1K3709 27082 |
| Maximum Allowable Operating Outlet Pressure, Psig (Bar) | 10 (0.7) | 20 (1.4) | 30 (2.0) | 40 (2.8) | 50 (3.5) | 95 (6.6) | 150 (10.3) | 200 (13.8) | 275 (19.3) | 500 (34.5) |
| Maximum Outlet Pressure Over Pressure Setting ⁽¹⁾ Psig (Bar) | 20 (1.4) | | 20 ⁽²⁾ (1.4) | Limited by Maximum Emergency Outlet Pressure | 200 (13.8) | | | | | 200 ⁽²⁾ (13.8) |
| Maximum Outlet Emergency Outlet Pressure ⁽⁴⁾ Psig (Bar) | 45 (3.1) | | | | 550 (38.0) | | | | | |

Tablas 6.5 Catálogo del regulador para CO₂

También este regulador presta las garantías del caso en una posible elevación de la presión del tanque de almacenamiento de CO₂, por que de darse el caso, en el tanque se accionará la válvula de seguridad a 400 psig, teniendo que soportar esta alta presión sin deteriorarse el diafragma o maltratarse sus partes para que vuelva a reiniciar su trabajo, luego de solucionado la contingencia.

Por último la selección del filtro como medida preventiva de seguridad, en lo que se refiere al producto suministrado, dado que la instalación así como el interior del tanque luego de un tiempo sufren el deterioro en sus paredes internas y sobre todo por la corrosión natural del material, a pesar de que es arenado al metal gris y se realiza un tratamiento de pasivado para retardar esta corrosión, tendrá mucho que ver las consecutivas recargas de producto que se realizan al tanque, y cumplir la frecuencia de inspección mediante la toma de muestras, para ingresar antes o después de su fecha programada, por lo cual se hace preciso, la instalación de filtros en la línea regulada, con elementos intercambiables y con dispositivos que al saturarse indican su presión diferencial de entrada y salida, para poderlo remover y cambiarlo .



domnick hunter

INTERMEDIATE PRESSURE FILTERS

Compressed Air and Gas Purification for Intermediate Pressure Systems

domnick hunter OIL-X™ 50 series™ intermediate pressure filters combine the well-proven OIL-X filter elements with specially designed housings for the most purification of intermediate pressure compressed air and gases.

They are available in various grades of filtration to suit applications such as the blow moulding of plastics, F.C.T. bottling, air-die cast circuit breakers, shrouding distribution systems and for pressure testing of pipelines.

If in doubt about your requirements, our Technical Sales Department will be pleased to offer advice.

STANDARD FEATURES:

- Available in five filtration grades
- For operating pressures up to 50 bar g (7.40 psig)
- Proven efficiencies
- Fun designed housing with low pressure drop
- Low internal volume 3.4 litres
- Urethane approved housing design and construction
- Lightweight, high strength heat treated aluminium castings with 2" 86 PP female connections
- Internally and externally treated against corrosion
- Externally epoxy painted
- Fitted with provisions for C-spanner for easy removal
- Tilted fixing of filter element for positive location

OIL-X™ "50 SERIES"



- Automatic drain as standard (AC and AR series have manual ball valve drain only)
- Individually hydraulically tested

BENEFITS:

- Elimination of oil, water and dirt
- Protection of processes and products
- Easy installation
- Low operating cost
- Low maintenance

OPTIO S:

- NPT connections
- Flanged connecting kits
- Test certificates

Figura 6.7 Cartucho y filtro para CO₂

FILTER SELECTION & DIMENSIONS:

| MODEL NO. | PIPE SIZE | FLOW RATES at MAXIMUM PRESSURE | | | APPROX WEIGHT | | REPLACEMENT ELEMENT CODE |
|----------------|-----------|--------------------------------|------|---------------------|---------------|------|--------------------------|
| | | L/s | scfm | Nm ³ /hr | kg | lbs | |
| IP50/IS - 25CG | G2 | 900 | 1600 | 3200 | 9.0 | 20.0 | NA |
| IP50A0 - 25CG | G2 | 500 | 1050 | 1500 | 10.0 | 22.0 | K220A0 |
| IP50AA - 25CG | G2 | 500 | 1050 | 1500 | 10.0 | 22.0 | K220AA |
| IP50AC - 25CG | G2 | 500 | 1050 | 1500 | 9.5 | 21.0 | K220AC |
| IP50AR - 25CG | G2 | 500 | 1050 | 1500 | 9.5 | 21.0 | K220AR |

| Working Pressure | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Connection Factor | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | 0.50 |

Maximum Operating Pressure:- 50 bar g (740 psig)

Maximum Flow Rate @ 50 bar g (740 psig):- 500 L/s (1650 scfm)

Maximum Operating Temperature:-
GRADE WS, AO, AA, AR: 60°C (150°F)
GRADE AC: 50°C (125°F)

Minimum Operating Temperature:- 5°C (35°F)

Operating Pressure Differential at Rated Flow:-
GRADE WS: 70 m bar (1.0 psi), typical
GRADE AO/AR: 85 m bar (1.25 psi), typical
GRADE AA: 100 m bar (1.5 psi), typical
GRADE AC: 70 m bar (1.0 psi), typical

Recommended Filter Element Change:- 12 months or 6000 hours

GRADE WS - High Efficiency Water Separator: For the removal of large quantities of excessive liquid contamination. Patented design UK & USA. ISO US & 669 256

GRADE AO - High Efficiency Pre-Filter: For the removal of particles down to 1 micron, including condensed liquid water and oil, providing a maximum remaining oil content of 0.5 mg/m³ @ 21°C (70°F).

GRADE AR - Dust Removal Filter: For the removal of particles down to 1 micron (e.g. condensate dust) downstream from a separator. Filter Grade AR by flow measurement rate. Approx. 100% Grade AQ saturated flow (variable with).

GRADE AA - High Efficiency Oil Removal Filter: For the removal of particles down to 0.1 micron, including water and oil, providing a maximum remaining oil content of 0.01 mg/m³ @ 21°C (70°F).

GRADE AC - Activated Carbon Filter: For the removal of oil vapour and hydrocarbon odours giving a maximum remaining oil content of less than 0.01 mg/m³ @ 21°C (70°F). The Grade AC Filter **WILL NOT** remove CO, CO₂, or ammonia. See data sheet.

damick huster limited
 Company: Damick Huster Equip
 Company Type: Air Gas N2 O2
 Tel: 44 (0)1742 9000
 Fax: 44 (0)1742 9009

Figura 6.8 Datos del filtro para CO₂ en línea regulada

6.2 Sistema de Control

En una continua búsqueda de la seguridad y operación óptima de los equipos, la responsabilidad por toda y cada una de las pérdidas y daños que resulten por cualquier causa que sea en esta instalación es primordialmente debido al monitoreo del sistema de control y sus dispositivos mecánicos y eléctricos que finalmente se volverán inoperantes debido al desgaste, a la corrosión y a la edad de los componentes.

El ambiente y las condiciones de uso determinarán la vida de servicio confiable de estos dispositivos y componentes primordiales, que dan seguridad (válvulas de seguridad), advierten (alarmas) y operan dentro de los rangos establecidos (tabla 6.11), para garantizar y mantener el almacenamiento del CO₂ y el suministro al cliente en óptimas condiciones, siendo las inspecciones de rutina y el mantenimiento preventivo esenciales para evitar lesiones serias y daño a la propiedad.

Alguna circunstancia extraordinaria que ocasione una condición de mayor temperatura ocasionará una mayor presión debido a la gasificación de CO₂ líquido, como se observa en la figura 6.9, siendo necesario el uso de válvulas de seguridad para evitar que la presión supere las presiones de diseño del tanque.

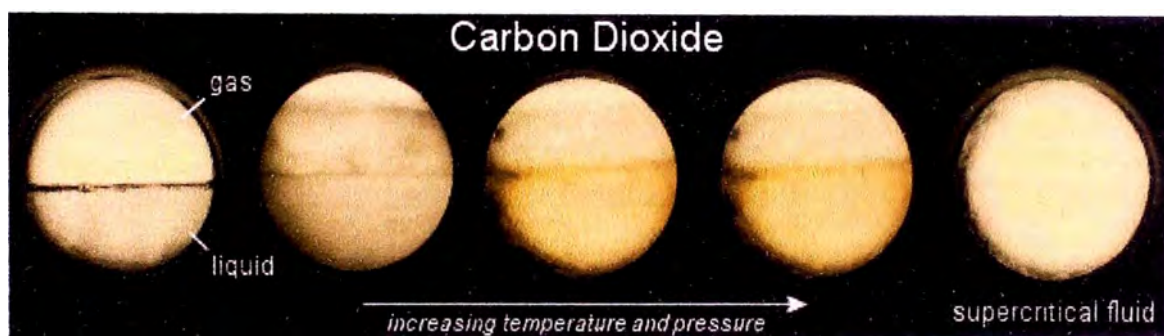


Figura 6.9 El Incremento de temperatura gasifica al CO₂

6.2.1 Válvulas de seguridad

Es así que las válvulas de seguridad se encargan de descargar la presión y todas las válvulas se han diseñado, se han construido y se han clasificado de acuerdo con el código de la seguridad del estándar de ANSI/ASHRAE 15 para la refrigeración mecánica y la asociación canadiense de los estándares.

Cada válvula de descarga de presión de la serie "A" (seleccionada) son de teflón asentado, permitiendo su uso en altas o bajas temperaturas donde muchas veces están totalmente insatisfactorias las válvulas asentadas caucho convencional.

Antes de la instalación o durante el recipiente de presión que prueba, las válvulas de descarga de presión superiores no deben ser descargadas. Cualquier suciedad en el sistema puede encajar en el asiento y evitar que la válvula de descarga de presión reselle correctamente.

Es importante que una válvula de descarga de presión este instalada en un sistema de refrigeración sobre todo para proteger el receptor de líquido. Puesto que no se piensa en una sobrecarga o un recorte de alta presión, recomendamos que la válvula de descarga de presión esté fijada en la presión de funcionamiento marcada en el receptor, sin importar el tipo de refrigerante usado. El método para determinar la presión se encuentra en el código de la seguridad del estándar de ANSI/ASHRAE.

Para nuestro caso como sabemos que el CO₂ es clasificado como el refrigerante R744 y el sistema de refrigeración trabaja con R22.

Comprobamos para nuestro tanque receptor de líquido refrigerante de la unidad de condensación BITZER seleccionado, que tiene dimensiones aproximadas de 297mm y 771 mm, que válvula de seguridad necesaria, que si la tiene (figura 5.14) se ingresa con 150mm (11.69 in) y 771mm (2.53ft) de donde redondeando a 12 in y 3 ft se tiene en el

cuadro 4,8 libras de aire por minuto SCFM. Comprobando la fórmula.

$$C = 1,6 \times D \times L$$

$$C(R22) = 1,6 \times 12 \text{ in} \times (1\text{ft} / 12\text{in}) \times 3\text{ft} = 4,8 \text{ libras de aire/ min}$$

R-22 RELIEF VALVE SELECTION

REQUIRED CAPACITY (POUNDS OF AIR PER MINUTE) C = 1.6 X D X L

| DIA (IN.) | LENGTH (FT.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | |
| 12 | 4.8 | 6.4 | 8.0 | 9.6 | 11.2 | 12.8 | 14.4 | 16.0 | 17.6 | 19.2 | 20.8 | 22.4 | 24.0 | 25.6 | 27.2 | 28.8 | 30.4 | 32.0 | | |
| 14 | 5.6 | 7.5 | 9.3 | 11.2 | 13.1 | 14.9 | 16.8 | 18.7 | 20.5 | 22.4 | 24.3 | 26.1 | 28.0 | 29.9 | 31.7 | 33.6 | 35.5 | 37.3 | | |
| 16 | 6.4 | 8.5 | 10.7 | 12.8 | 14.9 | 17.1 | 19.2 | 21.3 | 23.5 | 25.6 | 27.7 | 29.9 | 32.0 | 34.1 | 36.3 | 38.4 | 40.5 | 42.7 | | |
| 20 | 8.0 | 10.7 | 13.3 | 16.0 | 18.7 | 21.3 | 24.0 | 26.7 | 29.3 | 32.0 | 34.7 | 37.3 | 40.0 | 42.7 | 45.3 | 48.0 | 50.7 | 53.3 | | |
| 24 | 9.6 | 12.8 | 16.0 | 19.2 | 22.4 | 25.6 | 28.8 | 32.0 | 35.2 | 38.4 | 41.6 | 44.8 | 48.0 | 51.2 | 54.4 | 57.6 | 60.8 | 64.0 | | |
| 30 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 28.0 | 32.0 | 36.0 | 40.0 | 44.0 | 48.0 | 52.0 | 56.0 | 60.0 | 64.0 | 68.0 | 72.0 | 76.0 | 80.0 | | |
| 36 | 14.4 | 19.2 | 24.0 | 28.8 | 33.6 | 38.4 | 43.2 | 48.0 | 52.8 | 57.6 | 62.4 | 67.2 | 72.0 | 76.8 | 81.6 | 86.4 | 91.2 | 96.0 | | |
| 42 | 16.8 | 22.4 | 28.0 | 33.6 | 39.2 | 44.8 | 50.4 | 56.0 | 61.6 | 67.2 | 72.8 | 78.4 | 84.0 | 89.6 | 95.2 | 100.8 | 106.4 | 112.0 | | |
| 48 | 19.2 | 25.6 | 32.0 | 38.4 | 44.8 | 51.2 | 57.6 | 64.0 | 70.4 | 76.8 | 83.2 | 89.6 | 96.0 | 102.4 | 108.8 | 115.2 | 121.6 | 128.0 | | |
| 54 | 21.6 | 28.8 | 36.0 | 43.2 | 50.4 | 57.6 | 64.8 | 72.0 | 79.2 | 86.4 | 93.6 | 100.8 | 108.0 | 115.2 | 122.4 | 129.6 | 136.8 | 144.0 | | |
| 60 | 24.0 | 32.0 | 40.0 | 48.0 | 56.0 | 64.0 | 72.0 | 80.0 | 88.0 | 96.0 | 104.0 | 112.0 | 120.0 | 128.0 | 136.0 | 144.0 | 152.0 | 160.0 | | |
| 66 | 26.4 | 35.2 | 44.0 | 52.8 | 61.6 | 70.4 | 79.2 | 88.0 | 96.8 | 105.6 | 114.4 | 123.2 | 132.0 | 140.8 | 149.6 | 158.4 | 167.2 | 176.0 | | |
| 72 | 28.8 | 38.4 | 48.0 | 57.6 | 67.2 | 76.8 | 86.4 | 96.0 | 105.6 | 115.2 | 124.8 | 134.4 | 144.0 | 153.6 | 163.2 | 172.8 | 182.4 | 192.0 | | |
| 78 | 31.2 | 41.6 | 52.0 | 62.4 | 72.8 | 83.2 | 93.6 | 104.0 | 114.4 | 124.8 | 135.2 | 145.6 | 156.0 | 166.4 | 176.8 | 187.2 | 197.6 | 208.0 | | |
| 84 | 33.6 | 44.8 | 56.0 | 67.2 | 78.4 | 89.6 | 100.8 | 112.0 | 123.2 | 134.4 | 145.6 | 156.8 | 168.0 | 179.2 | 190.4 | 201.6 | 212.8 | 224.0 | | |
| 90 | 36.0 | 48.0 | 60.0 | 72.0 | 84.0 | 96.0 | 108.0 | 120.0 | 132.0 | 144.0 | 156.0 | 168.0 | 180.0 | 192.0 | 204.0 | 216.0 | 228.0 | 240.0 | | |
| 96 | 38.4 | 51.2 | 64.0 | 76.8 | 89.6 | 102.4 | 115.2 | 128.0 | 140.8 | 153.6 | 166.4 | 179.2 | 192.0 | 204.8 | 217.6 | 230.4 | 243.2 | 256.0 | | |
| 102 | 40.8 | 54.4 | 68.0 | 81.6 | 95.2 | 108.8 | 122.4 | 136.0 | 149.6 | 163.2 | 176.8 | 190.4 | 204.0 | 217.6 | 231.2 | 244.8 | 258.4 | 272.0 | | |
| 108 | 43.2 | 57.6 | 72.0 | 86.4 | 100.8 | 115.2 | 129.6 | 144.0 | 158.4 | 172.8 | 187.2 | 201.6 | 216.0 | 230.4 | 244.8 | 259.2 | 273.6 | 288.0 | | |
| 114 | 45.6 | 60.0 | 76.0 | 91.2 | 106.4 | 121.6 | 136.8 | 152.0 | 167.2 | 182.4 | 197.6 | 212.8 | 228.0 | 243.2 | 258.4 | 273.6 | 288.8 | 304.0 | | |
| 120 | 48.0 | 64.0 | 80.0 | 96.0 | 112.0 | 128.0 | 144.0 | 160.0 | 176.0 | 192.0 | 208.0 | 224.0 | 240.0 | 256.0 | 272.0 | 288.0 | 304.0 | 320.0 | | |
| 126 | 50.4 | 67.2 | 84.0 | 100.8 | 117.6 | 134.4 | 151.2 | 168.0 | 184.8 | 201.6 | 218.4 | 235.2 | 252.0 | 268.8 | 285.6 | 302.4 | 319.2 | 336.0 | | |
| 132 | 52.8 | 70.4 | 88.0 | 105.6 | 123.2 | 140.8 | 158.4 | 176.0 | 193.6 | 211.2 | 228.8 | 246.4 | 264.0 | 281.6 | 299.2 | 316.8 | 334.4 | 352.0 | | |
| 138 | 55.2 | 73.6 | 92.0 | 110.4 | 128.8 | 147.2 | 165.6 | 184.0 | 202.4 | 220.8 | 239.2 | 257.6 | 276.0 | 294.4 | 312.8 | 331.2 | 349.6 | 368.0 | | |
| 144 | 57.6 | 76.8 | 96.0 | 115.2 | 134.4 | 153.6 | 172.8 | 192.0 | 211.2 | 230.4 | 249.6 | 268.8 | 288.0 | 307.2 | 326.4 | 345.6 | 364.8 | 384.0 | | |

Tabla 6.6 Capacidad de relevo de presión para R22

De acuerdo a la misma fórmula la usamos para calcular las demás válvulas de seguridad para el R744(CO₂), según el fabricante.

Female Connection -
Type 3030A/3060A



| Número de catálogo | Diámetro portuario | Tamaño (pulgadas) | | Peso (libras) |
|--------------------|--------------------|-------------------|---------|---------------|
| | | Entrada | Enchufe | |
| NPT X FPT | | | | |
| 3030 | 7/16 | el 1/2 | el 1/2 | 0.75 |
| 3031 | 7/16 | el 1/2 | 3/4 | 0.75 |
| 3030 | 7/16 | el 1/2 | el 1/2 | 0.75 |
| 3045 | 7/16 | 3/4 | 3/4 | 0.75 |
| 3060 | 23/32 | 1 | 1 | 2.50 |
| 3075 | 23/32 | 1 1/4 | 1 1/4 | 2.75 |

Tabla 6.7 Dimensiones de las válvulas de seguridad

Se calcula la capacidad de la descarga en libras de aire por minuto para un recipiente de presión, utilizando la fórmula:

$$C = FDL$$

donde:

C = el mínimo requerimiento de capacidad de descarga de un dispositivo de la relevación de presión en las libras. aire/min.

F = factor refrigerante

Sabemos que el tanque tiene:

D = 2m (78,74in) y L = 11m (36.09 ft)

entonces reemplazando se tiene:

$$C(\text{CO}_2) = 1 \times 78,74 \text{ in} \times (1\text{ft}/12\text{in}) \times 36.09\text{ft}$$

$$= 236.80 \text{ libras de aire/min}$$

| Refrigerante | Valor de "F" |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| (El valor entre paréntesis es métrico): | |
| R-23, R-170, R-744, R1150, R508A, R508B | 1.0 (0.082) |
| R-13, R13B1, R-503 | 2.0 (0.163) |
| R-14 | 2.5 (0.203) |
| Otros usos: | |
| R-718 | 0.2 (0.016) |
| R-717 | 0.5 (0.041) |
| R-11, R-32, R-113, R-123, R-142b, R-152a, R-290, R-600, R-600a, R-764 | 1.0 (0.082) |
| R-12, R-22, R-114, R-124, R-134a, R-401A, R-401B, R-401C, R-405A, R-406A, R-407C, R-407D, R-407E, R-409A, R-411A, R-411B, R-411C, R-412A, R-414A, R-414B, R-500, R-1270 | 1.6 (0.131) |

Tabla 6.8 Factor de cada Refrigerante

Para calcular capacidades de la válvula de descarga de presión en cualquier presión entre 150 y 450 psig, utilizar el fórmula:

$$C = S (1.1P + 14.7)$$

donde:

Capacidad de la válvula de descarga de C = de presión en las libras aire/min.

S =factor del flujo de la válvula de descarga (tabla 6.9)

P = presión que fija en el psig

| | Serie | 3000A | 3020A | 3030A | 3060A |
|---------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Factor "S" del flujo | | 0.0296 | 0.059 | 0.135 | 0.322 |
| No. del catálogo. | | 3000 | 3015 | | |
| | | 3001 | 3212 | 3016 | 3030 |
| | | 3002 | 3214 | 3020 | 3031 |
| | | 3012 | 3215 | 3216 | 3045 |
| | | 3014 | | 3220 | |
| Presión que fija el psig. | 235 | 8.1 | 16.1 | 36.9 | 88.0 |
| | 300 | 10.2 | 20.3 | 46.6 | 111.0 |
| | 350 | 11.8 | 23.6 | 54.0 | 128.7 |
| | 400 | 13.5 | 26.8 | 61.4 | 146.4 |
| | 425 | 14.3 | 28.4 | 65.1 | 155.3 |
| | 450 | 15.1 | 30.1 | 68.8 | 164.1 |

Capacidad del flujo según lo determinado por el tablero nacional de los inspectores del recipiente de la caldera y de presión de acuerdo con el código de A.S.M.E. sección VIII, división 1, y según los requisitos del

Tabla 6.9 Factor de flujo de válvula

6.2.1.1 Precauciones

Nunca tape la salida de una válvula de alivio de presión.

Cualquier dispositivo usado para detener el flujo de una válvula de alivio de presión que este correctamente

trabajando para aliviar la presión de un recipiente sobrellenado o sobre presurizado - creara graves y latentes problemas de seguridad.

Es recomendable reemplazar las Válvulas de Alivio de Presión cada 10 Años o menos.

La vida útil confiable de las válvulas de alivio de presión puede variar mucho, dependiendo del ambiente en que se encuentren.

Las válvulas de alivio tienen que funcionar bajo condiciones que varían. La corrosión, el envejecimiento del disco resiliente de asiento y la fricción todas avanzan a diferente velocidad, dependiendo de la naturaleza del ambiente específico y de la aplicación. Las impurezas del gas, el mal uso del producto y la instalación inapropiada pueden acortar la vida confiable de una válvula de alivio.

Es obvio que el predecir la vida útil y confiable de una válvula de alivio no es una ciencia exacta. Las condiciones a las cuales está sujeta la válvula variarán y éstas determinarán su vida útil.

6.2.1.2 Advertencias

Bajo condiciones normales, la vida útil y confiable de una válvula de alivio de presión es de 10 años de la fecha original

de fabricación. Sin embargo, la vida útil y confiable de la válvula puede ser acortada y requerir reemplazo en menos de 10 años dependiendo del ambiente en que "vive". La inspección y el mantenimiento de las válvulas de alivio de presión es muy importante. El no inspeccionar debidamente y no darle mantenimiento a las válvulas de alivio de presión puede resultar en lesiones personales y daño a la propiedad. Todo recipiente utilizado para almacenar o transportar Gas debe estar protegido por una válvula de alivio de presión. Estas válvulas deben proteger contra el desarrollo de condiciones peligrosas.

6.2.1.3 Operación

Las válvulas de alivio de presión son calibradas y selladas por el fabricante para funcionar a una presión específica de "comienzo-a-descarga" de acuerdo a los reglamentos. Esta regulación de presión, que está marcada en la válvula de alivio, depende del requerimiento de diseño del recipiente a ser protegido por la válvula de alivio. Si la presión del recipiente alcanza la presión de comienzo-a-descarga, la válvula de alivio se abrirá levemente a medida que el disco de sello comienza a separarse un poco del asiento. Si la presión continua subiendo a pesar de la descarga inicial a través de la válvula de alivio, el disco de sello se moverá a una posición

completamente abierta con un "pop" repentino. De este sonido agudo se deriva el término "acción-pop".

Ya sea que la válvula de alivio se abra levemente o completamente, ésta comenzará a cerrarse si disminuye la presión del recipiente. Después que la presión haya disminuido suficientemente, el resorte de la válvula de alivio forzará el disco de sello contra el asiento para evitar que se escape más producto. La presión a la cual la válvula se cierra herméticamente se llama presión de "resello". Generalmente, la presión de resello será más baja que la presión de comienzo-a-descarga. La presión de resello puede ser, y en muchos casos es, adversamente afectada por la presencia de tierra, óxido, u otras partículas que se alojan entre el asiento y el disco. Esto interfiere con el debido asentamiento del disco en el asiento, y generalmente la presión en el recipiente deberá disminuir a una presión más baja antes que el resorte incruste partículas en el material resiliente del disco de sello y cierre tan apretado que no permita fugas. El grado en el cual la presencia de suciedad disminuye la presión de resello depende, naturalmente, del tamaño de las partículas que interfieran.

Una vez que las partículas han sido atrapadas entre el disco y el asiento, la presión de comienzo-a-descarga se ve afectada.

Por ejemplo, la válvula de alivio de presión comenzará a descargar a cierta presión más baja que su presión original de comienzo-a-descarga. De nuevo, la presión a la cual la válvula comenzará a descargar depende del tamaño de las partículas incrustadas en el asiento.

En el caso de que una válvula de alivio de presión se haya abierto levemente debido a una presión más alta que su calibración de comienzo-a-descarga, la posibilidad de que se alejen partículas entre el disco y el asiento es insignificante, no obstante, siempre existe esta posibilidad. Si la válvula de alivio continúa evacuando a una presión más baja que su calibración de comienzo-a-descarga deberá ser reemplazada.

Las válvulas de alivio que se han abierto completamente deben ser inspeccionadas para comprobar que no tienen partículas alojadas entre el asiento y el disco, al igual que para el debido asentamiento del disco en el asiento. Si continúa evacuando a una presión menor que la calibración de comienzo-a-descarga, esto indica que se deberá reemplazar.

La presión a la cual la válvula de alivio de presión comenzará a descargar nunca se debe juzgar por la lectura del manómetro de presión que generalmente se indica en el recipiente.

Las razones para esto son dos:

Si se requiere que la válvula de alivio se abra, la descarga que resulta produce un incremento en la vaporización del producto en el recipiente con el resultado de que el líquido se enfría a cierto grado y baja la presión del vapor. Obviamente, una lectura tomada en dicho momento no indicará cuál era la presión cuando se abrió la válvula de alivio.

Los manómetros de presión que usualmente se encuentran en la mayoría de los recipientes proporcionan lecturas aproximadas y no están proyectados para proporcionar una indicación de presión suficientemente precisa como para juzgar la calibración de la válvula de alivio.

6.2.2 Presostatos de seguridad y operación

La regulación y protección del funcionamiento automático de una instalación frigorífica imponen la vigilancia de numerosos parámetros; particularmente para nuestro caso es la presión, magnitud primordial para el buen funcionamiento satisfactorio de la instalación.

Es así que los presostatos, que son controles electromecánicos que trabajan en esta instalación como elementos de protección y funcionamiento. Teniendo como rango de presiones hasta 450 psig y un diferencial de 15 psig

como mínimo, con contactos uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto.

Se instalan en los tableros con una línea de presión del tanque de almacenamiento de CO₂ para su regulación correspondiente según la tabla adjunta.

| CONTROL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | | | | | | G.E. | G.A | Equipo de Frío | | | |
|-------------------------------------|------------------------|------|-----|------|-----|----------|---------|----------------|----------|---------------------------|--------------------------|
| Presid de Seteo Psig | Válvulas de Seguridad: | | | | | Alarmas: | | AltaTemp | BajaTemp | Pres.Baja.Succion: 5 psig | PresAltaDescarga:250psig |
| | Tanque | G.E. | G.A | Líne | | AltaPre | BajaPre | Operaciór | | | |
| | VS1 | VS5 | VS3 | VS4 | VS2 | Tanque | Tanque | ON | OFF | ON | OFF |
| 440 | x | | | | | | | | | | |
| 430 | | | | | | | | | | | |
| 420 | | | | | | | | | | | |
| 410 | | | | | | | | | | | |
| 400 | | x | x | | | | | | | | |
| 390 | | | | | | | | | | | |
| 380 | | | | | | | | | | | |
| 370 | | | | | | | | | | | |
| 360 | | | | | | | | | | | |
| 350 | x | | | | | | | | | | |
| 340 | | | | | | | | | | | |
| 330 | | | | | | x | | | | | |
| 320 | | | | | | | | | | | |
| 310 | | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | x | |
| 290 | | | | | | | | | | | |
| 280 | | | | | | | | | | | x |
| 270 | | | | | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | | | | x | |
| 250 | | | | | x | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | x | x | | |
| 230 | | | | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | x | | | |
| 210 | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | x | | | | |
| 190 | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | |

Tabla 6.10 Control y pruebas de funcionamiento del sistema

6.2.2.1 Seguridad por alta presión

Es aquel que a la presión de seteo según tabla acciona las alarmas audibles y visibles, indicando que hay un ingreso de calor que no pudo ser controlado por el equipo de frío

Y por ende este se pone de manifiesto incrementando la presión del tanque de almacenamiento, producto de una vaporización de CO₂ líquido como se aprecia en la figura 6.10.

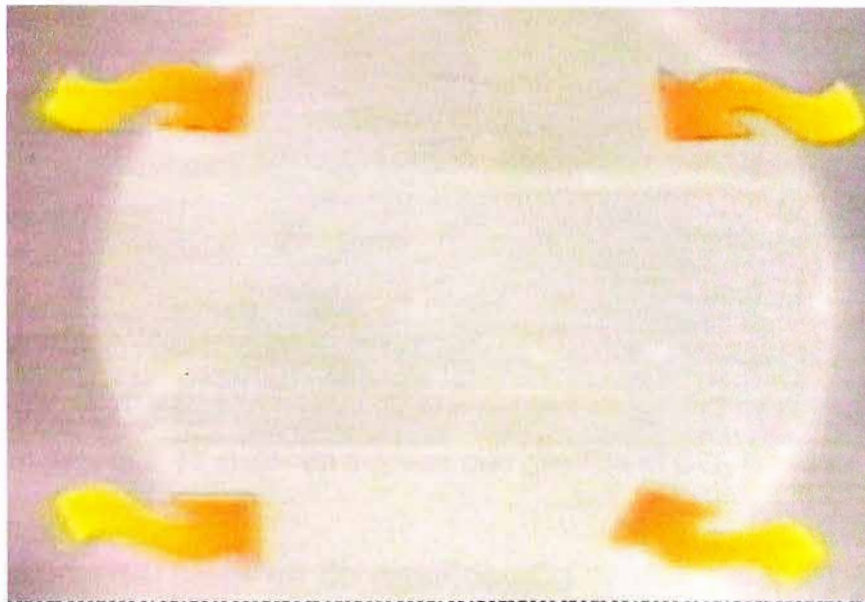


Figura 6.10 Vaporización del CO₂ que sube la presión

6.2.2.2 Operación del sistema de licuación

Regulado según las presiones en la tabla tiene como función gobernar el encendido y apagado del equipo de frío para empezar ha extraer el calor que ingreso por las paredes del tanque insulado. Su principio de funcionamiento es empezar a licuar el CO₂ gaseoso que se encuentra en condiciones saturadas por coexistir la fase gaseosa y líquida en el tanque y esta licuación se logra mediante el serpentín interno que se

encuentra a lo largo de todo el tanque en la parte superior y en contacto estrictamente con la fase gasificada. Reduciéndole la presión a un ritmo mucho mayor del cual gana producto de la vaporización natural al ingresar calor al tanque.



Figura 6.11 Calor de ingreso que gasifica al CO₂ líquido

6.2.2.3 Operación del sistema de gasificación

El presostato para el G.E. esta seteado según tabla 6.10.

Este gasificador eléctrico que se encuentra al mismo nivel de la parte inferior del tanque, paralelamente a su eje horizontal y siempre inundado de CO₂ líquido por el principio de vasos comunicantes, este cilindro dispone de varios elementos resistivos eléctricos que transfieren calor, propiciando una vaporización y en consecuencia un incremento de presión en el tanque para evitar, por un alto consumo de CO₂ de la fase gaseosa, por parte del cliente, una súbita y repentina caída de

presión pudiendo llegar la fase líquida a convertirse en nieve carbónica a la presión y temperatura indicada en la figura 6.12.

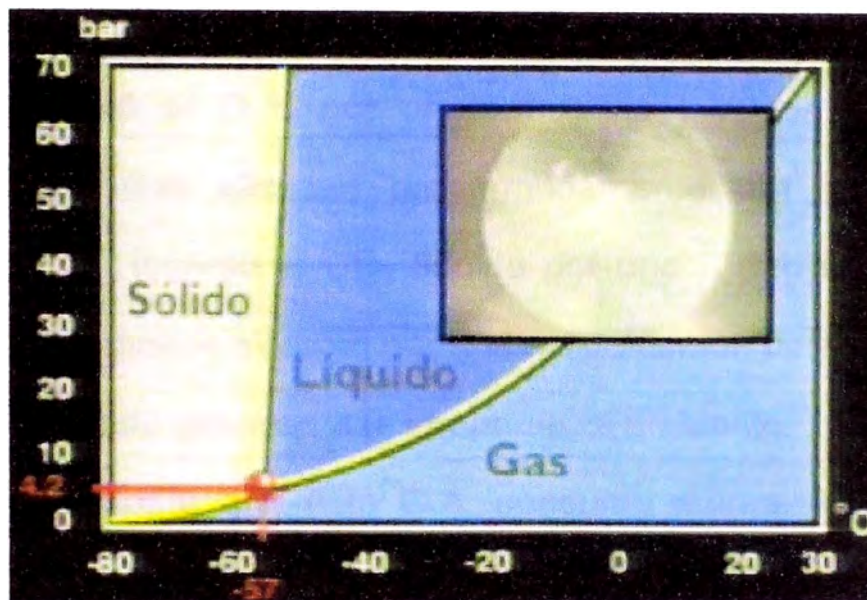


Figura 6.12 Coexistencia de los tres estados del CO₂

Para cierta instalación y en especial esta, existen los gasificadores ambientales también conocidos como vaporizadores atmosféricos, debido a la capacidad limitada de aporte de calor por parte del G.E. y a consecuencia el incremento de presión en el tanque, este puede ser superado por un alto consumo de la fase gasificada pudiendo llegar a atorarse la tubería de suministro líquido que por gravedad inunda el G.E, recalentándose este al no tener CO₂ líquido con quien intercambiar calor y por el termostato de protección a 60 °C se desconectará.

Para estos consumos elevados de fase gaseosa se utilizan los G.A. que toman por la parte baja del tanque CO₂ líquido

no comprometiendo la presión de la fase gaseosa del tanque. Este G.A. consta de dos serpentines aleteados conformados en un solo vaporizador con unos ventiladores axiales que insuflan el aire (aire que se encuentra a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ desconectará al G.A. por un termostato) y dos válvulas solenoides que alternan programadamente por un timer eléctrico el ingreso del CO_2 líquido por uno u otro serpentín aleteado, saliendo siempre por una salida común de estos dos CO_2 en estado gaseoso a la temperatura ambiente.

Cabe mencionar que este G.A. consume menos energía a pesar de sus prolongadas horas de trabajo en contraste con el G.E., es por ello que el G.A. es seteado para que ingrese a trabajar (ver tabla 6.10) primero antes que el G.E. quedando este como un respaldo cuando se le necesite.

6.2.2.4 Seguridad por baja presión

A pesar de todos nuestros posibles cuidados y prevenciones en la instalación esta es la última alarma que, queremos escuchar, dado que para resolver este tipo de contingencias es muy importante el tiempo de respuesta, porque de no ser así, estaríamos al frente de un congelamiento total del tanque, al convertirse el CO_2 líquido en nieve carbónica (ver figura 6.13) haciendo imposible el flujo por las tuberías de líquido y anulando cualquier equipo gasificador.



Figura 6.13 Nieve carbónica formada por baja presión

6.2.2.5 Seguridad del refrigerante

También conocido como presostato Dual de Alta y Baja en la Refrigeración, es el único presostato que no se encuentra en el tablero, y que viene como parte del equipo de frío. Y que para nuestra seguridad es necesario saber si el equipo tiene y mantiene la carga de refrigerante adecuada, pues mediante esta se garantiza una temperatura de evaporación suficiente como para poder licuar al CO_2 gaseoso

Este presostato dual está conectado en sus tomas en las líneas de succión y descarga del sistema de refrigeración, y en nuestro caso que trabajamos con R22 están seteados de acuerdo a la tabla tal. En donde la presión de succión no debe bajar de un mínimo de 5 psig y la presión de descarga no excederse de un máximo de 250 psig.

CAPITULO VII

MANTENIMIENTO Y CONTINGENCIAS

7.1 Programa de mantenimiento

El mantenimiento y la supervivencia de la máquina depende del hombre, es un desafío pensar que la gente de mantenimiento esta allí, junto a una instalación, sólo por si algo falla o se rompe. Su primordial función es prevenir aportar el instinto de conservación que la máquina, por perfecta que sea no tiene.

Los objetivos del mismo pueden resumirse en:

- Preservar el capital invertido en los equipos e instalaciones
- Alcanzar un máximo de horas productivas con un alto grado de confiabilidad y seguridad.
- Lograr los objetivos anteriores con el costo mínimo

Los tipos de mantenimiento se pueden agrupar en tres formas operativa, mantenimiento de rutina, preventivo y correctivo.

7.1.1 Mantenimiento de rutina

Se realiza cada recarga de CO₂ y tiene como misión principal inspeccionar los parámetros antes y después de la recarga

del tanque de almacenamiento. Este Mantenimiento de Rutina consiste en:

- Inspeccionar y Registrar datos de operación y control.
- Purgar líneas de tomas de gas y líquido de CO₂.
- Revisar ajustes del cableado eléctrico y bornes de conexión.
- Verificar ajustes de tuberías y válvulas de conexión.
- Inspeccionar rangos, seteos y posición de instrumentos de protección, seguridad, control y operación.
- Comprobar funcionamiento de equipos, puenteando controles de encendido.
- Descartar averías, vibraciones, condensados y mohos.
- Realizar limpieza y/o re-pintado de partes de equipos y sub-equipos.
- Observar y anotar condiciones de la instalación en general.

Con estos datos se realizar un control respecto a los parámetros de funcionamiento y recargas promedio en el tanque de CO₂ (ver figura 7.1).

Ejemplo: en Julio con el informe de servicio No: 0322 se recargo el tanque desde 8 ton hasta 19 ton de CO₂ con presión inicial de 330 psig y presión final de 340 psig.

Un modelo de informe se adjunta donde se consignan y se rescatan los datos de campo y se define la identificación del servicio.(Figura 7.2)

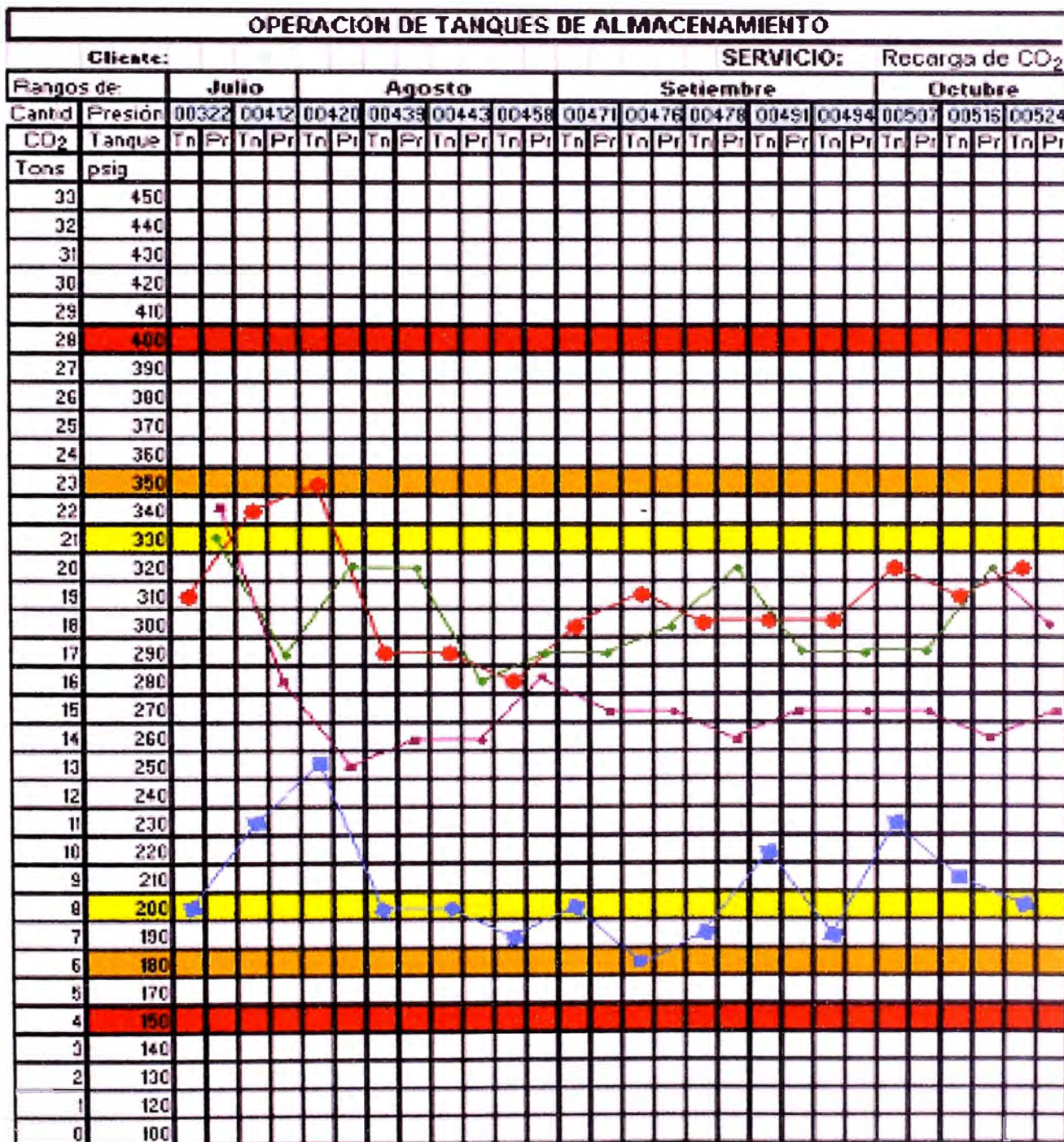


Figura 7.1 Control de operatividad del sistema de CO₂

| INFORME DE SERVICIO | | | | FECHA: |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| DATOS DEL CLIENTE | | | | HORA: |
| CLIENTE: | Atención a: | | | |
| R.U.C.: | Teléfono /Anexo: | | | |
| DIRECCION: | Ubicación / Ref: | | | |
| MOTIVO: | | | | |
| IDENTIFICACION DEL SERVICIO | | | | |
| PRIORIDAD: | <input type="checkbox"/> EMERGENCIA | <input type="checkbox"/> COORDINADO | | |
| GESTION: | <input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO | <input type="checkbox"/> PRESERVACION | <input type="checkbox"/> INSPECCION | <input type="checkbox"/> OTROS: |
| ACTIVIDAD: | <input type="checkbox"/> REFRIGERACION | <input type="checkbox"/> MECANICA | <input type="checkbox"/> ELECTRICA | <input type="checkbox"/> OTROS: |
| ATENCION: | <input type="checkbox"/> INMEDIATA | <input type="checkbox"/> RUTINA | <input type="checkbox"/> PREVENTIVO | <input type="checkbox"/> CORRECTIVO |
| AUTORIZADO POR: | | SUPERVISADO POR: | | |
| RECURSOS ASIGNADOS AL SERVICIO | | | | |
| APPELLIDOS NOMBRES: | | | D.N.I.: | |
| | | | | |
| MOVILIDAD: | MARCA: | PLACA: | CONDUCTOR: | |
| OTROS: | | | | |
| DESCRIPCION DEL SERVICIO | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| MATERIALES / EQUIPOS / HERRAMIENTAS / REPUESTOS / ACCESORIOS UTILIZADOS | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| OCURRENCIAS / OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | PARTIDA | INICIO | TERMINO | RETORNO |
| HORA : | ..... | ..... | ..... | ..... |
| FECHA: | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Firma | ..... | Firma y Sella | ..... | Firma y/o Sella |
| RESPONSABLE | JEFATURA | | CLIENTE | |
| Apellido y Nombre | | | Apellido y Nombre | |
| Notas: | | | | |
| Anexos: | | | | |

Figura 7.2 Informe de intervención del sistema de CO₂

Donde los campos a llenar son definidos de la siguiente forma:

Prioridad

-Emergencia.- cuando esta en duda la calidad del producto y/o potencialmente la integridad de la persona por alguna contingencia.

-Coordinado.- según lo programado durante el periodo de planificación o de acuerdo con la disponibilidad del cliente.

Gestión

-Mantenimiento.-referido al cuidado del servicio que proporciona el recurso para garantizar la operatividad confiable del mismo.

-Preservación.-referido al cuidado del recurso o equipo, tiene por misión garantizar y prolongar la vida útil del mismo.

-Inspección.-Cuando se necesite observar, vigilar y examinar en el cliente el servicio que proporciona la instalación. Con el objeto de obtener información sobre su estado físico o de su funcionamiento.

Actividad

-Refrigeración que realiza el frigorista en los sistemas de licuación.

-Mecánica realizada por el mecánico en los sistemas de gasificación y suministro.

-Eléctrica ejecutado por el electricista en los sistemas de control.

Atención

-Inmediata.- debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo por cualquier contingencia y tenemos que efectuar los trabajos indispensables para restablecer el servicio.

-Rutina.-referido al primer nivel del usuario del recurso al momento de intervenir de forma responsable identificando datos de operación y control iniciales y finales, realizados generalmente en actividades de descarga en los tanques de almacenamiento de CO₂.

-Preventivo.- se realiza según programa , para garantizar que la calidad del servicio se encuentre dentro de los límites establecidos.

-Correctivo.- se realiza a consecuencia de una falla o cuando la calidad de servicio esperada esta en riesgo por no satisfacer la confiabilidad. Siendo necesario realizar un cambio o modificación.

7.1.2 Mantenimiento preventivo

Consiste en realizar los trabajos programados con una determinada frecuencia (figura 7.4) en los cuatro principales sistemas de la instalación del tanque de CO₂ (figura 7.3).

Brevemente estos mantenimientos en los sistemas consisten en:

| SISTEMAS | COMPONENTES | EQUIPOS |
|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| Sistema de Licuación (SL) | Compresor (07) | Compresor Semihermético (1) |
| | | Separador de aceite (1) |
| | Condensador (08) | Acumulador de succión (1) |
| Válvula de servicio baja presión (1) | | |
| Válvula de servicio alta presión (1) | | |
| Presostato Dual de Alta y Baja (1) | | |
| Presostato Diferencial de Aceite (1) | | |
| Motor ventilador (2) | | |
| Válvula de seguridad (1) | | |
| Evaporador (02) | Hélice (2) | |
| | Válvula de seguridad (1) | |
| Sistema de Gasificación (SG) | Gasificador eléctrico (03) | Tanque de líquido (1) |
| | | Filtro secador (1) |
| | Gasificador Ambiental (01) | Visor de humedad (1) |
| | | Válvula solenoide (1) |
| | | Válvula de expansión (1) |
| | | Serpentín evaporador (2) |
| | | Resistencias (1) de 6 elementos |
| | | Válvula de seguridad (1) |
| | | Termostato (1) |
| | | Serpentín evaporador (2) |
| Sistema de Control (SC) | Tablero de control (10) | Válvula de seguridad (1) |
| | | Selenoide (2) |
| | | Timer (1) |
| | | Motor ventilador (3) |
| | | Hélice (3) |
| | | Contactador tripolar (3) |
| | | Rele térmico bimetalico (3) |
| | | Interruptor termomagnético 100 A (1) |
| | | Llave termomagnética trifásica (1) |
| | | Llave termomagnética monofásica (1) |
| Sistema de Suministro (SS) | Manómetro (01) | Contactador tripolar GE (1) |
| | | Contactador tripolar Equipo Frío (1) |
| | Regulador de presión (01) | Rele térmico bimetalico (1) |
| | | Rele encapsulado (6) |
| | Válvula de seguridad (01) | Presostato de alta presión (6) |
| Sirena (1) | | |
| Luz de Alarma (1) | | |
| Filtros (02) | Manómetro (3) | |
| | Regulador de presión (1) | |
| Indicador de Capacidad (01) | Válvula de seguridad (3) | |
| | Filtro (1) | |
| | | Filtro (2) |
| | | Indicador MDM (1) • C18 |

Figura 7.3 Sistemas del almacenamiento de CO₂ a granel

7.1.2.1 Mantenimiento preventivo de licuación

- Inspeccionar y registrar datos de operación y control.
- Realizar purga(s) en líneas, tomas de líquido y gas, en ese orden.
- Revisar ajustes del cableado eléctrico y bornes de conexión.

- Verificar sistema de tuberías, válvulas, humedad y nivel de aceite.
- Comprobar rangos y seteos de dispositivos de protección, control y operación.
- Comprobar funcionamiento de equipos, puenteando controles de encendido.
- Descartar fugas, obstrucciones, vibraciones anormales, condensados y mohos.
- Anotar parámetros de funcionamiento, recargar gas y/o aceite de ser necesario.
- Realizar limpieza y/o re-pintado de partes de equipos y sub-equipos.
- Observar y anotar condiciones de la instalación en genera

7.1.2.2 Mantenimiento preventivo de gasificación

- Inspeccionar y registrar datos de operación y control.
- Realizar purga(s) en líneas, tomas de líquido y gas en ese orden.
- Empezar aislando equipo(s), cerrando ingreso de líquido, activar el mismo para gasificar el remanente líquido totalmente.
- Terminar aislando equipo(s) cerrando válvula de ingreso gaseoso e inmediatamente despresurizar líquido y gas, en ese orden, dejando abierta la purga.

- Desmontar partes y componentes necesarios para poder remover, limpiar y lavar; terminando con su respectivo saneamiento.
- Inspeccionar ubicación, rangos, seteos y posición de dispositivos de protección, control y operación.
- Montar partes adecuadamente, cerrar purgas y presurizar con líquido y gas, en ese orden.
- Comprobar funcionamiento de equipo(s), puenteando controles de encendido.
- Descartar fugas, averías, vibraciones, condensados excesivos y mohos.
- Realizar limpieza y/o re-pintado de partes de equipos y sub-equipos.
- Observar y anotar condiciones de la instalación en general.

7.1.2.3 Mantenimiento preventivo de control

- Inspeccionar y registrar datos de operación y control.
- Revisar ajustes del cableado eléctrico y bornes de conexión, terminales de contacto, condiciones y temperatura de conductores.
- Inspeccionar posición de dispositivos, seteos de elementos, de mando, control, seguridad y señalización.
- Comprobar voltajes y corrientes en tableros, equipos y sub-equipos en Arranque y funcionamiento normal.

-Descartar desbalance de fases, falsos contactos, fugas de corriente y posibles anomalías eléctricas.

-Anotar parámetros de funcionamiento, recargar gas y/o aceite de ser necesario.

-Realizar limpieza y/o repintado de partes de equipos y sub-equipos.

Observar y anotar condiciones de la instalación en general.

7.1.2.4 Mantenimiento preventivo de suministro

-Inspeccionar y registrar datos de operación y control.

-Realizar purgas)en líneas, tomas de líquido y gas en ese orden.

-Revisar rangos, presiones de regulación, saturación y ajustes de calibración.

-Comprobar estanqueidad en circuito de suministro, conexión, bridas, juntas, válvulas de alivio.

-Comprobar libertad de movimiento de celdas de carga, conexiones flexibles, protección contra pérdida de energía, encapsulado y apriete de gornas de fijación de cables.

-Comprobar funcionamiento de equipos, abriendo o cerrando y apagando o encendiendo.

-Descartar pesos ajenos, humedad en celdas de carga, encendido de indicadores led en pantalla y confirmar protección contra pérdida de energía.

-Realizar limpieza y/o re-pintado de partes de equipos y sub-equipos.

-Observar y anotar condiciones de la instalación en general

Frecuencia de mantenimiento de los diferentes sistemas

| SISTEMAS | FRECUENCIA |
|--------------|--------------|
| Licuaación | Cada 2 meses |
| Gasificación | Cada 4 meses |
| Control | Cada 3 meses |
| Suministro | Cada 2 meses |

Figura 7.4 Frecuencias de intervención de los sistemas

El programa anual de los mantenimientos se observa en el cuadro 7.5 estos al ser realizados por cada actividad, levantan un informe in situ y al mismo le adjuntan una hoja de verificación de parámetros que se observa en la figura 7.6.

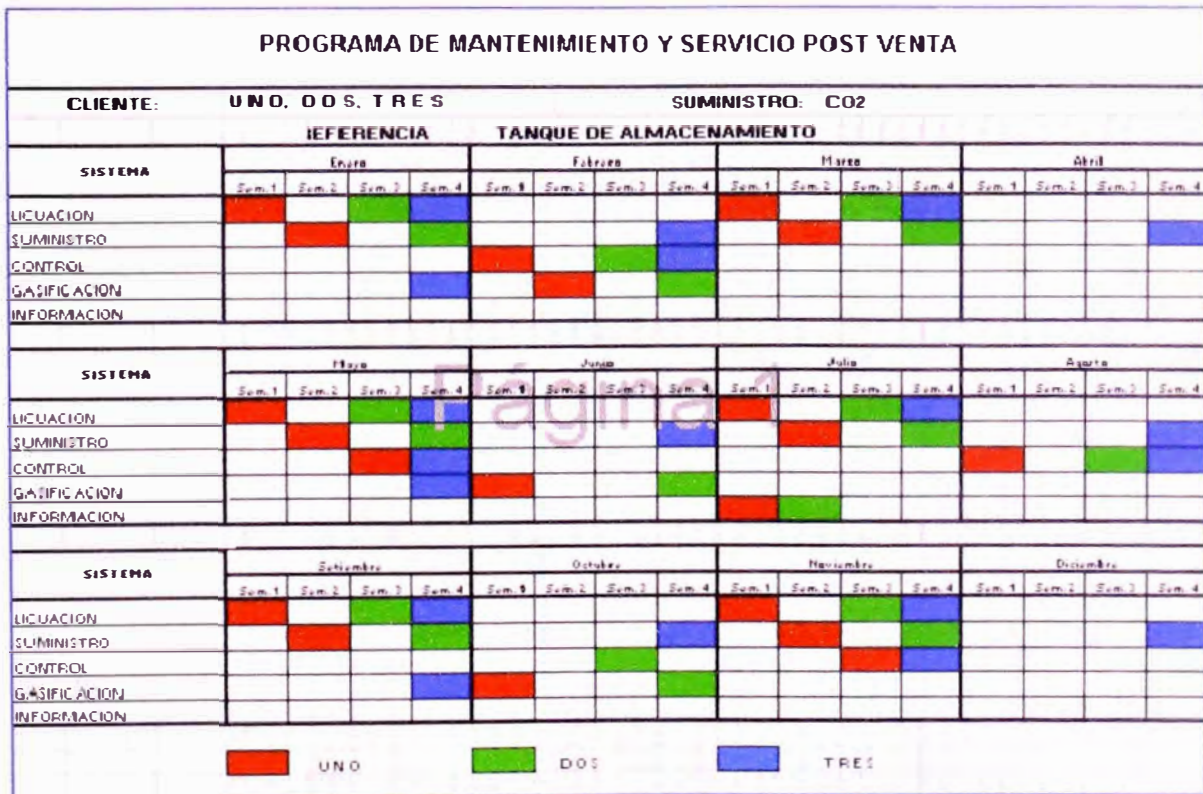


Figura 7.5 Programa anual de mantenimiento de los sistemas

| HOJA DE VERIFICACION | | No. de Servicio |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| DATOS DEL SISTEMA | | |
| Nombre y Dirección: Marca: DIRECCION: Ubicación: | | Función: Línea de Producto: Ubicación / Ref: |
| IDENTIFICACION DE PARAMETROS DE OPERACION Y CONTROL | | |
| Presión Inicial: priq. | Capacidad Inicial: Tan | Purgado de Líneas: () |
| Presión Final: priq. | Capacidad final: Tan | () |
| Garificadora Eléctrica () Recipiente Pulmán Garificadora Ambient. () OTROS. | | |
| FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO DE LICUACION | | |
| Presión Encendida: priq. | Tipo de Refrigerante | Presión de Succión: priq. |
| 4 priq. | Nivel de Acoito | Presión de Descarga: priq. |
| Otras: | Encendido de Alarma: priq. | Descarta de Fugar () |
| | Apagado de Alarma: priq. | limpieza de Equipa () |
| FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO(S) DE GASIFICACION | | |
| Presión Encendida: priq. | Encendido de Alarma: priq. | Purgado de Líneas: () |
| Presión Apagada: priq. | Apagado de Alarma: priq. | Descarga de Líneas: () |
| Otras: | Encendido de Alarma: priq. | Limpieza y lavada () |
| | Apagado de Alarma: priq. | Descarta de Fugar () |
| | Encendido de Alarma: priq. | Verificación Ingreso () |
| | Apagado de Alarma: priq. | Verificación Ingreso () |
| FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO(S) DE SUMINISTRO | | |
| Presión Línea 1: priq. | Purgado de Líneas: () | Descarta de Fugar () |
| Presión Línea 2: priq. | Saneamiento () | Descarta Condensada () |
| Inspeccionar funcionamiento del indicador de Capacidad | | |
| Diferencial Mecáni. () | Diferencial Digital () | Balanza Electrónica () |
| Caldar de Carqa () OTROS. | | |
| Requiere próxima verificación de dispositivos | | |
| Manómetro Tk | Manómetro/Manifold | Manómetro Regulación |
| Válvula de Seguridad del Tk: | Válvula Alivia de Regulación: | Válvula del Garificador Eléctrica |
| FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL | | |
| Comprobación de Voltajes en las líneas del Tablero | | |
| Línea 1: Vol. | Línea 2: Vc | Línea 3: Vc |
| Lampara de Señal () | Alarma Visible () | Alarma Audible () |
| Verificar Conexiones y Ajustes de cableado | | |
| Barreras () Descarta/Recalentam () | | |
| Terminalar () Protección/Conductar () | | |
| Verificar Setos de dispositivos de Control | | |
| Térmico Equipa Frío () Térmico G. Eléctri () Térmico G. Ambient () | | |
| Caldar de Carqa () OTROS | | |
| Verificar Ampereaje de Equipos | | |
| EQUIPO DE FRIO | GASIF. ELECTRICO | GASIF. AMBIENTAL |
| Amp. De Arranque: () | Amp. De Arranque: () | Amp. De Arranque: () |
| Amp. De Trabajo: () | Amp. De Trabajo: () | Amp. De Trabajo: () |
| Otras: | Limpieza General () | Extada del Tablero () |
| | Repintada de Tablero () | OTROS. () |

Figura 7.6 Hoja de verificación que se adjunta al informe

7.1.3 Mantenimiento correctivo

En nuestro caso existen dos, el de emergencia y el coordinado.

7.1.3.1 Correctivos de emergencia

Son aquellos trabajos que necesariamente tienen que ejecutarse de urgencia en forma no programada, ante la manifestación de una falla que pone fuera de operación al tanque de almacenamiento de CO₂.

-Ver si hay vibración excesiva o inusual de las aletas del ventilador u hoja metálica del panel mientras esta en operación. Identificar los elementos que causen la vibración y revisar cuidadosamente el motor y aleta.

-Revisar todas las áreas sospechosas con un detector de fugas electrónico.

-Revisar la operación de todos los ventiladores y asegurarse que el flujo de aire no se obstruya.

-Revisar que cada ventilador rote libremente y de forma pausada reemplace cualquier motor de ventilador que no rote suavemente o haga algún ruido inusual.

-Revisar todos los tornillos opresores de los ventiladores y ajustarlos si es necesario.

-Revisar todas las aletas del ventilador por si hay huellas de desgaste o mal uso.

Reemplazar cualquiera de las aletas que esté gastada, rota o encorvada.

-Verificar que todos los motores del ventilador estén seguramente sujetos al riel del motor.

-Lubricar los motores si es pertinente.

- Inspección de instalación eléctrica y componentes

-Inspeccionar visualmente toda la instalación para localizar desgastes, retorcimientos, áreas de soporte y descoloramiento.

- Reemplazar cualquier instalación en la que se haya encontrado daños.
- Verificar que todas las conexiones a tierra y eléctricas sean seguras, ajustarlas si es necesario.
- Revisar la operación/calibración de cada ciclo de ventilador y controles de deshielo cuando sean usados.
- Observar si hay acumulación anormal de cimientos de hielo y ajustar los ciclos de deshielo por consiguiente.
- Comparar el deshielo actual del calentador, deducción en amperios, contra los datos de la placa de la unidad.

Revisando el ciclo de refrigeración:

- Revisar la succión, descarga y las lecturas netas de presión de aceite. Si son anormales tomar la acción correctiva apropiada.
- Revisar la operación o demanda de enfriamiento, inyección de líquido o descargas si se han habilitado.
- Revisar la caída de presión a través de los filtros y secadores. Reemplazar los que se requieran para evitar humedad en el sistema.
- Verificar que la sobrecalentación del compresor sea conforme a su especificación.
- Revisar la presión, controles de seguridad y verificar si la operación es apropiada.

Anualmente

Adicionalmente a los mantenimientos y revisiones trimestrales y semianuales, someter a una muestra de aceite para análisis de ser factible para ver evaluar el buen desempeño del sistema.

-Revisar si existen altas concentraciones de ácido o humedad. Cambiar de aceite y secadores hasta que los resultados de las pruebas se lean normales.

-Investigar el origen de las altas concentraciones de metal, que normalmente se debe al uso anormal del cojinete. Observar el líquido refrigerante en la caja del cigüeñal, la baja presión de aceite o baja supercalefacción como posible origen.

Inspeccionar el acumulador de succión (si es equipado):

-Si el acumulador es aislado y removido su aislamiento inspeccionar si hay fugas por corrosión.

-Prestar especial atención a las tuberías de cobre así como a las conexiones soldadas con acero.

-Pasar un cepillo metálico por todas las áreas corroidas y una vez peladas pintarlas.

-Aplique un anticorrosivo primero y luego pinte como se requiera. Reaislarlo si es pertinente para evitar condensados que puedan deteriorar el equipo nuevamente o ocasionar levantamiento del aislamiento por congelación.

Trimestralmente

Inspección visual de la unidad

-Observar si hay señales de manchas de aceite sobre las interconexiones muy calientes y el condensador de aceite. Prestar mucha atención a las áreas alrededor de los puntos de soldadura, penetraciones de fabricación y abrazaderas de los tubos. Revisar cualquiera de las áreas sospechosas con un detector de fugas electrónico. Reparar cualquier fuga encontrada y agregar refrigerante si se necesita.

-Revisar la condición de humedad en el indicador, en caso haya sido equipado. Reemplazar el secador de la línea de líquido si existe indicación de presencia de una ligera humedad. Reemplazar el refrigerante, aceite y secador si la concentración de humedad que indica es muy alta.

-Revisar el indicador de humedad para el gas de destello. Si la encuentra.

-Revisar el sistema entero por si hay fugas de refrigerante y agregar cuanto refrigerante sea necesario luego de reparar todas las fugas.

-Revisar el tubo indicador del compresor (si es equipado) para tener un nivel apropiado de aceite.

-Revisar la condición del condensador. Ver si hay acumulaciones o restos de suciedad (limpiarlos si lo requiere).

-Revisar si hay un ruido inusual o vibración. Tomar las acciones correctivas si se requiere.

-Revisar y ajustar todas las conexiones de encendido.

Semi - Anualmente

Repetir todos los artículos de inspeccion trimestrales.

-Limpiar el condensador de aceite y aletas.

-La limpieza periódica puede complementarse mediante el uso de un cepillo, agua a presión y un comercialmente disponible limpiador de aceite de espuma.

Si el limpiador de espuma es usado, su limpiador no debe contener ningun tipo de ácido. Seguir las indicaciones en la etiqueta para lograr un uso adecuado.

-Enjuagar hasta que no queden residuos.

-Revisar la operación de los ventiladores del condensador

-Revisar que cada ventilador rote libre y tranquilamente.

-Reemplace cualquier motor de ventilador que no rote suavemente o realice un ruido excesivo.

-Revisar todos los tornillos opresores de las aletas del ventilador y ajustarlos si es necesario.

-Revisar todas las aletas del ventilador para ver si hay señales de ruptura, mal uso o desgaste. Prestar mucha atención al eje y araña. Reemplace las aletas si se requiere.

-Verifique que los motores esten montados de forma segura.

-Lubricar los motores si es pertinente. No lubricar permanentemente el sellado, los motores de las bolas del cojinete.

Inspección eléctrica de instalación y componentes

-Verificar que todas las conexiones eléctricas y puestas a tierra sean seguras, ajustarlas si se requiere.

-Revisar la condición del compresor y contactores de calor. Observar si hay decoloración y picaduras. Reemplace lo que se requiera.

-Revisar la operación y calibración de todos los cronómetros, controles de presión de relevo y controles de seguridad.

-Limpiar el gabinete eléctrico. Revisar si hay señales de humedad, suciedad, restos, insectos y vida silvestre. Tome las acciones correctivas necesarias.

7.2 Plan de contingencias

Tiene por objeto establecer las acciones que se deben de ejecutar frente a la ocurrencia de eventos de carácter técnico, accidental o humano, con el fin de proteger la vida humana, los recursos naturales y los bienes en la zona del Proyecto, así como evitar retrasos y costos extra durante la ejecución de la obra pero este es elaborado a partir de datos estadísticos de eventos y en principal forma de las hojas de datos de seguridad MSDS.

7.2.1 Hoja de datos de seguridad material (MSDS)

Se ha vuelto una fuente mayor de información química. Es el documento importante que nos proporciona la información de riesgo a los empleados y puede volverse una herramienta para el personal de contestación de emergencia cuando se usa en una emergencia química.

La Seguridad Profesional y Administración de Salud (OSHA) la Norma de Comunicación de Riesgo (29 CFR 1910.1200) les exige a todos los fabricantes de productos químicos y/o mezclas que evalúen sus productos y relaciona, vía MSDS, cualquier riesgo que puede encontrarse.

Esta norma se piensa igualmente para todos los lugares de trabajo, fabricación y manufactura.

El MSDS contiene una riqueza de información que puede entenderse con un mínimo de entrenamiento.

Debajo hay una explicación breve del formato e información encontrada en un MSDS propiamente preparado.

1° Identificar el material por producto o nombre comercial y nombre químico. Es el producto o nombre comercial que normalmente se encuentra en las etiquetas del recipiente, aunque el nombre químico también se requiere. La sección y/o también contenido, el fabricante, el nombre de, su dirección, y número del teléfono.

2° Proporcionar los datos físicos sobre el producto que puede utilizarse para la identificación apropiada.

Incluido es las especificaciones como el color, el olor, la gravedad específica (el peso), presión de vapor, y punto de ebullición.

3° Describir la lista de los ingredientes químicos del material, si ellos son conocidos o sospechosos puede ser arriesgado.

Deben informar de materiales arriesgados que son los carcinógenos si ellos representan 1 por ciento o más del producto. Deben informarse los carcinógenos e identificarlos como tal si sus niveles son 0.1 por ciento o superior.

También incluir los Valores de Límite de Umbral (TLVs) y el OSHA. El Límite de la Exposición permisible (PEL).

4° Incluir datos de riesgo de explosión y fuego. Esta información es especialmente útil al elaborar planes interno y planes de contingencia de comunidad. Plantea responder, las exigencias de fuego locales y son una necesidad de acceso ilimitado a esta información.

5° Consignar los datos de riesgo de salud y describir cualquier agudo (la exposición a corto plazo) y/o crónico (la exposición a largo plazo) efecto en el cuerpo. Estos incluyen la exposición (la inhalación, el contacto dérmico, la ingestión) y los órganos corporales que puedan ser afectados, así como las señales y síntomas de sobre-exposición. los

procedimientos de ayuda también han sido encontrados dentro del MSDS (NOTA: las medidas del primeros auxilios recomendados en MSDS no siempre son correctos y deben confirmarse.)

6° Debe contener la información sobre la reactividad del producto. Lista de otros químicos que, cuando se mezclen con el producto, producirá una reacción química. Si un producto es con el agua reactivo, es indispensable que se notifique a los bomberos internos y locales.

7° Describir las listas los procedimientos que deben usarse si hay pérdida de producto.

8° Enumerar la información con respecto al equipo de la protección personal apropiado (PPE) necesario para ocuparse del producto de una manera que minimizará la exposición. También listar las prácticas de ventilación.

En resumen una Hoja de Datos de Seguridad Material (MSDS) puede ayudar, a tomar las decisiones correctas en la salud y la seguridad. Debe notarse, sin embargo, que es una de muchas referencias que deben usarse para hacer últimas determinaciones. Los MSDS ofrecidos por los fabricantes para la identificación y la comprobación no necesariamente son la última palabra en la seguridad y prácticas de salud. Esta se puede ver en el Anexo 4.

La legislación en vigor y las directivas gubernamentales prescriben e indican que bajo ninguna circunstancia debe exponerse a trabajador alguno a un espacio cerrado con alto nivel de riesgo. En casos extremos, dicho espacio debe permanecer, en cualquier caso, bajo control exterior.

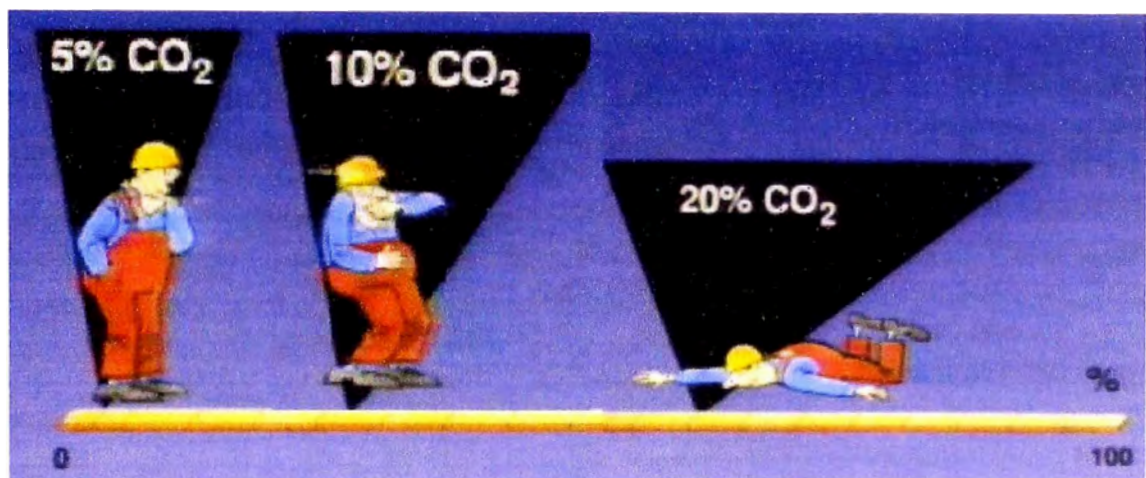


Figura 7.9 Reacciones ante el incremento de % de CO₂

- Las áreas con pobre ventilación deben disponer de un dispositivo de detección de CO₂ así como de sistemas de ventilación.
- Se debe mantener una ventilación adecuada para evitar concentraciones indebidas de CO₂.
- Antes de entrar en un área concreta, debe someterse a examen (mediante el uso de un detector) para descartar la presencia de CO₂.

En la industria alimentaria, el dióxido de carbono se usa como refrigerante, para el envase de alimentos y en la carbonatación de cervezas y bebidas. Este uso es cada vez

más frecuente. Es precisamente este incremento del uso del dióxido de carbono lo que ha impuesto la necesidad de adquirir mayor conciencia de los peligros asociados a fugas de CO_2 en cualquier instalación, especialmente si la instalación se encuentra en espacios cerrados. El dióxido de carbono carece de sabor, olor o color en los niveles en los que afecta al cuerpo humano, de modo que pueden alcanzarse concentraciones críticas sin que la persona expuesta lo advierta.

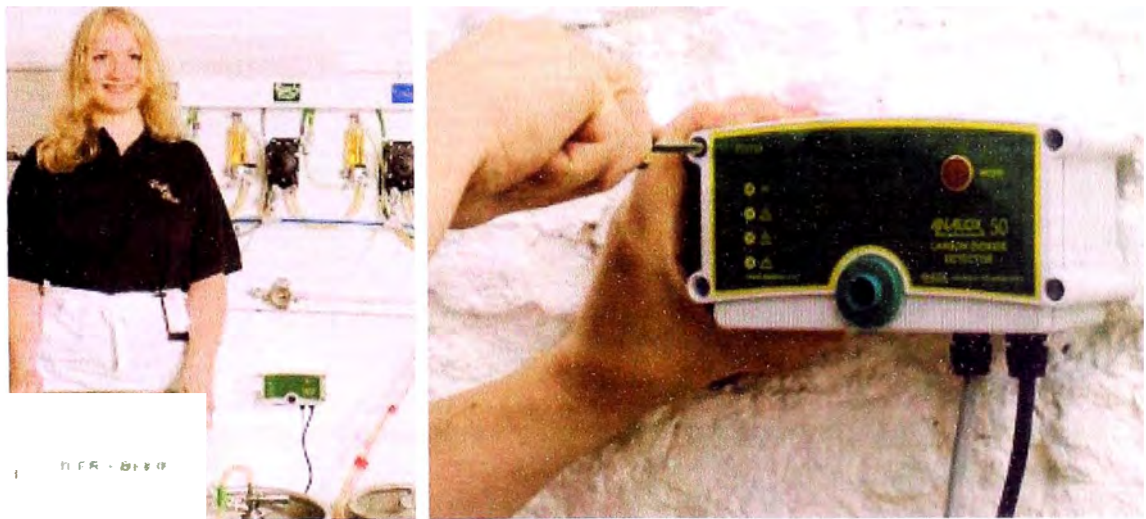


Figura 7.10 Alarma por altas concentraciones de CO_2

El CO_2 se usa en todos aquellos establecimientos en los que se sirven bebidas como cervezas y refrescos carbonatados a través de grifos. Por esto, supone un peligro en un gran número de restaurantes, bares y establecimientos de comida rápida. En tal caso, no son sólo los empleados los que se encuentran en peligro: cualquier persona que se encuentre en

el establecimiento en cuestión puede considerarse expuesta al riesgo de una fuga de dióxido de carbono, incluidos el personal de mantenimiento, abastecimiento y repartidores (ver figura 7.10). Cualquier persona que accede a un sótano o almacén que no esté protegido mediante un analizador fijo de dióxido de carbono debe considerar seriamente la opción de llevar consigo un analizador portátil de dióxido de carbono.

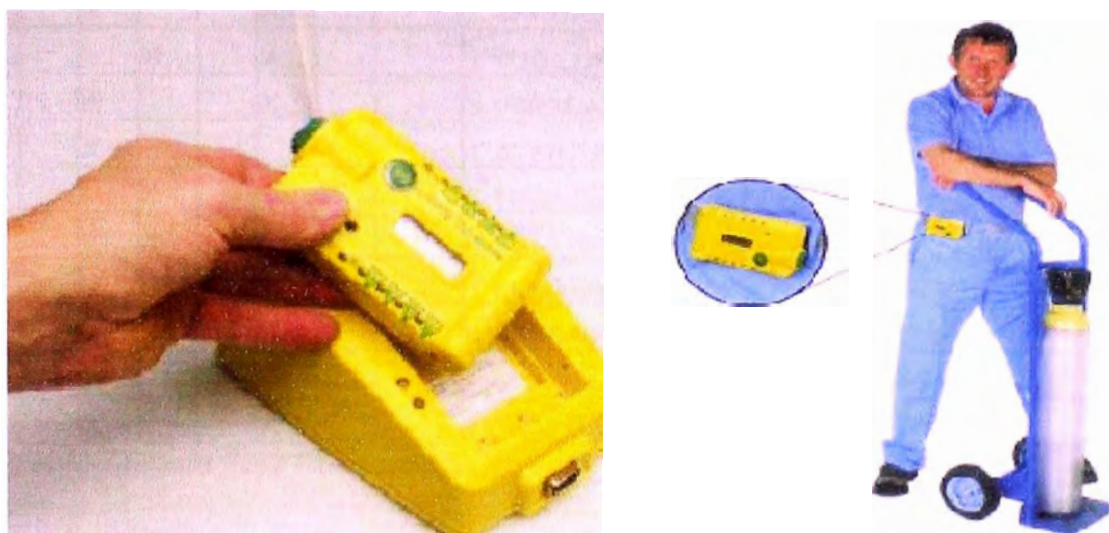


Figura 7.11 Dispositivo de alerta por alta concentración de CO₂

Todos los procesos involucrados en la instalación y operación del sistema de almacenaje de CO₂ deben tener cierta evaluación con una documentación formalizada en un procedimiento, que adecuadamente gestione y concluya, que se determinaran luego de un consenso respecto a las anomalías identificadas su solución más práctica y óptima al alcance de la emergencia o contingencia. Y se sugiere que la documentación pertinente consigne de forma clara y concisa

el motivo. He considerado que 10 de los motivos principales son los que se encuentran en la tabla así como una evaluación de los mismos.(ver figura 7.12).

| Calificación | | | Ocurrencia | | | Consecuencia | | | Descripción de la Anomalia |
|--------------|-----------|---------|------------|-----------|-----------|--------------|------------|-------------------|----------------------------------------------|
| Grande | Razonable | Pequeña | Rara | Ocasional | Frecuente | Grave | Importante | Dignas e Atención | |
| X | | | X | | | X | | | 1. CALIDAD DE PRODUCTO NO CONFORME |
| X | | | | X | | X | | | 2. FUGA DE PRODUCTO |
| X | | | X | | | X | | | 3. PARADA DE PLANTA EN PRODUCCION |
| X | | | X | | | | X | | 4. APERTURA DE VALVULA DE SEGURIDAD |
| | X | | | X | | | X | | 5. FUGA DE REFRIGERANTE |
| | X | | | X | | | X | | 6. BAJA PRESION DEL TANQUE |
| X | | | | X | | X | | | 7. EL GASIFICADOR ELECTRICO NO ELEVA PRESION |
| | X | | | X | | | X | | 8. INDICADOR DE CAPACIDAD NO FUNCIONA |
| | X | | X | | | X | | | 9. EL REGULADOR NO CONTROLA PRESION |
| X | | | X | | | X | | | 10. NO HAY TENSION ELECTRICA |

Figura 7.12 Ponderación de anomalías de un tanque con CO₂

Es de vital interés de todas las organizaciones empresariales hoy en día entregar un producto de calidad y servicios del mismo nivel. Es por ello y ha exigencias de los clientes consumidores la garantía de la calidad del producto de acuerdo a norma desde la fabricación, distribución y almacenamiento en sus instalaciones.

Es por este motivo que se consigna en la tabla de anomalías (figura 7.12) y en el anexo 5 como reclamo mayor la calidad del producto no conforme.

7.2.2 Fuga de producto

A pesar de nuestras prevenciones , inspecciones y correcciones, es necesario estimar ciertas posibles contingencias a efecto de salvaguardar no solamente la calidad o pérdida de producto, sino también el peligro que pueden correr las vidas humanas y los aspectos ambientales de consideración, es por eso en base a la data estadística de las emergencias han de elaborarse las reglas de seguridad básicas y un plan de contingencias adecuado.

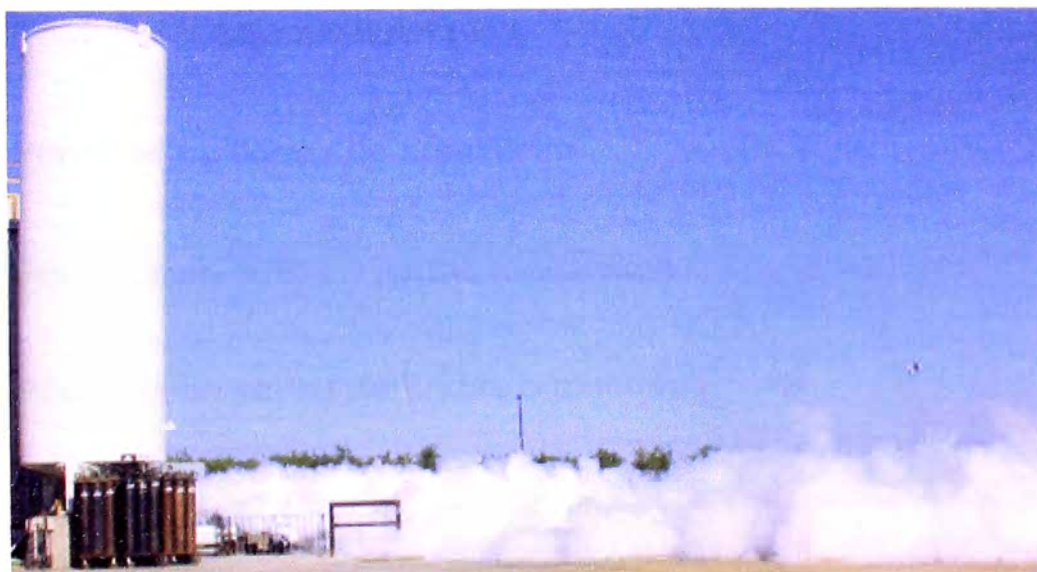


Figura 7.13 Fuga de CO₂ de un tanque de almacenamiento

La atención a una fuga de producto tiene que ser inmediata por que los vapores del CO₂ (figura 7.13) producen aturdimiento y somnolencia, una mayor exposición puede provocar inconsciencia y muerte a determinadas concentraciones ver figura 7.9.

Dentro de este tipo de emergencia podemos tener pérdida de producto por:

Pérdidas en Cisterna de Distribución

Pérdidas en Tanques estacionarios en cliente

Pérdidas en Equipos de gasificadores

Pérdidas en cañerías y accesorios

Pérdidas a nivel del piso

Pérdidas a bajo nivel del piso

Pérdidas en líneas de suministro

Pérdidas en sellos o juntas mecánicas

Pérdidas en juntas de bridas o roscadas

Pérdida en válvulas.

De estos tipos de pérdida se adjunta, del primero su procedimiento para atender la contingencia en la distribución con cisternas de CO₂ (anexo 6).

CAPITULO VIII

CRONOGRAMA Y COSTOS

8.1 Cronograma

El desarrollo de las actividades en promedio de este tipo de instalaciones es de 10 semanas, ya disponiendo de todos los equipos y accesorios para tal efecto. En el cliente y las coordinaciones de forma conjunta.

Es importante indicar que en la instalación del sistema de almacenamiento de CO₂ es primordial la seguridad muchas veces antes que el avance, que con mucho criterio tiene que ser sacrificado para posteriormente no arrepentirse.

8.2 Costos

La valorización de todos los sub-sistemas del sistema de almacenamiento para CO₂ es la inversión por parte del proveedor, que en un horizonte de tres años que como mínimo debería durar un contrato de abastecimiento para una embotelladora, que consume en nuestro caso 345kg de CO₂ por hora, asumiendo que trabaja en una temporada alta de consumo de bebidas gasificadas entonces por 24 horas, durante 25 días tenemos $345 \times 24 \times 25 = 207,000$ kg de CO₂ el

precio actual del kg de CO₂ esta en promedio S/. 1.50 entonces
 $207,000 \times 1.5 = \text{s/. } 310,500.00$ nuevos soles

| CRONOGRAMA DE INSTALACION | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Actividad | No. Días | Semana 0 | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9 | Semana 10 |
| Solicitud del Cliente | 2 días | → | | | | | | | | | | |
| Coordinación de Visita Técnica | 2 días | → | | | | | | | | | | |
| Aprobación Ingeniería | 3 días | → | | | | | | | | | | |
| Desarrollo Ingeniería | 2 días | → | | | | | | | | | | |
| Aprobación Ingeniería Detalle | 1 día | → | | | | | | | | | | |
| Firma de Contrato de Suministro de CO ₂ | 1 día | | → | | | | | | | | | |
| Solicitud Equipos y Materiales | 3 días | | → | | | | | | | | | |
| Recepción Equipos | 5 días | | → | | | | | | | | | |
| Contratación de Construcción de Bases | 15 días | | → | → | | | | | | | | |
| Desarrollo Sistemas del Tanque | 10 días | | → | → | | | | | | | | |
| Fabricación Calentador Eléctrico | 10 días | | → | → | | | | | | | | |
| Desarrollo Planes de Contingencias | 20 días | | → | → | → | | | | | | | |
| Pruebas Internas del Tanque | 15 días | | → | → | → | → | | | | | | |
| Pruebas en Fábrica de Equipos | 20 días | | → | → | → | → | → | | | | | |
| Aceptación en Fábrica de Equipos | 5 días | | → | → | → | → | → | | | | | |
| Embalaje de Equipos | 10 días | | → | → | → | → | → | | | | | |
| Transporte de Equipos | 3 días | | → | → | → | → | → | | | | | |
| Acabado Materiales en Cliente | 20 días | | → | → | → | → | → | → | | | | |
| Inst. del Sistema de Suministro | 25 días | | → | → | → | → | → | → | → | | | |
| Traslado del Tanque y Cimentación | 3 días | | → | → | → | → | → | → | → | | | |
| Inst. del Sistema de Gasificación Eléctrica | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | | | |
| Inst. del Sistema de Gasificación Ambiental | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | | | |
| Inst. del Sistema de Control | 4 días | | → | → | → | → | → | → | → | | | |
| Inst. del Sistema de Licuación | 10 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas de Fugas | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Sangramiento de la tuberías | 3 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Inalado de Tuberías | 4 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas de Calidad de Producto | 2 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Traslado Equipos, retorno | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas Control y Funcionamiento | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas con Carga Total de CO ₂ | 10 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas de suministro a cliente | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Verificación del Indicador de Nivel | 15 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Pruebas del Sistema Completo | 15 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Aceptación en sitio | 3 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Capacitación de usuarios en cliente | 3 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Capacitación Especializada a Ingenieros | 7 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Regulaciones y seteos en segunda Carga | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Regulaciones y seteos en Tercera Carga | 5 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |
| Puesta a punto en Servicio | 2 días | | → | → | → | → | → | → | → | → | | |

Cuadro 8.7 Cronograma de Instalación del sistema de almacenamiento de CO₂

El margen promedio de ganancia es de un 30 % por kg de CO₂ entonces s/. 93,150.00 nuevos soles al mes para cubrir la inversión de s/. 135,688.97 (costo de toda la instalación) se necesitaran un par de meses, es decir en pocas palabras en una buena temporada de verano donde el consumo de bebidas es elevado y consecuentemente el consumo de CO₂, la instalación se pagará sola.

| Instalación del Tanque y Sistema de Suministro | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubo Sch 40 1 1/2"Ø | 1 | 112,00 | 112,00 |
| Tubo Sch 80 1"Ø | 1 | 77,00 | 77,00 |
| Plancha de Acero 3/4"x 6"x 8" (soportes base cimentadas) | 4 | 35,00 | 140,00 |
| Pernos de 5/8"x2 1/2" con Tuerca grado 5 | 4 | 0,50 | 2,00 |
| Perfil "L" de 2"x1/4" (Soportes) | 2 | 60,00 | 120,00 |
| Tubo Sch 80 1 1/2"Ø (Suministro alata presión) | 2 | 145,00 | 290,00 |
| Tubo Sch 80 1/2"Ø x Sch 80 | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Codos de 1" soldables | 6 | 11,00 | 66,00 |
| Codos de 1 1/2" roscables | 4 | 15,00 | 60,00 |
| Tee Soldable 1" | 4 | 10,00 | 40,00 |
| Tee Soldable 1 1/2" | 6 | 8,00 | 48,00 |
| Union Universal de 1/2"Ø Clase 300 | 2 | 18,00 | 36,00 |
| Union Universal de 1"Ø Clase 300 | 1 | 23,00 | 23,00 |
| Union Universal de 1 1/2"Ø Clase 300 | 4 | 27,00 | 108,00 |
| Valvula de alivio Henry de 1"Ø de (440 psig, 400psi y 350 psig) | 3 | 210,00 | 630,00 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1/2"Ø | 3 | 90,00 | 270,00 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1"Ø | 1 | 110,32 | 110,32 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1 1/2"Ø | 2 | 110,46 | 220,92 |
| Manómetros Diferencial de 5" de Dial conexiones 1/4" NPT (Indicador de Nivel) | 1 | 800,00 | 800,00 |
| Manómetros de 4" de Dial conexión 1/2" NPT | 4 | 120,00 | 480,00 |
| Regulador Big J2 3 630 Fisher | 1 | 950,00 | 950,00 |
| Filtros Dominick Hunter en Linea regulada 1 1/2" con elemento y indicador | 2 | 600,00 | 1200,00 |
| Acido Fosforico (Lt.) | 1 | 100,00 | 100,00 |
| Gas Carbónico (Kg) saneamiento y pruebas en general | 1500 | 1,50 | 2250,00 |
| Electrodo 6011 1/8"Ø (Kg) | 5 | 6,50 | 32,50 |
| Electrodo 7018 1/8"Ø (Kg) | 5 | 7,00 | 35,00 |
| Tanque de Almacenamiento para CO2 con insulado, tomas y Válvulas | 1 | 44850,00 | 44850,00 |
| Oxígeno(m³) | 30 | 5,00 | 150,00 |
| Propano (Kg) | 45 | 3,00 | 135,00 |
| Servicio de Mecanizado Roscas y Niplena | 2 | 60,00 | 120,00 |
| Servicio de Grúa y Traslado en Cama Baja | 1 | 1500,00 | 1500,00 |
| Servicio de Construcción de pozo a tierra | 1 | 450,00 | 450,00 |
| Servicio de Insulado de tuberías | 1 | 650,00 | 650,00 |
| Servicio de Construcción de 2 Bases Cimentadas | 1 | 2000,00 | 2000,00 |
| Servicio de Limpieza Exterior, Pintado General y Logotipo | 1 | 600,00 | 600,00 |
| Servicio de Pruebas de Calidad del CO2 | 1 | 350,00 | 350,00 |
| | | | 58966,74 |
| | | IGV 19% | 11203,68 |
| | | | 70170,42 |

Cuadro 8.1 Instalación del tanque y sistema de suministro

| Construcción y Materiales del Calentador Electrico. (Gasificador Electrico) | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| Tubo Sch 40 12"Ø x900 | 1 | 200,00 | 200,00 |
| Tubo Sch 40 6"Ø x 150 | 1 | 50,00 | 50,00 |
| Plancha de Acero 3/4"x 8"x 16" (Juego Bridas) | 1 | 140,00 | 140,00 |
| Pernos de 5/8"x2 1/2" con Tuerca gr 5 | 8 | 0,50 | 4,00 |
| Plancha de Acero 1/4"x350mmx700mm (Tapas) | 1 | 60,00 | 60,00 |
| Niples de Tubo Sch 80 1 1/2"Øx1000mm (2 Piezas) | 2 | 10,00 | 20,00 |
| Niples de Tubo Sch 80 3/4"Øx700mm (3 Piezas) | 3 | 7,00 | 21,00 |
| Union Universal de 1 1/2"Ø Clase 300 | 2 | 10,85 | 21,70 |
| Valvula de alivio Henry de 3/4"Ø x 440 Psi | 1 | 297,50 | 297,50 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1"Ø | 1 | 110,32 | 110,32 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1 1/2"Ø | 2 | 110,46 | 220,92 |
| Valvula CGA 320 conexión base 3/4 " | 1 | 70,00 | 70,00 |
| Resistencia Electrica de 3 Fases, 60 A, 23 Kw, 6 Elementos. | 1 | 1715,00 | 1715,00 |
| Empaquetadura Klingerit de 1/8" Alta presión | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Permatex | 1 | 15,00 | 15,00 |
| Pavilo Cono | 1 | 2,00 | 2,00 |
| Teflon Rollo | 2 | 1,50 | 3,00 |
| Trapo Kg. | 1 | 3,00 | 3,00 |
| Acido Fosforico (Lt.) | 1 | 100,00 | 100,00 |
| Hidroxido de Sodio (Kg) | 0,5 | 25,00 | 12,50 |
| Electrodo 6011 1/8"Ø (Kg) | 2 | 6,50 | 13,00 |
| Electrodo 7018 1/8"Ø (Kg) | 2 | 7,00 | 14,00 |
| Ferrocito 5/32 Ø (Kg) | 2 | 7,80 | 15,60 |
| Oxigeno(m ³) | 3 | 5,00 | 15,00 |
| Propano (Kg) | 1 | 3,00 | 3,00 |
| Servicio de Mecanizado Bridas | 2 | 50,00 | 100,00 |
| Servicio de bombeado tapas (Pieza) | 2 | 60,00 | 120,00 |
| Servicio de Armado y Soldadura, Cuerpo y conexiones de tuberias | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Pruebas por particulas magneticas | 1 | 280,00 | 280,00 |
| Servicio de Prueba Hidrostatica | 1 | 50,00 | 50,00 |
| Servicio de arenado | 1 | 50,00 | 50,00 |
| Servicio de Limpieza Interior | 1 | 100,00 | 100,00 |
| Servicio de Saneamiento | 1 | 350,00 | 350,00 |
| Materiales para Instalación del gasificador Ambiental | | | |
| Gasificador Ambiental marca ASCO 500 kg/hr Acero Inox (3 Hélices) | 1 | 16500,00 | 16500,00 |
| Valvula de alivio Henry de 3/4"Ø x 440 Psi | 1 | 297,50 | 297,50 |
| Tubo Sch 80 1"Ø 6 mts | 1 | 350,00 | 350,00 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1"Ø | 1 | 110,32 | 110,32 |
| Valvula Apollo Bola Inox. 1000 WOG de 1 1/2"Ø | 1 | 110,46 | 110,46 |
| | | | 21340,8 |
| | | | 4054,76 |
| | | | 25395,58 |

Cuadro 8.2 Fabricación del gasificador eléctrico.

| Materiales del Sistema de Control | precio Unitario | Cantidad | Total |
|---------------------------------------|-----------------|----------|-----------------|
| Tablero Adosable 60x60x25 | 130 | 1 | 130 |
| Interruptor Termomagnetico 3x100A | 182 | 1 | 182 |
| Interruptor Termomagnetico 3x60A | 87,5 | 1 | 87,5 |
| Interruptor Termomagnetico 3x80A | 231 | 1 | 231 |
| Interruptor Termomagnetico 3x30A | 49 | 1 | 49 |
| Rele Encapsulado 11 Pines 220v | 50,33 | 5 | 251,65 |
| Alarma Luz 75Wx 12 v | 120 | 1 | 120 |
| Alarma Sonora 30Wx 12 v | 105 | 1 | 105 |
| Rollo cable 100m. Tw N° 14 | 58,625 | 1 | 58,625 |
| Rollo cable 30m Tw N°4 | 138,775 | 1 | 138,775 |
| Terminales para cable N°4 para trenza | 0,875 | 12 | 10,5 |
| Tubos PVC 1 1/4" | 20 | 10 | 200 |
| Conector recto 3/4" | 5,25 | 2 | 10,5 |
| Conector Curvo 3/4" | 9,45 | 2 | 18,9 |
| Presostato Alta | 115 | 6 | 690 |
| Caja de Paso 30x30x20 | 60 | 1 | 60 |
| Contactador de 80 A. | 562,555 | 1 | 562,555 |
| Contactador de 25 A | 173,775 | 1 | 173,775 |
| Regletas 4 mm | 4,2 | 2 | 8,4 |
| Fuente Alimentación 220v-12v 3A | 50 | 1 | 50 |
| Potalamparas tipo Ledx 220v | 68,53 | 6 | 411,18 |
| Termostato 60-80°F | 280 | 1 | 280 |
| | | | 3829,36 |
| | | IGV 19% | 727,5784 |
| | | | 4556,938 |

Cuadro 8.3 Fabricación e instalación del sistema de control

| Equipo y Materiales del Sistema de Licuación | P. Unitario | Cantidad | Total |
|----------------------------------------------|-------------|----------|-----------------|
| Tubo de 1 1/8"Ø tipo K Cobre (6 m) | 138,36 | 1 | 138,36 |
| Tubo de 1/2"Ø tipo K (mts) | 13,00 | 5 | 65,00 |
| Tuercas de Bronce Flare 1/2" | 4,00 | 4 | 16,00 |
| Valvula de Expansión Sporlan. | 235,00 | 2 | 470,00 |
| Valvula de 1"Ø bola inox. | 49,35 | 1 | 49,35 |
| soldadura de plata (varilla) | 9,98 | 1 | 9,98 |
| Manometro 0-600 psi dial 2 1/2" de 3/4" | 43,75 | 1 | 43,75 |
| Aceite Refrigerante(Lt.) | 14,00 | 4 | 56,00 |
| Refrigerante(Kg) | 20,00 | 24 | 480,00 |
| Pernos de expansión para anclaje 1/2"x2" | 2,00 | 1 | 2,00 |
| Oxigeno(m ³) | 5,00 | 2 | 10,00 |
| Propano (Kg) | 3,00 | 5 | 15,00 |
| Codos de 1 1/8" soldables Cobre | 7,00 | 4 | 28,00 |
| Codos de 1/2" soldables Cobre | 3,00 | 4 | 12,00 |
| Forro de Armaflex 1 1/8" | 14,00 | 2 | 28,00 |
| Tubo Antivibrador de 1 1/8"Ø Cobre | 66 | 1 | 66,00 |
| Tubo Antivibrador 1/2"Ø Cobre | 48 | 1 | 48,00 |
| Unidad Condensadora LH10104/4Z-8.2 Bitzer | 12800 | 1 | 12800,00 |
| | | | 14337,43 |
| | | IGV 19% | 2724,11 |
| | | | 17061,54 |

Cuadro 8.4 Instalación del sistema de licuación

| Mano de obra en la Instalación General del Tanque para CO ₂ | No. Dias | Soles/día | Soles |
|------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------------|
| Ing. Supervisor | 50 | 120 | 6000,00 |
| Mano de obra de Técnico en Refrigeración | 15 | 50 | 750,00 |
| Mano de obra de Técnico Electricista | 15 | 80 | 1200,00 |
| Mano de obra de Mecánico | 30 | 60 | 1800,00 |
| Mano de obra de Soldador | 30 | 60 | 1800,00 |
| Costo de transporte (incluido horas Chofer) | 50 | 80 | 4000,00 |
| | | | 0,00 |
| | | | 0,00 |
| | | | 0,00 |
| Total | | | 15550,00 |
| IGV 19 % | | | 2954,50 |
| Total Neto | | | 18504,50 |

Cuadro 8.5 Mano de obra de la instalación del sistema en general

| Costo Total de la Instalación en General | Monto |
|---------------------------------------------------|-----------|
| Instalacion del Tanque y sistema de suministro | 70170,42 |
| Instalacion del Gasificador Eléctrico y Ambiental | 25395,58 |
| Instalación del Sistema de Control | 4556,93 |
| Instalación del Sistema de Licuación | 17061,54 |
| Mano de obra en la instalación general | 18504,5 |
| | S/. |
| | 135688,97 |

Cuadro 8.6 Costo total de la instalación en general

CONCLUSIONES

Frecuentemente en los contratos comerciales se refiere, las condiciones elementales de funcionamiento del sistema de almacenamiento y calidad del CO₂ que comprenden los convenios entre partes. La conclusión práctica es la mejor para el ingeniero, el cual permite adoptar en base a la experiencia dispositivos y accesorios encargados de recibir, almacenar, distribuir y controlar el suministro que demanda el usuario de CO₂, estos obedecen al hecho mantenerlo licuado (figura 5.7) y suministrarlo a los parámetros de presión y temperatura que se requiera, para mantener siempre una densidad del CO₂ mayor que la del agua en el tanque del sistema (figura 2.22) y evitar atoros de líneas en el tanque de almacenamiento a diferencia de la densidad del CO₂.

Concluimos que es preciso garantizar en el sistema, los rangos de operación para la presión ideal de almacenamiento a granel del CO₂ muy bien puede ser 250 psig y como máximo el CO₂ líquido a -15°C, siempre siendo preferible utilizar los gasificadores ambientales como principales para consumir CO₂ líquido vaporizado y como auxiliar el gasificador eléctrico, por su alto requerimiento de energía, evitando el consumo directo de los gases de cabeza del tanque para controlar que el gas de suministro salga muy frío y en la red varíe su densidad, producto de los distintos valores de temperatura que va tomando hasta llegar al carbonatador.

BIBLIOGRAFIA

- Refrigeración Industrial, Jean Jones Conan , Ed. Parafinto 1990
- Instalaciones Frigoríficas, P.J. Rapin / P.Jacquard, Alfa y Omega 1999
- Manual de recipientes a presión, Eugene Megyesy, Limusa, 1990
- Buenos Procedimientos en Refrigeración, PNUMA, 1994
- Norma ISBT , Segunda edición ,1994
- Manual de Bebidas, Juan Zapata, American Publishers, Chicago 1980
- Refrigeración, Congelación y Envasado de alimentos, Autores: A. Madrid, J. Gómez, F. Santiago, AMV ediciones 2003
- Handbook of Compressed Gases, Chapman&may, Virginia 1990
- Los GLP, Lorenzo Becco, Madrid, 1985
- Manual para la ingeniería en gas, Gustavo Caballero, México 1996
- Ingeniería del Frío, T Sánchez & P Infantas, Mundi Prensa, 2001

ANEXOS

Anexo 1: Normas ISBT

Traducción de los principales análisis para determinar la calidad del CO₂
(International Society of Beverage Technologists)

CARBON DIOXIDE

QUALITY GUIDELINES AND ANALYTICAL PROCEDURE

BIBLIOGRAPHY

International Society of Beverage Technologists 8120 South Suncoast
Boulevard Homosassa, FL 34446-SUO6, USA

Telephone: 1 (352) 382-2008 Fax: 1 (352) 382-2018

Email: isbt@bevtech.org Website: www.bevtech.org

Second Edition Published September 1999)

ANALISIS DEL DIOXIDO DE CARBON

**PRUEBA DE NIEVE ("SNOW- TEST") OLOR DEL DIÓXIDO DE
CARBONO**

RESUMEN:

El propósito de esta prueba es el de suministrar un medio de evaluación del olor del dióxido de carbono luego que este, haya sido solidificado en la forma de "nieve". Ya que el dióxido de carbono es un ingrediente integral e irremplazable en la bebidas carbonatadas, es crítico que el dióxido de

carbono utilizado no afecte adversamente el sabor, el olor o la apariencia de la bebida. Examinando el olor desde una muestra de la nieve del dióxido de carbono es una manera de asegurar que no habrá efectos deteriorantes en la bebidas. MUESTREO:

Para obtener una muestra de la nieve del dióxido de carbono como se le llamará en el presente procedimiento se deberá usar en la fase líquida del recipiente de muestreo.

EQUIPO:

- 1.-Frasco erlenmeyer 250 mL.
- 2.-Visor de vidrio pequeño (para la parte alta del frasco)
- 3.-Un paño limpio o una bolsa plástica para coleccionar la nieve.

REACTIVOS :

- 1.-Agua destilada (conocida por ser libre de olores, sabores o apariencia atípicas).

PROCEDIMIENTOS:

1. Abrir cuidadosamente, la toma para muestreo del recipiente de almacenamiento (teniendo en cuenta observar todas las precauciones necesarias) y expandir el dióxido de carbono líquido en una tela limpia y seca o en una pequeña bolsa de plástico (con varios agujeros pinchados) para recolectar la nieve resultante del dióxido de carbono.
2. Evaluar el olor de la nieve por medio de los siguientes procedimientos:
 - a) Colocar la nieve dentro de un frasco erlenmeyer de 250 mL el contenido 200 mL de agua destilada. Tapar el frasco con el visor de vidrio y revolver (en forma de remolino) generosamente evaluar el olor concentrado en el

espacio superior encima del agua. No deberán presentarse olores atípicos ni extraños.

b) Permitir que se forme una capa de escarcha sobre el sólido (nieve) mientras se expone al aire libre de olor. Recoger la escarcha en un paño o tela limpia y seca, dejar que se derrita. Rápidamente evaluar el olor que queda en la tela a medida que se impregna con lo derretido. No se observaran olores atípicos ni extraños.

CRITICAS DE DESARROLLO

Ninguna.

DEBATES Y NOTAS :

•CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

El dióxido de carbono esta clasificado por la United States Occupational Safety and Health Administration como una combinación tóxica y asfixiante. Las clasificaciones de su olor jamás se harán por inhalación directa del gas. El dióxido de carbono líquido tiene una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Producirá quemaduras severas por congelamiento en la piel. Al manipular el dióxido de carbono deberán utilizar guantes de protección, caretas faciales adecuadas, si se la maneja como líquido o sólido.

•METODOS EQUIVALENTES ACEPTABLES :

Ninguno Identificado,

• MISCELÁNEA:

1. Al efectuar las evaluaciones del olor se debe utilizar un cuarto o espacio libre de olores ambientales.

2. Los analizadores o laboratoristas no deberán someterse a olores muy frecuentes o penetrantes y no deberán fumar por un periodo de al menos 15 minutos antes y preferentemente 30 minutos antes del desarrollo de las evaluaciones.

3. Algunos olores atípicos que han sido identificados en el pasado, según su identidad son:

- Huevo podrido/ alcantarilla/ sulfuroso -Moho /Rancio - Fenólico
- Hierba Fétida - Zorrilla/ Frutal -Frutal

4. Este procedimiento no intenta dar una evaluación rigurosa ni sofisticada de una muestra de dióxido de carbono. Más aún, su objetivo es la detección rápida y sencilla de las desviaciones mayores (gross deviations) en un suministro típico o norma de dióxido de carbono.

En algunos casos, el componente activo de olor y sabor prevalecerá tanto que estará garantizado el rechazo de la muestra. En muchos casos, sin embargo, este método podrá servir como un indicador del cual deberán tomarse más pruebas detalladas(testing / troubleshooting).

REFERENCIAS

CGA .G - 6.2 - 1994 Seccion 5.15

ANALISIS DE DIOXIDO DE CARBONO

APARIENCIA EN AGUA Y SABOR & OLOR

RESUMEN:

El propósito de esta prueba es el suministrar un medio de evaluación de la apariencia, sabor y el olor del dióxido de carbono en una solución de agua.

Ya que el dióxido de carbono es un ingrediente integral e irremplazable en bebidas carbonatadas es crítico que el dióxido de carbono que se este utilizando no afecte adversamente el sabor, el olor o la apariencia de la bebida. Examinando el sabor, olor y la apariencia de una muestra de agua carbonatada es una manera de asegurar que no habrá un afecto deteriorante de las bebidas carbonatadas.

Aunque este procedimiento no se aplica para las aguas carbonatadas bajo presión, la prueba consecuente describe una simple aproximación para entender si el dióxido de carbonó que se examine contribuye a que se produzcan algunas diferencias atípicas en el sabor, el olor y/o la apariencia al ser inyectado mediante burbujeo al muestreo en agua.

MUESTREO:

Ya que muchas impurezas asociadas al dióxido de carbono pueden concentrarse en la fase líquida con el tiempo, se recomienda que la muestra para esta prueba sea arrojada de la fase líquida y vaporizada antes del burbujeo a través del muestreo en agua.

Se utilizará una válvula muestreadora "in - line" de CO₂ para minimizar el fluido del dióxido de carbono.

EQUIPO:

1. Un frasco de 250 mL (erlenmeyer).
2. Tubería plástica no reactiva.
3. Un visor de vidrio pequeño (para cubrir la tapa del frasco erlenmeyer).

REACTIVOS:

1. Agua destilada (por ser libre de sabores, olores y apariencia atípica)

PROCEDIMIENTOS:

1. Llenar el frasco erlenmeyer de 250 mL, que este limpio y seco, con 200 mL de agua destilada.
2. Inyectar por burbujeo 5 volúmenes (1 litro) aproximadamente de dióxido de carbono desde la fase líquida del contenedor de la muestra a través del agua. La tubería debe estar orientada en el frasco de manera que se introduzca el gas en la parte más honda del fondo y se permite que sea burbujeado hacia arriba a través del contenido total del frasco.
3. Quitar la línea de alimentación del gas de dióxido de carbono e inmediatamente tapar el frasco con el visor de vidrio.
4. Arremolinar el frasco tapado y evaluar el olor en el espacio superior, no deben presentarse olores extraños ni atípicos.
5. Probar una pequeña porción del agua y volver a tapar el frasco. No deberán presentarse sabores extraños o atípicos.
- 6.-Observar la apariencia del agua. No se deberán observar color, turbiedad, partículas o rastros de grasa.
- 7.-Repetir pasos 4 -6 después de 15 minutos aproximadamente.

CRITICAS:

No aplicable. DEBATES Y NOTAS :

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

El dióxido de carbono está clasificado por la administración de la salud y seguridad ocupacional de los estados unidos como una combinación tóxica y asfixiante. Las determinaciones del olor nunca deben hacerse por inhalación directa del gas antes de ser burbujeada a través del agua.

Un personal apropiado del equipo de protección debería siempre ser empleado al trabajar con el dióxido de carbono.

METODOS EQUIVALENTES ACEPTABLES:

Ninguno reconocido.

•MISCELÁNEA

-Al desarrollarlas pruebas de olor y sabor se debe utilizar un espacio ó habitación libre de cualquier olor ambiental.

2. Los analistas no deberán estar sujetos a olores fuertes y no se les permitirá fumar o tomar café, otras bebidas o comidas por al menos 15 minutos y preferentemente 30 minutos antes al desarrollo de las pruebas de evaluación de sabor y olor.

3. Colocar una hoja de papel blanco junto al vaso para el análisis visual para ayudar a discernir el color, y una hoja de papel en blanco con impresión en negro para discernir la turbiedad.

4. Han identificado algunos olores atípicos, en el pasado, identificado como sigue:

-Huevo podrido, alcantarilla, sulfuroso -Moho Rancio, Fenolico

-Hierba fétida, frutas

5.-Este procedimiento no pretende suministrar una evaluación sensorial rígida ni sofisticada de una muestra de dióxido de carbono. Es su objetivo la simple y rápida detección de las marcadas desviaciones en un suministro atípico de dióxido de carbono. En algunos casos, el olor o el sabor de componentes activos prevalecerán tanto que, el rechazo de la muestra será suministrada en muchos casos, sin embargo, este método puede servir

como indicador del que se deberá tomar una prueba más desarrollada de anti obstáculos. Si fuera requerido, muchos de los contaminantes activadores de los olores (key odors) pueden prepararse como patrones gravimétricos en cualquier concentración por los proveedores de gases especiales o industriales. Este gas podrá ser entonces usado como un gas sensorial estándar o gas referencial.

REFERENCIAS :

CGA G -6.2 - 1994 Sección 5.15

HUMEDAD

RESUMEN

La humedad contenida en el dióxido de carbono es determinante con un analizador de humedad.

MUESTRA

El análisis corre en la fase de vapor de un examen de muestra recogido en un cilindro de metal. El cilindro debe ser usado para entregar la muestra tomada de un litro/minuto por el analizador.

INSTRUMENTACIÓN

1. Analizador de Humedad Paramétrico Modelo MMIS35-221-1000 ó equivalente.
2. Sensor de Oxido de Aluminio M2 LR - Rango de -110 a +20°C.
3. Un regulador de dos etapas de CO₂ con diafragma de acero inoxidable. teniendo un psig de 0 a 100 (0 a 7.0 kg/cm²: G a 689 kPa) entregado.

REACTIVOS

1. Suministro de nitrógeno de gas seco.

PROCEDIMIENTOS

Ligado el regulador al cilindro de prueba y conectado a 1/8 pulgadas (3mm) de tubo de acero inoxidable entre el regulador y la válvula de aguja al lado de la pared del sensor de la célula de humedad. Conectar a 6 pulgadas (15 cm) de largo el tubo de 1/8 pulgada (3mm) de acero inoxidable a la célula ligada a 0 - 5 Litros/minuto hacia el otro tubo de fin de paso.

Abrir cuidadosamente la válvula del cilindro de 10 psig (0.7 1kg/cm², 69 kPa). Abrir lentamente la válvula de agua y ajustar a 1 Litro/min. La lectura del instrumento de medición puede cambiar lentamente antes de estabilizar la lectura constante obtenida.

Nota: El analizador debe estar constantemente purgado de nitrógeno seco, excepto cuando la muestra está bien conducida. El uso de la línea de humedad en el nitrógeno es recomendable sea analizado.

CRITERIO DE FUNCIONAMIENTO

Consultar el manual de instrucciones de instrumentos.

DISCUSIÓN Y NOTAS

- Consideraciones de Seguridad

Todas las muestras y análisis deben ser realizados por personal calificado para obtener resultados precisos y de una manera segura. Todas las Reglas de Seguridad deben ser seguidas y aplicadas. Especialmente, todos los requerimientos relacionados con las Hojas de Datos de Materiales de Seguridad (MSDS) para CO₂, solventes, rastros de impurezas, y el equipo

de pruebas deben ser seguidas; y debe ser usado el necesario y personal equipo de protección que es sugerido. El muestreo debe ser desarrollado en un área muy bien ventilada.

Métodos reconocidos por las industrias involucradas.

Girómetro electrolítico, Unidad de reflejo de frío, y otro metal analizador de óxido

REFERENCIAS

Asociación de Gas Comprimido G-6.2, 1994 Dióxido de Carbono, Sec.5.3.5.

PUREZA

RESUMEN

El propósito de esta prueba es proveer una medida rápida de la pureza sobre el dióxido de carbono. Esta es una simple evaluación basada en el principio que una solución cáustica (hidróxido de potasio) absorba dióxido de carbono.

La cantidad de solución agregada de hidróxido es suficiente para absorber todo el CO₂ en la válvula de muestreo. No está permitido absorber otros gases, en este caso, impurezas como el aire, nitrógeno, óxido de nitrógeno, etc. Cuando el aparato está físicamente ajustado (dependiendo del diseño), este residual "burbuja" de gases CO₂ . entra al cuello de calibración de la media del gas, y corresponde al porcentaje de no impurezas presentes en CO₂.

MUESTREO

Desde que muchas impurezas asociadas con dióxido de carbono pueden concentrarse en la fase líquida sobre el tiempo, es recomendable que la

muestra para esta prueba sea aspirada de la fase líquida y vaporizada para entrar al equipo de prueba. La válvula de muestreo CO₂ debe ser regulada por debajo de 10 psig (07 kg/cm², 69 kPa) antes de colocar los aparatos. Estar seguro que la purga a través de los aparatos de CO₂ se haga como está descrita en el procedimiento, antes de cerrar las válvulas, cerrar la llave de paso para obtener la muestra.

Seguir las precauciones de seguridad durante el muestreo y manipuleo de CO₂ y cuando se use la solución cáustica.

INSTRUMENTACIÓN

1. Bureta, 100.0 mL, con bulbo de nivel y dos llaves de paso
2. Tubo, plástico no reactivo.
3. Pipeta de absorción de gas.

REACTIVOS

1. Solución de hidróxido de potasio, 30%
2. Agua acidificada (preparada agregándole solución mineral ácida diluida antes de que el agua se vuelva rosada por el indicador).

PROCEDIMIENTOS

1. Reunir 100 mL de gas bureta provisto de un bulbo de nivel con dos cierres de paso a una pipeta de absorción de gas con capacidad por conexión de la pipeta a una de las salidas de bureta (con una medida de tubo plástico no reactivo).
2. Llenar la bureta con agua acidificada clara y llenar la pipeta con solución de hidróxido potasio.

3. Manipulando el bulbo de nivel de agua, llenar la pipeta de solución de hidróxido de potasio y conectar a la llave de cierre de paso. luego llenar la bureta con el nivel de agua y abrir la otra llave de cierre de paso de tal manera que las burbujas de gas sean eliminadas del sistema.

4. Llevar 100.0 mL de muestra de dióxido de carbono fase líquida. Esto puede ser colocado, posesionando la muestra contenida cuando la válvula es abierta, la fase líquida pueda ser muestreada (generalmente esto requiere que la muestra esté invertida).

5. Adjuntar una sección de tubo largo suficiente para actuar como un vaporizador para la pequeña cantidad que va a ser muestreada. Llenando el nivel de la botella, se fuerza la medida dentro de la pipeta. La absorción puede facilitar el enroque de la pipeta o seguir la muestra entre la pipeta y el bureta.

6. Dibuje cualquier gas residual dentro del bureta y mida su volumen. No más de 0.1 mL de gas remanente, que corresponde a una pureza de por lo menos 99.9%

CALCULOS

CO_2 Pureza % = $100 - \text{volumen de gas residual en mL}$

CRITERIO DE FUNCIONAMIENTO

La precisión de los aparatos deben ser rutinarios confirmados por comparación contra estándares gravimétricos de gas (o estándar) de dióxido de carbono puro.

DISCUSION Y NOTAS

Este documento describe un método general, basado en el procedimiento de Orsat, que puede ser realizado con relatividad por un químico calificado o analista en un laboratorio central. Para aplicaciones en sitio el porcentaje facilitado, son permitidos. Como un ejemplo, en un juego de Zahm-Nagel la pureza de CO₂ varia desde Industrias Consolidadas Terris (catálogo No. kT.03-O10). Esto está permitido proveer solo sugerencias y no constituir - ni expresar - un apoyo o cualquier producto de prueba por la Sociedad Internacional de Tecnólogos.

Consideraciones de Seguridad

El dióxido de carbono líquido tiene una temperatura de - 40 °C (- 40 °F). Esto puede causar severas "quemaduras" a la piel si se maneja en forma inapropiada. El vapor de CO₂ también puede dañar la piel, guantes de protección siempre deben ser usados para manipular dióxido de carbono. Si el CO₂ tiene contacto con la piel, mantenga el área expuesta caliente y consulte a un especialista si fuera necesario.

Métodos Alternativos

Métodos alternativos deben ser usados si estos son equivalentes o de mejor precisión, y límites de detección y codificación son documentados a través de estudios apropiados.

REFERENCIAS

Monografía de "Dióxido de Carbono- Estados Unidos Código de Comidas Químicas. 4ta. Edición, Primer Suplemento. Academia

Nacional de Press. Diciembre I. 1997. Producto Internacional, Zahm-
Nagel CO₂ Probador Puro

ANÁLISIS COMPLETO DEL AZUFRE

RESUMEN.

La presencia de azufre se determina por medio de una pirolisis de alta temperatura de todos los componentes del azufre en el dióxido de azufre. Al exponerse adecuadamente a una onda de luz ultravioleta, el dióxido de azufre fluoresce y emite una onda de luz que se usa para determinar la concentración total del azufre dentro de sus equivalentes en el anhídrido sulfuroso.

MUESTREO

El análisis se realiza en el líquido vaporizado de muestra de CO₂ recogida en uno de los cilindros de metal revenido (tratamiento térmico). La muestra de este cilindro será usada para el análisis de manera de enviar el fluido requerido a 800 cc/min al analizador.

EQUIPO:

Instrumentos Industriales PYRO UV FLUORESCENCE TM ANTEK MOD. R
6000 S - Analizador completo de sulfuros o azufre. o su equivalente.

REACTIVOS :

1. Oxígeno : 99.9% pureza.

2. Gas de dióxido de carbono totalmente libre de impurezas del azufre, al cual denominaremos gas cero.

3. Azufre estándar: se recomienda 1 ppm de sulfuro de carbonilo (COS) en el CO₂, aunque el nitrógeno pueda usarse como gas balanceador.

PROCEDIMIENTOS:

1. Regular el analizador

A. Poner en cero

1. Colocar muestra / colocar el dispositivo de control regulado a cero.

2. El gas puro (gas cero) fluye por el analizador a 800 cc/min. Colocando el flujómetro en 5 y colocando en regulador de la contra presión a 9psig.(0.63 kg/cm² - 62Kpa)

3. Luego de 5 minutos presionar el botón "AUTO CERO" a la unidad cero.

B. Colocando o regulando la expansión

1. Colocar cero /extender el switch para expandir .

2. Dejar pasar el gas promedio a 800 cc/min a través del analizador colocando el flujómetro en 5 y estableciendo la regulación de la contra presión a 9 psig (0.63 kg/cm² - 62 Kpa)

3.Luego de 5 min. regular el dial de expansión hasta el punto correspondiente a la concentración según el estándar o patrón de expansión.

Nota: Repetir paso cero y expansión una vez más para asegurar que el nivel de desplazamiento regrese a las posiciones establecidas antes mencionadas.

C. Operación normal

1. Retornar muestra/ regular dispositivo de control a la posición muestreo para operación normal.

2. Regresar cero y mover el switch o dispositivo de control atrás hacia, cero para re-energizar la válvula solenoide.

2. Desarrollo del análisis :

A. Para vaporizar el CO₂ líquido se conectaran en serie una unidad o bloque agitador más un regulador las cuales serán anexados al cilindro de CO₂. El cilindro estará invertido y asegurado cuidadosamente.

B. Una bomba de muestra de 1/8 " (3 mm) de teflón o una tubería de acero inoxidable tratado se conecta al regulador y al instrumento.

C. Conectar o enchufar el bloque agitador y dejarlo allí 5 minutos para que caliente. Cuidadosamente abrir la válvula del cilindro y ajustar el regulador de manera que la lectura de medición de la segunda etapa sea de 15 psig (1.05 kg/cm² - 103 KPa). Hacer fluir la muestra de gas a través del analizador a 8000cc/min. colocando el flujómetro en 5 y el regulador de contra presión a 9 psig (0.63 kg/cm² - 62 Kpa).

D. Permitir que la muestra corra hasta obtener una lectura de medición constante. El tiempo normal del análisis es de 1 min.

E.-Cuando el muestreo esta completo cerrar la válvula de alimentación de CO₂, ventilar el regulador y la línea o bomba de muestreo y desenchufar el bloque agitador (HEATER BLOCK).

PRECAUCION

El bloque agitador estará muy caliente; dejarlo enfriar por unos minutos.

CALCULOS :

Ninguno

CRITICAS :

No aplicable.

NOTAS Y DEBATES.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD :

Todo el muestreo y los análisis deberán ser conducidos por un personal entrenado para obtener resultados óptimos y en forma sana y segura. Deberán seguirse todas las reglas y prácticas de seguridad aplicables. En particular, se deberán cumplir con todos los requisitos de toda la información del material de seguridad relevante, para CO₂ (MATERIAL SAFETY SHEET) (MSDS), trazos de impurezas y equipos para pruebas, y que el equipo de protección necesario para el personal sea utilizado. El muestreo deberá realizarse en un área bien ventilada.

METODOS EQUIVALENTES ACEPTABLES RECONOCIDAS PARA LA INDUSTRIA USUARIA

Analizador completo para azufre del mar MOD. 6000.

REFERENCIAS

Método desarrollado internamente por ANTEK INDUSTRIAL INSTRUMENTS.

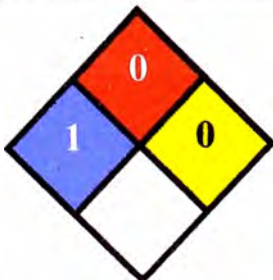
Anexo 2 : Ficha técnica del CO₂ a granel

FICHA TÉCNICA DIOXIDO DE CARBONO A GRANEL

| | | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características físicas: | Gas incoloro e inodoro, no inflamable y de sabor ligeramente ácido. Esta compuesto de 27.3% de carbono y un 72.7% de oxígeno. También es llamado Gas Carbónico. Anhídrido Carbónico. | Clase DOT: | 2.2 (gas no inflamable) | |
| | | Rotulo DOT: | Gas no inflamable. | |
| | | CO₂ Gaseoso UN -1013 | CO₂ Líquido UN - 2187 | |
| | | Volumen Específico: | 0,5457 m ³ /Kg a 21,1°C | |
| | | Densidad Relativa (Aire = 1): | 1,522 a 21,1°C | |
| Riesgos para la salud: | En concentración elevada puede causar asfixia por desplazamiento de aire. | Recomendación de material de uso: | Se pueden usar materiales comunes para gas seco. | |
| Color línea de maestro: | Amarillo OCRE | Peso Molecular: | 44.01 | |
| Designación de línea: | Según Cliente | Normas de fabricación: | ISBT, CGA, USP, NTP 311.120, | |
| Producto: | Especificaciones | Tonelaje | Capacidad de atención: Por envío 3 TN. mínimo y 20 TN. máximo | |
| DIOXIDO DE CARBONO (CO₂ a Granel) | Pureza >= 99.9% v/v Humedad =<20 ppm v/v Oxigeno<30 ppm v/v Acetadehido=<0.2ppm v/v Oxido Nítrico =< 2.5 ppm v/v Total S=<0.1 ppm v/v Olor : Inodoro Sabor y olor : Libre de sabores y olores extraños en agua | 3, 10, 20 y 30 TN de almacenamiento en cliente. Tanques suministrados por Tecnogas o Cliente | Presión Almacenamiento: | 200 - 350 psig |
| | | | Presión de Suministro: | 0 - 250 psi g |
| | | | Capacidad de Suministro: | 1000 Kg / h |
| | | | Aplicación: | Soldadura, congelamiento, carbonatación de bebidas, extinguidores, inertización, presurización, fundición, conservación de alimentos, medicina. |
| Tipo de transporte: | CO ₂ a granel es distribuido en nuestras cisternas propias en el ámbito nacional. | | | |

DIOXIDO DE CARBONO LIQUIDO A GRANEL

| | CO ₂ Gaseoso | | CO ₂ Líquido |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Riesgo | 1 (Ligeramente peligroso) | Salud | 3 (Extremadamente peligroso) |
| Inflamabilidad | 0 (No arde) | Inflamabilidad | 0 (No arde) |
| Reactividad | 0 (Estable normalmente). | Reactividad | 0 (Estable normalmente) |
| Regulaciones especiales | | Especiales | |



GRADO NFPA - 704



Anexo 3: Formatos del expediente del tanque

INFORME TECNICO N° _____:

Cliete: PROVEEDOR DE CO₂
Atención: Ing. Responsable
Asunto: **Inspección Radiográfica** al
100% en las soldaduras "ATOPE"
del Tanque N°: _____

Fecha de la Inspección:

Lugar de Inspección : Planta del Proveedor.

Inspector y Operadores Responsables: -
-
-

1. OBJETIVO:

La inspección radiográfica se realizo con el propósito de detectar discontinuidades en la soldadura inspeccionada del tanque horizontal estacionario de 40 toneladas de capacidad.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TANQUE INSPECCIONADO

| | | |
|---------------------|---|--------------|
| - Fabricación | : | Nacional |
| - Capacidad Nominal | : | 40 Toneladas |
| - Diámetro | : | 2000 mm |
| - Espesor (cuerpo) | : | 16 mm |
| - Espesor (tapas) | : | 12.7 mm |
| - Material | : | ASME-SA-612 |

3. MATERIALES GENERALES DE LA INSPECCION

3.1 Materiales y Equipos Empleados

- Un equipo gamma gráfico modelo SPEC-2T.
- 158 films marca AGFA D-7

- Un Negatoscopio.
- Un detector de radiación.
- Un procesador de films.
- Indicadores de calidad ASTM L-B
- Letras y Números de Plomo.

| | | |
|--------------------------------|---|----------------|
| 3.2 Condición de la superficie | : | BUENA |
| 3.3 Código de Procedimiento | : | ASME SECC V |
| 3.4 Código de Evaluación | : | ASME SECC VIII |

4. RESULTADOS DE LA INSPECCION

- La inspección radiográfica se realizo al 100% en las soldaduras "ATOPE" del cuerpo y tapas del tanque.
- Se tomaron un total de 154 films radiográficos.
- La evaluación de las zonas inspeccionadas se realizo de acuerdo al Código ASME Sección VIII División 1 parte UW-51.
- Se registraron en cuatro (04) zonas discontinuidades inaceptables (escorias y porosidad) en la soldadura (ver reporte de inspección).
- Luego de efectuarse las reparaciones se procedió a la reinspección.
- No se registraron discontinuidades inaceptables en las soldaduras de reparación.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye la Prueba Radiográfica en forma satisfactoria cumpliendo así las exigencias del Código ASME SECC. VIII.

| | |
|-------------------|-----------|
| Fecha de Informe: | |
| Revisado: | Aprobado: |

INFORME TECNICO N°

| | | |
|------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cliente | : | PROVEEDOR DE CO ₂ |
| Atención | : | Ing. Responsable |
| Asunto | : | Prueba Hidrostática a un tanque Estacionario de 40 Tn de capacidad Nominal para almacenar CO ₂ . |
| Fecha de la Inspección | : | |
| Lugar de Inspección | : | Planta del Proveedor |
| Supervisor | : | |
| Inspector | : | |

6. OBJETIVO:

A solicitud del Proveedor de CO₂ se efectuó la inspección de la Prueba Hidrostática ejecutada por personal Calificado. Dicha prueba tuvo el propósito de detectar fugas en el tanque durante la prueba, asimismo, verificar el coeficiente de la expansión volumétrica y si este se encuentra dentro de los límites de tolerancia.

7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TANQUE INSPECCIONADO

| | | |
|--------------------|---|---------------------|
| - Serie | : | TG |
| - Año Fabricación | : | 2006 |
| - Volumen | : | 40 m ³ . |
| - Diámetro | : | 2000 mm |
| - Longitud total | : | 11000 mm |
| - Espesor cilindro | : | 16 mm |
| - Espesor tapas | : | 12,7 mm |
| - Material | : | ASME-SA-612 |
| - Almacenamiento | : | CO ₂ |

8. DOCUMENTO DE REFERENCIA

- ASME SECC VIII DIVISIÓN 1 PARTE UG-99

9. RESULTADOS DE LA INSPECCION

- La prueba hidrostática se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Código ASME SECCION VIII División 1 Parte UG-99.
- La prueba hidrostática se efectuó a 650 psi (ver reporte de prueba) durante dicha prueba no se registraron fugas.
- Asimismo, el coeficiente de expansión volumétrica se encuentra dentro de los límites de aceptación.

10. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye la Prueba Hidrostática en forma satisfactoria cumpliendo así las exigencias del Código ASME SECC. VIII División 1.

| | |
|-------------------|-----------|
| Fecha de Informe: | |
| Revisado: | Aprobado: |

Procedimiento de Saneamiento de tanques para CO₂

Para Cuantificar la cantidad de partículas sólidas presentes en el producto terminado CO₂, verificando que esta se encuentre dentro de los parámetros establecidos basados en la especificación Técnica y poder brindar un producto con calidad.

Alcance

El análisis se efectúa en muestras de producto final de CO₂ provenientes de las cisternas de almacenamiento móviles o estacionarias. Este análisis se realizara trimestralmente en todos los tanques y cisternas de almacenamiento de CO₂.

Procedimiento

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JEFE DE CONTROL DE CALIDAD | 1. Ordena realizar el análisis según cronograma establecido en registro Anexo 2. |
| JEFE DE CONTROL DE CALIDAD/ ANALISTA QUIMICO | 2. Toma muestra del tanque de almacenamiento fijo o móvil según procedimiento, Utiliza la instrucción de acuerdo a la solución a preparar. (Ver referencias). 3. Efectúa el análisis de la muestra según el instructivo. 4. Si el número de partículas por campo es menor de 10, el tanque o cisterna puede seguir siendo utilizado para almacenar gas carbónico líquido. Sigue el paso 10 5. Si el número de partículas por campo es mayor o igual a 10, el producto final debe ser destinado a otros usos de acuerdo a procedimiento establecidos. 6. Informa al área que corresponda: (Producción, Distribución o Post venta), la necesidad de realizar la limpieza química al tanque o cisterna Sigue al paso 10. 7. Realiza operaciones según los procedimientos e instructivos quedando el tanque o cisterna expedito para su evaluación química. 8. Efectúa los análisis de acuerdo a instructivos Emite el certificado de saneamiento según anexo 3. 9. Registra los resultados obtenidos |
| AREA INVOLUCRADA (Producción, Distribución, Post. Venta.) | |
| JEFE DE CONTROL DE CALIDAD O ANALISTA QUIMICO. | |

Referencias

4.1 Manejo de producto No Conforme

4.2 Registro de Control de Partículas Sólidas en Producto Final CO₂

Definiciones

5.1 Campo: cuadrado dividido del filtro de membrana esterilizada

ANEXO 3: CERTIFICADO DE SANEAMIENTO DE TANQUE DE CO₂

FORMATO DE SANEAMIENTO DEL TANQUE N° _____

La empresa Provedora garantiza el total cumplimiento del saneamiento del tanque, de acuerdo a las normas técnicas de ISBT de calidad de CO₂. Prueba efectuada luego de haber realizado la limpieza química y su enjuague con CO₂ líquido

| DATOS GENERALES | | PRUEBAS A REALIZAR | | | |
|-----------------|--|----------------------|---------------------|--------------|--|
| Fecha | | PRUEBAS DE CABEZA | | | |
| CLIENTE | | | LIMITES PERMISIBLES | RESULTADOS | |
| CODIGO | | Dióxido de Carbono | 99.9 % min | 99.97 % | |
| CAPACIDAD | | Sabor y Olor | Pasa prueba | Pasa prueba | |
| OBSERVACIONES | | Apariencia en Agua | Pasa Prueba | Pasa prueba | |
| | | CO | 10 Ppm V/V | No detectado | |
| | | Oxígeno | 30 Ppm V/V | 1.1473 ppm. | |
| | | Agua | 20 Ppm V/V | 6.21 ppm v/v | |
| | | PRUEBAS LIQUIDAS | | | |
| | | Acetaldehido | 0.001 ppm | No detectado | |
| | | Metano | 20 ppm v/v | No detectado | |
| | | Sulfuro de Carbonilo | 0.1 ppm v/v | 0.006 | |
| | | Sulfuro de Hidrógeno | 0.1 ppm v/v | No detectado | |

POR CONSIGUIENTE EL RESULTADO DE LOS ANALISIS INDICAN QUE EL TANQUE ESTA :

| | | |
|------------------|----|----|
| APTO PARA EL USO | SI | NO |
| | | |

Anexo 4: Hoja de datos de seguridad del producto

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCTO: DIOXIDO DE CARBONO, DIOXIDO DE CARBONO MEDICINAL USP, DIOXIDO DE CARBONO LIQUIDO REFRIGERADO, HIELO SECO. | |
| NOMBRE QUIMICO: DIOXIDO DE CARBONO | FORMULA : CO ₂ |
| NOMBRE FAMILIA QUIMICA: ACIDO CARBONICO | |
| PESO MOLECULAR: 44.01 | DENSIDAD DEL GAS a 0°C y 1 atm: 0.1144 lb/pies ³ (1.833 Kg/ m ³) |
| NOMBRE COMERCIAL: DIOXIDO DE CARBONO, DIOXIDO DE CARBONO MEDICINAL USP, DIOXIDO DE CARBONO LIQUIDO REFRIGERADO, HIELO SECO. | |

| | |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| USO DEL PRODUCTO | Para carbonatación, enfriar y congelar, gas médico, gas inerte, control de pH, protección contra incendio y de uso general analítico / sintético químico, mezclas esterilizantes. |
| NOMBRE DEL PROVEEDOR FABRICANTE DIRECCION | Proveedor CO ₂ S.A. Callao Gases Av. Argentina |
| NUMERO DE EMERGENCIA | Tel: 439-3068 |
| NUMERO DE PEDIDOS | Tel: 439-3068 |

| MATERIAL COMPONENTES | VOL % | LIMITES DE EXPOSICION EN EL AIRE | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------|-------|
| | | ACGIH | | OSHA | | | OTROS |
| | | TLV ppm | STEL ppm | PEL ppm | STEL ppm | IDLH ppm | |
| Dióxido de Carbono (CAS -124-38-9) UN 1013 (Gas) UN 2187 (Líquido) UN 1845 (Hielo Seco) | ≥ 99.9% | No hay límites específicos para Dióxido de Carbono. El nivel de Oxígeno se debe mantener por encima de 19.5% y por debajo de 23.5% | | | | | |
| Impurezas Máximas | < 0.1 % | Ninguna de las impurezas en esta mezcla contribuyen significativamente a los peligros asociados con éste producto. Toda la información sobre los peligros pertinentes a éste producto se han suplido en este Material Safety Data Sheet, como lo requiere la norma de Comunicación de Peligros OSHA (OSHA Hazard Communication Standard 29 CFR 1910.1200). | | | | | |

NE = No Establecido C = Límite máximo.

RESUMEN DE EMERGENCIA: Dióxido de Carbono es un gas incoloro que no tiene olor o un líquido incoloro, inodoro en un envase bajo presión. Sobreexponerse a Dióxido de Carbono puede aumentar el grado de la respiración y de los latidos del corazón, posiblemente causando insuficiencia circulatoria, la cual puede resultar en coma o muerte. A concentraciones entre 2 y 10%, Dióxido de Carbono puede causar náusea, mareo, dolor de cabeza. El riesgo más grave a la salud asociado con escapes de este gas es asfixia por deslazamiento de oxígeno.

SINTOMAS DE SOBREEXPOSICIÓN A TRAVÉS DE LA RUTA DE EXPOSICIÓN: La ruta más significativa de sobre exposición al gas es por inhalación, contacto con la piel y los ojos. Síntomas de tal exposición son los siguientes:

INHALACION: INHALACION: Dióxido de Carbono es un asfixiante y un poderoso vasodilatador cerebral. Si la concentración de Dióxido de Carbono alcanza el 10% o más, sofocación puede ocurrir en minutos. A concentraciones entre 2 y 10%, Dióxido de Carbono puede causar náusea, mareo, dolor de cabeza, confusión mental, aumento de la presión sanguínea y del grado de respiración. Inicialmente, Dióxido de Carbono estimula la respiración y luego causa depresión de la respiración. Concentraciones altas resultan en narcosis. Inhalar repetidamente concentraciones bajas (3-5%) ha causado daños permanentes. Síntomas en humanos son los siguientes:

| CONCENTRACION | EFECTO |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1% | Aumento ligero del grado de respiración. |
| 2% | Aumento del grado de respiración hasta 50% más de lo normal. Exposición prolongada puede causar dolor de cabeza y cansancio. |
| 3% | Grado de respiración aumenta el doble de lo normal y es laboriosa. Efectos narcóticos ligeros. Audición impedida, dolor de cabeza, aumenta la presión sanguínea y el pulso. |
| 4-5% | Aumenta la respiración hasta aproximadamente cuatro veces el grado normal, síntomas de intoxicación son aparentes y se siente sensación de ahogo. |
| 5-10% | Se aprecia un olor fuerte característico. Respiración laboriosa, dolor de cabeza, impedimento visual y chillido en los oídos. El juicio puede ser impedido, seguido en minutos por pérdida de conocimiento. |
| 50-100% | Pérdida de conocimiento ocurre más rápido cuando la concentración está por encima del 10%. Exposición prolongada a concentraciones altas puede eventualmente causar muerte por asfixia. |

Altas concentraciones de este gas también pueden causar un ambiente deficiente en oxígeno. Sin embargo, las propiedades asfixiantes de Dióxido de Carbono serán alcanzadas antes que el factor de deficiencia de oxígeno.

CONTACTO CON LA PIEL U OJOS: Contacto del gas frío con la piel puede causar quemaduras por el frío de la piel o causar dermatitis (piel roja, agrietada e irritada), dependiendo de la concentración y duración de la exposición. Contacto con el gas frío o hielo seco sólido con los ojos puede causar dolor, enrojecimiento, quemaduras y, en exposiciones severas, puede causar ceguera.

OTROS EFECTOS POTENCIALES A LA SALUD: Síntomas de quemaduras causadas por el frío incluyen, cambio en el color de la piel a blanco o gris-amarillento. El dolor después del contacto con el gas frío se alivia ligeramente. La humedad en el aire puede causar la formación del ácido carbónico, el cual puede irritar los ojos.

EFECTOS A LA SALUD O RIESGOS AL EXPONERSE: Una explicación sencilla. Sobreexponerse a Dióxido de Carbono puede causar los siguientes efectos a la salud:

AGUDO: Dióxido de Carbono es un asfixiante y un poderoso vasodilatador cerebral. Inhalar grandes cantidades puede causar insuficiencia circulatoria, lo cual puede llevar a coma o puede ser mortal. A concentraciones bajas, inhalar Dióxido de Carbono puede causar náusea, mareo, disturbios visuales, temblores, dolor de cabeza, confusión mental, sudor, aumento del latido del corazón, presión sanguínea elevada y aumento del grado de respiración. Altas concentraciones de este gas en el aire puede causar irritación de los ojos. Contacto con los ojos puede causar daño de las células de la retina.

CRONICO: No hay ningún efecto adverso a la salud conocido asociado con exposiciones crónicas a este gas.

ORGANO BLANDO: Sistema respiratorio, sistema nervioso central, ojos.

AUXILIADORES NO DEBEN TRATAR DE RESCATAR A VICTIMAS DE EXPOSICION A ESTE PRODUCTO SIN PROTECCION PERSONAL ADECUADA.

Como mínimo debe ser usado, un aparato de respiración autosuficiente.

Remueva la victima(s) al aire fresco, lo más pronto posible. Solo personal profesionalmente entrenado debe suministrar ayuda médica como la resucitación cardio-pulmonar y/o oxígeno suplemental, si es necesario.

EXPOSICION DE LA PIEL: Remueva cualquier ropa que impida la circulación al área congelada. No frote la parte congelada, pues esto puede causar daño al tejido. Cuando sea práctico, ponga las partes afectadas en agua tibia con temperatura que no exceda 105°F (40°C).

NUNCA USE AGUA CALIENTE. NUNCA USE CALOR SECO. Si el área de la quemadura causada por frío es extensa, quítele la ropa mientras se baña en agua tibia. Otra alternativa, si los dedos o manos son quemados por el frío, ponga la parte afectada bajo las axilas. Dígale a la víctima que ejercite la parte afectada mientras se esté calentando. Busque ayuda médica inmediatamente.

Tejido congelado no causa dolor y tiene una apariencia parecida a cera, posiblemente amarillenta. Tejido congelado se hincha y es susceptible a infecciones cuando se descongela. Si la parte congelada se ha

descongelado antes que llegue atención médica, cubra el área con vendaje estéril y alguna cubierta protectora.

EXPOSICION DE LOS OJOS: Si se desarrolla irritación de los ojos después de exposición al gas, abra los ojos de la víctima bajo agua corriente. Use fuerza suficiente para mantener los ojos abiertos. Dígale a la víctima que de vuelta a los ojos. El tiempo mínimo de enjuague es por 15 minutos. Busque asistencia médica inmediatamente, preferiblemente un oftalmólogo.

Víctima(s) deben buscar atención médica. Lleve una copia de la etiqueta y de esta Hoja de datos de Seguridad del Producto (MSDS) al médico o a la ayuda profesional con la víctima(s).

PUNTO DE INFLAMACIÓN : No aplica.

TEMPERATURA DE AUTOIGNICION : No aplica.

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN EL AIRE (% de volumen en el aire): | Inferior (LEL) : No aplica. |
| | Superior (UEL) : No aplica. |

MATERIALES EXTINGUIDORES DE INCENDIOS: Dióxido de Carbono es comúnmente usado como un agente extinguidor de fuegos clase B y clase C.

Use extintores de fuegos apropiados para fuegos en la cercanía.

RIESGOS INUSUALES DE INCENDIO Y EXPLOSION: Dióxido de Carbono no arde; sin embargo, envases, cuando son expuestos a incendios, pueden romperse o estallar con el calor del fuego. Polvos de varios metales reactivos (tales como magnesio, zircón, mezclas de titanio), enciende fácilmente y explotan en la presencia de Dióxido de Carbono. En la presencia de humedad, óxido de cesio se enciende al contacto con Dióxido de Carbono.

Acetiluros metálicos o hidruros también se encienden o explotan.

Dióxido de Carbono líquido se vaporiza rápido cuando se derrama accidentalmente, formando una nube de vapor deficiente en oxígeno. En adición, si grandes cantidades de Dióxido de Carbono están presentes, el vapor de agua en el aire alrededor se condensará, creando neblina densa. Evacúe el área; la visibilidad puede ser obstruida por la nube de vapor, haciendo difícil encontrar las salida de emergencia y el equipo. Presión en un envase de alta presión puede aumentar con el calor puede rompiéndose si dispositivos de seguridad no funcionan. Contacto con Dióxido de Carbono frío, gaseoso o sólido puede causar quemaduras por el frío.

Sensibilidad de Explosión a un impacto mecánico: No es sensitivo.

Sensibilidad de Explosión a una Descarga Eléctrica: No es sensitivo.

PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS: Bomberos o auxiliares deben tener equipo de protección completo y un aparato de respiración autosuficiente.

RESPONDER A UN ESCAPE: Evacúe el área inmediatamente. Escapes sin control deben ser respondidos por personal profesionalmente entrenado usando un procedimiento establecido previamente. Equipo protector

apropiado debe ser usado. En caso de un escape, despeje el área afectada, proteja a la gente, elimine fuentes de ignición, y responda con personal entrenado. Protección adecuada contra incendios se debe proveer.

Equipo de protección personal mínimo debe ser **Nivel B: ropa resistente a fuego, guantes insulados o de cuero y un aparato de respiración autosuficiente.**

Localice y selle la fuente del escape antes de entrar al área. Permita que el gas, el cual es más pesado que el aire se disipe. Monitoree los alrededores para el nivel de Dióxido de Carbono y de oxígeno. El nivel de Dióxido de Carbono debe estar por debajo de 3%, y la atmósfera debe tener por lo menos 19.5 % de oxígeno antes de dejar al personal dentro del área sin un aparato de respiración autosuficiente.

RESPONDER A UN ESCAPE DE LÍQUIDO BAJO PRESION: Evacue el área afectada. Luego de la formación del gas, siga las instrucciones anteriores. Si personal de emergencia tiene que entrar en el área, aparato de respiración autosuficiente, guantes insulados o de cuero y deben ser usados zapatos de seguridad.

Si hay un escape incidental en el cilindro o la válvula, póngase en contacto con su proveedor.

HABITOS DE TRABAJO Y DE HIGIENE: Esté pendiente de cualquier mareo o fatiga; exposiciones a concentraciones fatales a este producto pueden ocurrir sin ningún síntoma.

ALMACENAMIENTO Y PRÁCTICAS DE USO: Cilindros deben ser almacenados y firmemente sujetos para prevenir que se caigan o se tropiecen. Los cilindros pueden ser almacenados al descubierto, pero en tal caso, deben ser protegidos contra la intemperie y de la humedad del piso para prevenir que se enmohezcan. Los cilindros deben ser almacenados en áreas secas y bien ventiladas, alejadas de fuentes de calor, ignición y de la luz solar directa. Mantenga el área del almacén limpio de materiales que se quemen. No permita la temperatura del almacén de los cilindros que exceda 52°C (125°F). Almacene lejos de áreas con mucho tráfico y de salidas de emergencia.

Almacene lejos de áreas de procesamiento y de producción, alejado de ascensores, y de salidas de edificio y de cuartos y de pasillos principales que lleven a salidas. Proteja los cilindros contra daño físico. Mantenga alejado de materiales incompatibles (refiérase a la sección X, Reactividad y Estabilidad)

Envases de almacenaje y equipo no deben estar localizados debajo de la superficie ni en áreas encerradas, al menos que estén diseñados para mantener la concentración de Dióxido de Carbono por debajo del TLV (TLV = 5000 ppm) en caso de derrame. Válvulas de seguridad deben ventilar a una localización externa con mucha ventilación.

Considere instalar equipo para detectar escapes y alarmas en las áreas de almacenaje y uso.

Use válvulas de seguridad o trampas en la línea de descarga para prevenir reflujo peligroso hacia el cilindro. Nunca manipule indebidamente los dispositivos de escape de emergencia y los cilindros.

Mantenga la cantidad mínima necesaria. Cilindros llenos y vacíos deben ser separados. Use sistema de inventario que use el primero que llegó, primero que sale, para prevenir que los envases llenos sean almacenados por largo periodo.

PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL MANEJO DE CILINDROS CON GAS: Gases comprimidos representan un peligro grave. Las siguientes reglas aplican en situaciones de trabajo en los cuales cilindros de gases son usados.

Antes de Uso:

- Mueva los cilindros con un carrito de mano apropiado. No arrastre, ruede o deslice los cilindros.
- No permita que el cilindro se le caiga, ni deje que tropiece el uno con el otro. Sujete los cilindros firmemente.
- Deje la tapa protectora en posición (cuando sea proveída) hasta que el cilindro esté listo para usarse.

Durante su Uso:

- Use ajustadores designadas por CGA. **No use adaptadores.** No caliente el cilindro de ninguna manera para aumentar el grado de descarga del producto en el cilindro.
- No use aceite o grasa en los ajustadores o en el equipo de manejo de gas. Inspeccione el sistema para escapes usando una solución para detectar escapes, nunca con una llama. Póngase en contacto inmediatamente con el suplidor si tiene problemas operando las válvulas del cilindro.
- Jamás encaje un objeto (por ejemplo alicate, destornillador, palanca, etc.) en las aberturas de la tapa de la válvula. Esto puede dañar la válvula, causando un escape. Use un alicate ajustable para quitar las tapas apretadas o enmohecidas.
- Nunca ponga el cilindro como parte de un circuito eléctrico.

Después de Uso:

- Cierre la válvula principal del cilindro.
- Cierre firmemente las válvulas.
- Ponga de nuevo la tapa protectora de la válvula.
- Marque los cilindros vacíos como "VACIO".

PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL MANEJO DE ENVASES BAJO PRESIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO

LÍQUIDO: Líquidos fríos pueden presentar peligro grave. Nunca permita que cualquier parte del cuerpo sin protección toque la tubería sin insulación que contenga líquido frío. El frío extremo del metal causará que la piel húmeda se adhiera y se rompa cuando trate de despegarla. Las siguientes reglas aplican a situaciones de trabajo en la cual se usan envases con líquido.

Inspeccione toda manguera y equipo de transferir antes de llenarlo con el líquido. Cambie cualquier manguera rota o muy usada antes de uso.

El Dióxido de Carbono líquido es extremadamente frío y está bajo presión.

Un escape de **Dióxido de Carbono** resultará en la formación de partículas de “hielo seco”, las cuales serán expulsadas con fuerza del sistema, posiblemente causándole daño al operador. Un fallo de manguera puede resultar en derrame de grandes cantidades de **Dióxido de Carbono** y movimiento violento de la manguera y/o equipo asociado, lo cual puede causar daños severos o muerte.

Se debe tomar cuidado especial cuando se desconecta la manguera hasta que pierda presión.

Soltar el contenido de líneas llenas de líquido a la presión atmosférica puede resultar en la formación de un tapón de hielo seco sólido en la línea. Envases de alta presión para productos líquidos tienen dispositivos de seguridad para controlar la presión interna. Bajo condiciones normales, estos envases ventilan periódicamente una pequeña cantidad del producto. Algunos metales, tales como acero de carbono, pueden ponerse frágiles a temperaturas bajas y se rompen fácilmente. No contenga líquido en sistemas cerrados o en tuberías sin dispositivos de seguridad.

NOTA: Cierre las válvulas después de uso y cuando este vacío.

CONEXIONES DE VALVULAS ESTANDARD: Use la conexión apropiada CGA.

HABITOS DE PROTECCION DURANTE EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO CONTAMINADO: Siga las prácticas indicadas en la sección 6 (Medidas en Caso de un Escape Accidental). Tenga cuidado que el equipo de aplicación este bajo llave y controlada la salida. Siempre use el producto en áreas con mucha ventilación.

CONTROLES DE VENTILACION E INGENIERIA

Use **Dióxido de Carbono** con ventilación adecuada. El **Dióxido de Carbono** se acumula en áreas bajas que tengan movimiento de aire limitado debido a la mayor densidad del aire. Ventilación natural o mecánica debe estar disponible en áreas donde hay trabajadores para prevenir que el nivel de **Dióxido de Carbono** llegue al nivel del límite de exposición (vea la sección 2). La ventilación local es preferida, porque previene la dispersión del gas en el área de trabajo al eliminar el CO₂ de su origen.

Las áreas donde se usa Dióxido de Carbono deben ser diseñadas para que se remueva el vapor y sea eliminarlo a un área con mucha ventilación. Niveles de Dióxido de Carbono deben ser monitoreados para asegurarse que el nivel se mantenga por debajo del TLV (**Valor Limite de Tolerancia**). Si es apropiado, instale equipo de monitoreo automático para detectar el nivel de Dióxido de Carbono y de oxígeno.

PROTECCION RESPIRATORIA: Mantenga el nivel de Dióxido de Carbono por debajo de las pautas listadas en la sección 2 y el nivel de oxígeno por encima de 19.5% en áreas de trabajo. Use protección respiratoria si el nivel de oxígeno baja por debajo de 19.5% o durante emergencias de escapes

de Dióxido de Carbono. Si se requiere protección respiratoria, siga los requerimientos de Federal OSHA Respiratory Protection Standard. Se presenta la selección de equipo respiratorio establecido para el CO₂.

CONCENTRACION EQUIPO DE RESPIRACIÓN

Hasta 40,000 ppm: Respirador de Aire suplido (SAR); aparato de respiración autosuficiente con careta completa (SCBA).

PROTECCION PARA LOS OJOS: Espejuelos protectores (gafas de seguridad). Use caretas completas cuando trabaje con Dióxido de Carbono líquido en envases bajo presión.

PROTECCION PARA LAS MANOS: Use guantes de cuero o termalmente insulados cuando trabaje con cilindros de este producto. De otra manera, use guantes apropiados para la operación específica para la cual se va a usar este producto.

PROTECCION PARA EL CUERPO: Use protección corporal de acuerdo a lo que vaya a hacer. Se recomienda el uso de zapatos de seguridad cuando trabaje con cilindros. Cuando trabaje con líquidos en envases bajo presión, se recomienda el uso de camisas con manga larga y pantalones.

PROTECCION PARA LOS OIDOS: Descargas de Dióxido de Carbono líquido y del vapor puede producir un ruido que puede necesitar el uso de protección para los oídos.

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| DENSIDAD DE GAS 21.1°C (70°F) y 1 atm | 0.1144 lbs/ pies ³ (1.833 kg/m ³) |
| PESO ESPECIFICO (aire = 1) 21.1°C (70°F) | 1.522 |
| pH | 3.7 a 1atm (forma ácido carbónico) |
| OLOR UMBRAL | No tiene olor. |
| PESO MOLECULAR | 44.01 |
| GRADO DE EVAPORACION (Acetato de butilo = 1) | No aplica. |
| GRADO DE EXPANSION | No aplica. |
| SOLUBILIDAD EN AGUA vol/vol a 20°C (68°F) y 1 atm | 0.90 |
| VOLUMEN ESPECÍFICO (pies ³ /lb) | 8.76 |
| PUNTO DE SUBLIMACION | - 78.5°C (-109.3 °F) |
| DENSIDAD DEL LÍQUIDO 21.1°C (70°F) y 838 psig (5778 kPa) | 47.35 lbs/pies ³ (761.3 kg/m ³) |
| PUNTO DE CONGELACION: (Temperatura de sublimación) | -78.5°C (-109.3°F) |
| PUNTO TRIPLE | -55.6 °C (-69.9°F) 60.4 psig (416 kPa) |

PRESION DE VAPOR a 21.1°C (70°F) 838 psig (5778 kPa)
psig

COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN No aplica
AGUA/ACEITE

APARIENCIA Y COLOR Dióxido de Carbono es un gas **incoloro** que no tiene **olor** o un **líquido volátil, incoloro, sin olor** bajo alta presión. Como este gas es ligeramente acidito, algunos individuos pueden notar un leve olor y sabor punzante

COMO DETECTAR ESTA SUBSTANCIA (propiedades de aviso). Escapes de Dióxido de Carbono no tienen ninguna propiedad distintiva de aviso, a excepción de la nube de vapor que se forma en derrames de grandes cantidades.

ESTABILIDAD : Normalmente estable.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN: Dióxido de Carbono producirá monóxido de carbono y oxígeno cuando se calienta a temperaturas más altas de 3000°F (1648°C).

MATERIALES CON LA CUAL LA SUBSTANCIA ES INCOMPATIBLE.

Dióxido de Carbono arde y explota cuando se calienta con **aluminio en polvo, berilio**, mezclas de **cerio-cromio**, mezclas de **magnesio-aluminio, manganeso, torio, titanio y zirconio**.

En presencia de humedad el Dióxido de Carbono se enciende con óxido de cesio. Acetiluros metálicos también arden y explotan en contacto con Dióxido de Carbono.

Dióxido de Carbono reacciona con materiales alcalinos para formar carbonatos y bicarbonatos.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA : No ocurrirá.

CONDICIONES QUE SE DEBEN EVITAR: Evite contacto con los materiales incompatibles. Cilindros expuestos a temperaturas altas o llamas directas pueden romperse o estallar.

DATOS DE TOXICIDAD: El Dióxido de Carbono es un gas asfixiante, el cual tiene efectos fisiológicos en concentraciones altas. Concentraciones altas también pueden resultar en narcosis. Los siguientes datos toxicológicos están disponibles para Dióxido de Carbono.

LCLo (inhalación, humano) = 9 ppb/5 minutos

LCLo (inhalación, mamífero) = 90000 ppm/5 minutos

TCLo (inhalación, rata) = 6 ppb/24 horas; efectos reproductivos y teratogénicos.

AGENTE CANCEROSO SOSPECHOSO: Dióxido de Carbono no se encuentra en las siguientes listas: FEDERAL OSHA Z LIST, NTP, CAL/OSHA, IARC y por lo tanto no se considera ni se sospecha que sea un agente carcinógeno por estas agencias

IRRITACION CAUSADA POR EL PRODUCTO: Contacto con gases fríos, expandiéndose rápido puede congelar y dañar piel u ojos expuestos.

SENSIBILIZACIÓN AL PRODUCTO: El Dióxido de Carbono no causa sensibilización.

INFORMACION SOBRE TOXICIDAD REPRODUCTIVA: A continuación está listada la información sobre los efectos del Dióxido de Carbono en el sistema reproductivo humano.

Mutagenicidad: No se anticipa ningún efecto mutagénico en humanos causado por este producto.

Embriotoxicidad: No se anticipa ningún efecto embriotóxico en humanos causado por este producto. Para más información lea el siguiente párrafo.

Teratogenicidad: No se anticipa ningún efecto teratogénico en humanos causado por este producto. Estudios clínicos en animales de prueba expuestos a concentraciones altas de Dióxido de Carbono no indican efecto teratogénico.

Toxicidad Reproductiva: No se espera que este producto cause efectos adversos reproductivos en humanos. Estudios clínicos en animales de prueba expuestos a altas concentraciones de Dióxido de Carbono no indican efectos reproductivos.

Un mutágeno. Es cualquier químico u otro elemento que induzca mutaciones en el material genético (ADN) y en las células vivas, y se propaga a través de generaciones.

Un embriotóxico. Es un químico u otro elemento que causa daño a embriones en desarrollo (en las primeras ocho semanas de embarazo en humanos) pero no se propaga a través de generaciones.

Un teratógeno. Es un químico u otro elemento que provoca anomalías del crecimiento en los embriones y modificaciones genéticas en las células, pero no se propaga a través de generaciones.

Una toxina reproductiva es cualquier sustancia que interfiera de cualquier manera con el proceso reproductivo.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS AL EXPONERSE: Condiciones respiratorias crónicas o agudas pueden ser agravadas al sobreexponerse a Dióxido de Carbono.

RECOMENDACIONES PARA LOS MÉDICOS: Trate los síntomas y reduzca o elimine la sobre-exposición.

INDICES DE EXPOSICION BIOLÓGICOS(BEIs): Hasta el presente, no hay Índices de Exposición Biológicos que apliquen a este compuesto.

ESTABILIDAD AMBIENTAL: Dióxido de Carbono ocurre naturalmente en la atmósfera. El gas se disipa rápido en áreas con mucha ventilación.

EFECTO DEL MATERIAL SOBRE LAS PLANTAS O ANIMALES: No se anticipa ningún efecto adverso en animales o en la vida de las plantas, a excepción de la escarcha producida en la presencia de gases expandiéndose velozmente.

EFECTO QUÍMICO EN LA VIDA ACUATICA: Hasta el presente, no hay evidencia del efecto del Dióxido de Carbono en la vida acuática.

PREPARANDO LOS DESPERDICIOS PARA DISPOSICION: Disposición de los desperdicios debe llevarse acabo de acuerdo a las regulaciones locales. Regrese los cilindros con cualquier residuo del producto a Proveedor S.A. No disponga de él localmente.

Para disposición de emergencia, asegure el cilindro y lentamente descargue el gas al ambiente en un área con mucha ventilación o al aire libre.

ESTE MATERIAL ES PELIGROSO COMO LO DETERMINA 49 CFR 172.101 DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTACION DE ESTADOS UNIDOS.

| | PARA EL GAS | PARA EL LÍQUIDO |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| NOMBRE APROPIADO DE EMBARQUE | Dióxido de Carbono. | Dióxido de Carbono, Líquido Refrigerado. |
| NUMERO DE CLASE PELIGRO y DESCRIPCIÓN | 2.2 (Gas no Inflamable) | 2.2 (Gas no Inflamable) |
| NUMERO DE IDENTIFICACIÓN UN | UN 1013 | UN 2187 |
| GRUPO DE EMPAQUE | No aplica. | No aplica. |
| ETIQUETA(S) REQUERIDAS POR DOT | Gas no Inflamable. | Gas no Inflamable. |
| CONTAMINANTE MARINO | Dióxido de Carbono no está clasificado por DOT como un contaminante marino (como lo define 49 CFR 172.101, apéndice B) | |
| INFORMACION ESPECIAL DE EMBARQUE | Los cilindros deben ser transportados en una posición vertical y asegurados, en un vehículo con mucha ventilación. Transportar cilindros de gases comprimidos en automóviles o en vehículos de cuerpo cerrado presentan peligros serios y no se debe considerar. | |

Se recomienda a sus funcionarios, usuarios y clientes de este producto que lean y estudien detenidamente la Hoja de Datos de Seguridad del Producto con el fin de estar conciente de la eventual posibilidad de riesgos relacionados con el mismo.

Por seguridad debe:

- 1. Comunicar a todos los funcionarios, usuarios y clientes acerca de la información incluida en esta Hoja de Seguridad (MSDS) y suministrar a cada uno, uno ó más ejemplares.**
- 2. Solicitar a los clientes que también informen a sus respectivos funcionarios y clientes y así sucesivamente.**

Anexo 5: Reclamo mayor

1. PROPOSITO

Establecer el procedimiento de respuesta, inmediata ante un reclamo mayor del cliente por calidad de producto industrial y/o medicinal y generar una solución inmediata y total del reclamo.

2. ALCANCE

El presente procedimiento se aplicará desde que se recibe un reclamo Clasificado de Mayor por pos venta , hasta descartar la causa del reclamo y generar las acciones correctivas para la solución total del reclamo y la comunicación a DIGEMID en caso que el evento se haya referido a producto Medicinal.

3. PROCEDIMIENTO

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENTE | 1 Formula el reclamo |
| POS VENTA | 2 Recepciona reclamo, Clasifica como reclamo mayor y comunica al director técnico y a Jefatura de control de calidad. 3 Si el reclamo es por calidad del Producto Medicinal informa al Director Técnico y Jefe de Control de Calidad. 4 Si el reclamo es por calidad del Producto Industrial informa al Jefe de Control de Calidad |
| DIRECTOR TECNICO CONTROL DE CALIDAD | 5 Recibe y evalúan reclamo asumiendo la coordinación general hasta descartar la causa del reclamo y generar las acciones correctivas para la solución total del reclamo. |
| CONTROL DE CALIDAD | 6 Si el Producto es Medicinal coordinar con el cliente para inmovilizar y retirar el producto, notificar a Gerencia Comercial, Gerencia de Operaciones, Dirección Técnica y Jefe de Despacho . Informa a DIGEMID de acuerdo al D.S. 021 cuando sea necesario. 7 Genera un Informe en el que se analiza la causa del reclamo, e informa a los interesados. |
| DIRECTOR TECNICO DESPACHO | 8 Autoriza retiro de producto. Según procedimiento DE-P-005. |
| CONTROL DE CALIDAD | 9 Si el producto es industrial comunica al cliente inmovilizar el producto inmediatamente. 10 El Jefe de control de calidad procede a realizar el análisis del producto para el descarte del reclamo. a. Si el producto cumple con los requisitos y satisfacción del cliente libera el producto generando un |

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>reporte e informa a los responsables.</p> <p>b. Si el producto no cumple con los requisitos comunica a Gerencia, a despacho y al cliente el retiro del producto y elabora informe para la reposición del producto</p> |
| CONTROL DE CALIDAD | 11 Autoriza retiro de producto. Según procedimiento. |
| DESPACHO | 12 Despacho procede según Procedimiento |
| GERENTE GENERAL DIRECTOR TÉCNICO | <p>13 Generan reporte global; en base a reportes de áreas involucradas y entregan a cliente.</p> <p>14 En caso de ser retiro Productos Medicinales se procede a presentar reporte global informando a la DIGEMID.</p> <p>15 Continúa coordinación y acciones correctivas con cliente hasta solución total del problema</p> |

4. REFERENCIAS

No se Aplica

5. DEFINICIONES

- 5.1 Reclamo Mayor del Cliente: Todo aquel reclamo que indique que existe un problema de Calidad del producto fabricado por el Proveedor y haya sido entregado al cliente.

Anexo 6: Contingencias en la distribución

a) Organización.

i) Alcance del Plan.

Dirigido a toda la Flota de Mantenimiento y Transportes, que transportan CO₂ a granel hacia a los clientes, desde las Plantas de CO₂. Las actividades que cubren el plan son: carga, transporte, descarga y retorno de nuestras unidades.

ii) Lista de distribución del Plan.

El Plan de Contingencia será distribuido a todo el personal de Distribución, Posventa, Control de Calidad, Auditoria, Gerencia Comercial, Gerencia General, Gerencia de Operaciones, Presidencia del Directorio.

iii) Procedimiento para aprobación del Plan de Contingencia

| JEFE DE DISTRIBUCION | COORDINADOR DE CALIDAD | GERENTE GENERAL |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Elabora Anteproyecto | Revisa | Revisa y Aprueba |
| Elabora Plan de Contingencia en el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos. | Revisa | Revisa y Aprueba |
| Adecua el Plan de Contingencia en el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, de acuerdo a estructura documentaria del SGC AD-S-001 y sigue secuencia de "Control Documentario" AD-P-003 | Revisa que el documento este de acuerdo a estructura documentaria AD-S-001 | Revisa y Aprueba. |

iv) Autorizaciones y licencias requeridas para el transporte y entrega del CO₂.

Licencia Municipal

RUC

Constancia de Inscripción de vehículo transporte terrestre público de mercancías - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Seguro obligatorio de accidentes de tránsito.- SOAT

Certificado de Opacidad.

Certificado de Calidad del Producto, emitida por Jefe de Control de Calidad.

b). Identificación de partes responsables para :

- i) Preparación y actualización del Plan de Contingencia de Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos
 - i.1. Jefe de Distribución.

- ii) Obtención de autorizaciones para Transporte.
 - ii.1. Gerente General
 - ii.2. Jefe de Distribución .

- iii) Pago de multas, sanciones impuestas por orden judicial u otras autoridades
Como resultado de un incidente durante el transporte o entrega.
 - iii.1. Jefe de Tesorería
 - iii.2. Cia. Aseguradora.

- iv) Respuesta y remediación de una descarga accidental del producto durante el Transporte del mismo tanto de ida como de retorno.
 - iv.1. Equipo de Respuesta a la emergencia :
 - Jefe de Pos Venta.....Operaciones
 - Asistente de Pos Venta.....Planeamiento
 - Jefe de Distribución.....Comandante
 - Asistente de Distribución.....Finanzas
 - Jefe de Logística.....Logística

 - iv.2. Para efectos de realizar la remediación, se empleará la técnica de ventilación, es decir dejar escapar el contenido.

2. EVALUACION DEL RIESGO.

a) Productos Transportados

- i.) Dióxido de Carbono.
 - i.1.) MSDS Del Dióxido de Carbono, ver documento Hoja MSDS.

- i.i.) Características de Riesgos Primarios.
 - ii.1.) Riesgos a la Salud.
 - Los vapores pueden causar mareos o asfixia sin advertencia.

- Los vapores de gas licuados son inicialmente mas pesados que el aire y se esparcen a través del piso desplazando a este.
- Sobre exponerse a Dióxido de Carbono puede aumentar el grado de respiración y de los latidos del corazón, posiblemente causando insuficiencia circulatoria, la cual puede resultar en coma o muerte.
- El contacto con gas o gas licuado puede causar quemaduras, lesiones severas y/o quemaduras por congelación.
- El Dióxido de Carbono Liquido se vaporiza rápido cuando se derrama accidentalmente, formando una nube de vapor deficiente en oxígeno. En adición, si grandes cantidades de este gas están presentes, el vapor de agua en el aire se condensara, creando una neblina densa, haciendo esto difícil encontrar las salidas de emergencia y el equipo.

ii.2.) Riesgo de Incendio o de Explosión.

- El Dióxido de Carbono es un gas no inflamable, sin embargo, Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Los cilindros con rupturas pueden proyectarse.
- Aísle a la redonda a 800 m., También considere evacuación a la redonda 800 m.
- Mover los contenedores del área de fuego, sin correr riesgos.
- Enfríe los contenedores con chorros de agua mucho después de que el fuego se halla extinguido
- No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismos de seguridad, puede ocurrir congelamiento.
- Siempre manténgase alejado de los tanques envueltos en fuego.
- En presencia de humedad, óxido de cesio se enciende al contacto con Dióxido de Carbono, acetiluros metálicos o hidruros también se encienden o explotan.

iii.) Métodos específicos de Empaque, para entrega, incluyendo el peso.

iii.1.) El CO₂ es enviado líquido en cisternas, presurizadas a 300 psig, de 10Tn. y 20 Tn.

b) Rutas de Envío.

- i.) Identificación de Rutas usadas y rutas alternas a considerarse.
 - i.1.) Ruta standard.

- i.1.1.) Av. Argentina - Gambetta
- i.1.2.) Gambetta - cruce Panamericana Norte

Alternativa

- i.1.2.1) Gambetta – Faucett - Canta/Callao - cruce Panamericana Norte

- i.1.3.) Cruce Panamericana Norte: Canta/Callao- Peaje de Pasamayo
- i.1.4.) Peaje de Pasamayo-Peaje Huacho
- i.1.5.) Peaje de Huacho - Cruce Paramonga /Carretera a Huaraz
- i.1.6.) Cruce Paramonga -Peaje Tunan
- i.1.7.) Peaje Tunan - Chasquitambo
- i.1.8.) Chasquitambo - Cruce Conococha / Unión
- i.1.9.) Cruce Conococha / Unión - Antamina

ii.) Identificación de áreas específicas de riesgo a lo largo de la ruta y de las rutas alternas

- Visibilidad escasa
Peaje de Pasamayo - Peaje Huacho
- Alto Tráfico
Desde Peaje de Pasamayo - Peaje Huacho hasta Paramonga
- Accidentes frecuentes
Desde Gambetta - cruce Panamericana Norte hasta Huacho

c.) Entrega

- i.) Método de Envío del Producto a cada lugar designado por el cliente.

El Método empleado para transportar CO₂ líquido es por tanque cisterna, el cual es jalado por remolcador de 10 o 20 Ton según sea el pedido. Y trasegado por Bomba mediante una manguera de 1 ½ " Ø de alta presión, de nuestro tanque cisterna móvil al tanque estacionario del cliente, habiendo antes nivelado presiones de ambos tanques, mediante otra manguera de alta presión de 1 " Ø. Ver documentos de procedimiento de Distribución CO₂ e Instructivos de trasegado .

d.) Evaluación de Riesgos

- i.) Durante el Transporte:

Evaluación del nivel de riesgo del motor del vehículo u otras causas

de descarga del producto (basada en la probabilidad y secuencia de un incidente, considerando la naturaleza del producto, el empaque y las áreas de riesgo a lo largo de la ruta de envío)

Riesgos del Camión / Motor:

- Fundido y/o rotura de Motor
- Rotura de compresor de freno
- Rotura de caja de cambios y/o corona
- Rotura de cardan
- Vaciada y/o cristalización de frenos
- Incendio del Camión
- Volcadura del Camión
- Rotura de dirección
- Rotura de muelles

Riesgos en cisterna:

- Volcadura
- Vaciado de frenos
- Incendio
- Rotura de muelles
- Rotura de mangueras o conexiones.
- Rotura de bomba de trasegado

Otros Riesgos:

Paros, Huelgas, Guerra Civil, que impedirían el normal desplazamiento del camión.

ii.) Durante la Entrega: Evaluación del nivel de riesgo en la entrega del producto (basada en la probabilidad y secuencia de un accidente, considerando la naturaleza del producto, empaque del producto y métodos de entrega).

1. Camión

- Incendio
- Vaciado de frenos

2. Cisterna

- Incendio
- Rotura de mangueras y conexiones

- Rotura de bomba de trasegado

e.) Resultados de la evaluación de riesgos:

i.) Restricciones de la ruta

- Ruta Peaje de Pasamayo - Peaje Huacho no debe ser usada en temporada de invierno (junio – setiembre) desde aproximadamente 23 horas hasta las 4 horas del día siguiente.

ii.) Precauciones durante la entrega.

- Controlar que la presión del tanque se mantenga a 300 psi.
- Buen estado de las Mangueras
- Realizar purgas lentamente
- Antes de desconectar mangueras verificar primero que se halla despresurizado las mangueras previamente.

3.) SISTEMA DE NOTIFICACION Y SISTEMA DE COMUNICACIONES.

a.) Procedimiento de notificación:

i.) Cartilla de Notificación mostrando entre los siguientes:

| ACTOR | 1-COMUNICACION | 2-COMUNICACION | 3-COMUNICACION |
|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| CHOFER | JEFE DISTRIBUCION | POLICIA NACIONAL | |
| TRASEGADOR | JEFE DISTRIBUCION | POLICIA NACIONAL | |
| ESPECTADOR | PROVEEDOR DE GAS | 1RA. RESPUESTA | POLICA NACIONAL |
| 1 RESPUESTA | POLICIA NACIONAL | BOMBEROS | D. CIVIL / HOSPITAL |
| TRANSPORTISTA | PROVEEDOR | EQUIPO RESPUESTA | |
| PROVEEDOR | CLIENTE | EQUIPO RESPUESTA | |
| CLIENTE | E.R. CLIENTE | | |
| JEFE DISTRIBUCION | EQUIPO RESPUESTA | TRANSPORTISTA | PROVEEDOR |
| EQUIPO RESPUESTA | POLICIA NACIONAL | BOMBEROS | D. CIVIL / HOSPITAL |

ii.) Medios de comunicación a ser usados en la escena del incidente, durante:

- Nextel

iii.) Nombres y números de contacto.

Gerente Comercialización

Jefe Distribución

Jefe Ventas

Jefe Logística

Jefe Posventa

Jefe Calidad

Jefe Personal

Asistente de Distribución

Chofer Trailero

Trasegador

PNP.....Ver Guía de Teléfonos de Emergencia

Bomberos..... Ver Guía de Teléfonos de Emergencia

Hospitales.....Ver Guía de Teléfonos de Emergencia

Defensa Civil..... Ver Guía de Teléfonos de Emergencia

4.) EQUIPOS DE EMERGENCIA Y PRONTITUD DE LOS MISMOS

Equipamiento específico y recursos de personal disponibles para responder a un incidente, incluyendo:

i.) Máximo tiempo de respuesta al incidente, asumiendo un incidente localizado cercano al recurso, y considerando tiempo requerido para notificación y coordinaciones para movilización.

1. Inicio de emergencia.....0 min.
2. Detección de emergencia.....2 min.
3. Activación de alarma.....3 min.
4. Comienza respuesta.....4 min.
5. Bloqueo perimetral.....5 min.
6. Evacuación parcial.....6 min.
7. Respuesta bomberos.....7 min.
8. Establecimiento comando incidente.....8 min.
9. Establecimiento centro de control de emergencias.....20 min.
10. Arribo ayuda mutua.....30 min.

| | |
|---------------------------------------------|---------|
| 11.Evacuación(masiva)..... | 32 min. |
| 12.Máxima capacidad de respuesta..... | 45 min. |
| 13.Replanteo..... | 47 min. |
| 14.Acciones de control complementarias..... | 50 min. |
| 15.Retorno rutina..... | 60 min. |

ii.) Equipo específico para ser llevado en el vehículo de transporte

- Equipamiento:
- Cintas de seguridad
- Conos de seguridad
- Extintores tipo ABC
- Linternas de 3 pilas
- Guantes Frío
- Botas punta de acero
- Cascos protectores
- Mecheros
- Uniformes

5.) PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS

- a.) Programa de mantenimiento.- Ver “Mantenimiento Preventivo Interno de Unidades”, y “Mantenimiento externo a unidades” .
- b.) Selección de equipo (para productos de transporte y entrega)

Equipo de Seguridad

- Cono de seguridad
- Cinta de seguridad
- Manguera de trasegado 1 ½ " ϕ
- Manguera para nivelar presiones 1 " ϕ
- Casco de seguridad
- Guantes de frío
- 2 llaves Stillson
- Traje frío
- Canula y regulador de presión (para muestra de análisis)

c.) Calificaciones del personal y frecuencia de evaluación competente

C1. Capacitación del personal para emergencias

- Operaciones y respuestas a emergencias por Materiales Peligrosos
- Respuesta Inicial a Emergencias por Materiales Peligrosos

- Uso de Fuentes Informáticas para Emergencias por Materiales Peligrosos
- Seguridad en el Transporte de Materiales Peligrosos
- Emergencias Médicas
- Soporte Avanzado de Vida al Paciente Expuesto a Materiales Peligrosos
- Rescate en Espacios Confinados
- Control de Incendios
- Curso Básico de Bombero Industrial
- Control de Derrames

C2. Frecuencia de estas capacitaciones: cada 2 meses

Evaluación competente: anual según procedimiento: “Medición y Retroalimentación de resultados de capacitación”

d.) Preparación pre-viaje (inspección de equipos, información de la ruta).

- Antes de cada viaje se revisa unidad y equipo mediante el documento Orden de Salida haciendo un visado, a la presentación y equipamiento mínimo.
- Antes de cada viaje si las circunstancias lo ameritan (paros, huelgas, accidentes, etc.), llamar emergencia vial para tener información sobre la ruta

| | |
|---------------------|----------------------|
| Emergencia Chiclayo | 074451202 |
| Emergencia Arequipa | 054467291/ 054430139 |
| Emergencia Trujillo | 044222768 |
| Emergencia Lima | 2764840 / 4336677 |
| Emergencia Corcona | 2443095 |
| Emergencia Ica | 0564267760 |
| Emergencia Nacional | 5870093 |

Emergencia Bujama 97513857

Emergencia Pasamayo 98463495

Emergencia Serpentin 5520229

e.) Documentación que acompaña el envío.

- Guía de remisión del proveedor
- Guía de remisión del Transportista
- Certificado de calidad del Producto

f.) Etiquetado del producto y carteles en el vehículo.

- Hoja de embarque

| | | |
|---------------------------------------------------------|----------|--|
| CONTACTO DE EMERGENCIA 24 HORAS | | |
| Proveedor : 4299065, 4675664, 4658330, 4299199, 4690870 | | |
| RESPUESTA A LA EMERGENCIA | | |
| 1.-Ing. de Distribución | 98353438 | |
| 2.-Ing. de Post-Venta | 98353914 | |
| 3.-Ing. de Despacho | 98353984 | |
| 4.-Ing. De Logística | 98353476 | |

| TIPO DE ENVASE | ARTICULO | CLASE RIESGO | CANTIDAD |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------------|
| TANQUE CISTERNA | DIOXIDO CARBONO | 2.2 - UN 2187 | |
| N° de Batch | N° de Precintos | N° de Unidad | N° Placa de tracto |
| | | | |

| CHOFER | TRASEGADOR | PROVEEDOR | CLIENTE | TRANSPORTISTA |
|--------|------------|-----------|---------|---------------|
| | | | | |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMUNIDADES POTENCIALMENTE AFECTADAS POR UN DERRAME |
| |
| SOPORTE BASICO DE VIDA |
| MUEVA A LA VICTIMA DONDE RESPIRE AIRE FRESCO |
| LLAMAR A LOS SERVICIOS MEDICOS DE EMERGENCIA |
| APLICAR RESPIRACION ARTIFICIAL SI LA VICTIMA NO RESPIRA |
| SUMINISTRAR OXIGENO SI RESPIRA CON DIFILCUTAD. |
| LA ROPA CONGELADA A LA PIEL DEBERA DESCONGELARSE ANTES SER QUITADA |
| EN CASO DE CONTACTO CON GAS LICUADO, DESCONGELAR CON AGUA TIBIA |
| MANTENER A LA VICTIMA EN REPOSO Y CON TEMPERATURA CORPORAL NORMAL. |
| ASEGURARSE QUE EL PERSONAL MÉDICO TENGA CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES INVOLUCRADOS Y TOMAR LAS PRECAUCIONES PARA PROTEGERSE ASI MISMO |

Carteles:



UN 2187 Rombo NFPA 704

Gas refrigerado no inflamable

- g.) Comunicaciones durante el transporte, ver Procedimiento de Ruta DI-P-006.
- h.) Procedimiento para entrega de productos, ver Procedimiento de distribución de Gas Carbónico al Cliente.

6.) PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

a.- CAIDA ACCIDENTAL DEL PRODUCTO DURANTE EL TRANSPORTE

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chofer | 1. Detecta caída accidental del Producto. |
| Trasegador | 2. Avisa a Jefe de Distribución, Asistente Distribución, Jefe de Posventa, Asistente de posventa. |
| (Primera Respuesta) | 3. Chofer detiene unidad en lugar abierto procurando estar lejos de población, apaga motor. |
| | 4. Trasegador coloca equipo de respiración forzada. |
| | 5. Chofer coloca conos de seguridad, coloca también cinta de seguridad, logrando un cerco perimétrico de aproximadamente un radio de 30 m. si la fuga es leve, y si el derrame es grande 100 m., siempre con el viento a favor. |
| | 6. Trasegador trata de localizar fuga, intenta corregir fuga, evitando correr riesgos |
| | 6.1. Logran corregir fuga. Sigue 12.1 |
| | 7. Chofer alerta a población, de posibilidad de asfixia y mareos al respirar el producto, e insta a retirarse del lugar del incidente. |
| | 8. Trasegador y chofer no logran sellar fuga |
| | 8.1. Se retiran inmediatamente si sale ruido creciente de válvula de seguridad, o si el tanque empieza a decolar. |
| | 8.2. No tocar ni caminar sobre el material derramado. |
| | 8.3. Dejan que sustancia se evapore. |
| | 8.4. Avisan a puestos de PNP, Bomberos, o Defensa Civil más |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | cercanos. |
| Jefe de Distribución O Asistente de Distribución O Jefe de Posventa O Asistente De Posventa (Segunda Respuesta) | | <p>9. Recibe aviso de Chofer, Trasegador, PNP Bomberos, otros.</p> <p>10. Envía equipo de Respuesta a Emergencias al lugar de los hechos.</p> <p>11. Coordina con PNP, Bomberos, Defensa Civil y Hospitales, atención a nuestro equipo, o población por Emergencia de Derramamiento del Producto.</p> <p>12. Avisa a Cliente de retraso por Emergencia en ruta.</p> <p>12.1. Si Equipo Emergencia logra corregir fuga, coordina con cliente reprogramando hora de entrega.</p> <p>12.2. Si Equipo de Emergencia no logra corregir fuga, ordena salida de otra cisterna, reprogramando fecha y hora de entrega.</p> |
| Chofer | | 13.- Prosigue ruta. |
| Asistente Distribución | | 14.- Registra en libro de incidentes y accidentes. |

b.- DERRAME ACCIDENTAL DURANTE LA ENTREGA

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chofer Trasegador (Primera Respuesta) | <p>1. Detectan caída accidental del Producto.</p> <p>2. Avisan a Jefe Distribución, Asistente Distribución, Jefe Posventa, Asistente Posventa, al Cliente.</p> <p>3. Se colocan traje para frío, Equipo de respiración forzada.</p> <p>4. Trasegador y Chofer tratan de localizar y sellar fuga, evitando correr riesgos.</p> <p>4.1. Logran sellar fuga. Sigue 7.1</p> <p>5. Chofer y Trasegador no logran sellar fuga</p> <p>5.1. Aumentan cerco perimétrico a 30 m. Radio, si el tanque esta en campo abierto, y si esta en espacio cerrado, avisan al cliente ordenen evacuación.</p> <p>5.2. Se retiran inmediatamente si sale ruido creciente de las válvulas de seguridad.</p> <p>5.3. Dejan que sustancia se evapore.</p> |
| Jefe Distribución O Asistente Distribución O | <p>6. Recibe aviso de Emergencia.</p> <p>6.1. Si aviso de Emergencia considera un derrame total, coordina con el cliente, PNP, Bomberos, Defensa Civil, atención al siniestro.</p> <p>7. Envía Equipo de Respuesta a la Emergencia.</p> <p>7.1. Si equipo logra sellar derramamiento, y determina que no hay peligro para proseguir con la entrega, ordena al Trasegador proseguir con la descarga, coordinando con el Cliente si fuese necesario reposición del Producto derramado.</p> |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jefe Posventa O Asistente Posventa (Segunda Respuesta) | 7.2. Si equipo no logra sellar fuga, coordina con Cliente, para el envío de otra cisterna. |
| Chofer Trasegador (Tercera Respuesta) | 8. Trasega según pedido. |
| Asistente Distribución | 9. Registra en libro de incidentes y accidentes. |

7.) PROCEDIMIENTOS DESPUES DE LA EMERGENCIA

a.) Investigación y reporte del incidente.

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jefe Distribución Jefe Posventa | <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisa libro de incidentes y accidentes. 2. Cita a involucrados pide informen sobre la emergencia en mención. 3. Si fuese necesario acude al lugar de los hechos para mejorar la idea de la emergencia. 4. Analiza emergencia. 5. Concluye análisis anotando en libro, pasa 6. |
| Gerencia | 6. Revisa reporte de emergencia, autorizando recomendaciones si es que lo hubiera, de la emergencia.- Fin. |

b.) Seguimiento a las acciones recomendadas.

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jefe Distribución Jefe Posventa | <ol style="list-style-type: none"> 1. Planifica mejoras, recomendadas en reporte de la emergencia. 2. Ordena trabajos para mejora. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Si mejora es satisfactoria sigue 5. 2.2. Si mejora no es satisfactoria, sigue 1. |
| Chofer | 3. Realiza trabajos de mejora. |

| | |
|------------|---------------------------|
| Trasegador | 4. Realiza pruebas – Fin. |
| Otros | |

c.) Evaluación de impacto a la salud pública y al medio ambiente.

| RESPONSABLE | OPERACIÓN |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jefe Distribución | Informa a Jefe de Control de Calidad sobre emergencia. |
| Jefe Posventa | |
| Asistente Distribución | Entrega reporte de emergencia a Jefe de Control de Calidad. |
| Asistente Posventa | |
| Jefe Calidad | <ol style="list-style-type: none"> 1. Evalúa impacto a la salud pública y al medio ambiente. 2. Entrega informe de impacto a la salud publica y al medio ambiente a Gerencia. |
| Gerencia | <ol style="list-style-type: none"> 3. Aprueba informe 4. Ordena se realice recomendaciones de informe. Fin. |

8.) ENTRENAMIENTO Y PRACTICAS

a.) REQUERIMIENTOS DE ENTRENAMIENTO

i.) Conductores.

- Manejo Defensivo
- Como Combatir un Incendio.
- Primeros Auxilios
- Respuesta a Emergencias.

ii.) Trasegadores

- Como combatir un Incendio
- Primeros Auxilios
- Respuesta a Emergencias

iv.) El Cliente

- Plan respuesta a emergencias.

v.) Policía local, bomberos, u otros grupos de respuesta en la ruta.

- Plan de Respuesta de Emergencias.

b.) PRACTICAS

b1.) Frecuencia y tipos de prácticas.

- Apagar Incendios, Primeros Auxilios, Derrame - Semestral

b2.) Documentación de seguimiento correctivo de prácticas

- Formato de capacitación

9.) PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

a.) Frecuencia de la revisión y actualización de los planes

El Plan de Contingencia de Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos se revisará en cuanto a su adecuación cada seis meses y se actualizará cada vez que exista cambios en los procedimientos, cambios en tecnología, cambios por nuevos incidentes y accidentes que se hayan presentado.