



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**“Repotenciación del Sistema de trasiego de Dióxido de Carbono
líquido en un Semitráiler”**

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA MECÁNICA

Presentada por:

Carolina Alexandra Casal Quintero

GUAYAQUIL - ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ernesto Martínez L. Director del presente Informe de Trabajo Profesional, por su invalorable apoyo y acertada dirección, así como a cada una de las personas e instituciones que han colaborado en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A MI ESPOSO

A MIS HIJOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L
DIRECTOR DEL TFG

Ing. Gonzalo Zabala O
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido del presente Examen Complexivo, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

CAROLINA ALEXANDRA CASAL QUINTERO

RESUMEN

Ante el requerimiento de mejorar su logística de despacho y frente al rápido crecimiento de consumo de Dióxido de Carbono Líquido de sus clientes, principalmente las plantas envasadoras de bebidas gaseosas a nivel nacional; una empresa ecuatoriana, líder en la fabricación y comercialización de gases y sus aplicaciones decidió incrementar su flota de Semitráilers, adquiriendo para ello un Semitráiler de 22 Toneladas de capacidad para LIC (Dióxido de Carbono Líquido) que se encontraba operando antes de la compra y de procedencia alemana.

Gracias a la adquisición de este Semitráiler, y una vez realizado el trabajo de instalación objeto de este trabajo, mejoró el nivel de servicio a los clientes entregando el producto en menor tiempo y con mayor frecuencia de reparto dando un soporte importante a la industria nacional que requiere del dióxido de carbono líquido como materia prima en su proceso de producción.

El proceso de obtención del CO₂, se inicia con la extracción en planta del CO₂ en estado gaseoso, el cual mediante compresión, expansión y un sistema de intercambiadores de calor es enfriado hasta su temperatura de licuefacción para facilitar su almacenamiento y transporte. Una vez obtenido el producto en estado líquido se transporta desde el tanque de

almacenamiento, en Planta, hacia el tanque de almacenamiento del cliente por medio de un Semitráiler.

El Semitráiler de segunda mano adquirido, es totalmente diferente a los que se encuentran operando en el Ecuador, tanto en su sistema de suspensión, en el tipo de neumáticos y por ende en las puntas de ejes, en el tipo de columnas de apoyo, y el punto más crucial en el sistema de trasiego (llenado y descarga del producto), tipo de bomba y medidor de nivel; por lo que se realizó el rediseño de acuerdo al modelo determinado por la compañía como su estándar, facilitando de esta manera el manejo del sistema por parte de los operadores que trabajan desde hace muchos años en la empresa, y al mismo tiempo con esto, cuidando de la seguridad física del personal.

Otro beneficio obtenido con la realización de este trabajo es que se facilitó el acceso a repuestos y partes desde el stock local permitiendo disminuir los costos y los tiempos en los trabajos de mantenimientos preventivos y correctivos.

El presente Trabajo tiene por objeto describir la solución que se presentó, la cual incluyó la selección de la bomba, calculo, selección y construcción del

nuevo sistema de tuberías de trasiego con sus circuitos de llenado, descarga, seguridad y ecualización de presión, trabajo que fue realizado por la autora.

Adicionalmente se presentó el cálculo para la reubicación de las columnas de apoyo y cambio de la suspensión neumática del Semitráiler, trabajo que fue contratado y realizado por la empresa INEM C.A. pero que al ser parte del proyecto, se presentó en el Apéndice [G] de este Trabajo.

El rediseño contempló mantener la ubicación original del gabinete de tuberías bajo el tanque del Semitráiler; pero se modificó el recorrido y se reemplazaron las bombas originales, una de las cuales era una bomba accionada por el sistema hidráulico del cabezal del Semitráiler, mientras que la otra era una bomba eléctrica de desplazamiento positivo con un motor de 440 V y 50 Hz.

Finalmente se realizó un análisis de costos del proyecto, en donde se determinó que el costo de la repotenciación del Semitráiler fue el 47% del costo de adquirir un Semitráiler nuevo. Con esta inversión se aumentó la capacidad de distribución del LIC en un 40.7% y mejoró en un 20% el tiempo de respuesta de entrega de producto, mejorando el nivel de servicio al cliente y favoreciendo el incremento en las ventas.

El tiempo requerido para poner en operación el Semitráiler fue de dos meses y diez días versus los doce meses que se estimó tardaría la importación de un Semitráiler nuevo. El equipo se encuentra en operación desde Julio del 2013.

Palabras claves: CO₂, Dióxido de Carbono, sistema de trasiego, repotenciación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE PLANOS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.GENERALIDADES.....	4
1.1. Descripción general y propiedades químicas del dióxido de carbono	4
1.2. Fabricación del Dióxido de Carbono.....	5
1.3. Aplicaciones, manejo y almacenamiento.....	12
1.4. Riesgos en el manejo de dióxido de carbono líquido.....	15
1.5. Descripción del funcionamiento del Semitráiler de dióxido de carbono líquido (LIC).....	18
1.6. Antecedentes y presentación del problema.....	22
1.7. Normas aplicables en el desarrollo del trabajo.....	25
CAPITULO 2.REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRASiEGO.....	26
2.1. Desmantelamiento del tanque para su diagnóstico	26
2.2. Revisión y determinación del sistema existente	29
2.3. Diseño del sistema de carga y descarga de Dióxido de Carbono líquido.....	45

2.4. Selección de tuberías y accesorios	46
2.5. Selección de válvulas de corte y de seguridad	48
2.6. Cálculo de NPSH del nuevo sistema	51
2.7. Selección de la Bomba	63
2.8. Modelado en 3D del sistema propuesto.....	67
CAPITULO 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	70
3.1. Implantación final	70
3.2. Cronograma de trabajo	82
3.3. Consideraciones de operación del Semitráiler con el nuevo sistema de trasiego.....	86
3.4. Análisis de Costos	92
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
APENDICES	
BIBLIOGRAFIA	

ABREVIATURAS

LIC	Dióxido de Carbono Líquido
Ton.	Toneladas
Kg	Kilogramo
Kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
KW	Kilo vatio
MPa	Mega pascales
Psig.	Libra por pulgada cuadrada manométrica
Bar	bar
mm	milímetro
MIG/MAG	Proceso de soldadura con gas de protección
TIG	Proceso de soldadura con electrodo de Tungsteno
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
SCHD	Cédula, espesor de pared de tubería
V	Voltio
A	Amperio
Hz	Hertz
NPSH	Cabezal de succión neta positiva
GPM	Galones por minuto
RPM	Revoluciones por minuto
HP	Caballos de fuerza
DIN	Norma de la Industria Alemana
PTFE	Teflón, Politetrafluoroetileno
P&ID	Diagrama de tuberías e instrumentación
TLV	Valor umbral límite de exposición a una sustancia
PEL	Límite de exposición permisible a una sustancia
m.c.a.	Metros de columna de agua.

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
SDS	Safety Data Sheet.
Numero CAS	Identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones.

SIMBOLOGÍA

CO_2	Dióxido de Carbono
$^{\circ}\text{C}$	Grado centígrado
O_2	Oxígeno
$^{\circ}\text{F}$	Grado Fahrenheit
pH	Medida de acidez de una solución
$\emptyset$	Fases
t	Temperatura
Q	Caudal
h_s	Altura de aspiración estática
h_t	Altura de descarga estática
r	Radio
H_s	Cabezal de succión
H_t	Cabezal de descarga
h_{fs}	Pérdida de carga total en la succión
h_{ft}	Pérdida de carga total en la descarga
h_v	Pérdidas de presión debido a válvulas
h_p	Pérdidas de presión debido a tuberías
p_1	Presión absoluta en la succión
p_2	Presión absoluta en la descarga
p_v	Presión de vapor
ξ	Coeficiente de pérdidas por rozamiento accesorios
ρ	Densidad
g	Constante de gravedad
λ	Coeficiente de pérdidas en tuberías rectas
K	Coeficiente de pérdidas debido a depósitos

Q_d	Caudal de descarga real de la bomba
Q_r	Capacidad nominal de descarga de la bomba
P_d	Presión diferencial contra la que se bombea
HP	Potencia requerida para la bomba
N_d	Velocidad real del eje de la bomba
N_r	Velocidad nominal del eje de la bomba
F_s	Factor de deslizamiento.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Ubicación de las principales fuentes Termales en Ecuador.....	8
Figura 1.2.	Esquemático de producción de Dióxido de Carbono Líquido... ..	9
Figura 1.3.	Diagrama de Flujo del proceso de trasiego desde el Semitráiler hasta el tanque del cliente.....	21
Figura 1.4.	Esquemático de operación de Semitráiler CO2 22 Ton	23
Figura 2.1.	Vista interior del tanque de Semitráiler CO2 22 Ton.....	29
Figura 2.2.	Vista lateral del semitráiler objeto del presente trabajo.....	30
Figura 2.3.	Detalle de nomenclatura dada a las bridas y su posición.....	31
Figura 2.4.	Foto de gabinete de valvulería inferior del tanque, detalle de las válvulas principales 2 y 4 (mango amarillo).....	33
Figura 2.5.	Detalle de la ubicación de las válvulas de rebose o Trycock	34
Figura 2.6.	Foto de gabinete de valvulería inferior del tanque, detalle de la bomba hidráulica.....	36
Figura 2.7.	Vista posterior del gabinete con detalle de las dos bombas	36
Figura 2.8.	Abajo a la izquierda se observa una de las válvulas neumáticas que daban servicio a las bombas, abajo a la derecha con carcasa azul, la bomba eléctrica.....	38
Figura 2.9.	Detalle de válvulas de seguridad, manómetros e indicador de nivel.....	39

Figura 2.10. Vista frontal del gabinete con las dos bombas en primer plano y las tomas X3 y X6.....	40
Figura 2.11. Detalle del panel de instrumentos.....	41
Figura 2.12. Detalle de botoneras de mando de bomba eléctrica, válvula de accionamiento de bomba hidráulica y medidores de nivel y presión del tanque y bomba respectivamente.....	42
Figura 2.13. Detalle del gabinete de descarga posterior.....	43
Figura 2.14. Tablero eléctrico de fuerza y control.....	44
Figura 2.15. Hoja técnica del tipo de válvula de corte seleccionada.....	49
Figura 2.16. Arreglo de válvulas de seguridad.....	50
Figura 2.17. Muestra la velocidad del fluido en función del caudal y el diámetro de la tubería.....	52
Figura 2.18. Coeficientes de pérdidas por rozamiento.....	54
Figura 2.19. Pérdida de carga en válvulas y accesorios.....	55
Figura 2.20. Pérdida de carga en las tuberías.....	56
Figura 2.21. Pérdidas debidas a los depósitos en tuberías.....	58
Figura 2.22. Vista lateral posterior izquierda de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....	67
Figura 2.23. Vista lateral frontal derecha de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....	68
Figura 2.24. Vista lateral izquierda de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....	68

Figura 2.25. Vista de la toma posterior de llenado modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....	69
Figura 3.1. Instalación de la nueva bomba Smith MC-3.....	72
Figura 3.2. Ubicación de la bomba y válvulas V2 y V4.....	72
Figura 3.3. Vista de la instalación de las válvulas V2 y V4.....	73
Figura 3.4. Instalación de las tuberías de descarga.....	73
Figura 3.5. Instalación de las tomas de llenado y descarga.....	74
Figura 3.6. Vista de la instalación del flujómetro.....	75
Figura 3.7. Tramos de succión y descarga de la bomba.....	76
Figura 3.8. Vista de la válvula de habilitación del gabinete posterior.....	76
Figura 3.9. Vista de la válvula de globo Herose seleccionada.....	77
Figura 3.10. Conexiones entre tuberías internas.....	78
Figura 3.11. Vista lateral del Semitráiler luego del trabajo de pintura.....	79
Figura 3.12. Vista del panel eléctrico nuevo.....	80
Figura 3.13. P&ID de implantación final del ST CO2 22 ton.....	81
Figura 3.14. Diagrama de Gantt del Proyecto.....	84
Figura 3.15. Ruta crítica del proyecto.....	85
Figura 3.16. Esquema de válvulas de tanque de cliente.....	87
Figura 3.17. Esquema de válvulas en tanque de Semitráiler.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sintomas de exposición a diferentes concentraciones de CO ₂ en el aire.....	16
Tabla 2. Detalle de la tabla adjunta al diagrama esquemático de operación de ST CO ₂ 22 Ton.....	24
Tabla 3. Conexiones bridadas del tanque y su ubicación interior.....	32
Tabla 4. Tabla de presión de trabajo admisible en Kg/cm ² para tubería de Acero inoxidable en distintos diámetros.....	47
Tabla 5. Capacidad nominal de descarga de bombas Smith MC-3.....	62
Tabla 6. Capacidades nominales de transferencia de bombas Smith..	64
Tabla 7. Factor de deslizamiento (F_s).....	65
Tabla 8. Presupuesto de Semitráiler nuevo vs Repotenciación.....	93

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Vista isométrica de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....Apéndice A

Plano 2. Vistas lateral, superior y frontal de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego.....Apéndice B

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de Dióxido de Carbono líquido- CO_2 - en las plantas embotelladoras de gaseosas a nivel nacional, condujeron a que una empresa ecuatoriana productora de este gas decida incrementar su flota de transporte de CO_2 líquido para aumentar las frecuencias de despacho; sin embargo, solicitar mediante un pedido a la fábrica un Semitráiler nuevo implica un tiempo de espera estimado de 12 meses debido a que la construcción se efectúa bajo pedido.

Ante este escenario, la empresa decidió realizar la compra de un Semitráiler usado (de segunda mano) que se encontraba operando en perfectas condiciones en Alemania, pero para las instalaciones locales representa incrementar el riesgo de errores en la operación al diferir su distribución de valvulería y operación a los Semitráiler de la flota local.

El presente trabajo consiste en la Repotenciación de este Semitráiler de segunda mano.

En el capítulo 1 de este trabajo, se describirán los diferentes procesos de obtención del dióxido de carbono, así como sus propiedades y riesgos durante su manejo y almacenamiento.

El riesgo mayor al que se enfrenta el operador de un Semitráiler es el de no sobrellenar el tanque puesto que hay que mantener la presión de la fase gaseosa del mismo por encima del punto triple (5,2 bar a. y -56.6 °C) durante todo el tiempo, tanto durante la operación de llenado como durante la operación de descarga, para evitar la solidificación de la fase líquida y adicionalmente realizar la presurización adecuada de las mangueras para evitar la formación de tapones de CO₂ sólido (conocido como hielo seco) que podrían provocar la explosión de la manguera de acero para trasiego.

En el capítulo 2 se verificará la revisión y diagnóstico del estado inicial del Semitráiler, así como el diseño del nuevo sistema de trasiego, selección y cambio de bomba, considerando los equipos (bomba y valvulería) al que están habituados los operadores para de esta manera minimizar la ocurrencia de incidentes y/o accidentes durante la operación del Semitráiler. La selección y diseño de lo indicado arriba fue realizado por la autora del presente trabajo, además se necesitó la participación de la empresa INEM C.A. para el estudio y modificación de los soportes de la estructura del Semitráiler.

En el capítulo 3 se realiza la presentación de los resultados luego de las readecuaciones que se hicieron en base a los diseños planteados en este trabajo, cuyo tiempo de ejecución fue de 3 meses incluido el traslado del

equipo desde Alemania; el Semitráiler se encuentra totalmente operativo en la empresa mencionada desde el mes de Julio del 2013 hasta la presente fecha.

Esto permitió incrementar el despacho en un 40.7%, se mejoró los tiempos de atención al cliente en un 20% con respecto a la flota anterior a la ejecución de este trabajo, y se obtuvo un ahorro del 51.4% con respecto a la opción de compra de un Semitráiler nuevo.

El capítulo 4 presenta las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

En este capítulo se detallan los diferentes procesos de obtención del dióxido de carbono líquido, así como sus propiedades, aplicaciones, y riesgos en manejo y almacenamiento.

1.1. Descripción general y propiedades químicas del Dióxido de Carbono

El Anhídrido Carbónico o Dióxido de Carbono es un gas resultante de la combinación de dos cuerpos simples: el carbono y el oxígeno. Se produce por la combustión del carbón o los hidrocarburos, la

fermentación de los líquidos y la respiración de los humanos y de los animales.

Presente en proporción débil en la atmósfera, es asimilado por las plantas, que por su parte retornan Oxígeno mediante el proceso de la fotosíntesis. La fotosíntesis consume 5×10^{14} Kg anualmente mientras que la combustión de combustibles fósiles aporta 0.07×10^{14} Kg a la atmósfera anualmente. En resumen, el CO_2 es un gas de olor ligeramente picante, incoloro y 1.4 veces más pesado que el aire. No es esencial para la vida, se solidifica a temperatura de $-78,5^\circ\text{C}$, formando nieve carbónica.

A presión atmosférica y -78°C se sublima. Un kg de dióxido de carbono solidificado tiene la capacidad refrigerante de 2 Kg de hielo ordinario. En solución acuosa, el gas crea el ácido carbónico que es muy inestable para ser aislado de forma sencilla.

El CO_2 puede reaccionar violentamente con bases fuertes, especialmente a altas temperaturas.

Se puede obtener Bicarbonato de Amonio, cuando el CO_2 reacciona con una solución de amoníaco diluido.

De igual manera se obtiene Carbonato de Amonio cuando el CO_2 reacciona con Anhídrido de Amonio o una solución concentrada de amoniaco.

La Urea, que es un importante fertilizante, se forma cuando se evapora el agua de esta dilución a $190\text{-}195^\circ\text{C}$ y 23 MPa.

1.2. Fabricación del Dióxido de Carbono.

Existen diversos métodos para la obtención del CO_2 en la industria, entre los principales se menciona:

De productos de residuo de combustión.-

El CO_2 se obtiene a partir de productos de desecho de la combustión de compuestos de carbón en oxígeno.

Una de sus fuentes es la mezcla de gases que se forma cuando de quema etileno en oxígeno.

Esta mezcla es obtenida a gran escala en las plantas de manufactura de óxido de etileno.

Por fermentación.-

La fermentación alcohólica es un proceso biológico de fermentación en ausencia de aire (oxígeno - O_2), originado por la actividad de algunos

microorganismos que procesan los hidratos de carbono (en general azúcares) para obtener como productos finales: un alcohol en forma de etanol, dióxido de carbono (CO_2) en forma de gas y unas moléculas de ATP que consumen los propios microorganismos en su metabolismo celular energético anaeróbico.

El etanol resultante se emplea en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, la sidra, el cava, etc. Mientras que el CO_2 es captado como un subproducto para su posterior procesamiento.

Captación de fuentes de aguas termales.-

El CO_2 natural se capta en el valle de Machachi en nuestro país, que está ubicado a 40 km al sur de Quito. Machachi es un valle altamente rico en recursos naturales, tiene un suelo de origen volcánico con una capa arable muy profunda, rica en materia orgánica y con abundante agua, proveniente de sus páramos y volcanes cercanos (Cotopaxi, Pasochoa, Ilinizas, Rumiñahui).

De hecho, la fuente de agua mineral más famosa del Ecuador tiene su origen en Machachi, junto al Colegio Genoveva Germán, y en la propia hacienda Puichig existen zonas donde brota del subsuelo Dióxido de Carbono que se capta mediante campanas en las fuentes y se

traslada mediante tubería y estaciones de bombeo hasta la planta donde se lo procesa para obtenerlo en estado líquido.

En la figura 1.1 se muestra un mapa de ubicación de las principales fuentes de CO₂ nuestro país.



Figura 1.1. Ubicación de principales fuentes de aguas termales en el Ecuador

Fuente: Pastoral Social Cáritas Quito

El proceso de filtración y purificación una vez obtenido el CO_2 por cualquiera de los métodos anteriormente anotados, se muestra en la Figura 1.2, en la cual se aprecia las partes principales de una planta productora.

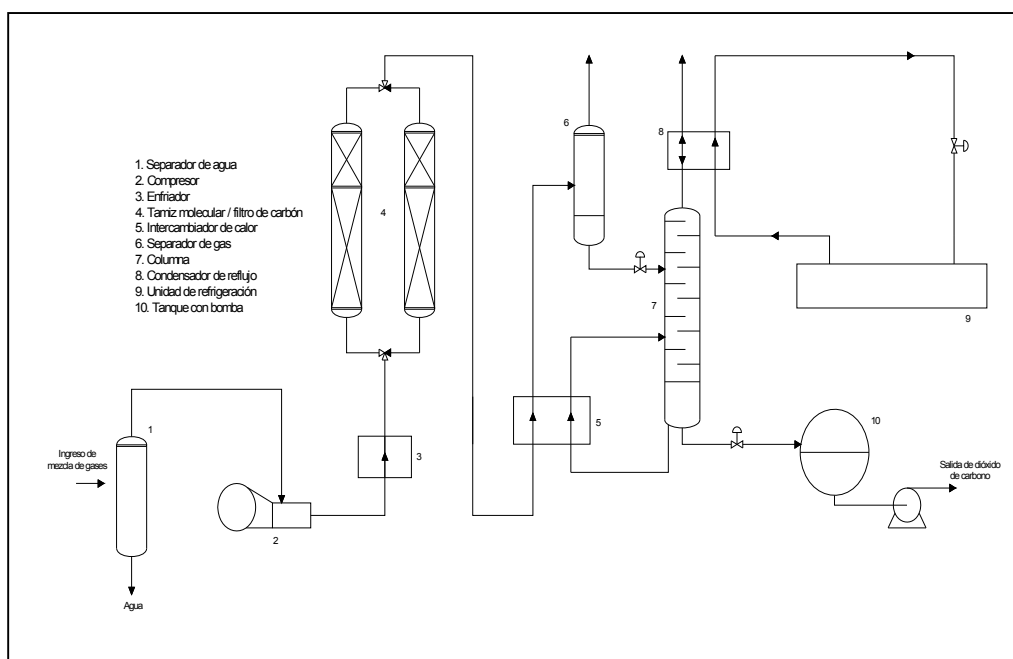


Figura 1.2. Ilustración esquemática de producción de dióxido de carbono líquido

Fuente: Aga Gas Handbook
 Elaborado por: Aga AB Kersti Ahlberg.

Al inicio del proceso, el gas captado pasa a través de un secador y un compresor, para posteriormente ser enfriado.

La humedad, olores y posibles sabores, se remueven en dos unidades de tanques presurizados que contienen tamiz molecular y filtro de

carbón. Estos dos tanques filtros se disponen en paralelo, de tal manera que mientras uno trabaja, el otro se regenera, es decir se remueve la humedad y contaminantes de los filtros.

Posteriormente, el gas se enfría en un intercambiador de calor, el cual condensa el dióxido de carbono hasta su estado líquido antes de ingresarlo a un separador de gases, en donde se remueven oxígeno, nitrógeno, argón y metano.

Del separador de gas, el dióxido de carbono ingresa a una columna de destilación donde es purificado. El gas se condensa en el condensador de reflujo y luego baja por la columna. El condensador de reflujo es enfriado mediante un sistema de refrigeración por amoníaco. En caso de que el dióxido de carbono tenga trazas de etileno por su proceso de obtención, el condensado que desciende de la columna es separado del mismo cuando el etileno asciende por diferencia de densidades junto con el dióxido de carbono en estado gaseoso que ingresa al proceso. El CO₂ purificado y en estado líquido es retirado del fondo de la columna y almacenado en un tanque.

El producto en estado líquido se distribuye en Ecuador a través de una flota de Semitráiler con tanques aislados térmicamente con poliuretano expandido hasta las estaciones de llenado donde se cargan los cilindros a una presión de 6 MPa (60 bar, 870 psig) por peso debido a que el CO₂ es un gas condensable, para aplicaciones tan diversas como: uso en cirugías laparoscópicas, como gas de protección en mezclas con argón para procesos de soldadura, uso en laboratorios de cromatografía, etc, o hasta los grandes consumidores del CO₂ en estado líquido, que son las plantas embotelladoras de bebidas gaseosas.

Un porcentaje de la producción del CO₂ se destina a la elaboración de hielo seco que se forma cuando al CO₂ líquido se le permite expandirse a presión atmosférica. Para producción comercial, el dióxido de carbono es normalmente expandido hasta 0.7 MPa (7 bar, 101.5 psig) a menos de -46°C (-51°F). El gas liberado es recomprimido y el hielo formado en bloques de 40 Kg se forma en una prensa hidráulica.

1.3. Aplicaciones, manejo y almacenamiento.

El CO₂ se almacena y transporta en estado sólido o líquido. En estado sólido se distribuye frecuentemente en forma de bloques en empaques de cartón o en cajas con termo-aislamiento. En estado sólido, el CO₂ no debe almacenarse en recipientes cerrados sin que estos cuenten con una válvula de seguridad.

En grandes cantidades, el CO₂ en estado líquido se almacena y suministra al cliente en termos y tanques estacionarios que pueden estar aislados con poliuretano expandido, en cuyo caso el tanque cuenta con una unidad de refrigeración la misma que tiene su evaporador dentro del tanque en la fase gaseosa para de esta manera condensar el gas y mantener la presión dentro de los rangos permisibles al interior del tanque.

Una unidad de refrigeración con 1,5 Kw de capacidad puede mantener 12 Ton de CO₂ en equilibrio termodinámico si el tanque está aislado apropiadamente.

También se almacenan pequeñas cantidades de CO₂ en estado líquido en cilindros de gas a temperatura ambiente y 6 MPa (60 bar, 870 psi). Las presiones de prueba para los cilindros y su grado de

llenado permitido están regidos por las normas NTE INEN 2049:1995 “Cilindros para gases a alta presión” y es producido, almacenado y distribuido de acuerdo a la NTE INEN 2377 “Dióxido de Carbono. Requisitos”. Ver apéndices [I][J]

Entre las principales aplicaciones en las que se usa CO₂ se puede listar las siguientes:

Industria de Alimentos

El CO₂ es utilizado ampliamente en el sector alimenticio. Entre sus principales aplicaciones podemos citar:

- La carbonatación de bebidas gaseosas, como las sodas, el agua mineral o la cerveza.
- En el acondicionamiento de productos alimenticios, sus propiedades de inertización y bacteriológicas se combinan bien con las del nitrógeno y aumenta la duración de los alimentos.
- Como fluido criogénico en las operaciones de enfriamiento o de congelación o como nieve carbónica para la regulación de temperaturas durante la distribución de productos alimenticios.
- La cafeína se remueve del café por el CO₂ en estado supercrítico.

Industria Química

El Dióxido de carbono es utilizado en química para el control de la temperatura en reactores, también se utiliza en neutralización de efluentes alcalinos.

El Dióxido de Carbono se utiliza en condiciones supercríticas para purificación o para operaciones de teñido de polímeros, fibras animales o vegetales.

Área Medicinal

El CO₂ produce una atmósfera similar a las condiciones fisiológicas durante la manipulación de órganos artificiales.

Es utilizado en mezcla con el aire o el oxígeno como estimulante para mejorar la aireación del sistema respiratorio. Sirve además, en la dilatación quirúrgica para la realización de laparoscopia abdominal.

Industria Farmacéutica

El CO₂ es utilizado en inertización, síntesis química, extracción con fluidos supercríticos, neutralización (pH) de aguas residuales o de proceso y transporte a baja temperatura (-78°C ó -108°F).

Procesos de Soldadura

El CO₂ se usa a gran escala como gas de protección en procesos de soldadura MIG/MAG, donde el gas protege el charco de soldadura contra la oxidación por el aire que la rodea. Comúnmente se lo mezcla con Argón para mejorar la soldabilidad y reducir la necesidad de tratamientos posteriores a la suelda.

1.4. Riesgos en el manejo de dióxido de carbono líquido.

Existen diversos riesgos asociados a la exposición del CO₂, entre los cuales se puede anotar:

Riesgos por inhalación.-

El dióxido de carbono es absorbido por la sangre a través de los pulmones y, hasta cierto punto, a través de la piel también.

A concentraciones moderadas, estimula el sistema respiratorio. Los efectos del dióxido de carbono no son evidentes hasta que el CO₂ desplaza suficiente oxígeno como para producir una deficiencia del mismo, lo cual inducirá a síntomas adversos.

Los síntomas asociados a la inhalación de aire con altas concentraciones de CO₂ varían de acuerdo a la concentración del

mismo, tal como se indica en la Tabla 1, la cual se extrajo de la Hoja de Seguridad MSDS de Dióxido de Carbono Líquido de Linde, detallada en el Apéndice [C]:

Tabla 1.
Síntomas de exposición a diferentes concentraciones de CO₂ en el aire.

Concentración	Sintomatología	
2% CO2	50 % de incremento de la frecuencia respiratoria	
3% CO2	100 % de incremento de la frecuencia respiratoria	
5% CO2	300 % de incremento de la frecuencia respiratoria	
8 -10% CO2	Dolor de cabeza después de 10 a 15 minutos, mareos, zumbido en los oídos, incremento de la presión arterial, incremento de el pulso, excitación y náusea	
10 - 18% CO2	Después de pocos minutos, calambre y espasmos similares a ataque epiléptico, pérdida de conciencia y shock (descenso abrupto de la presión sanguínea). La víctima se recupera rápidamente en aire fresco.	
18 - 20% CO2	Coma y muerte súbita	
Composición / Información sobre los componentes		
COMPONENTE	% MOLAR	NUMERO CAS
Dióxido de carbono	99.9-99.996%	124-38-9
LIMITES DE EXPOSICIÓN		
ACGIH	TLV: 5000 ppm PEL: 30000 ppm	
OSHA	TLV: 5000 ppm PEL: 30000 ppm	

Fuente: SDS Dióxido de Carbono Linde. Ver Apéndice C

Riesgos por contacto.-

El LIC a presión atmosférica hierve muy rápidamente y deja un residuo sólido, en forma de hielo seco, el cual tiene una temperatura de -78°C (-108°F).

La baja temperatura combinada con un alto calor latente de vaporización, le dan al hielo seco su excelente propiedad refrigerante, la cual puede provocar también severas quemaduras por congelamiento.

Consideraciones de seguridad importantes:

El gas frío de CO_2 es más pesado que el aire por lo que tiende a acumularse en espacios bajos y confinados, por lo tanto se debe evitar trabajar en lugares de este tipo. En todos los casos, se debe proveer ventilación adecuada en los recintos en donde se trabajará con CO_2 .

En caso de una fuga grande de LIC, la neblina que se forma en contacto con aire con altas concentraciones de humedad es muy densa, adicionalmente el olor de el CO_2 es muy débil para detectar por olfato concentraciones peligrosas.

Solo se debe ingresar a un recinto donde previamente hubo una fuga importante, o almacenaje de hielo seco en grandes cantidades, con un equipo auto-contenido de respiración, y analizar la concentración del CO₂ con un equipo de medición apropiado antes de permitir el paso a todo el personal.

Las personas que colapsan por envenenamiento por CO₂ deben ser llevadas al aire fresco inmediatamente por personal de rescate que utilice equipo de respiración auto-contenido, y ser trasladadas al centro de salud más cercano.

1.5. Descripción del funcionamiento del Semitráiler de Dióxido de Carbono Líquido (LIC)

Las actividades principales del proceso de llenado o descarga de un Semitráiler de LIC se pueden resumir en los pasos descritos a continuación y representados en el Diagrama de Flujo del proceso de trasiego de producto desde el Semitráiler a un tanque estacionario de cliente, de la Figura 1.3:

Revisar el tanque del cliente y conectar las mangueras.- Hay que asegurarse que las tomas y acoples de las mangueras se encuentran

limpios y en buen estado, una vez verificado esto se procederá a conectar las mangueras.

Purga de las mangueras, igualar las presiones de los tanques y presurizar el sistema.- Se realiza la purga con gas en ambas mangueras (fase líquida y fase gaseosa), las cuales se conectan entre sí a través de una válvula de ecualización de presión, se cierran las válvulas de purga y así se tiene presurizados todo el sistema de tuberías.

Enfriar la bomba.- La bomba deber encenderse dando pulsos de arranque cortos de 3 a 5 segundos, recirculando el líquido desde el fondo y hacia el interior del Semitráiler. Es importante llevar a cabo adecuadamente este procedimiento para preparar a la bomba para el trasegado del producto y así evitar daños por esfuerzos térmicos en la bomba. Una forma práctica de verificar que la bomba esta fría es cuando su carcasa se llena de escarcha de hielo totalmente.

Iniciar, vigilar y detener la operación de llenado.- Una vez enfriada correctamente, se activará la bomba verificando los niveles iniciales tanto del Semitráiler como del tanque estacionario que recibe el LIC.

Es imprescindible mantener la presión tanto del Semitráiler como del tanque estacionario por encima de los 10 barg para evitar la formación de hielo seco en el interior de los mismos.

Se verifica finalmente a través de la válvula de rebose del tanque estacionario, que este se encuentra lleno a su nivel máximo, en este caso a través de la válvula de rebose se podrá verificar la salida de una mezcla de líquido y gas lo que nos indica que el tanque está lleno y debemos detener la bomba.

Despresurizar la manguera de líquido y todo el sistema.- Una vez apagada la bomba y cerradas las válvulas principales tanto del Semitráiler como del tanque estacionario, se usará nuevamente la válvula de ecualización para evacuar el remanente de la manguera de fase gas a través de las purgas y eliminar todo el líquido existente en tuberías y mangueras, de esta manera se evita la formación de tapones de hielo seco.

Con esto se logra despresurizar todo el sistema para posteriormente desconectar las mangueras y dar por concluido el trasiego de producto.

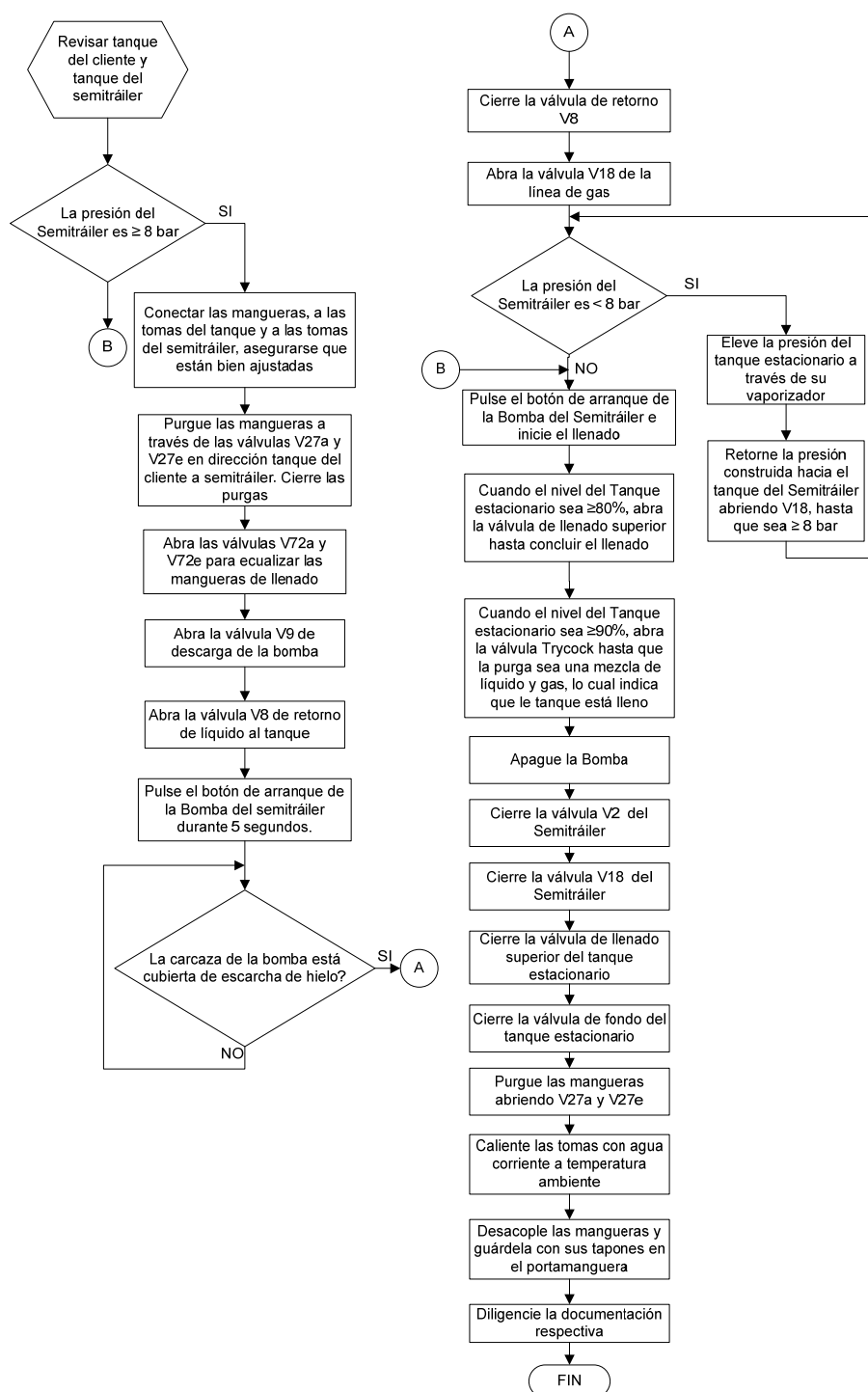


Figura 1.3. Diagrama de Flujo del proceso de Trasiego de producto desde el Semitráiler a un tanque estacionario.

Autor: Carolina Casal Q.

1.6. Antecedentes y presentación del problema.

Como ya se indicó al inicio de este trabajo, la necesidad de mejorar la logística de despacho de LIC, ante el incremento progresivo e importante de consumo de este gas en las plantas embotelladoras de gaseosas principalmente, llevó a la decisión de adquirir un Semitráiler de origen alemán, que además contaba con circuitos de tuberías y equipos adicionales a los que se utilizan en la empresa, nomenclatura de valvulería diferente, y adicionalmente por la antigüedad del equipo, carecía de válvulas de seguridad necesarias para evitar sobrepresiones por entrapamiento de líquido entre válvulas de corte, cabe indicar son los mínimos permisibles para la operación segura y eficaz del Semitráiler.

Ante esto, se analizó la configuración inicial con la que llegó el Semitráiler, que como único elemento informativo contaba con una placa que esquematiza la operación del Semitráiler mostrada en la Figura 1.4.

Tal como se puede apreciar en la Figura 1.4 el equipo inicialmente contaba con seis tomas de las cuales según el diagrama tres estaban conectadas a la fase líquida y tres a la fase gaseosa.

Sin embargo se presentó la dificultad de que ninguna de las válvulas traía su etiqueta o marquilla de identificación para contrastarlos con el gráfico indicado, por lo que no era sencillo deducir ciertas válvulas y se decidió ingresar a través del manhole al tanque para hacer una inspección visual y así determinar cada brida y válvula a que tubería interna correspondía.

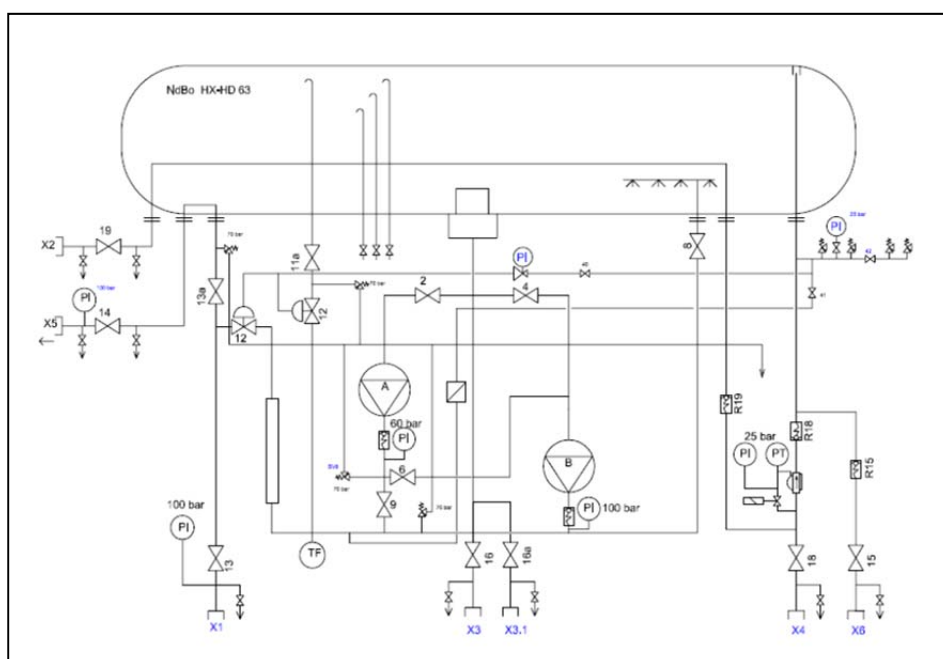


Figura 1.4. Esquemático de operación de Semitráiler CO2 22 Ton

Fuente: Placa instalada en el Semitráiler traducida del alemán al español

Elaborada por: Flow Hesstechnik

Tabla 2.

Detalle de la tabla adjunta al diagrama esquemático de operación del ST CO2 22 Ton

		Válvula cerrada																		
		Válvula abierta																		
		Válvula estrangulada																		
N°	FUNCIÓN	1	2	4	6	8	9	11	11a	12	13	13a	14	15	16	16a	18	19	Servicio a:	
1	Llenado del tanque con bomba externa + retorno de gas																		X3/X6	
2	Llenado del tanque con bomba A + retorno de gas																		X3/X6	
3	Llenado del tanque con bomba B + retorno de gas																		X3/X6	
4	Descarga frontal de producto frío	Depende de la operación de la bomba											Depende de la operación de la bomba							
5	Descarga a través de flujometro con bomba A																		X1	
6	Descarga a través de flujometro con bomba B																		X1	
7	Descarga a través del flujómetro con bomba A y B en serie																		X1	
8	Descarga a través del flujómetro con bomba A y B en paralelo																		X1	
9	Operación de descarga de gas (ver arriba)	Depende de la operación de la bomba																X1/X4		
10	Descarga posterior de fase gas	Depende de la operación de la bomba																	X2/X5	
11	Descarga posterior	Depende de la operación de la bomba																	X5	

Fuente: Placa instalada en el Semitráiler traducida del alemán al español.

Elaborada por: Flow Hesstechnik

Una vez realizada la inspección interior e identificación de las tuberías, así como la determinación en base a la tabla adjunta de cada uno de los procedimientos de operación de llenado y descarga del Semitráiler en cada caso detallado en la tabla, se realizó el diseño en base al estándar local, por ser éste el que se maneja a nivel regional para esta empresa.

1.7. Normas aplicables en el desarrollo del trabajo.

Para la realización de este trabajo se consideraron las siguientes normativas:

- Código ASME para tuberías a presión B31.3-2010 Tuberías de proceso.
- Selección de tubería ASTM A312 acero inoxidable sin costura SCHD 40.
- NFPA 55 Código para manejo de gases comprimidos y fluidos criogénicos. Ver Apéndice I
- NTE INEN 2377 “Dióxido de Carbono. Requisitos”. Ver Apéndice J

CAPITULO 2

2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRASIEGO

Como se había anotado anteriormente, fue necesario abrir el tanque con las consecuentes complicaciones potenciales que este procedimiento acarrea, a continuación se detallará todo el procedimiento realizado:

2.1. Desmantelamiento del tanque para su diagnóstico

Las principales complicaciones asociadas a la apertura del manhole de un tanque son las siguientes:

Riesgos de asfixia.- Este riesgo se evidencia para el personal que ingresa, por lo que se tomaron todas las precauciones utilizando un medidor de concentración de CO₂ previo al ingreso para determinar que los valores de CO₂ en el espacio confinado eran admisibles y adicionalmente se contó con dos equipos de respiración auto-contenida en caso de que se necesiten.

Ingreso de humedad ambiental al tanque, debido a que el tanque llegó sellado con nitrógeno gaseoso, y operaba en un clima y situación geográfica muy diferente al nuestro, esta ventaja de tenerlo seco por dentro se perdería al abrirlo.

Ingreso de partículas extrañas y suciedad en el tanque, a través del calzado y herramientas, para esto se debe trabajar con iluminación suficiente para realizar una limpieza integral del tanque interno posterior a los trabajos que se realicen en el interior del mismo.

Una vez analizados y tomadas las precauciones necesarias sobre los riesgos arriba mencionados, se procedió a retirar la carcasa de fibra de vidrio, que su vez cubría y protegía la capa de 15 cm de espesor de poliuretano expandido que cubría en su totalidad la superficie exterior del tanque para aislarlo térmicamente.

A continuación se retiró el poliuretano expandido para tener acceso a los pernos y poder desmontar la tapa del manhole.

Tal como se ve en la Figura 2.1 se pudo constatar que existía una conexión bridada desde el exterior que comunica con la fase gaseosa del tanque (en la Figura 2.1 se evidencia un tubo vertical que nace del fondo del tanque) y una conexión bridada con un sifón para evitar aspirar impurezas precipitadas en el fondo del tanque (Corresponde al tubo longitudinal horizontal en la fotografía).

También se encontró dos placas rompeolas internas en el tanque que a diferencia de los de los otros tanqueros con que cuenta esta empresa no están soldados sino empernados con tres álabes perfectamente diferenciables cada uno.

De igual manera se aprovechó para identificar cada una de las conexiones bridadas del tanque, puesto que algunas se interconectaban dentro del tanque y otras dentro del espesor de aislamiento de poliuretano expandido.



Figura 2.1. Vista interior del tanque de Semitráiler CO2 22 Ton

Autor: Carolina Casal Q

2.2. Revisión y determinación del sistema existente

Una vez concluida la inspección del tanque interno se identificó con una letra mayúscula del alfabeto cada una de las conexiones bridadas de acuerdo a la Figura 2.3, en donde las bridas se nombran de derecha a izquierda en orden alfabético desde la A hasta la K:



Figura 2.2. Vista lateral del Semitráiler objeto del presente trabajo

Autor: Carolina Casal Q.

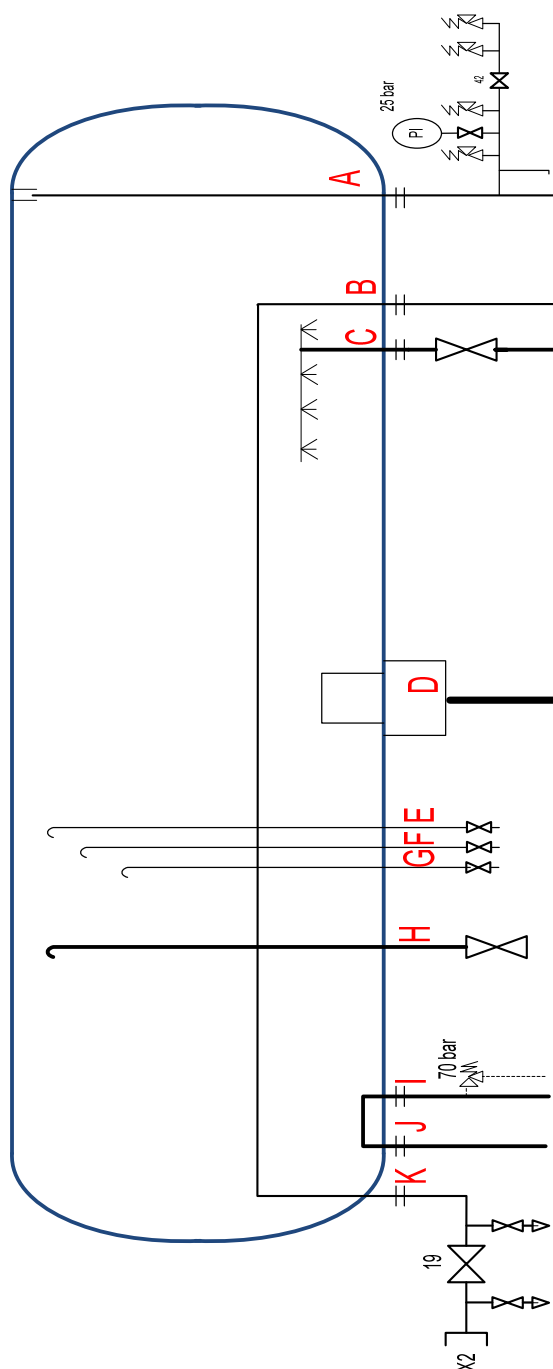


Figura 2.3. Detalle de nomenclatura dada a las bridas y su posición

Autor: Carolina Casal Q.

Con esta inspección interior del tanque se logró determinar cual tubería correspondía a la fase líquida o la fase gas del tanque, y adicionalmente se identificó las válvulas de llenado por rebose del tanque. En base a esta observación se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 3.

Conexiones Bridadas del tanque y su ubicación interior

Nombre de la Brida	Fase
A	Gas
B	Líquido
C	Gas
D	Líquido
E	Rebose
F	Rebose
G	Rebose
H	Gas
I	Líquido
J	Líquido
K	Líquido

Autor: Carolina Casal Q.

Con las conexiones totalmente identificadas, se procedió al desmontaje de las tuberías, válvulas e instrumentación, considerando que esta última se reutilizaría en el tanque puesto que llegó con sus certificados de calibración con fecha reciente.

A continuación en la Figura 2.4 se muestran fotografías de la tubería y valvulería del Semitráiler para CO₂ de 22Ton:



Figura 2.4. Foto de gabinete de valvulería inferior del tanque, detalle de las válvulas principales 2 y 4 (mango amarillo).

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 2.5. Detalle de la ubicación de las válvulas de rebose o Trycock

Autor: Carolina Casal Q.

Como se puede apreciar en la Figura 2.4 las válvulas originales eran válvulas de bola de 3 cuerpos, que a pesar de encontrarse operativas, y de ser especiales para uso de gases, se decidió cambiarlas debido a que por su ubicación, la avería durante operación del tanque representaría un riesgo de paralización de la operación y necesidad de vaciar el tanque para su reemplazo.

En la Figura 2.5 se ve el detalle de la ubicación y tipo de las válvulas de rebose o Trycock. Estas válvulas se conectan dentro del tanque a tuberías verticales, cuya longitud varía de acuerdo al nivel de llenado que el fabricante determinó en el diseño del tanque; en este caso las tres válvulas mostradas en la Figura 2.5 corresponden a los niveles de llenado de 80%, 85% y 90%. Durante la operación de llenado del Semitráiler se abre la válvula que corresponde al nivel de llenado requerido, para evidenciar la salida de líquido por la misma lo cual indica que el tanque está lleno a uno de los porcentajes indicados antes.

Estos porcentajes diferentes de llenado son útiles en viajes largos donde es preferible no llevar el tanque totalmente lleno y con esto manejar una cámara de gas más grande con lo que se evita la apertura de las válvulas de seguridad durante el viaje con la consecuente pérdida de producto.

En la Figura 2.6 se ve el grado de corrosión de la carcasa de una de las dos bombas originales, en este caso la que se acciona mediante conexión con el sistema hidráulico del cabezal (carcasa verde), y que cumplía su función en lugares remotos donde no existía acceso a energía eléctrica.



Figura 2.6. Fotos de gabinete de valvulería inferior del tanque, detalle de la bomba de hidráulica.

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 2.7. Vista posterior del gabinete con detalle de las dos bombas

Autor: Carolina Casal Q.

En la Figura 2.7 se puede ver una toma más amplia donde se aprecia la ubicación de las dos bombas originales.

En la Figura 2.8 se puede observar la ubicación de las válvulas con actuador neumático que para su funcionamiento tomaban la señal a través de un regulador desde la fase gas del tanque como referencia y que mediante su activación permitían hacer arreglos en serie y en paralelo de las dos bombas según se requería.

En esta figura también se puede observar (a la derecha con carcasa azul) la bomba eléctrica original de este Semitráiler y que no corresponde al tipo de bomba que se utiliza aquí en Ecuador, por lo que conservarla habría representado incrementar el inventario de repuestos para bombas en bodega, así como capacitación adicional al personal de mantenimiento criogénico encargado de hacer los mantenimientos preventivos y correctivos a las bombas y valvulería de los Semitráiler de la flota de la empresa.

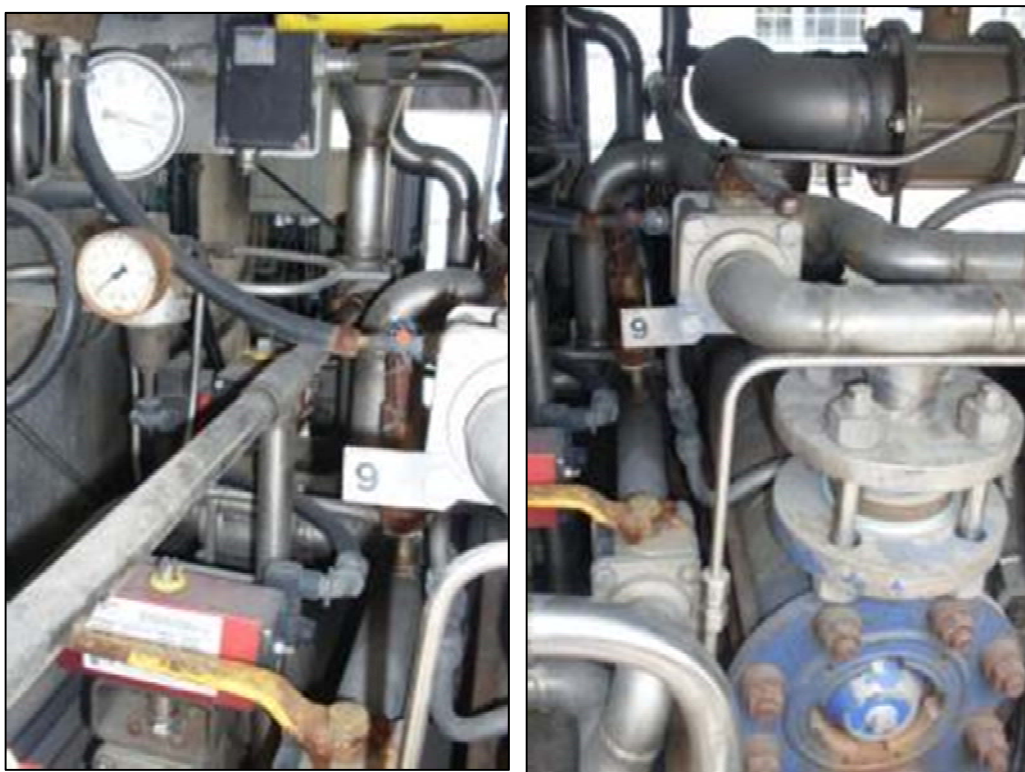


Figura 2.8. Abajo a la izquierda se observa una de las válvulas neumáticas que daban servicio a las Bombas, abajo a la derecha con carcasa azul, la bomba eléctrica.

Autor: Carolina Casal Q.

En la Figura 2.9, se puede observar parte de las válvulas de seguridad del sistema, de las cuales no se contaba con registros de calibraciones, y tampoco correspondían a la marca de la cual se cuenta con repuestos en bodega, adicionalmente se puede apreciar parte de la instrumentación como los manómetros de carátula instalados.



Figura 2.9. Detalle de válvulas de seguridad. Manómetros e indicador de nivel

Autor: Carolina Casal Q.

A continuación en la Figura 2.10, una vista frontal del gabinete, en donde se puede apreciar la implantación original de las dos bombas, así como la toma roscada de bronce correspondientes a fase líquida (X3) y fase gaseosa (X6).

De igual manera se puede observar parte de la cañería de acero inoxidable de para alta presión, realizado para la conexión de la instrumentación del Semitráiler.



Figura 2.10. Vista Frontal del Gabinete con las dos bombas en primer plano y las tomas X3 y X6

Autor: Carolina Casal Q.

En la Figura 2.11 se puede observar el panel de instrumentos, en donde se encuentran ubicados los manómetros de las bombas, la pantalla digital del indicador de nivel y finalmente el gabinete de acero inoxidable que contenía la impresora para la documentación de

despacho a los clientes, así como una luz auxiliar que iluminaba el gabinete.



Figura 2.11. Detalle del panel de instrumentos

Autor: Carolina Casal Q

En la Figura 2.12 que corresponde a la vista lateral izquierda de la Figura 2.11, se puede ver el indicador de nivel análogo de presión diferencial, cuyo manual se puede revisar en el Apéndice F; manómetros del tanque interno, y de las dos bombas en ese orden, así como la válvula de accionamiento del sistema hidráulico que activaba la Bomba B.

De igual manera se aprecia en la parte inferior izquierda de la figura la botonera de arranque, parada y parada de emergencia de la Bomba A (bomba eléctrica).



Figura 2.12. Detalle de botoneras de mando de Bomba eléctrica, válvula de accionamiento de Bomba hidráulica y Medidores de nivel y presión del Tanque y Bombas respectivamente

Autor: Carolina Casal Q.

En cuanto al gabinete posterior con el que este Semitráiler llegó originalmente, se decidió mantener esta configuración por las facilidades que prestaría al momento de realizar descargas por la parte posterior en lugares en los que las descargas laterales se

complican por tema de espacio disponible. Se puede verificar el estado en el que llegó en la Figura 2.13



Figura 2.13. Detalle del gabinete de descarga posterior

Autor: Carolina Casal Q.

Por último en la Figura 2.14 se puede observar el tablero eléctrico de Fuerza y Control de la Bomba eléctrica el cual llegó en perfectas condiciones, pero que fue necesario reemplazar totalmente debido a que estaba diseñado para una acometida eléctrica de 440 V, 3 ϕ y 50

Hz, y las acometidas eléctricas instaladas en los clientes son de 220 V, 3 ϕ y 60 Hz.



Figura 2.14. Tablero eléctrico de fuerza y control

Autor: Carolina Casal Q.

2.3. Diseño del sistema de carga y descarga de Dióxido de Carbono líquido

Con base en la determinación y ubicación de las conexiones existentes en el tanque del Semitráiler, y una vez que se definió que elementos se iban a recuperar y cuales era necesario cambiar no solo por tema de operatividad sino también por reducir el manejo de inventario de repuestos, se definió la configuración para el nuevo sistema de trasiego del Semitráiler de 22 Ton de capacidad:

En esta nueva configuración se realizaron los cálculos de la nueva tubería, tomando en consideración la posibilidad de utilizar el mismo tipo y dimensión de bomba eléctrica que utilizan los otros Semitráiler de la flota.

De acuerdo a esto nuestros datos de diseño, bajo los cuales trabajaría la Bomba son los siguientes:

Datos:

$$t = -29^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 15,89 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} @ 75 \text{ psid}, \text{ con motor de } 7\frac{1}{2} \text{ hp}$$

$$h_s = 0,90m$$

$$h_t = 1 m$$

Codos: radio de curvatura supuesto

$$r = 2d$$

Tuberías: tramo de succión: $2\frac{1}{2}$ pulg, 1,5 m

Tuberías: tramo de descarga: $2\frac{1}{2}$ pulg, 2 m

2.4. Selección de tuberías y accesorios

Para la realización de este trabajo se consideró utilizar tubería y accesorios de acero inoxidable A312 cédula 40 sin costura soldada en su totalidad.

Se seleccionó la tubería de estas características en base a la presión y temperatura de trabajo a la que estará sometida durante la operación de carga y descarga de producto.

A continuación se muestra en la Tabla 4 el detalle de la presión y temperatura de trabajo admisible en el tubo seleccionado:

Tabla 4.

Tabla de presión de trabajo admisible en Kg/cm² para tubería de acero inoxidable en distintos diámetros

Diám. nominal del caño	Sch. S N	Espesor de pared en mm.	Temperaturas de trabajo que no excedan de						
			29-38°C 20-100°F	93°C 200°F	204°C 400°F	260°C 500°F	316°C 600°F	399°C 750°F	482°C 900°F
1/2"	5	1.65	161	142	117	107	99	89	80
	10	2.1	208	185	151	139	129	116	104
	40	2.8	329	292	239	220	203	182	165
	80	3.75	460	409	335	307	287	255	231
3/4"	5	1.65	127	113	91	85	78	71	64
	10	2.1	164	146	119	109	102	97	82
	40	2.9	268	239	195	179	166	149	135
	80	3.9	377	335	275	251	233	209	189
1"	5	1.65	100	89	73	67	62	56	50
	10	2.8	173	153	125	115	106	96	86
	40	3.4	251	223	182	168	155	140	126
	80	4.5	347	308	253	232	215	192	172
1 1/4"	5	1.65	79	70	57	52	49	44	40
	10	2.1	135	120	98	90	83	75	68
	40	3.5	207	184	151	138	128	115	104
	80	4.9	289	256	210	192	178	160	144
1 1/2"	5	1.65	69	61	50	46	42	38	34
	10	2.8	117	104	85	78	73	65	59
	40	3.7	186	172	135	124	115	103	93
	80	5	262	233	191	175	162	145	131
2"	5	1.65	54	49	40	36	33	30	27
	10	2.8	93	83	68	62	57	52	47
	40	4	156	139	114	104	97	87	78
	80	5.5	226	201	165	151	140	125	114
2 1/2"	5	2.1	58	51	42	38	35	32	29
	10	3	84	75	61	56	52	47	42
	40	5.5	171	152	125	114	106	95	86
	80	7	237	211	173	159	147	132	119
3"	5	2.1	47	42	34	31	29	26	23
	10	3	69	61	50	46	42	38	34
	40	5.5	149	132	109	99	92	83	75
	80	7.65	211	187	153	140	130	116	105
3 1/2"	5	2.1	41	37	30	27	25	23	20
	10	3	62	53	44	40	37	33	30
	40	5.75	135	121	99	90	84	76	68
	80	8.1	194	173	142	130	120	108	91
4"	5	2.1	37	32	26	24	22	20	18
	10	3	53	47	39	35	33	29	26
	40	6	126	112	92	84	78	70	63
	80	8.6	182	162	132	121	113	101	97
5"	5	2.8	39	34	28	26	24	21	19
	10	3.5	48	42	35	32	29	26	24
	40	6.5	111	96	80	73	69	62	55
	80	9.5	163	145	118	109	101	90	82
5 1/2"	5	2.8	32	29	23	21	20	18	16
	10	3.5	40	35	29	26	24	22	20
	40	7.1	100	89	73	67	62	56	50
	80	11	158	140	115	105	97	87	79
8"	5	2.8	25	22	18	16	15	14	12
	10	3.75	34	30	24	22	21	19	17
	40	8.2	88	78	64	59	54	49	45
	80	12.7	140	124	102	93	86	77	70
10"	5	3.4	24	21	18	16	15	13	12
	10	4.2	30	27	22	20	18	16	17
	40	9.3	80	71	59	54	50	45	45
	80	12.7	111	99	80	74	69	61	70
12"	5	4	25	22	18	17	15	14	12
	10	4.5	28	24	0	18	47	15	14
	40	9.5	69	61	50	76	42	38	34
	80	12.7	93	83	68	62	57	52	47

Fuente: Aceros inoxidables, guía de productos
Elaborado por: Thyssenkrupp Fortinox S.A.

2.5. Selección de válvulas de corte y de seguridad

Como ya se había indicado anteriormente la totalidad de las válvulas de corte existentes en el modelo original eran válvulas tipo bola de tres cuerpos en acero inoxidable, sin embargo se consideró en el nuevo diseño cambiarlas por válvulas de globo en bronce, para uso criogénico, debido a que este tipo de válvula presenta ventajas tales como:

- Cierre y apertura más lento con lo cual se evitaría el fenómeno de golpe de ariete en las tuberías,
- Adicionalmente al ser los acoples de bronce el reemplazo eventual o reparación se torna más simple, puesto que se limita a la construcción de los mismos en el torno de la empresa;
- Otra ventaja es que se cuenta con stock de repuestos de todas las medidas de este tipo de válvulas, al ser de uso habitual en la flota de Semitráiler.

Como única desventaja se puede anotar el riesgo de intercambio entre una válvula usada para CO₂ y otra usada para Oxígeno puesto que esto representa un riesgo de explosión.

Esto último se debe a que el CO₂ es un excelente solvente y se conoce que en su obtención es posible encontrar trazas de hidrocarburos, los cuales al contacto con el oxígeno reaccionan

violentamente causando daños a los equipos y potencialmente a los operadores también.

A continuación en la Figura 2.15 se muestra la hoja técnica de las válvulas seleccionadas, la cual se puede ver con detalle en el Apéndice D:

Globe Valves
Type 01301 - Globe Valve

Cryogenic-Globe and Globe/Check Valves, PN50

Bronze body and topwork
"live loaded" gland packing
"cleaned and degreased for oxygen service"

Part No. 01301.X.0008
Part No. 01301.X.5008 Globe/Check Valve
Complete with brazed copper stubs acc. to DIN EN 12449

Available options - on request only:
- Valve with control disc (tapered design)

Applications:
Approved for air gases, vapours and cryogenic liquefied gases incl. LNG.
Working temperature: - 196°C / -321°F (77K) up to +120°C / +248°F (393K)
Recommended working temperature: -60°C / -76°F (213K) up to +120°C / +248°F (393K)

Materials	DIN EN	ASTM
1 Body	CC491K	B 62 UNS C83600
2 Valve seal	PTFE / Carbon filled (25%)	
3 Disc	CW614N	B 283 UNS C38500
4 Bonnet gasket	PTFE	
5 Headpiece	CC493K	B 505 UNS C93200
6 Bolts	1.4301/A2	A 194 B8
8 Stem	1.4301	A 276 Grade 304
9 Gland packing	Graphite / PTFE	
10 Gland nut	CW614N	B 283 UNS C38500
11 Handwheel	Aluminium alloy	
12 Spring	CW452K	B 103 UNS C51900
13 Copper stubs	CW024A	B 152

Standard marking acc. to Pressure Equipment Directive 97/23/EC (PED). **CE**



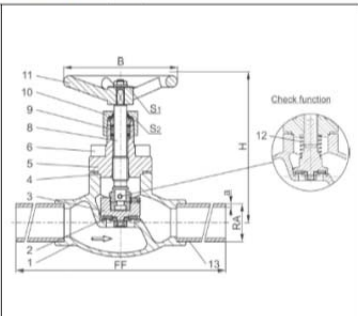


Figura 2.15. Hoja técnica del tipo de válvula de corte seleccionada

Fuente: Cryogenic Valves, Herose GmbH

Elaborado por: Herose GmbH.

En cuanto a la selección de las válvulas de seguridad, se ha tomado en consideración mantener las características de las válvulas de seguridad originales ya que el fluido de servicio es el mismo, las dimensiones del tanque no han cambiado por lo que el área y por tanto la capacidad de desalojo de presión de las válvulas de seguridad seguirán siendo las mismas.

Se mantiene entonces el arreglo de 4 válvulas de seguridad en paralelo con el que vino inicialmente el Semitráiler, y se realizó el mantenimiento de cambio de sellos y resortes de las mismas, las cuales corresponden a las mostradas en la Figura 2.16



Figura 2.16. Arreglo de válvulas de seguridad existente

Autor: Carolina Casal Q.

2.6. Cálculo de NPSH del nuevo sistema

A continuación se presentan las fórmulas mediante las cuales se realizó el cálculo del cabezal neto de succión disponible NPSH_D

BALANCE.-

$$H_s = h_s - h_{fs} + \frac{p_1}{\rho g} \quad [1]$$

$$H_t = h_t - h_{ft} + \frac{p_2}{\rho g} \quad [2]$$

$$H = H_s - H_t \quad [3]$$

Donde:

H = *pérdidas de carga Total* [m.c.a.]

H_s = *pérdidas de carga en el tramo de succión* [m.c.a.]

H_t = *pérdidas de carga en el tramo de descarga* [m.c.a.]

h_s = *altura geométrica del tramo de succión* [m.c.a.]

h_t = *altura geométrica del tramo de descarga* [m.c.a.]

h_{fs} = *pérdidas de carga por fricción en tramo de succión* [m.c.a.]

h_{ft} = *pérdidas de carga por fricción en tramo de descarga* [m.c.a.]

p_1 = *presión absoluta en el tramo de succión* [m.c.a.]

p_2 = *presión absoluta en el tramo de descarga* [m.c.a.]

ρ = *densidad del fluido* [Kg/m³]

g = 9,81 m/s²

TRAMO DE SUCCIÓN.-

$$h_{fs} = h_v + h_p \quad [4]$$

Donde:

h_v = pérdidas de presión debido a válvulas

h_p = pérdidas de presión debido a tuberías

De la Figura 2.17 que es un diagrama que muestra la velocidad del fluido en función del caudal y del diámetro de la tubería, se obtuvo la velocidad del fluido en las tuberías del tramo de succión:

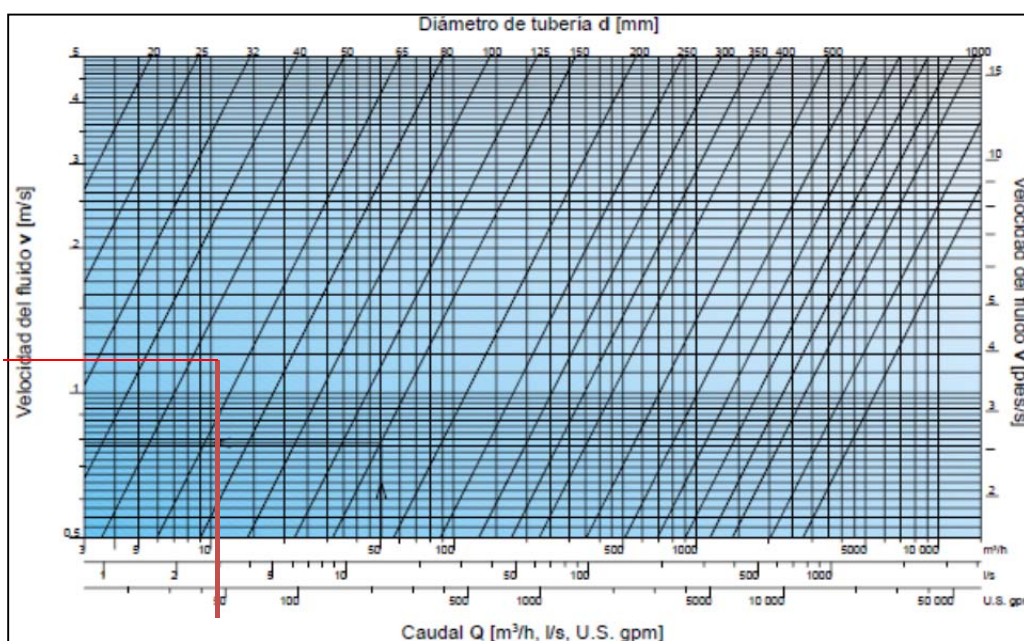


Figura 2.17. Diagrama de la velocidad del fluido en función del caudal y del diámetro de la tubería

Fuente: Guía para el cálculo de pérdidas de carga

Elaborado por: ABS Pumping

La construcción de este diagrama está basada en la siguiente fórmula:

$$V = 353,677 \frac{Q}{d^2} \quad [5]$$

Donde:

V = Velocidad del fluido [m/s]

Q = Caudal [m^3/h]

d = Diámetro [mm]

Entonces el valor obtenido de acuerdo al diagrama anterior es:

$$V = 1,45 \frac{m}{s}$$

Las pérdidas de carga debido a válvulas se calcularon sumando todos los coeficientes de pérdidas Z, utilizando la Figura 2.18.

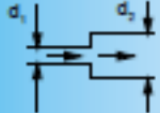
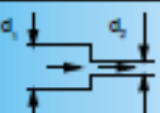
	Salidas	$\zeta = 1,0$											
	Codo 90° $r > 4d$ $r = d$	$\zeta = 0,2$ $\zeta = 0,4$											
	Codo 180°	$\zeta = 2 \cdot z(90^\circ)$	Ensanchamiento brusco <table><tr><td>d_2/d_1</td><td>1,5</td><td>2,0</td><td>2,5</td><td>10</td></tr><tr><td>ζ</td><td>0,3</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>1,0</td></tr></table>	d_2/d_1	1,5	2,0	2,5	10	ζ	0,3	0,6	0,7	1,0
d_2/d_1	1,5	2,0	2,5	10									
ζ	0,3	0,6	0,7	1,0									
	Cantos en arista Cantos redondeados	$\zeta = 0,5$ $\zeta = 0,25$											
			Reducción brusca <table><tr><td>d_1/d_2</td><td>1,0</td><td>0,8</td><td>0,6</td><td>0,4</td></tr><tr><td>ζ</td><td>0,0</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td></tr></table>	d_1/d_2	1,0	0,8	0,6	0,4	ζ	0,0	0,2	0,3	0,4
d_1/d_2	1,0	0,8	0,6	0,4									
ζ	0,0	0,2	0,3	0,4									
	Entrada acampanada	$\zeta = 0,05$	Válvulas Anti-retorno  Rectas $\zeta = 3,5$ Inclinadas $\zeta = 2$ De pie $\zeta = 2-4$ De clapeta $\zeta = 1-1,5$ De bola $\zeta = 0,5-2$ De mariposa $\zeta = 0,1-0,3$ De compuerta $\zeta = 0,1-0,2$										
	Reducción	$\zeta = 0,2$											
	Entrada en arista	$\zeta = 3$											
			Ampliación $\zeta = \zeta' [1 - (d_1/d_2)^2]$ <table><tr><td>α</td><td>0°</td><td>15°</td><td>30°</td><td>45°</td></tr><tr><td>ζ'</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,7</td><td>1</td></tr></table>	α	0°	15°	30°	45°	ζ'	0	0,2	0,7	1
α	0°	15°	30°	45°									
ζ'	0	0,2	0,7	1									
	Ramificaciones Caudal principal Caudal desviado	$\zeta = 0,1$ $\zeta = 0,9$											
	Caudal principal Caudal desviado	$\zeta = 0,4$ $\zeta = 0,2$											

Figura 2.18. Coeficientes de pérdidas por rozamiento. Válidos para caudal turbulento

Fuente: Guía para el cálculo de pérdidas de carga

Elaborado por: ABS Pumping

De donde se puede observar que con una entrada en reducción más dos codos y una válvula se obtienen como resultado:

$$\xi = 0,2 + 2 \times 0,3 + 1,5$$

$$\xi = 2,3$$

A continuación de la Figura 2.19, se encontraron las pérdidas de carga debido a válvulas y tuberías:

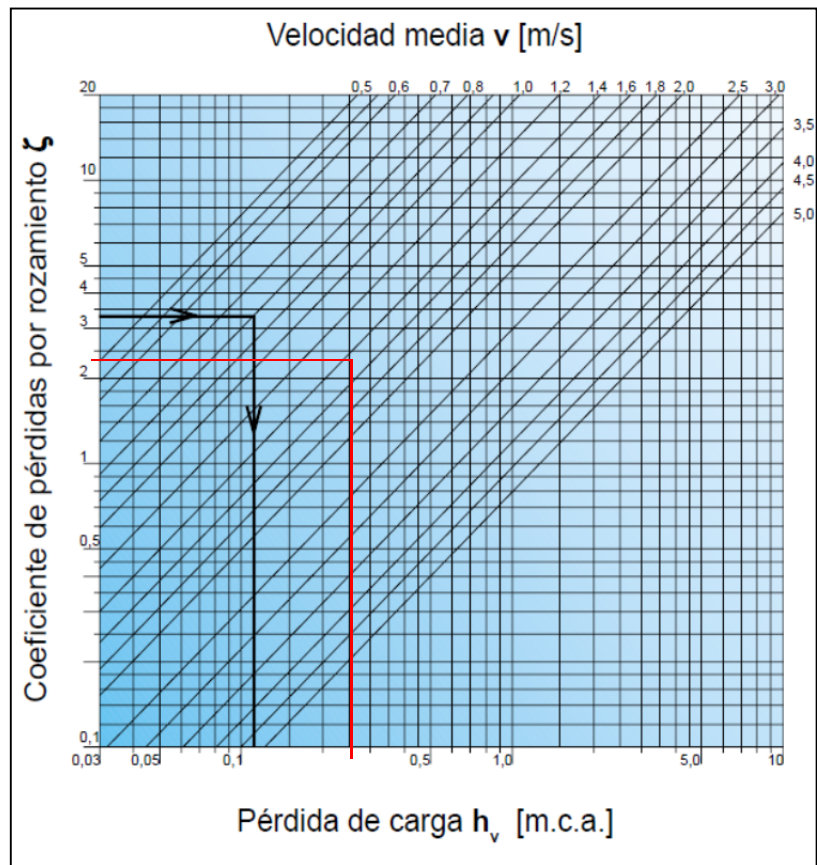


Figura 2.19. Diagrama de Pérdida de carga en válvulas y accesorios

Fuente: Guía para el cálculo de pérdidas de carga

Elaborado por: ABS Pumping

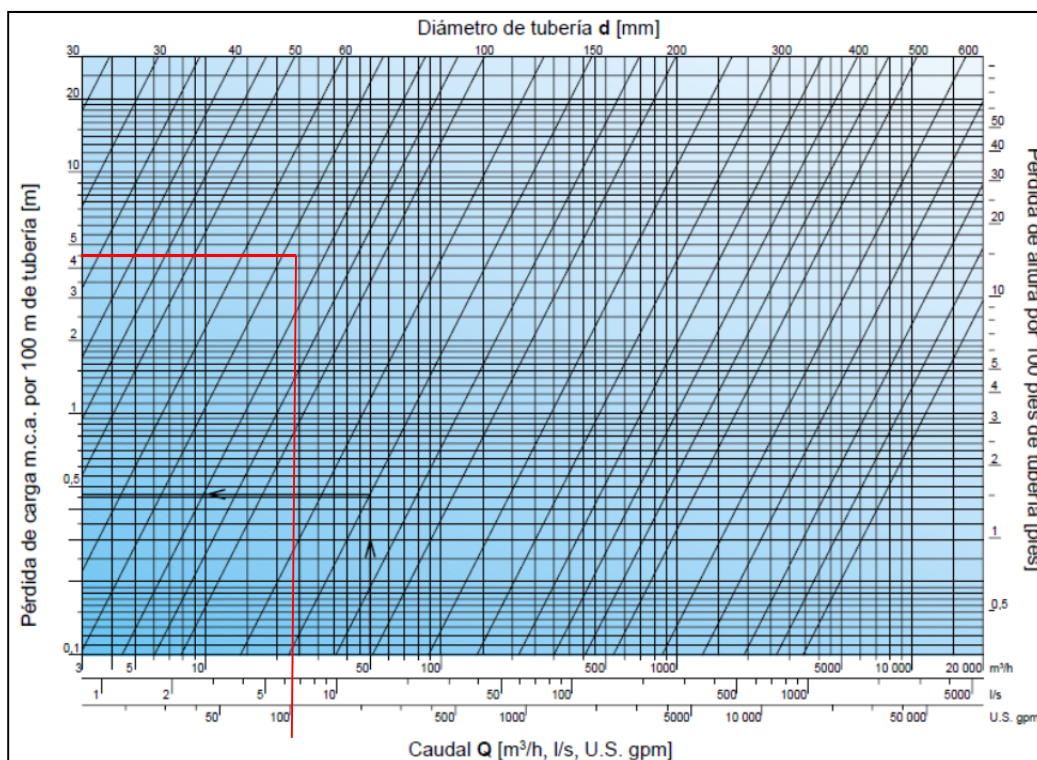
Obtenido mediante la fórmula:

$$h_{fv} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad [m. c. a.] \quad [6]$$

De donde:

$$h_v = 0,28 \quad [m. c. a.]$$

Luego, para encontrar las pérdidas de carga h_p de tubería recta, en la Figura 2.20, para cada 100 m de tubería se tiene:



**Figura 2.20. Diagrama de Pérdida de carga en las tuberías
(diagrama válido para caudal turbulento y tubos lisos)**

Fuente: Guía para el cálculo de pérdidas de carga

Elaborado por: ABS Pumping

Este diagrama se obtiene de la fórmula:

$$h_p = \lambda \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g} \quad [m.c.a.] \quad [7]$$

Donde λ es el coeficiente de pérdida para tuberías rectas, d [m] es el diámetro de la tubería, l [m] es la longitud y v [m/s] es la velocidad del fluido.

$$h_p = 4,5 \text{ [m.c.a.]}$$

Como la longitud de la tubería es 1,5 m, la pérdida de carga será:

$$h_p = 0,0675 \text{ [m.c.a.]}$$

La pérdida de carga total h_{fs} será entonces de 0.35 [m.c.a], esto sumado a la altura geométrica, da una altura de aspiración de:

$$H_s = 1,25 \text{ [m.c.a.]}$$

Las tuberías internas no se reemplazaron. Posterior a la inspección visual, se verificó que las tuberías se encuentran incrustadas aproximadamente 2 mm.

No se realizó la des incrustación de las tuberías.

Las incrustaciones reducen la sección útil, y por lo tanto la resistencia aumenta K veces comparada con las tubería nuevas para un caudal dado. Con lo que al revisar la Figura 2.21, se obtuvo la pérdida de carga considerando esta incrustación:

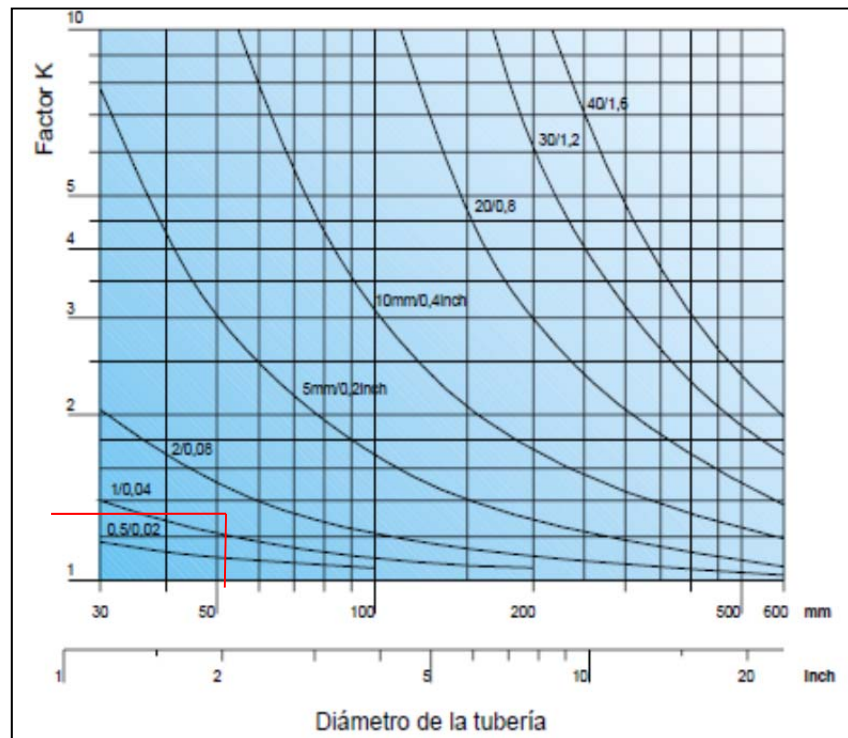


Figura 2.21. Diagrama de Pérdidas debidas a los depósitos en tuberías.

Fuente: Guía para el cálculo de pérdidas de carga

Elaborado por: ABS Pumping

De donde se obtuvo que:

$$K = 1,38$$

Por lo que:

$$H_s = 1,73 \text{ [m.c.a.]}$$

TRAMO DE DESCARGA.-

Se determinará h_{ft} , de la Figura 2.17 la velocidad en el tramo de descarga es:

$$v = 1,45 \frac{m}{s}$$

Para el cálculo del coeficiente de pérdidas por rozamiento debido a válvulas y accesorios se tomó en consideración una toma de salida, una válvula de bola paso total y un codo. Con esto se obtuvo de acuerdo a la Figura 2.18:

$$\xi = 1 + 1,5 + 0,3 = 2,8$$

Entonces la pérdida de carga debido a válvulas y accesorios es de

$$0,25 \text{ [m.c.a.]}$$

La pérdida en la tubería recta para 2m es de 0,09 [m.c.a.].

Lo que da un total incluyendo las pérdidas por incrustaciones de:

$$h_{ft} = 0,47 \text{ [m.c.a.]}$$

Altura total del tramo de descarga:

$$H_t = 1,47 \text{ [m.c.a.]}$$

NPSH_D .-

La diferencia entre la presión medida en la tubería de aspiración y la presión de vapor del líquido se denomina $NPSH_{Disponible}$

A continuación se realizará el cálculo del $NPSH_D$

$$NPSH_D = \frac{p_1}{\rho * g} - \frac{p_v}{\rho * g} \pm h_s - h_{fs} \quad [\text{m}] \quad [8]$$

Donde:

$p_1 =$ presión absoluta en la succión [Pa]

$p_v =$ presión de vapor (absoluta) [Pa]

$h_s =$ altura de aspiración estática [m]

$h_{fs} =$ pérdida de presión en la succión [m]

$\rho =$ densidad $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right]$

$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Considerando que la temperatura de operación del sistema es de -28,9°C, Se obtienen los valores de p_v y ρ de la Tabla de Propiedades Físicas del Dióxido de Carbono en el Aqueous Gas Handbook (Referencia Bibliográfica 1):

$$p_1 = 2000 \text{ [KPa.]}$$

$$p_v = 1379 \text{ [KPa.]}$$

$$H_s = 1,73 \text{ [m.c.a.]}$$

$$h_{fs} = 0,35 \text{ [m.c.a.]}$$

$$\rho = 1074,99 \text{ } \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación [8], se tendrá:

$$NPSH_D = \frac{2000000}{1074,99 * 9,81} - \frac{1379000}{1074,99 * 9,81} + 1,73 - 0,35$$

$$NPSH_D = 60,3 \text{ m}$$

De acuerdo a la Tabla 5 que se extrajo del Manual AL-17A Rev. 1 de Smith Pumps, el $NPSH_R$ de la Bomba seleccionada es de 1 ft, o su equivalente en SI: 0,3048 m

Tabla 5.
Capacidad nominal de Descarga de Bombas Smith MC-3

CAPACIDAD NOMINAL**	NPSHR
100 USGPM	1 FT
150 USGPM	1.5 FT
200 USGPM	2 FT
250 USGPM	3 FT

***"Capacidad Nominal" se usa para propósitos comparativos (ver catálogos CP-1, CP-3, CP-9), basado en la clasificación de la descarga de la bomba a la máxima velocidad de diseño y "0" presión diferencial. La salida real podría variar, dependiendo de la fórmula de desempeño de la bomba detallada en las referencias

Fuente: Manual AL-17A, Smith Pumps

Elaborado por: Smith Pumps

El $NPSH_D$ siempre debe ser mayor que el $NPSH_R$, para que el sistema este correctamente dimensionado,

$$NPSH_D > NPSH_R$$

Lo que se cumple en este caso por lo que el sistema no tendría cavitación debido a bajo $NPSH_D$

2.7. Selección de la Bomba

En base a los valores obtenidos y considerando el caudal esperado con el cual se inició el cálculo del NPSH, se realizó el cálculo del desempeño de la bomba Smith de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$Q_d = Q_r \left(\frac{N_d}{N_r} - F_s P_d \right) \quad [9]$$

$$HP = 8.5 \frac{N_d Q_r}{N_r} * 10^{-4} (10 + P_d) \quad [10]$$

Donde:

Q_d =Caudal de descarga actual de la bomba en U.S. GPM

Q_r =Capacidad nominal de descarga en GPM (Tabla 6)

P_d =Presión diferencial contra la que se bombea, en psi

HP =Potencia requerida para la bomba en Caballos de fuerza.

N_d =Velocidad real del eje de la bomba, en RPM

N_r =Velocidad nominal del eje de la bomba, (Tabla 6)

F_s = Factor de deslizamiento, esta variable depende de la viscosidad del fluido bombeado y está dado en la Tabla 7 extraída del Catálogo CP-1 de Smith Pumps del Apéndice E.

Los valores de Q_r y N_r se obtienen de la Tabla 6 a continuación, la cual se extrajo del Catálogo CP-1 de Smith Pumps, del Apéndice E:

Tabla 6.
Capacidades nominales de transferencia de Bombas Smith

Modelo N°	Capacidad de transferencia nominal (GPM)	Velocidad nominal del eje (RPM)
MC-1	5	1800
GC-1	5	1800
SQ-1	5	1800
SQ-H	7	1800
SQ-HH	13	1800
SQ-HH8	13	1200
MC-1044	20	1800
MC-1044H	35	1800
MC-2, MC-2F	50	1800
MC-2Q	50	1800
ATC-2R, ATC-2L	50	1800
ATC-3R, ATC-3L	100	1800
MC-3	100	1800
MC-4	150	1800
MC-5	200	1800
ATC-2RH, ATC-2LH	25	1000
TC-1044H	35	900
TC-2, TC-2F	50	500
TC-3, TC-3F	100	500
MC-2H	50	1500
MC-3H	100	1500
MC-4H	150	1500
MC-5H	200	1500

Fuente: Catálogo CP-1 Smith Pumps

Elaborado por: Smith Pumps

Tabla 7.
Factor de deslizamiento (F_s)

	+100°F	+80°F	+60°F	+40°F	+20°F	0°F	-20°F	-40°F
Dióxido de Carbono	..	..	..	..	0.0036	0.0032	0.0028	0.0024
Amoniaco	0.0049	0.0045	0.0042	0.0038	0.0033	0.003	0.0026	..
Dióxido de azufre	0.0023	0.0021	0.002	0.0019	0.0018	..	..	..
Butano	0.0033	0.0032	0.0031	0.0028	..	..	..	..
Propano	0.0042	0.004	0.0038	0.0036	0.0034	0.0033	0.0032	..

Fuente: Catálogo CP-1 Smith Pumps

Elaborado por: Smith Pumps

Las condiciones de diseño son:

Fluido: LIC

Temperatura: 0°F

Diferencial de presión requerida: 60 psi

Flujo nominal requerido en GPM: 80 GPM

Velocidad real en el eje de la bomba: 1800 RPM

Entonces de acuerdo a las fórmulas anteriormente descritas y con los valores de las tablas 6 y 7, se obtuvo:

$$Q_d = 80 \text{ GPM}$$

$$Q_r = ?$$

$$N_d = 1800 \text{ RPM}$$

$$N_r = 1800 \text{ RPM}$$

$$F_s = 0.032$$

$$P_d = 50 \text{ psi}$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$80 = Q_r \left(\frac{1800}{1800} - 0.0032 * (60) \right)$$

De donde:

$$Q_r = 99 \text{ GPM}$$

De la Tabla 6 se seleccionó el modelo MC-3 dado que su capacidad de transferencia nominal (100 GPM) es la más cercana a la requerida.

La Potencia en el eje de la Bomba se calculó con la Formula [10], anotada antes, bajo las siguientes condiciones:

Para 1800 RPM, Bomba MC-3

$$HP = 8.5 \frac{(1800)(100)}{1800} * 10^{-4} (10 + 60)$$

De donde:

$HP = 5.95 \text{ HP}$, con lo que se sugiere la capacidad inmediatamente superior disponible comercialmente que es un motor de $7 \frac{1}{2} \text{ HP}$.

2.8. Modelado en 3D del sistema propuesto

A continuación se mostrarán en las Figuras desde la 2.22 a la 2.25, varias vistas renderizadas del plano inicial isométrico en 3D de la implantación de bomba, tuberías, válvulas de corte y de seguridad que se realizó en el Semitráiler.

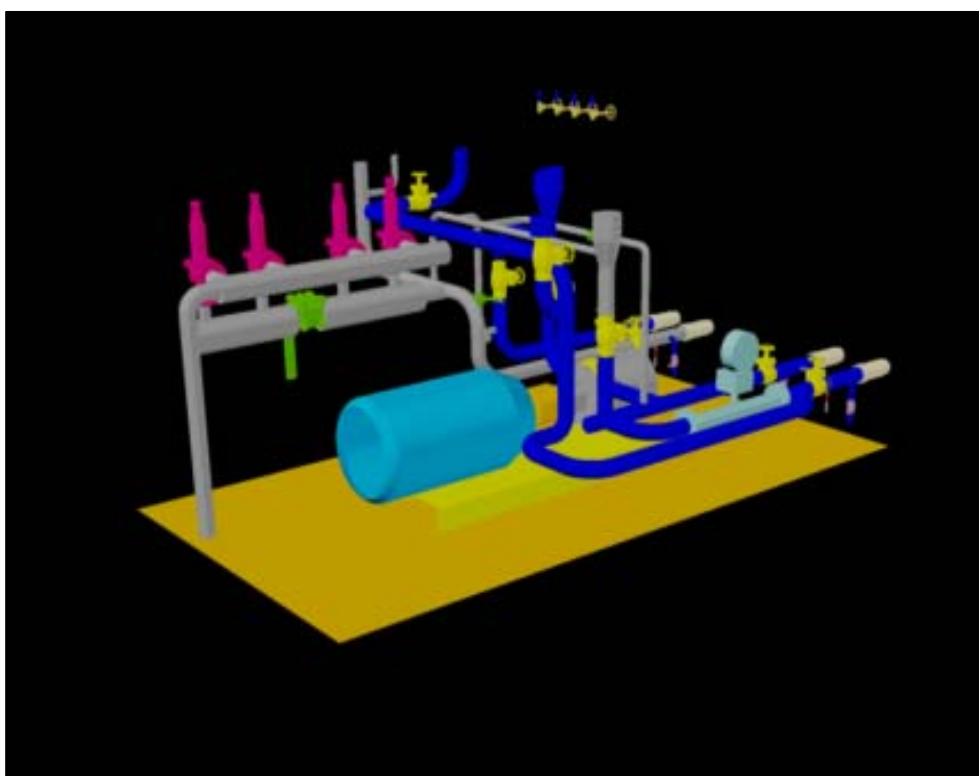


Figura 2.22. Vista lateral posterior izquierda de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego

Fuente: Carolina Casal Q.

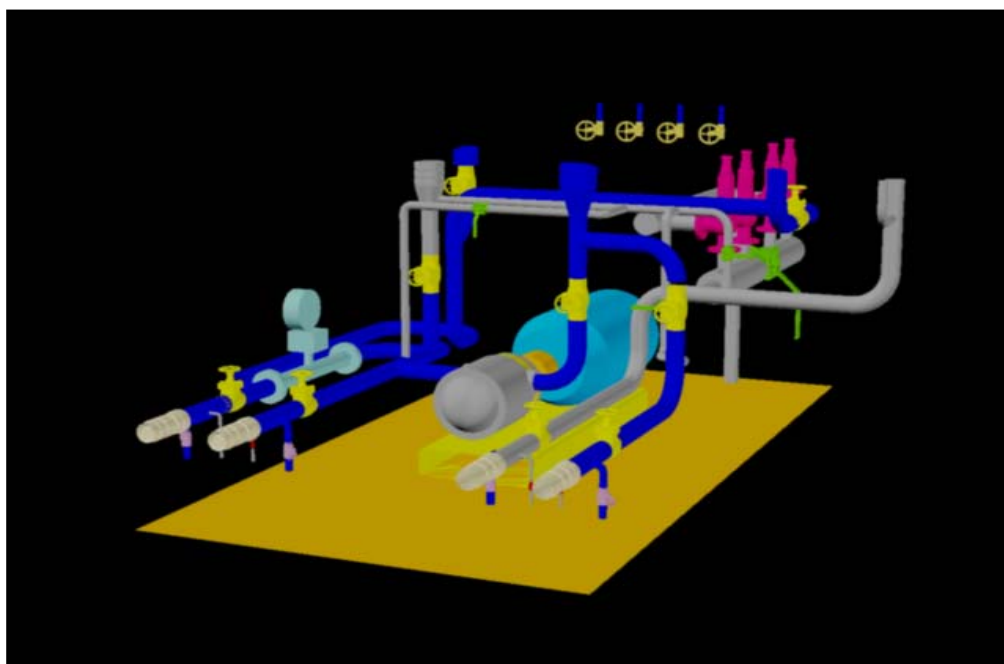


Figura 2.23. Vista lateral frontal derecha de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego

Fuente: Carolina Casal Q.

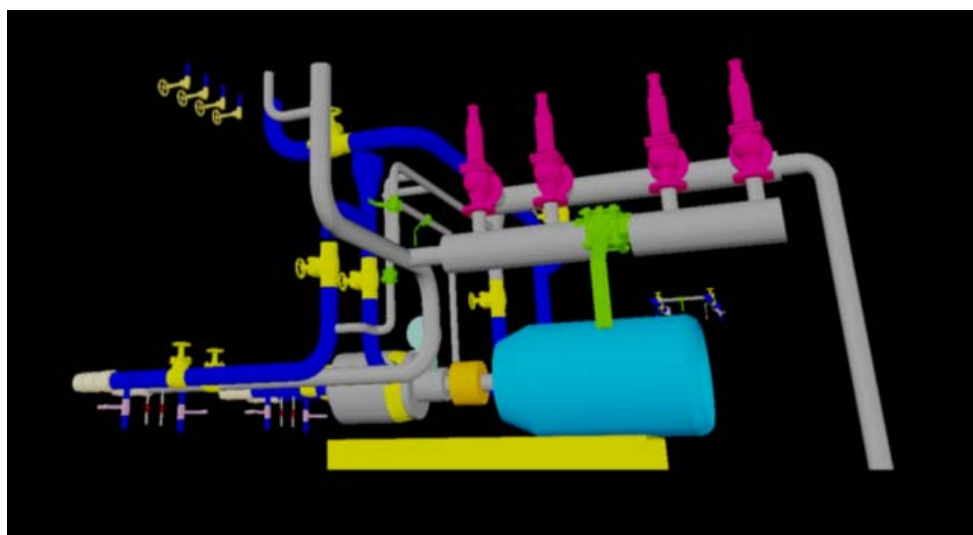


Figura 2.24. Vista lateral izquierda de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego

Fuente: Carolina Casal Q.

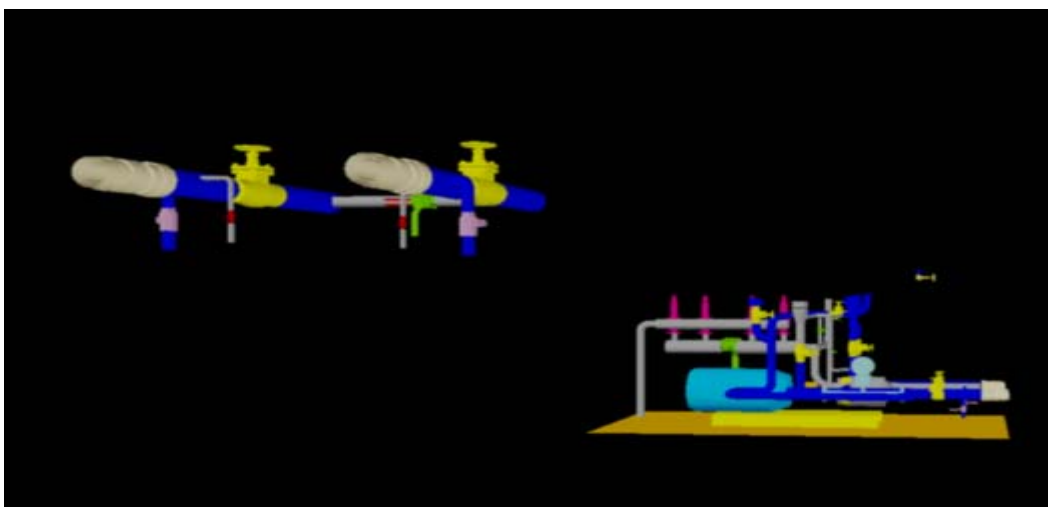


Figura 2.25. Vista de la toma posterior de llenado

Fuente: Carolina Casal Q.

CAPITULO 3

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentará el proyecto final, con todas las variantes que se realizaron de acuerdo al diseño planteado

3.1. Implantación final

Dentro de la implantación final se realizó el reemplazo de las válvulas de bola de 3 cuerpos de acero inoxidable por válvulas de globo de bronce, soldadas mediante brazing a las tuberías de acero inoxidable con aporte de soldadura del plata al 45%.

En cuanto a las válvulas de seguridad, se mantuvo también las originales pero realizando el cambio del kit de sellos y resorte de las mismas y llevándola al banco de calibración para garantizar el disparo de las válvulas a la presión correcta.

La bomba fue reemplazada como se puede observar en la Figura 3.1, por una Bomba Smith de engranajes, reversible modelo MC-3 de 100 GPM de capacidad y motor de 7 ½ HP, la cual fue instalada sobre una base de plancha de acero de 5 mm doblada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

El indicador de nivel digital fue removido junto con el sistema de facturación integrado original y se dejó en su lugar un nuevo indicador de nivel análogo Samson modelo Media 5, con carátula en porcentaje para indicar el contenido del tanque (manual en Apéndice [F]).



Figura 3.1. Instalación de la nueva Bomba Smith MC-3

Autor: Carolina Casal Q.

En las Figuras 3.2 y 3.3 se puede observar la ubicación de la bomba Smith e instalación de las válvulas de fondo del Semitráiler.



Figura 3.2. Ubicación de la Bomba y Válvulas V2 y V4

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 3.3. Vista de la instalación de las válvulas V2 y V4

Autor: Carolina Casal Q.

La instalación de las tuberías de descarga se muestra en la Figura 3.4 y las tomas de bronce con su rosca norma DIN para CO₂ se pueden observar en la Figura 3.5.



Figura 3.4. Instalación de las tuberías de descarga

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 3.5. Instalación de las tomas de llenado y descarga

Autor: Carolina Casal Q.

Se conservó el flujómetro dentro de la instalación, por que se tiene previsto habilitar a futuro un display digital en el panel eléctrico para registrar las descargas directamente en Kg, ya que el medidor de nivel de carátula marca los niveles en porcentajes. Esto se puede observar en la Figura 3.6 a continuación:



Figura 3.6. Vista de instalación de flujómetro
Autor: Carolina Casal Q.



Figura 3.7. Tramos de succión y descarga de la bomba

Autor: Carolina Casal Q.

En la figura 3.7 y 3.8 en la parte superior se observa la válvula que habilita la descarga por el gabinete posterior del Semitráiler.



**Figura 3.8. Vista de la válvula de habilitación del gabinete de
descarga posterior**

Autor: Carolina Casal Q.

Las válvulas seleccionadas (Figura 3.9) son tipo globo en bronce con eje de acero inoxidable y sellos en PTFE.

En la Figura 3.10 se puede observar algunas de las conexiones que debieron realizarse entre las tuberías internas del tanque para habilitar las bridas necesarias para la operación de una sola bomba de acuerdo a lo que se ha descrito anteriormente.



Figura 3.9. Vista de la válvula de globo Herose seleccionada

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 3.10. Conexiones entre tuberías internas del ST para CO2 de 22 Ton

Autor: Carolina Casal Q.

En la Figura 3.11 se puede observar el Semitráiler 22 antes y después de realizar el trabajo de pintura y señalética de seguridad instaladas



Figura 3.11. Vista lateral del Semitráiler antes y después del trabajo de pintura

Autor: Carolina Casal Q.



Figura 3.12. Vista del panel eléctrico nuevo, a la izquierda panel de análisis de calidad del producto

Autor: Carolina Casal Q.

Finalmente en la Figura 3.12 se puede observar la vista posterior del gabinete en donde se instalaron el panel eléctrico de fuerza y control y a la izquierda en gabinete de análisis de calidad en donde se realizan la toma de muestras de la fase gaseosa y de nieve carbónica previa a la aceptación del producto por parte de cada cliente.

En la Figura 3.13, se puede apreciar el P&ID final del Semitráiler 22

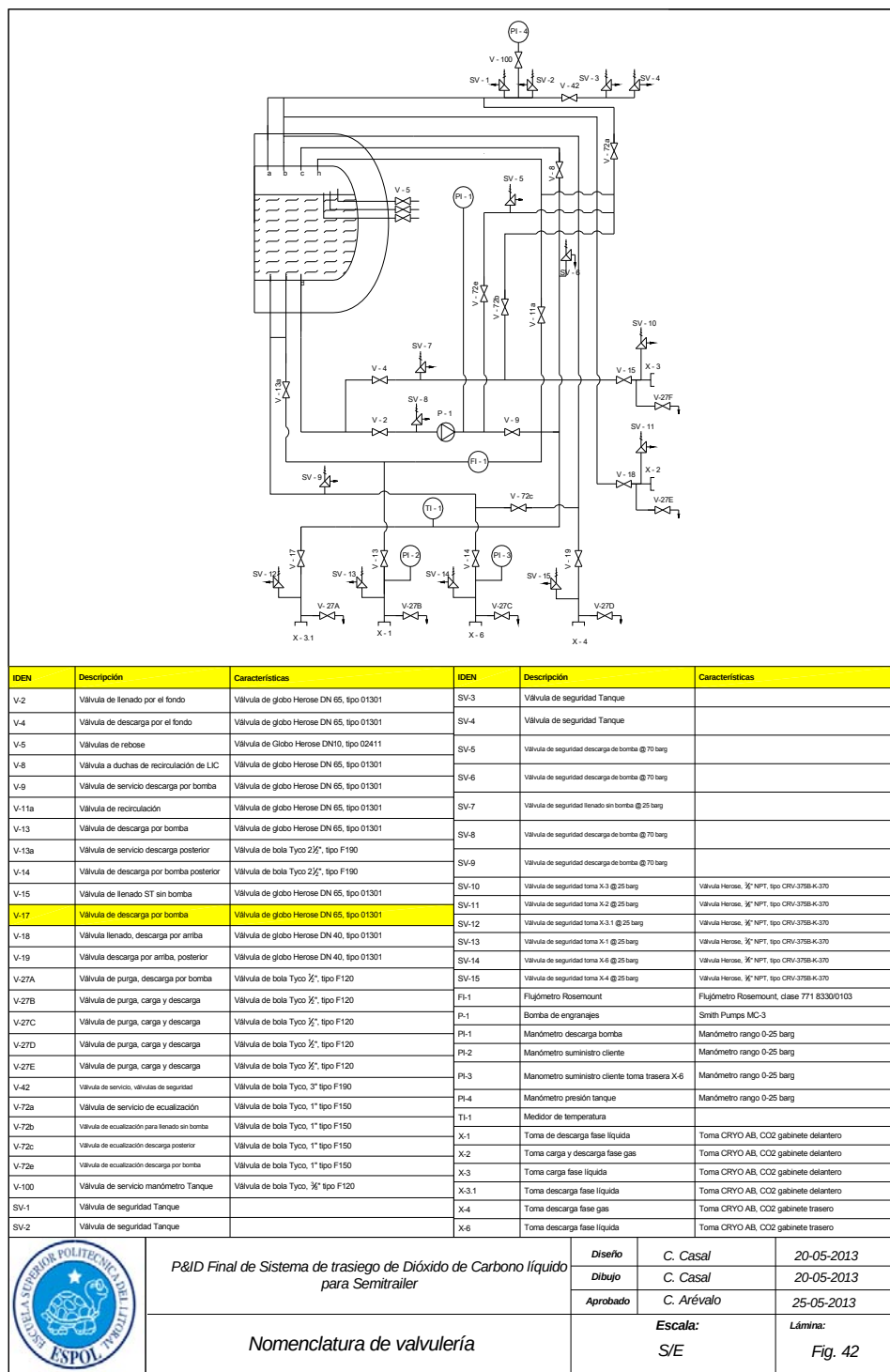


Figura 3.13. P&ID de Implantación final del ST CO2 22 Ton

Autor: Carolina Casal Q.

3.2. Cronograma de trabajo

Dentro del cronograma de trabajo se consideraron los tiempos de importación de los equipos a reemplazar y el tiempo de modificación del chasis y columnas de apoyo, que sin ser parte de este informe, vale la pena mencionarlo porque fue parte del proyecto integral.

El tiempo total que se uso para la repotenciación de este Semitráiler fue de 70 días, con un recurso de:

1 Ingeniero Mecánico

1 soldador certificado en proceso TIG

1 ayudante de soldador

1 Tubero

2 Electricistas

6 Técnicos del taller especializado en sistema de rodaje.

Dentro del cronograma de repotenciación estaba considerada la actividad de mantenimiento del sistema de rodaje del Semitráiler con las modificaciones de ubicación de las columnas de apoyo y cambios de aros, llantas, puntas de eje, kit de frenos, etc. Dado que esta actividad se realizó en taller especializado fuera de las instalaciones de la empresa, el tiempo ocupado en este mantenimiento se convirtió en la ruta crítica a tomar en consideración para evitar posibles retrasos

en la entrega del Semitráiler para operación dentro del tiempo convenido.

Esta actividad de mantenimiento se realizó en 6 semanas, y se describe en los apéndices G y H.

El plan de contingencia para evitar retrasos en esta actividad se basó en hacer seguimiento diario a los avances del trabajo, el cual se inició cuando todos los repuestos estuvieron disponibles en el taller, de esta manera se cumplió con el cronograma propuesto de 6 semanas para el mantenimiento del sistema de rodaje

A continuación el cronograma detallado con su Diagrama de Gantt en las figuras 3.14 y 3.15.

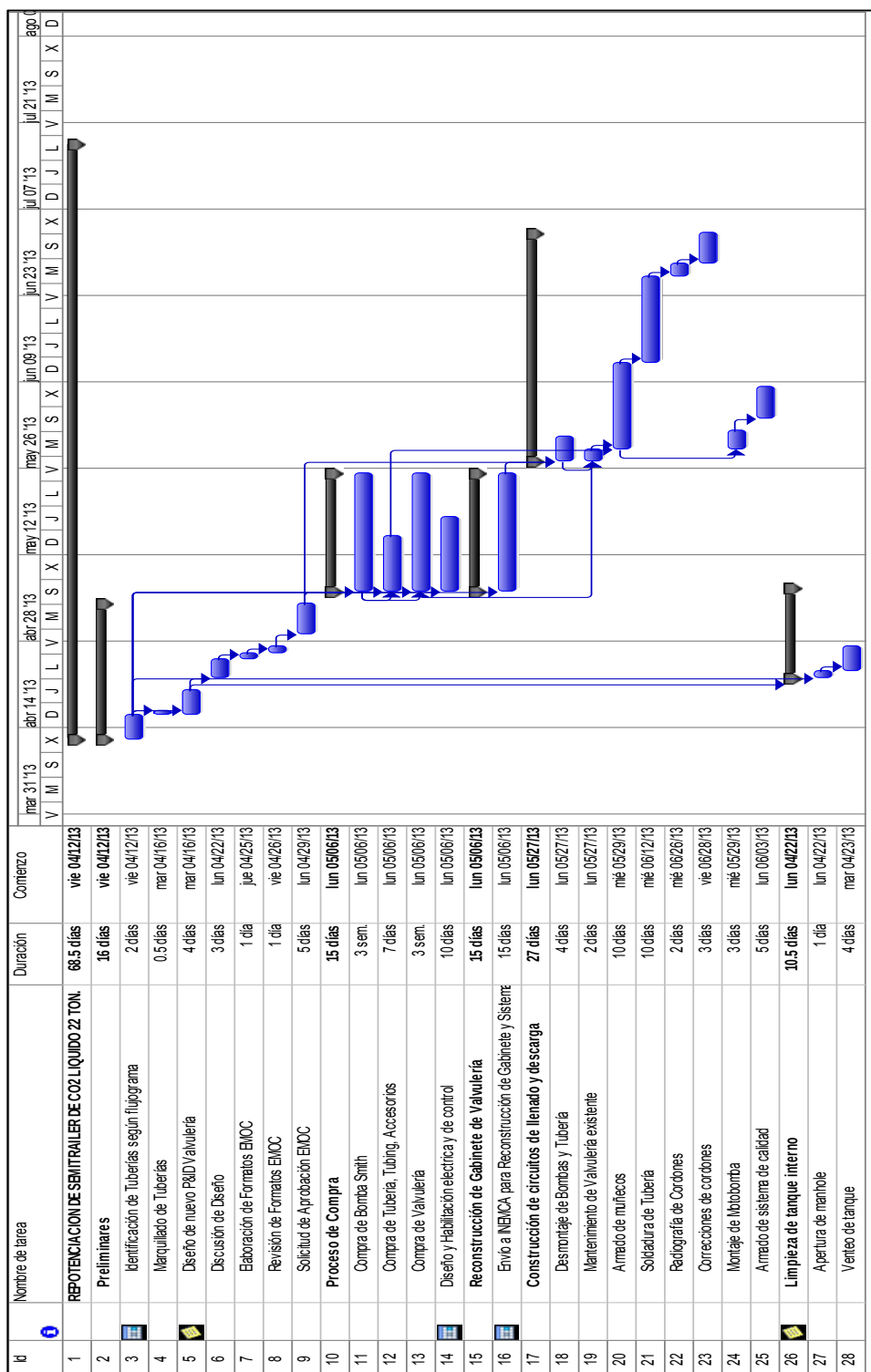


Figura 3.14. Diagrama de Gantt del Proyecto

Autor: Carolina Casal Q.

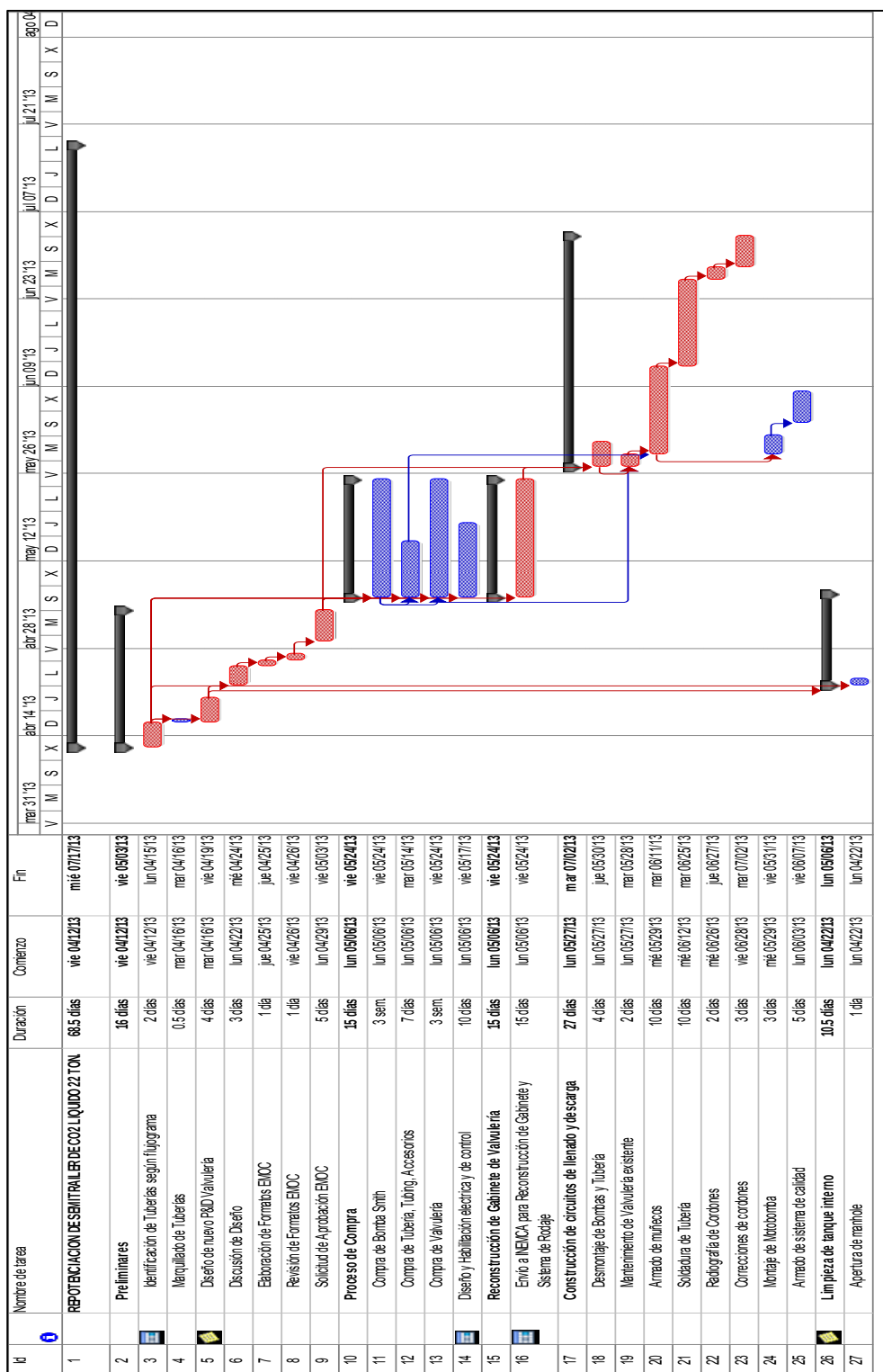


Figura 3.15. Ruta crítica del proyecto

Autor: Carolina Casal Q.

3.3. Consideraciones de operación del Semitráiler con el nuevo sistema de trasiego

Con el nuevo sistema, cabe anotar que el procedimiento de llenado y descarga se modifica sustancialmente con relación al procedimiento original. Los cambios radican básicamente en la operación de la nueva bomba, la cual como ya se indicó es una bomba de engranajes de operación reversible que permite el llenado y la descarga del producto desde y hacia el Semitráiler.

Para comprender el procedimiento de llenado y descarga por primera vez, se indica en las figuras 3.16 y 3.17, la nomenclatura de las válvulas con las que cuenta tanto el Semitráiler como el tanque del cliente para seguir el procedimiento de llenado y descarga descrito a continuación.

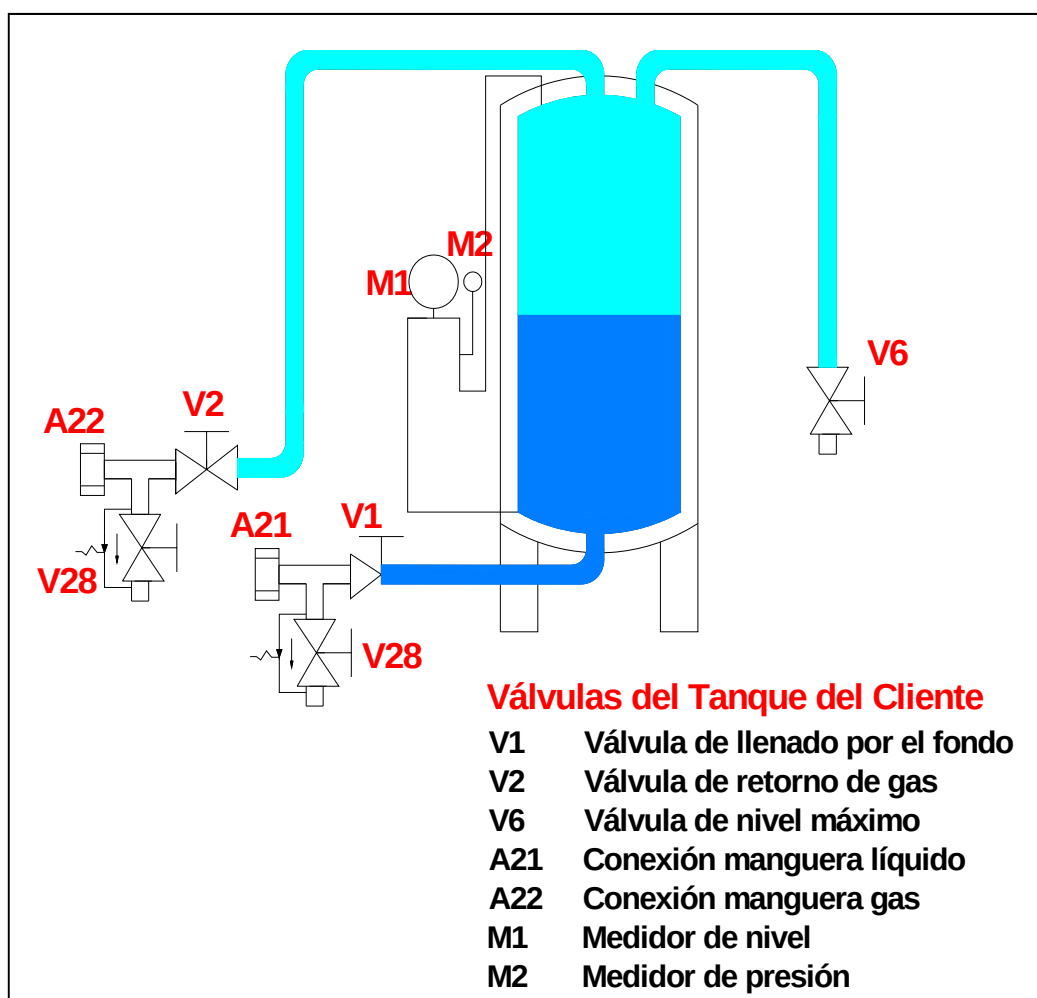


Figura 3.16. Esquema de válvulas de tanque del cliente

Autor: Carolina Casal Q.

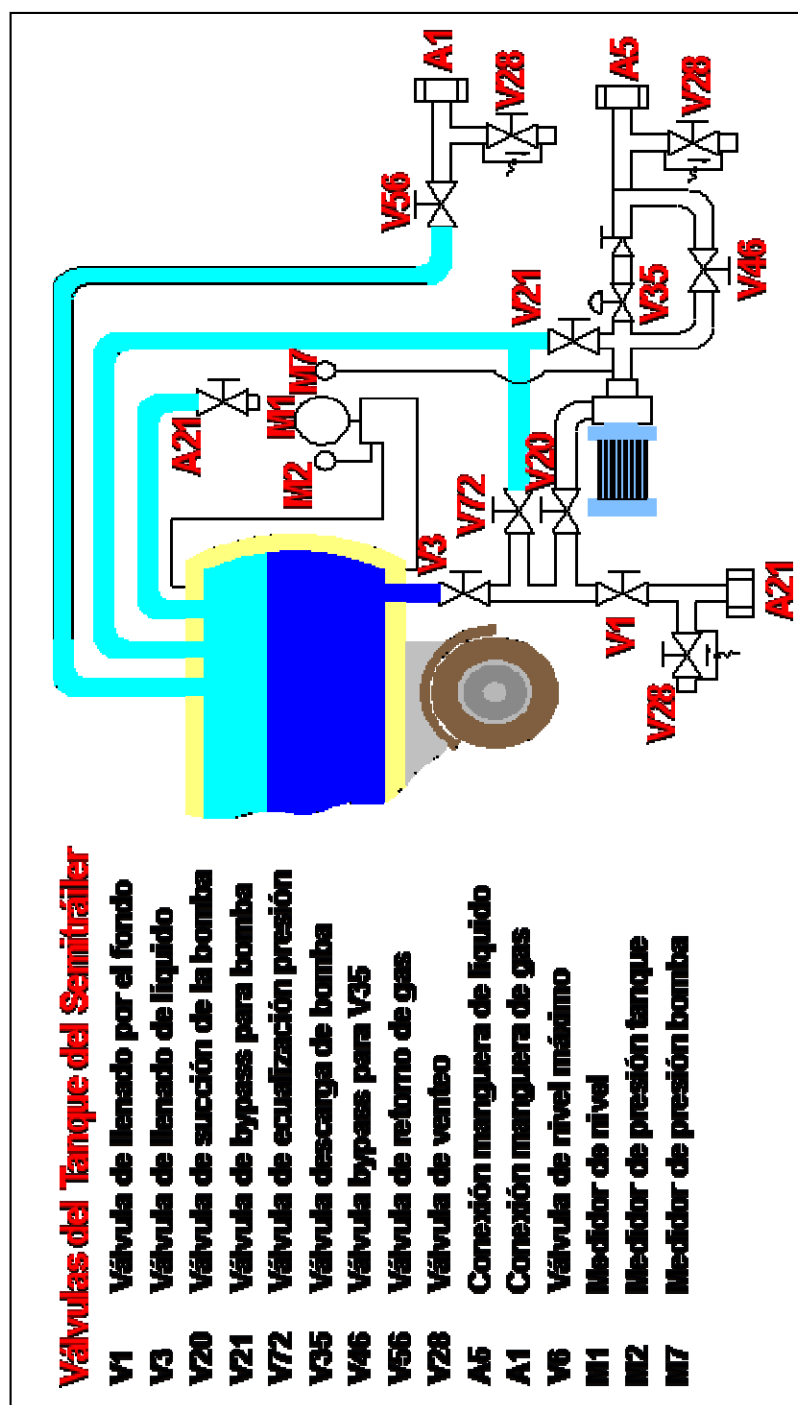


Figura 3.17. Esquema de válvulas en tanque de Semitráiler

Autor: Carolina Casal Q.

A continuación se detalla el nuevo procedimiento de llenado y descarga del Semitráiler:

1. Se revisa la presión en el tanque del cliente, debe estar por encima de 10 bar.
2. Se debe revisar la toma del tanque del cliente y del Semitráiler, a fin de verificar que se encuentren en buen estado y limpias.
3. Se inicia la presurización de la manguera de gas desde la válvula de retorno de gas V56.
4. Luego se presuriza la manguera de líquido, desde V21 y V46, con esto se logra presurizar toda la tubería del lado líquido y la bomba inclusive.
5. Se debe revisar que los acoples estén bien ajustados y sin fugas,
6. Se abre V28 durante 5 segundos, tanto del lado de la manguera de líquido como la de gas, con el fin de purgar las mangueras de aire y humedad que pudiesen existir en su interior.
7. Después de purgar las mangueras se cierra V46.
8. Se abre V2 en el tanque del cliente para igualar las presiones de los tanques del cliente y del Semitráiler.
9. Se abre la válvula de ecualización V72, se abre V20 y se cierra V72.
10. Se abre la válvula de líquido V3, con lo que el líquido circulará hacia la bomba, se arranca la bomba haciendo recircular a la parte superior del Semitráiler con el fin de enfriar la bomba inicialmente.

11. Se abre la válvula V1 de llenado de fondo del tanque del cliente y se cierra el retorno V21 por donde recirculaba hacia la parte superior del tanque. Se inicia el llenado abriendo la válvula de descarga de la bomba V35.
12. Se debe controlar el contenido y la presión del tanque del cliente a través de M1 y M2, cuando el tanque esté a un 95% de capacidad máxima, se abre V6 para verificar el llenado máximo
13. Mientras tanto se controla el contenido y presión del tanque del Semitráiler, a través de M1 y M2. Se revisa la presión de descarga de bomba a través de M7.
14. Cuando se vea Dióxido de Carbono líquido salir por la V6, el tanque del cliente estará lleno, Se detiene la bomba y se cierran V35 en el Semitráiler y V6 en el tanque del cliente.
15. Se cierra la válvula de descarga de líquido V3 y la válvula de retorno de gas V56 en el Semitráiler.
16. Se debe desalojar de manera segura el remanente de CO₂ líquido que queda en la manguera, para esto se abre la válvula de Bypass V21
17. Se cierran V1 y V2 en el tanque del cliente.
18. Se abre V28 para despresurizar la manguera de gas.
19. Se abre V28 para desalojar el líquido de la manguera de líquido. La presión se mantiene por la fase gas del tanque del Semitráiler.

20. Se verifica que la manguera no está pesada ni rígida, con esto se garantiza que no existen taponamientos por formación de hielo seco que podrían hacer estallar la manguera en el siguiente despacho o durante los traslados.
21. Se desconecta las mangueras, se colocan los tapones en las tomas y se cierra el gabinete.
22. Se diligencia la documentación respetiva para dar por concluido el despacho al cliente.

3.4. Análisis de Costos

Se realizó el análisis de costos incurridos en la repotenciación del Semitráiler y se comparó contra lo que se hubiese invertido en un Semitráiler nuevo de procedencia China, de 20 Ton de capacidad, 4 ejes, tanque de acero al carbono, aislado con poliuretano expandido.

A continuación en la Tabla 8 se puede observar el costo total de importación de un Semitráiler nuevo de 20 ton era de \$99400,00 vs el costo de repotenciación del Semitráiler de 22 Ton fue de \$53050,00 con lo cual la realización de este trabajo no solo significó un ahorro de casi un 47%, sino también la disponibilidad de contar con la unidad integrada a la flota en poco más de 2 meses contra esperar a la fabricación de la unidad nueva de 12 meses, tiempo que hubiese tomado la fabricación y transporte desde China.

El costo por Tonelada de capacidad quedaría en:

Ton nuevo= \$4970,00

Ton ST 22=\$ 2411,36

Tabla 8.

**Presupuesto de Semitráiler nuevo vs Repotenciación de
Semitráiler de 22 Ton.**

PRESUPUESTO DE GASTOS

Semitráiler Nuevo	Presupuesto	Real	Diferencia (\$)	Diferencia (%)
Modelo SLT20 (FOB)	\$70,000.00	\$70,000.00	\$ -	0.0%
Costos de importación e impuestos	\$28,000.00	\$28,000.00	\$ -	0%
Otros	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00	\$ -	0%
Gastos totales	\$99,400.00	\$99,400.00	\$ -	0%

Repotenciación ST 22 Ton	Presupuesto	Real	Diferencia (\$)	Diferencia (%)
Diseño de sistema de trasiego	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00	\$ -	0.0%
Bomba Smith MC-3 7,5 HP	\$ 4,200.00	\$ 4,850.00	\$ (650.00)	-15.5%
Tubería y accesorios acero inoxidable	\$ 1,300.00	\$ 1,800.00	\$ (500.00)	-38.5%
Valvulas Herose	\$ 3,600.00	\$ 3,000.00	\$ 600.00	16.7%
Kit válvulas de seguridad	\$ 400.00	\$ 250.00	\$ 150.00	37.5%
Valvulas de purga	\$ 150.00	\$ 100.00	\$ 50.00	33.3%
Mano de Obra	\$ 2,150.00	\$ 2,150.00	\$ -	0.0%
Mantenimiento de sistema de rodaje	\$ 8,000.00	\$ 7,200.00	\$ 800.00	10.0%
Pintura	\$ 650.00	\$ 550.00	\$ 100.00	15.4%
Adicionales	\$ 1,000.00	\$ 800.00	\$ 200.00	20.0%
Tablero Electrico de mando y control	\$ 5,000.00	\$ 4,800.00	\$ 200.00	4.0%
Gabinete medición calidad	\$ 2,500.00	\$ 2,300.00	\$ 200.00	8.0%
Semitráiler 22 Ton	\$10,000.00	\$12,000.00	\$ (2,000.00)	-20.0%
Transporte, Seguro e Impuestos	\$ 4,000.00	\$ 4,800.00	\$ (800.00)	-20.0%
Instrumentación	\$ 2,300.00	\$ 2,300.00	\$ -	0.0%
Mangueras de trasiego	\$ 3,000.00	\$ 2,650.00	\$ 350.00	11.7%
Gastos totales	\$51,750.00	\$53,050.00	\$ (1,300.00)	-2.5%

Autor: Carolina Casal Q.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- Se realizó el diseño e implementación del nuevo sistema de trasiego del Semitráiler de Dióxido de Carbono Líquido, en el cual se seleccionó tubería de acero inoxidable sin costura SCHD 40 soldada mediante proceso TIG, en diámetros desde 2 ½" utilizadas en la succión y descarga de la bomba, hasta ¾" en las purgas de las tomas de llenado.

2.- La Bomba seleccionada es una Bomba de operación reversible de engranajes Smith modelo MC-3H de 100GPM de capacidad y 7,5 HP

de potencia. Esta bomba es igual a las instaladas en el resto de la flota de Semitráiler.

3.- Se realizó mantenimiento preventivo a las Válvulas de seguridad del tanque, se limpiaron, se reemplazó el kit de sellos y resortes y se calibraron en banco de calibración del laboratorio criogénico de la empresa.

4.- Las válvulas de corte seleccionadas son marca Herose, modelo 01301, en diámetros DN60, DN 40 y DN20, y corresponden a la misma marca y modelo de las válvulas utilizadas en el resto de la flota de Semitráiler.

5.- El costo de la repotenciación del Semitráiler fue de USD\$ 53050. Versus USD\$ 99400 que costaría un Semitráiler nuevo, esto representa ahorro en el orden del 46,62% en el presupuesto de la empresa para aumentar la flota de Semitráiler para CO₂.

6.- La flota de Semitráiler antes de la incorporación del ST 22 permitía distribuir 32 Ton y después de la repotenciación se aumentó la capacidad de distribución del CO₂ a 54 Ton por lo que se incrementó

en un 40.7%, permitiendo así un mejor servicio al cliente y aumento en las ventas.

7.- Se disminuyó en un 30% la carga de trabajo de la flota anterior a la incorporación del nuevo Semitráiler, permitiendo el mejoramiento en los indicadores de mantenimiento preventivo, ya que se pudo mejorar la frecuencia de la programación de mantenimientos preventivos y correctivos.

8.- Se mejoró en un 20% el tiempo de respuesta de entrega de producto hacia los clientes.

9.- Al disminuir la carga de trabajo de la flota, se redujo el riesgo laboral por fatiga o cansancio de los operadores y choferes.

10.- A más de obtener ahorro en el presupuesto de la incorporación del nuevo Semitráiler, se utilizó 100% de ingeniería y mano de obra ecuatoriana.

11.- Se obtuvieron resultados favorables de la adaptación del sistema de tuberías, bomba y motor eléctrico, que se modificaron de acuerdo al formato local.

12.- Esta solución fue la mejor opción en costo beneficio, mejorando la imagen de la empresa, y permitiendo una recuperación de la inversión a corto plazo.

RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda cumplir con las frecuencias de mantenimiento especificadas en los manuales técnicos de todos y cada uno de los elementos utilizados para esta repotenciación dentro del plan de mantenimiento general preventivo de la flota para proteger la inversión realizada.

2.- Se recomienda documentar todos los cambios de diseño o reemplazo de piezas o partes de este sistema para poder aplicar las medidas correctivas, preventivas y predictivas necesarias para asegurar la continuidad de la operación y mantener un buen nivel de servicio al cliente abasteciéndolo a tiempo.

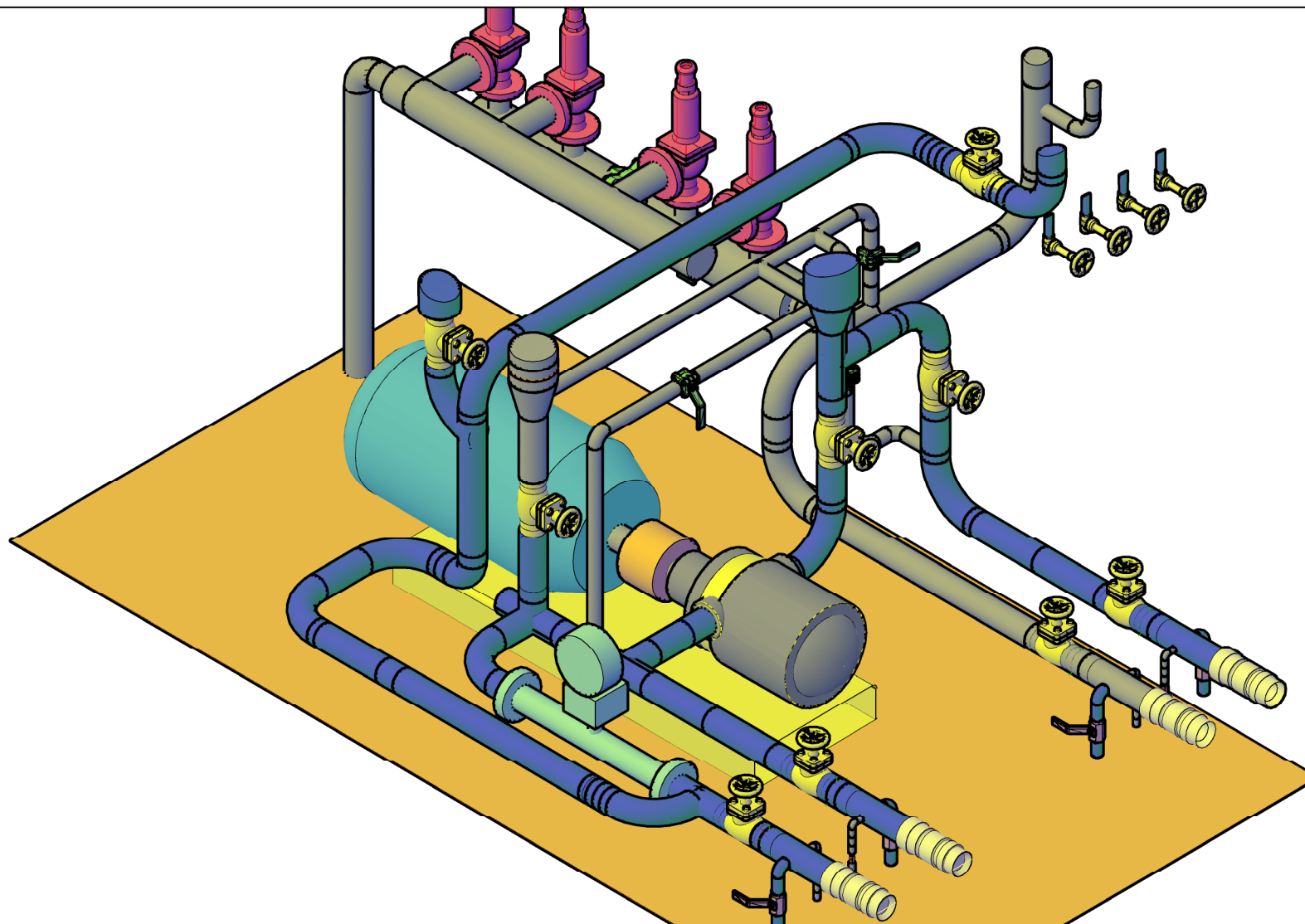
3.- Otra recomendación importante es la de implementar a la brevedad posible el display digital para la lectura de las cantidades despachadas en cliente a través del flujómetro de forma más sencilla y sin errores

los errores de apreciación y/o paralaje que podrían darse en la lectura del indicador de nivel de carátula.

APÉNDICES

Apéndice A.

Plano 1: Vista isométrica de modelado en 3D del nuevo sistema de trasiego



PROYECTO:
REPOTENCIACIÓN DE SISTEMA DE TRASIEGO DE DIOXIDO
DE CARBONO LÍQUIDO EN UN SEMITRÁILER

VISTA ISOMÉTRICA DE NUEVO SISTEMA DE TRASIEGO

Diseñó: C.Casal
20.05.2014

Dibujó: C.Casal
20.05.2014

Revisó: J.Laínez
21.05.2014

Aprobó: C.Arevalo
21.05.2014

REVISIONES:

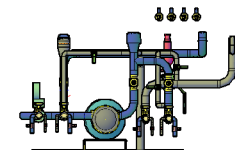
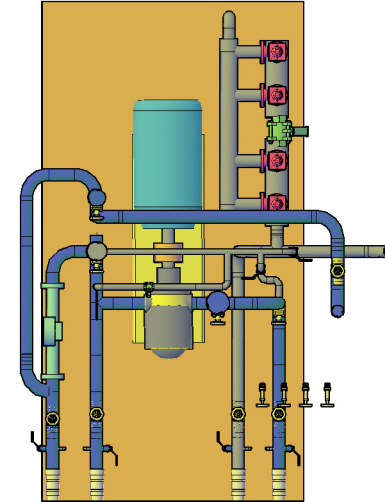
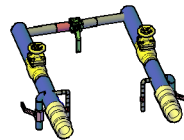
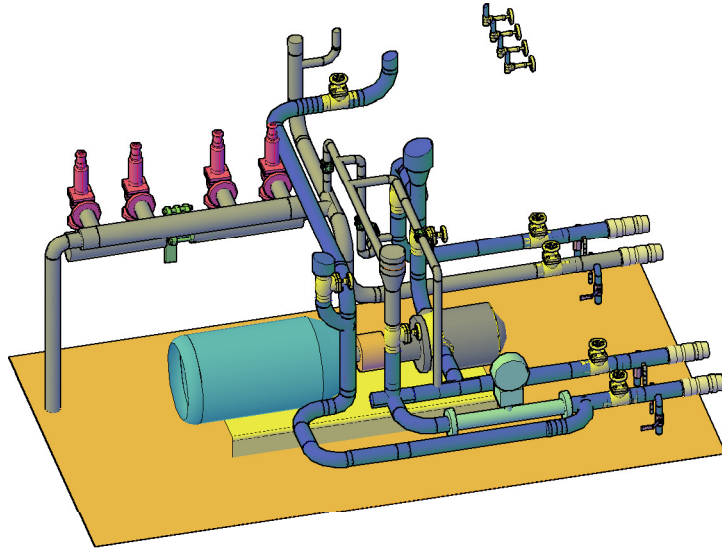
No.	Fecha:	Observaciones:
1	21.05.2014	Tuberías Fase Líquido en azul y Fase Gas en gris

ESCALA:
s.e.

Plano 1

Apéndice B.

**Plano 2: Vistas lateral, superior y
frontal de modelado en 3D del
nuevo sistema de trasiego**



PROYECTO:
REPOTENCIACIÓN DE SISTEMA DE TRASIEGO DE DIOXIDO
DE CARBONO LÍQUIDO EN UN SEMITRÁILER

VARIAS VISTAS ISOMÉTRICAS DE NUEVO SISTEMA DE
TRASIEGO

Diseño: C.Casal
20.05.2014

Dibujó: C.Casal
20.05.2014

Revisó: J.Laínez
21.05.2014

Aprobó: C.Arevalo
21.05.2014

REVISIONES:

No.	Fecha:	Observaciones:
1	21.05.2014	Tuberías Fase Líquido en azul y Fase Gas en gris

ESCALA:
s.e.

Plano 2

Apéndice C.

Hoja de Seguridad MSDS Dióxido de Carbono Líquido



HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (SDS) DIÓXIDO DE CARBONO LÍQUIDO

Nota: Las especificaciones contenidas en esta hoja de seguridad aplican también para dióxido de carbono industrial y medicinal.

1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del producto : Dióxido de carbono

Familia química : Ácido anhídrido

Nombre químico : Dióxido de carbono

Fórmula : CO₂

Sinónimos: Anhídrido carbónico, gas ácido carbónico, carbono anhídrido, bióxido de carbono.

Usos: El mayor uso del dióxido de carbono es en la fabricación de bebidas carbonatadas, cervezas y vinos. También se usa como gas preservante de alimentos, como gas de protección en soldadura y como medio de extinción de fuego en sistemas de control de incendios.

Presentación: Como líquido refrigerado en termos o pallets.

Fabricante :

LINDE ECUADOR S.A.

Quito, Av. De los Shyris 344 y Eloy Alfaro Edif. Parque Central Piso 8 Tlf.: (593-2) 3998900

Guayaquil, Km. 11 1/2 Vía Daule Tlf. : (593-4) 3703400

1800LINDEGAS 1800 546334

www.linde.com.ec

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

COMPONENTE	% MOLAR	NUMERO CAS	LIMITES DE EXPOSICIÓN
Dióxido de carbono	99.9-99.996%	124-38-9	TLV : 5000 ppm (ACGIH)

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Resumen de emergencia

Líquido refrigerado moderadamente tóxico, de olor ligeramente pungente e incoloro con sabor suavemente ácido. El contacto con el producto puede causar quemaduras por frío. El peligro para la salud asociado con escapes de este gas es asfixia por desplazamiento del oxígeno. Este gas no se quema y no alimenta la llama. El gas carbónico es 1.5 veces más pesado que el aire.

Efectos potenciales para la salud

Inhalación: Es un asfixiante y un poderoso vasodilatador cerebral. Si la concentración de dióxido de carbono alcanza el 10% o mas, causa sofocación en minutos. A concentraciones más bajas el dióxido de carbono puede causar náusea, mareo, sudor, dolor de cabeza, confusión mental, aumento de la presión sanguínea, respiración agitada, palpitaciones del corazón, respiración dificultosa, disturbios visuales y temblores. Las concentraciones altas resultan en narcosis y muerte.

Contacto con la piel: El contacto del gas frío con la piel puede causar quemaduras por el frío o causar dermatitis (piel roja, agrietada e irritada), dependiendo de la concentración y duración de la exposición.



Contacto con los ojos: El contacto del gas frío o hielo seco sólido con los ojos puede causar dolor, enrojecimiento, quemaduras y en exposiciones severas, puede causar ceguera.

Otros efectos perjudiciales para la salud: Síntomas de quemaduras causadas por el frío incluyen cambio en el color de la piel a blanco o gris-amarillento. La humedad del aire puede causar la formación de ácido carbónico, el cual puede irritar los ojos.

Carcinogenicidad: El dióxido de carbono no está listado por la NTP, OSHA o IARC

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar la víctima al aire fresco lo más pronto posible. Solo personal profesionalmente entrenado debe suministrar ayuda médica como la resucitación cardio-pulmonar y/o el oxígeno suplementario, si es necesario.

Contacto con la piel: Remover cualquier ropa y no frotar la parte congelada pues esto puede causar daño al tejido. Cuando sea apropiado poner las partes afectadas en agua tibia cuya temperatura no exceda 40°C. NUNCA USAR AGUA CALIENTE. NUNCA USAR CALOR SECO. Otra alternativa: si los dedos o manos son quemados por el frío, poner la parte afectada bajo las axilas. Hacer que la víctima ejerce la parte afectada mientras se está calentando. Buscar ayuda médica inmediatamente.

Contacto con los ojos: Abrir los ojos de la víctima bajo agua corriente. Usar fuerza suficiente para mantener los ojos abiertos. Decir a la víctima que dé vuelta a los ojos. Enjuagar mínimo por 15 minutos. Buscar asistencia médica inmediatamente, preferiblemente de un oftalmólogo.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

Punto de inflamación : No aplica.

Temperatura de auto ignición : No aplica.

Limites de Inflamabilidad : No aplica.

(en aire por volumen, %)

Sensibilidad de explosión a un impacto mecánico: No aplica.

Sensibilidad de explosión a una descarga eléctrica: No aplica.

Riesgo general

Gas no inflamable. Cuando los termos se exponen a intenso calor o llamas pueden explotar violentamente.

Medios de extinción

Dióxido de Carbono es comúnmente usado como un agente extinguidor de fuegos clase B y clase C.

Instrucciones para combatir incendios

Evacuar al personal de la zona de peligro. Si es posible y no hay riesgo, remover los termos con dióxido de carbono del incendio o enfriarlos con agua. No rociar agua directamente en la válvula de salida del termo. Aparatos autónomos de respiración pueden ser requeridos para el personal de rescate.

Si un trailer o semi-trailer se ve involucrado en un incendio, aislar un área de 800 metros (1/2 milla) a la redonda.



6. MEDIDAS CONTRA ESCAPE ACCIDENTAL

En caso de escape evacuar a todo el personal de la zona afectada (hacia un lugar contrario a la dirección del viento). Aislar un área de 25 a 50 metros a la redonda. Localizar y sellar la fuente de escape del gas. Dejar que el gas se disipe. Monitorear el área para determinar los niveles de oxígeno. La atmósfera debe tener un mínimo de 19.5% de oxígeno antes de permitir el acceso de personal y si está por debajo del límite de exposición, ingresar al área con aparatos de respiración autosuficiente. Eliminar posibles fuentes de ignición. Ventilar el área o mover el termo con fuga a un área ventilada. Escapes sin control deben ser respondidos por personal profesionalmente entrenado usando un procedimiento establecido previamente.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Precauciones que deben tomarse durante el manejo de termos

Antes del uso: Mover los termos utilizando un carro porta termos o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o contra otras superficies. No se deben transportar en espacios cerrados como por ejemplo, el baúl de un automóvil, camioneta o van. Para descargar los termos, usar los dispositivos provistos para este fin que se encuentran en el camión de reparto.

Durante su uso: No usar adaptadores, herramientas que generen chispas ni calentar el termo para aumentar el grado de descarga del producto. Usar válvula de contención o anti retorno para prevenir un contraflujo peligroso en el sistema. Usar un regulador para reducir la presión al conectar el termo a tuberías o sistemas de baja presión (<200 bar–3.000 psig). Jamás descargar el contenido del termo hacia las personas, equipos, fuentes de ignición, material incompatible o a la atmósfera. No usar aceites o grasas en los acoples o en el equipo de manejo del gas. Inspeccionar el sistema para escapes usando agua y jabón. No intentar introducir objetos como alicates, destornilladores, palancas, etc. en la válvula, ya que puede dañarse y causar un escape. Si el usuario experimenta alguna dificultad en el funcionamiento de la válvula del termo, discontinuar el uso y ponerse en contacto con el fabricante o proveedor. No usar el termo como parte de un circuito eléctrico.

Después del uso: Cerrar la válvula principal del termo. Cerrar firmemente las otras válvulas. Marcar los termos vacíos con una etiqueta que diga "VACIO". No deben reutilizarse termos que presenten fugas, daños por golpes o que hayan sido expuestos al fuego. En estos casos, notificar al proveedor para recibir instrucciones.

Precauciones que deben tomarse para el almacenamiento de los termos

Almacenar los termos en posición vertical. Separar los termos vacíos de los llenos. Para esto, usar el sistema de inventario "primero en llegar, primero en salir" para prevenir que los termos llenos sean almacenados por un largo período. Usar solo envases y equipo (tubería, válvulas, conectores, etc.) diseñados para almacenar y operar con líquidos criogénicos. Los termos pueden ser almacenados al descubierto pero, en tal caso, deben ser protegidos contra la intemperie y humedad para prevenir deterioro.

El área de almacenamiento debe encontrarse delimitada con el fin de evitar el paso de personal no autorizado que pueda manipular de forma incorrecta el producto. Almacenar lejos de áreas con mucho tráfico, de salidas de emergencia, áreas de procesamiento y producción, alejado de ascensores, salidas de edificios, cuartos y de pasillos principales que lleven a salidas. El área debe ser protegida con el fin de prevenir ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión sobre la superficie del termo. No permitir que la temperatura en el área de almacenamiento exceda los 54° C (130° F) ni tampoco que entre en contacto con un sistema energizado eléctricamente. Señalizar el área con letreros que indiquen "PROHIBIDO EL PASO A



PERSONAL NO AUTORIZADO", "NO FUMAR" y con avisos donde se indique el tipo de peligro representado por el producto. El almacén debe contar con un sistema extintor de fuego apropiado (por ejemplo, sistema de riego, extinguidores portátiles, etc.). Los termos no deben colocarse en sitios donde hagan parte de un circuito eléctrico.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Controles de ingeniería

Ventilación: Proporcionar ventilación natural o mecánica.

Equipos de detección: Utilizar sistemas de detección de gases diseñados de acuerdo con las necesidades. Se sugiere seleccionar una escala que permita mantener el nivel de oxígeno por encima del 19.5%. Solicitar asesoría técnica al respecto en LINDE ECUADOR S.A.

Protección respiratoria

Usar equipo autónomo de respiración (SCBA) o máscaras con mangueras de aire o de presión directa si el nivel de oxígeno está por debajo del 19.5%. Los purificadores de aire no proveen suficiente protección.

Guantes aislantes: Guantes largos y aislantes de frío o de cuero. Los guantes deben estar limpios y libres de grasa o aceite.

Protección a los ojos: Es recomendable usar pantalla facial que cubra toda la cara y anteojos ajustados de seguridad.

Otros equipos de protección: Durante el manejo de termos, usar zapatos industriales de seguridad, camisa de manga larga y pantalones sin doblez en el ruedo.

Equipo contra incendios

Los socorristas o personal de rescate deben contar como mínimo, con un aparato de respiración auto-contenido y protección personal completa a prueba de fuego (equipo para línea de fuego).

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Densidad de gas a 21.1°C (70°F), 1 atm:	1.833 kg/m ³ (0.1144 lb/ pies ³)
Temperatura de sublimación	-78.92°C (-110.02°F)
pH:	3.7 a 1 atm (forma ácido carbónico)
Peso específico (aire = 1) a 21.1°C (70°F):	1.529
Peso molecular:	44.01
Solubilidad en agua vol/vol a 20°C (68°F) y 1 atm:	0.90
Volumen específico del gas:	0,5457 m ³ /kg (8.741 ft ³ /lb)
Presión de vapor a 21.1°C (70°F):	5778 kPa (838 psig)
Coeficiente de distribución agua / aceite:	No aplica.
Apariencia y color:	El dióxido de carbono líquido es volátil, incoloro, sin olor bajo alta presión.

10. REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD

Estabilidad

El dióxido de carbono líquido es estable.

Incompatibilidad

El dióxido de carbono arde y explota cuando se calienta con aluminio en polvo, berilio, mezclas de cerio, cromo, mezclas de magnesio-aluminio, manganeso, torio, titanio y zirconio. En la



presencia de humedad, el dióxido de carbono se enciende con óxido de cesio. Los acetiluros metálicos también arden y explotan en contacto con dióxido de carbono. El dióxido de carbono reacciona con materiales alcalinos para formar carbonatos y bicarbonatos.

Condiciones a evitar

Evitar exponer termos a temperaturas altas o llamas directas porque pueden romperse o estallar.

Reactividad

a) Productos de descomposición: El dióxido de carbono producirá monóxido de carbono y oxígeno cuando se expone a temperaturas superiores a 1648°C (3000°F).

b) Polimerización peligrosa : Ninguna

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

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 pph/5 minutos

LCLo (inhalación, mamífero) = 90000 ppm/5 minutos

TCLo (inhalación, rata) = 6 pph/24 horas; efectos reproductivos y teratogénicos.

En humanos se presentan los siguientes síntomas :

Concentración	Síntomas de exposición
1% Dióxido de carbono:	Aumenta ligeramente la respiración.
2% Dióxido de carbono:	El ritmo respiratorio aumenta el 50%. Exposición por largo tiempo puede causar dolor de cabeza, cansancio.
3% Dióxido de carbono:	La respiración se aumenta dos veces más del ritmo normal y se vuelve trabajosa. Leves efectos narcóticos. Deteriora el oído, dolor de cabeza, aumenta la presión sanguínea y el ritmo del pulso.
4 - 5% Dióxido de carbono:	La respiración se aumenta cuatro veces más del ritmo normal, se presentan evidentes síntomas de intoxicación y se puede sentir una ligera sensación de ahogo.
5-10% Dióxido de carbono:	Notable y fuerte olor característico, respiración muy trabajosa, dolor de cabeza, disturbio visual y zumbido en los oídos. Afecta el sentido común, seguido en pocos minutos con la pérdida del conocimiento.
50-100% Dióxido de carbono:	Arriba del nivel de 10%, ocurre rápidamente una pérdida del conocimiento. Exposición a altas concentraciones por largo tiempo resultará en muerte por asfixia.

Capacidad irritante del material: Producto no irritante

Sensibilidad a materiales: El producto no causa sensibilidad en humanos

Efectos al sistema reproductivo

Habilidad mutable: No aplicable

Mutagenicidad: Ningún efecto mutagénico ha sido descrito para dióxido de carbono en humanos.

Embriotoxicidad: Ningún efecto embriotóxico ha sido descrito para dióxido de carbono en humanos.

Teratogenicidad: Ningún efecto teratogénico ha sido descrito para dióxido de carbono en humanos.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

El dióxido de carbono (CO₂) es incoloro, de olor penetrante y sabor ácido. Es un componente minoritario de la atmósfera (aproximadamente 350 ppm). Proviene de la combustión de hidrocarburos, de la fermentación y de la respiración animal.

El dióxido de carbono no puede considerarse como contaminante en sentido estricto ya que no es tóxico y se halla en la atmósfera de modo natural. Es imprescindible para el desarrollo de la vida en el planeta ya que posibilita la existencia de la fotosíntesis de las plantas y el clima actual. No obstante, se incluye dentro de las sustancias contaminantes porque impide que una parte de la energía radiante que recibe la Tierra vuelva al espacio, produciendo el llamado efecto invernadero. En la actualidad su concentración ha llegado a 359 ppmv (partes por millón volumen) producto de la quema de combustibles fósiles, cambios en uso de suelos (principalmente deforestación), quema de biomasa y manufactura de cemento.

El aumento de dióxido de carbono en la atmósfera es el responsable del calentamiento global en la baja atmósfera. Este calentamiento produce aridez en la tierra afectando a las actividades agropecuarias y según los investigadores, en un futuro no muy lejano se fundirán las enormes masas de hielo de los polos, provocando una elevación de los niveles del mar y peligrando seriamente la posibilidad de vida en las costas.

El dióxido de carbono líquido no está identificado como contaminante marino por e DOT.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Regresar los termos vacíos al fabricante para que éste se encargue de su disposición final, de acuerdo con lo establecido por la normatividad ambiental.

14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Número de Naciones Unidas : UN 2187

Clase de peligro D.O.T : 2.2

Rotulo y etiqueta D.O.T : GAS NO INFLAMABLE NO TÓXICO



El dióxido de carbono líquido se transporta en termos (denominación dada para termos criogénicos y pallets en la presente hoja de seguridad). Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no este separado del compartimiento del conductor.

Información especial de embarque: Los termos se deben transportar en una posición segura en un vehículo bien ventilado. El transporte de termos en automóviles o en vehículos cerrados presenta serios riesgos de seguridad y debe ser descartado.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA



El transporte y manejo de este producto está sujeto a las disposiciones y requerimientos establecidos en el NTE INEN 2266 2.010 Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos.

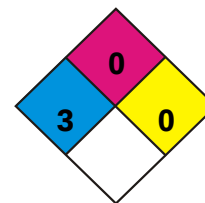
Este gas debe ser producido, almacenado y distribuido conforme la NTE INEN 2377.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

En las zonas de almacenamiento de termos se debe contar con la siguiente información de riesgos :

Código NFPA

Salud : 3 "Demasiado peligroso: use ropa de protección adecuada"
Inflamabilidad : 0 "No arde"
Reactividad : 0 "Estable"



Salida de válvula : Termos criogénicos CGA 320
Pallets Rosca AGA trapezoidal 6 mm.

Esta hoja de seguridad es propiedad exclusiva de LINDE ECUADOR S.A.
Prohibida su reproducción total o parcial, con fines comerciales
por parte de personas ajenas a esta compañía.

Apéndice D.

Hoja técnica válvula de globo

Herose tipo 01301

Globe Valves

Type 01301 - Globe Valve



Cryogenic-Globe and Globe/Check Valves, PN50

Bronze body and topwork
 "live loaded" gland packing
 "cleaned and degreased for oxygen service"

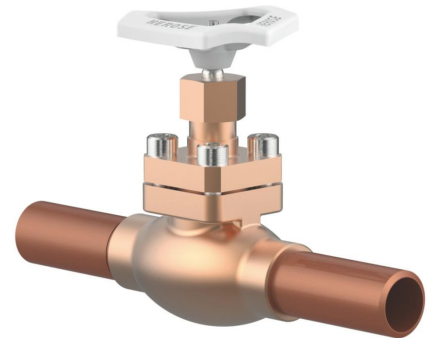
Part No. 01301.X.0008

Part No. 01301.X.5008 Globe/Check Valve

Complete with brazed copper stubs acc. to DIN EN 12449

Available options - on request only:

- Valve with control disc (tapered design)



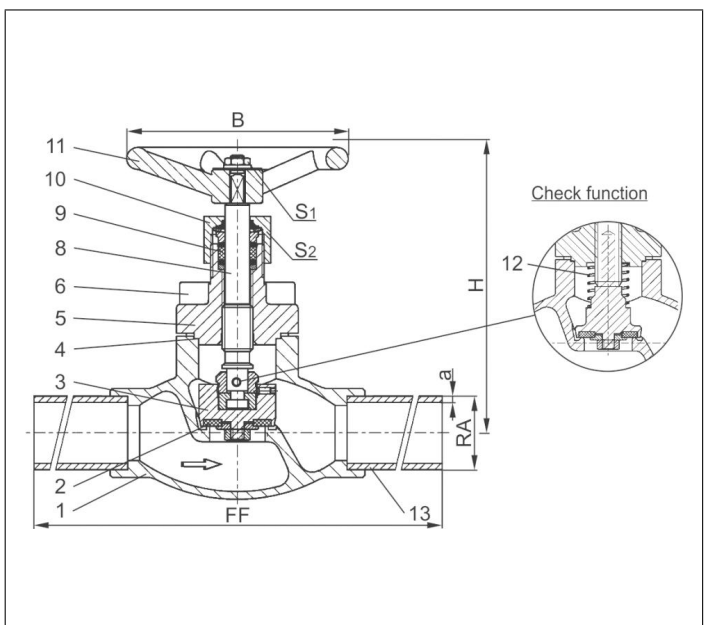
Applications:

Approved for air gases, vapours and cryogenic liquefied gases incl. LNG.

Working temperature: - 196°C / -321°F (77K) up to +120°C / +248°F (393K)

Recommended working temperature: -60°C / -76°F (213K) up to +120°C / +248°F (393K)

Materials	DIN EN	ASTM
1 Body	CC491K	B 62 UNS C83600
2 Valve seal	PTFE / Carbon filled (25%)	
3 Disc	CW614N	B 283 UNS C38500
4 Bonnet gasket	PTFE	
5 Headpiece	CC493K	B 505 UNS C93200
6 Bolts	1.4301/A2	A 194 B8
8 Stem	1.4301	A 276 Grade 304
9 Gland packing	Graphite / PTFE	
10 Gland nut	CW614N	B 283 UNS C38500
11 Handwheel	Aluminium alloy	
12 Spring	CW452K	B 103 UNS C51900
13 Copper stubs	CW024A	B 152



Standard marking acc. to Pressure Equipment Directive 97/23/EC (PED).

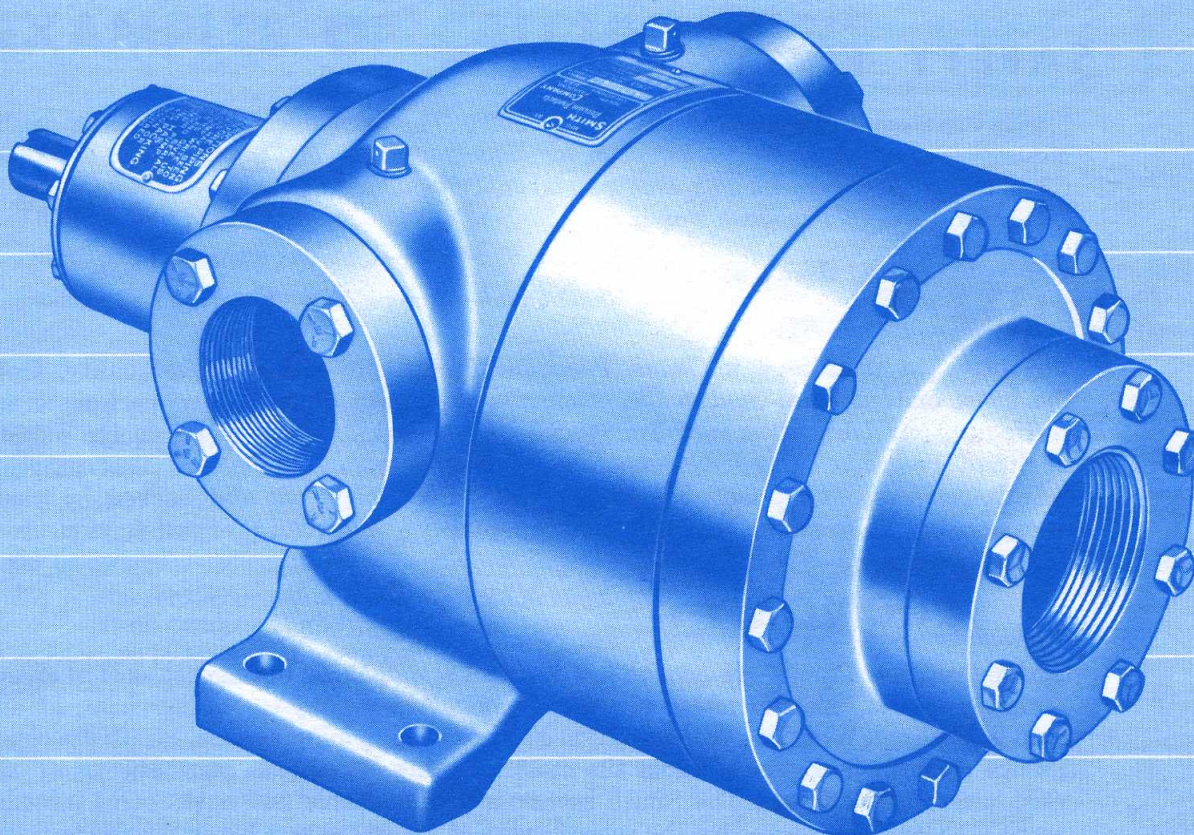


Type 01301 - Standard design	Technical data								
Nominal size	DN	10	15	15	20	25	32	40	50
Dimension code	.X.	1012	1515	1518	2022	2528	3235	4042	5054
Face-to-face dimension	FF	360	385	385	385	415	415	420	460
Height	H	140	140	140	140	140	170	175	200
Outside pipe-Ø	RA	12.0	15.0	18.0	22.0	28.0	35.0	42.0	54.0
Wall thickness pipe	a	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0
Handwheel-Ø	B	100	100	100	100	100	125	125	125
Wrench size across flats	S ₁	10	10	10	10	10	13	13	13
Wrench size across flats	S ₂	30	30	30	30	30	36	36	36
Weight	ca. kg	1.1	1.4	1.4	1.8	2.4	3.2	4.8	7.5
Kvs-Value	m ³ /h	2.2	4.3	4.3	6.7	11.5	12.1	22.6	37.1
Cv-Value	gal/min	2.6	5.0	5.0	7.8	13.4	14.1	26.3	43.2

Dimensions in mm.

Apéndice E.

CP-1 Manual Bomba Smith



SMITH PRECISION PUMPS FOR LIQUEFIED GASES

**CARBON DIOXIDE
ANHYDROUS AMMONIA
FREONS
SULFUR DIOXIDE
NITROUS OXIDE
BUTANE
PROPANE
and similar
LIQUEFIED GASES**

**ALSO OTHER LIQUIDS
OF SAME OR
HIGHER VISCOSITIES
UP TO 100,000 S.S.U.**

CHOICE OF MODELS FOR:

High volume transfer
Bulk transfer • Loading tank trucks
Plant operations • Truck delivery
Circulating systems

ALL MODELS HAVE THESE IMPORTANT ADVANTAGES:

- Precision construction • Efficient performance
- Superior materials for long life
- No periodic maintenance, lubricating, or servicing
- Patented mechanical seal providing leak-free operation



SAFETY FIRST

Smith Precision Pumps are designed for safety. The mechanical seal is the best in the industry, providing leak-free operation for liquefied gases. The pump case is manufactured of the strongest, longest wearing materials available. You know your system is safe with a Smith Precision Pump.

QUALITY

The precision machining in Smith Precision Pumps provides built-in quality. Only the finest materials are used in the production of Smith pumps. Our machinists are craftsmen, our fabrication men are specialists; their skills are reflected in the quality of Smith Precision Pumps. No expense or effort is spared to ensure that exacting Smith specifications are met. The engineering-design is proven and backed by years of experience, all to assure that you have the quality you demand for satisfaction.

ECONOMY

Smith Precision Pumps are economical from all standpoints; initial cost, cost of operation, and cost of repair or replacement. No lubrication or day-to-day servicing of any kind is required. With proper installation in an efficient piping system, Smith Precision Pumps perform consistently under the most exacting conditions, and always at the very lowest over-all cost. The Smith exchange plan available (see back cover) provides an ECONOMICAL means for the replacement of a worn pump by an exchange pump restored to full efficiency.

EFFICIENCY

In the highly competitive liquefied gas industries, efficiency of operation is absolutely essential. Smith Precision Pumps have the fastest delivery rates coupled with longest service life. Efficiency is signified by installations in which Smith pumps transfer hundreds of thousands of gallons, even millions of gallons, without servicing or repair. The reason is simple; Smith Precision Pumps in addition to being built of the finest materials, have a unique design which allows parts to adjust automatically for wear. Top efficiency is thereby maintained for long periods of time.

EASE OF INSTALLATION

Most Smith Precision Pumps have multiple outlets and can be adapted to a number of installation arrangements. Flanges are available, for ease of piping, on many models. No troublesome chain and belt drives or gear reduction motors are required. Motor-driven models are direct-connected to standard speed low-cost electric motors. By a simple change of shaft rotation, most Smith pump models can be used to pump in or out through the same piping.

EXPERIENCE

Smith Precision Products Company has specialized in the manufacture of liquefied gas pumps since 1938. Long experience has enabled us to develop materials of construction particularly suited for liquefied gas service. Our records cover the performance of such pumps in many varied types of installations. We can advise you with certainty whether a Smith Pump is suited to your application.

SMITH PUMPS ARE READILY AVAILABLE

The Smith Precision Products Company has extensive experience with pumps for all the listed liquefied gases, and has developed materials and specifications covering each of them. In addition to these standard pumps, special pumps for the same or other liquefied gases or liquids can also be supplied. Smith Pumps are fitted for the particular liquid specified. Pumps for one service should not be used to pump other fluids. The use of other fluids may cause unsatisfactory performance. Frequently, pumps can be fitted to handle several different liquefied gases and/or liquids if these fluids are specified in advance to Smith Precision Products Company. Prices vary slightly depending upon type of service. Pumps having red labels are for butane, propane, and associated hydrocarbons. Pumps having green labels show the name of the liquid for which the pump was designed.

When ordering or inquiring about either standard or special pumps, please specify the particular liquefied gases or liquids to be handled, the temperature range, pump inlet pressure, and differential pressure required, if known. Our engineering department is set up to assist you with pump selection and proper pump installation, two very important factors in obtaining satisfactory service from a liquefied gas pumping system. See also pages 4, 14, 15.

WHERE TO LOOK FOR:

	PAGE
ADVANTAGES OF SMITH PUMPS.....	2
USES OF SMITH PUMPS.....	3
ADVANTAGES OF SLOW MOTOR SPEEDS.....	4
CIRCULATING SYSTEMS FOR CARBON DIOXIDE.....	4
SMALL CAPACITY SMITH PUMPS.....	4, 5
MEDIUM CAPACITY SMITH PUMPS.....	6, 7
LARGE CAPACITY SMITH PUMPS.....	8, 9
APPROXIMATE SHIPPING WEIGHT OF SMITH PUMPS AND MOTORS.....	9
SMITH PRECISION TRUCK PUMPS.....	10, 11
SMITH STRAINERS	12
BYPASS VALVES	12
SPARE PARTS FOR SMITH PUMPS.....	13
PERFORMANCE FORMULAE FOR SMITH PUMPS.....	14
EXAMPLES OF CALCULATIONS.....	15
REPAIRS AND EXCHANGE POLICIES.....	Back Cover

for the following liquefied gases:

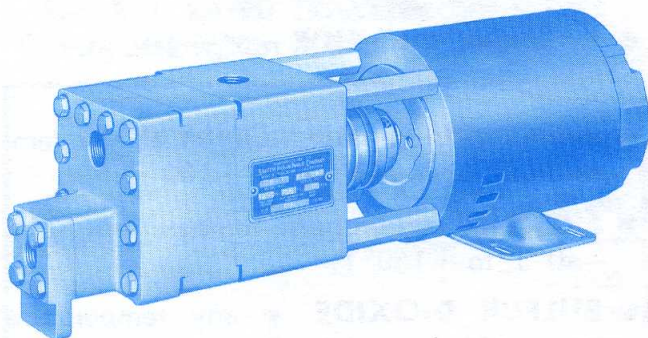
- **CARBON DIOXIDE** refrigerated at -20° F. to $+15^{\circ}$ F.
- **ANHYDROUS AMMONIA** at any temperature from -25° F. to $+100^{\circ}$ F.
- **FREONS**, all numbers, temperatures from -40° F. to $+150^{\circ}$ F.
- **SULFUR DIOXIDE** at any temperature from -15° F. to $+150^{\circ}$ F.
- **NITROUS OXIDE** refrigerated at -40° F. to $+15^{\circ}$ F.
- **BUTANE, PROPANE**, and associated hydrocarbons or mixtures thereof at ambient temperature.

SPECIAL PUMPS CONSTRUCTED FOR SAME OR OTHER LOW VISCOSITY TO HIGH VISCOSITY LIQUIDS, WITHIN THE FOLLOWING GENERAL LIMITATIONS (contact factory for specifics):

Temperature, -150° F. to $+400^{\circ}$ F.
 Inlet pressure, 4 psiA to 1000 psig
 Differential pressure, 800 psi maximum
 Drive speed, 300 to 3600 RPM
 Capacity, 2 to 250 gpm

SMALL CAPACITY SMITH PUMPS

Models SQ-1, SQ-H, SQ-HH, and SQ-HH8 pumps with motor



MODEL SQ-1 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

5 GPM with vapor return line
4 GPM against 40 psi differential pressure
3 GPM against 75 psi differential pressure

MODEL SQ-H PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

7 GPM with vapor return line
6 GPM against 40 psi differential pressure
5 GPM against 75 psi differential pressure

MODEL SQ-HH PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

13 GPM with vapor return line
11 GPM against 40 psi differential pressure
9 GPM against 75 psi differential pressure

MODEL SQ-HH8 PUMP CAPACITIES AT 1200 RPM

(1800 RPM not recommended)
13 GPM with vapor line return
10 GPM against 40 psi differential pressure
7 GPM against 75 psi differential pressure



Models SQ-1, SQ-H, SQ-HH, and SQ-HH8
3/4-inch inlet and outlet, threaded

WRITE FACTORY FOR DIMENSION DRAWINGS (SPECIFY MODEL).

ADVANTAGES OF SLOW MOTOR SPEEDS

All electric motor-driven pumps listed in this catalog show motors designed to drive the pumps at the maximum allowable shaft speed, which is 1800 RPM except for MC-1 and GC-1 with butane, propane, and associated hydrocarbons. (See catalog CP-3.) The 1800 RPM motor units have the highest efficiency and the lowest costs. However, units driven with either 1200 RPM or 900 RPM motors may be better for certain types of installations. Slow motor speeds have two important advantages:

1. **LONGER WEAR.** Pumps run slower than maximum speed will wear longer than units driven at 1800 RPM. For this reason, we recommend that 1800 RPM motors be used only in intermittent duty applications involving an average of 2 hours per day running time, or in installations where the total running time is expected to be short. Experience has shown that 1200 RPM motors can actually double pump life, as based on the total volume of liquid handled before repairs are required. The 900 RPM motors can triple pump life on the same basis.

2. **QUIETER OPERATION.** Pumps run slower than maximum speed will be quieter. Noise is difficult to describe,

ADVANTAGES:

1. Designed specifically for continuous recirculation service with non-lubricating fluids.
2. Large mechanical seals provide longer wear life in difficult operations.
3. Easy "convertibility" to smaller or larger capacity pump while retaining same external dimensions.
4. No periodic lubrication, adjustment, or other servicing required.

All the Model SQ-series pumps use the heavy-duty patented Smith mechanical seals normally used in the higher capacity units. Their heavier construction permits them to be successfully employed in situations where intermediate capacity between that of the MC-1 and the MC-1044 is required.

Each model has a built-in bypass valve which must be connected with an external line, and is permanently set at 90 psid. Like the MC-1 and GC-1 pumps, the SQ-series units mount directly onto the electric motor. For continuous duty service at slower than rated speeds the SQ-series pumps stand up best to extremes of heat and cold, variable viscosity, and changing work loads. Liquids handled below atmospheric pressures pose no problems as the seal can easily be modified. Foot mounting brackets are available.

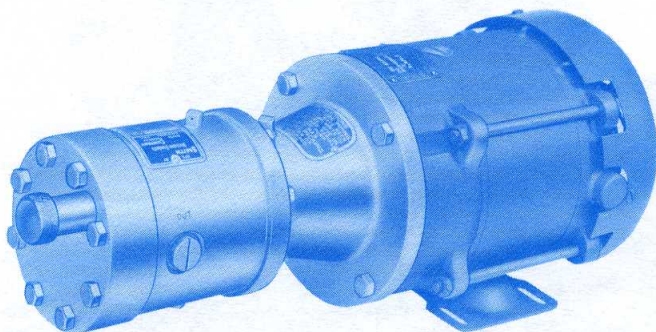
but, in general, a 1200 RPM unit makes half as much noise, and a 900 RPM unit makes one-third as much noise, compared to an 1800 RPM unit.

When slow speed motors are being utilized with a certain model of pump, the volume of liquid pumped is, of course, less than the volume would have been at 1800 RPM. To pump a required volume using a slow speed motor, it is necessary to use a pump with a greater displacement. Examples are given on page 15 of the necessary calculations for determining pump and horsepower requirements at slow motor speeds.

Savings with slow motors and larger pumps may be summarized as follows:

- A. Such units pump at least twice as many gallons of liquid without needing repairs.
- B. Such units cost substantially less than twice the cost of 1800 RPM units.
- C. Such units save "down time" costs as they are "down" less than half as often.

MODEL MC-1 PUMP WITH TOTALLY ENCLOSED MOTOR

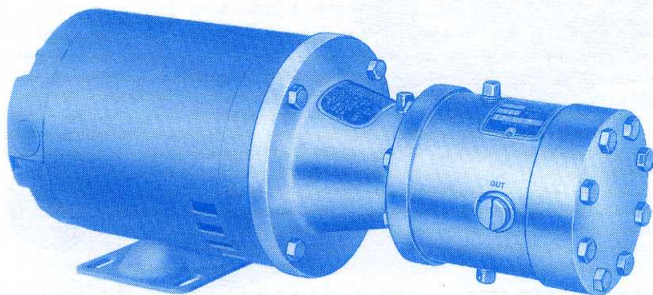


MODEL MC-1 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

- 5 GPM with vapor return line.
- 4 GPM against 40 psi differential pressure.
- 3 GPM against 75 psi differential pressure.

The Model MC-1 pump mounts directly on the electric motor. Operates in counter-clockwise direction with pump shaft pointing toward observer. Inlet and outlet, $\frac{3}{4}$ -inch threaded. For best results, use $1\frac{1}{4}$ -inch or 1-inch pipe or hose for inlet line, reducing at pump through Smith W-1 ($1\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$) or W-1 ($1 \times \frac{3}{4}$) strainer.

MODEL GC-1 PUMP WITH MOTOR



MODEL GC-1 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

- 5 GPM with vapor return line.
- 4 GPM against 40 psi differential pressure.
- 3 GPM against 75 psi differential pressure.

The Model GC-1 pump mounts directly on the electric motor. Operates in clockwise direction of rotation with pump shaft pointing toward observer. Inlet and outlet, $\frac{3}{4}$ -inch threaded. For best results, use $1\frac{1}{4}$ -inch or 1-inch pipe or hose for inlet line, reducing at pump through Smith W-1 ($1\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$) or W-1 ($1 \times \frac{3}{4}$) strainer.

ADVANTAGES:

1. Precision construction for high performance and long life.
2. Finest materials used throughout.
3. No periodic lubrication, adjustment, or other servicing required.
4. Highest efficiency of any small pump made.

The Model MC-1 and GC-1 pumps both include the patented Smith mechanical shaft seal. Their precision construction enables highest differential pressures for faster transfer. Model MC-1 and GC-1 pumps are strongly recommended as having the lowest long-run cost where heavy duty and maximum performance are required. The Model MC-1 and GC-1 pumps can both be driven with electric motors. Recommended electric motor is $\frac{1}{2}$ HP at any differential pressure up to 75 psi, when speed is 1800 RPM. Each model has a built-in bypass valve discharging within the pump, and factory set for 100 psi differential pressure.

PARTICULAR ADVANTAGE OF MODEL MC-1:

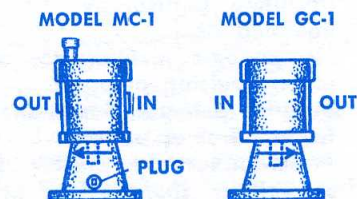
Bypass valve *easily adjustable* in the field, for other differential settings.

PARTICULAR ADVANTAGE OF MODEL GC-1:

- (a) Bypass valve *permanently* set at factory to 100 psi differential pressure to prevent improper adjustment.
- (b) Mechanical shaft seal, exposed only to inlet pressure, lengthens shaft seal life.

MODEL MC-1 or GC-1 WITH FOOT MOUNT

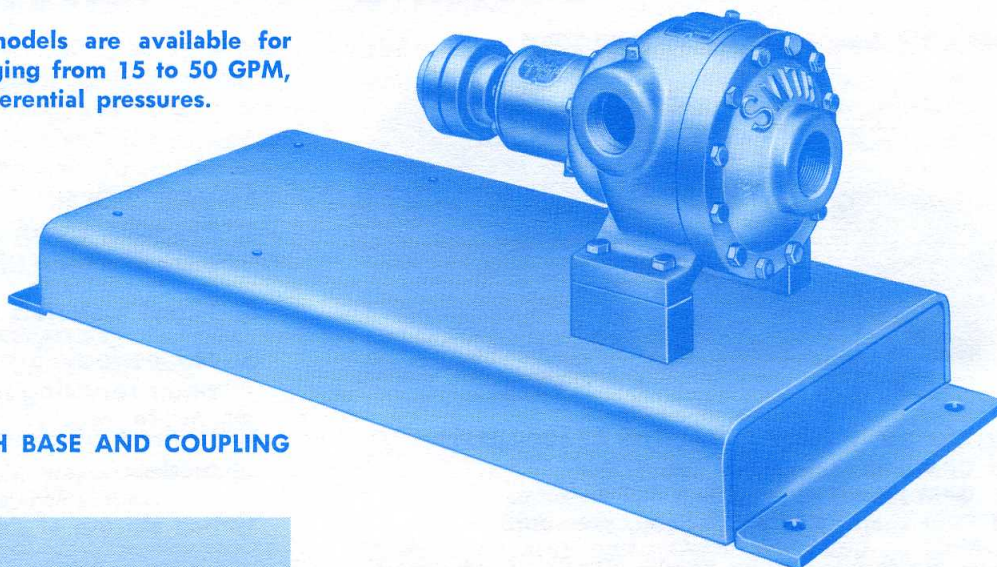
The Model MC-1 or GC-1 pumps are available with a foot-mount bracket, so that these pumps can be mounted on a separate base with non-flange type motor. The foot bracket pump options have all other characteristics identical to the standard models. The convenient foot bracket allows these pumps to be used with motors and bases that the customer may already have. The foot-mount option is available at no extra charge, for Models MC-1 and GC-1. Specify frame size of motor to be used, if base is also to be supplied.



WRITE FACTORY FOR DIMENSION DRAWINGS (SPECIFY MODEL).

MEDIUM CAPACITY SMITH PUMPS

Six Smith Precision Pump models are available for operation with capacities ranging from 15 to 50 GPM, depending on model and differential pressures.



MODEL MC-1044 PUMP WITH BASE AND COUPLING

MODEL MC-1044 has a capacity up to 20 GPM. Has 1½-inch threaded ports at sides, and an alternate 1½-inch threaded port at end.

MODEL MC-1044H has a capacity up to 35 GPM. Has identical mounting dimensions to MC-1044.

MODEL MC-2, a widely used general-purpose pump, has a capacity of up to 50 GPM. Has 2½-inch threaded inlet and outlet port at each side.

MODEL MC-2F is identical to the Model MC-2 in every respect, except that 2-inch steel flanges are provided at the inlet and outlet ports, threaded or for welding.

MODELS ATC-2L and ATC-2R with capacity up to 50 GPM, also have flanges, with a 2½-inch end port and two 2-inch side ports.

MODEL MC-2Q can develop up to 150 psi differential pressure for unusual services, and is equipped with herringbone-type gears for extra-quiet operation. Has 2½-inch threaded inlet and outlet port at each side.

ADVANTAGES:

1. Precision construction for high performance and long life.
2. Highest quality materials throughout.
3. Designed particularly for bulk transfer of liquefied gases.
4. No periodic maintenance or lubricating or other servicing required.
5. Includes patented Smith shaft seal assembly for leak-free operation.
6. Direct-connected to electric motor without use of belt or chain drives or gear reduction boxes.
7. Motor and pump have separate shafts, allowing either unit to be removed as required.

MODEL MC-1044 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

20 GPM with vapor return line.

17 GPM at 40 psi differential with 1½ HP motor.

14 GPM at 75 psi differential with 2 HP motor.

The Model MC-1044 pump has a transfer capacity of up to 20 GPM with a vapor return line and 1½ HP motor. Recommended for use with a 1½ or 2-inch inlet line. Operates in clockwise or counter-clockwise direction, with proper consideration of inlet and outlet ports (see diagram). Strainer and bypass valve are extra equipment.

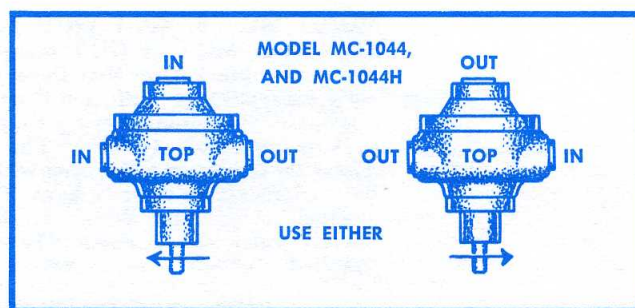
MODEL MC-1044H PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

35 GPM with vapor return line.

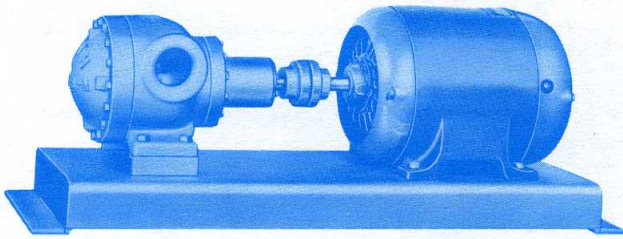
30 GPM at 40 psi differential with 2 HP motor.

25 GPM at 75 psi differential with 3 HP motor.

The Model MC-1044H pump has a transfer capacity up to 35 GPM with vapor return line. Inlet piping should be 2-inch. Operates in clockwise or counter-clockwise direction, with proper consideration of inlet and outlet ports (see diagram). Strainer and bypass valve are extra equipment.



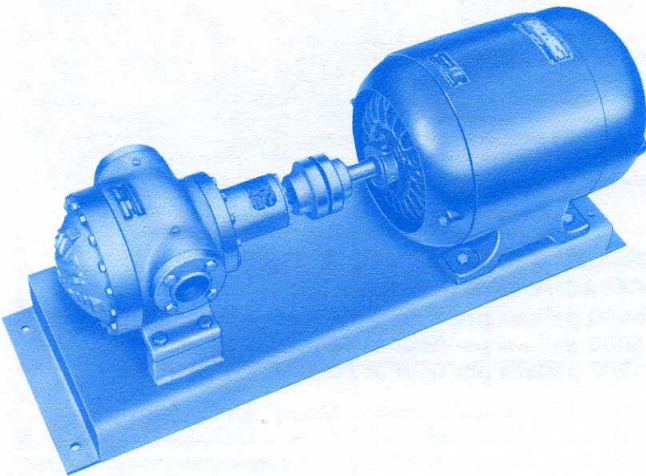
**MODEL MC-2
MODEL MC-2H**



MODEL MC-2 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM
50 GPM with vapor return line.
42 GPM at 40 psi differential with 3 HP motor.
35 GPM at 75 psi differential with 5 HP motor.

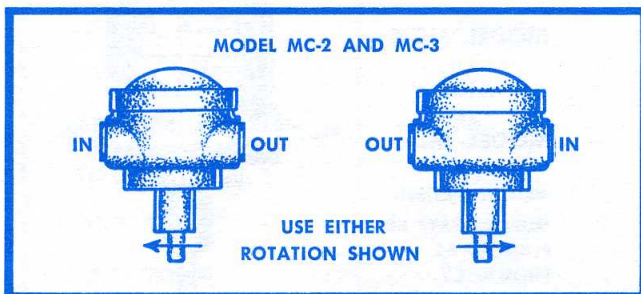
The Model MC-2 pump has a transfer capacity of up to 50 GPM with a vapor return line and 3 HP motor. Has 2½-inch inlet and outlet ports in sides of pump, and rotation is reversible. Strainer and bypass valve are extra equipment. Model MC-2H is available for use with 50 and 25 cycle motors. At 1500 RPM has same capacities as shown above.

MODEL MC-2F

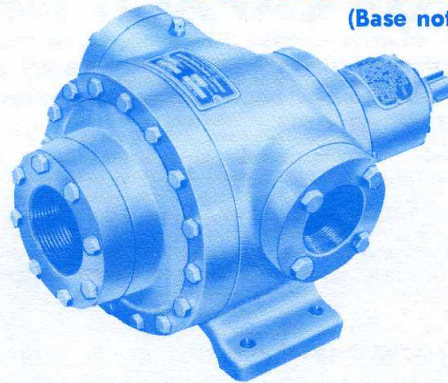


MODEL MC-2F PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM
50 GPM with vapor return line.
42 GPM with 40 psi differential with 3 HP motor.
35 GPM at 75 psi differential with 5 HP motor.

Identical with MC-2 in every respect, except that Model MC-2F has steel flanges on both ports, 2-inch threaded or welding types.



**MODEL ATC-2L and ATC-2R PUMP
(Base not shown)**

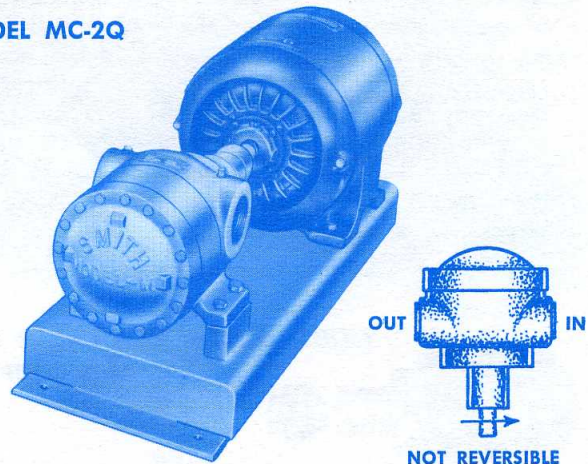


**MODEL ATC-2L, ATC-2R PUMPS
CAPACITIES AT 1800 RPM**

50 GPM with vapor return line.
42 GPM at 40 psi differential with 3 HP motor.
35 GPM at 75 psi differential with 5 HP motor.

The Model ATC-2L and ATC-2R pumps are used in services similar to MC-2, with the advantage of having flanges, and an end port available. The ATC-2L and ATC-2R pumps have a 2½-inch flanged end port and two 2-inch flanged side ports. The ATC-2R is designed for clockwise rotation, with shaft pointing toward observer, with inlet port in end cover. The Model ATC-2L is designed for counter-clockwise rotation, similarly viewed, with inlet port in end cover. As the diagrams on page 10 illustrate, other installation arrangements are possible, by reversing shaft rotation. Strainer and bypass valve are extra equipment.

MODEL MC-2Q



MODEL MC-2Q PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

50 GPM with vapor return line.
42.5 GPM at 50 psi differential with 3 HP motor.
35 GPM at 100 psi differential with 5 HP motor.
27.5 GPM at 150 psi differential with 7½ HP motor.

The Model MC-2Q pump is the very finest positive-displacement pump on the market. The MC-2Q can replace many piston pumps, and develops the higher pressures without surges. Recommended for the most difficult jobs. For differential pressures higher than 150 psi, staging of two or more Smith Precision Pumps can be considered. Write our engineering department for details, giving required capacity at maximum differential pressure. Strainer and bypass valve extra equipment. Rotation is clockwise with shaft pointing toward observer. NOT reversible. Has 2½-inch inlet and outlet ports in sides of pump.

WRITE TO FACTORY FOR DIMENSION DRAWINGS OF MEDIUM SIZED PUMPS (SPECIFY MODEL).

LARGE CAPACITY SMITH PUMPS

Four models of Smith Precision Pumps are available for high volume operations, where capacity required is from 70 to 250 GPM.

MODEL MC-3 is recommended as a heavy duty pump with a capacity of up to 100 GPM using a vapor return line. Has 2½-inch threaded ports on sides of pump.

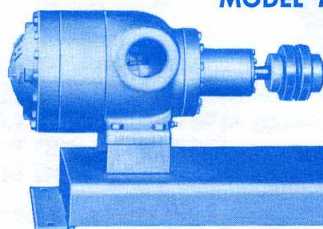
MODELS ATC-3R and ATC-3L are recommended for installations requiring "corner" piping arrangements. Same capacity as MC-3. Equipped with flanges, either threaded or welding types. End port 2½-inch, two side ports, 2-inch.

MODEL MC-4 is recommended when capacities up to 150 GPM are required, using vapor return line. Has 4-inch end port for inlet, and 2½-inch outlet port.

MODEL MC-5 is designed for the very highest capacity requirements up to 200 GPM, using vapor return line. Has 4-inch inlet end port, and 2½-inch outlet port.

CONVERSION OF MODELS

By adding parts, MC-3 and ATC-3 pumps can be converted to MC-4, MC-5 or pumps of equivalent higher capacities, should the need arise. Pumps can be converted economically either in the field or at the factory. Thus, the smaller pump will not become obsolete as business expands. Larger pumps have almost the same mounting dimensions, but may require larger electric motors.



MODEL MC-3 or MC-3H WITH BASE AND COUPLING

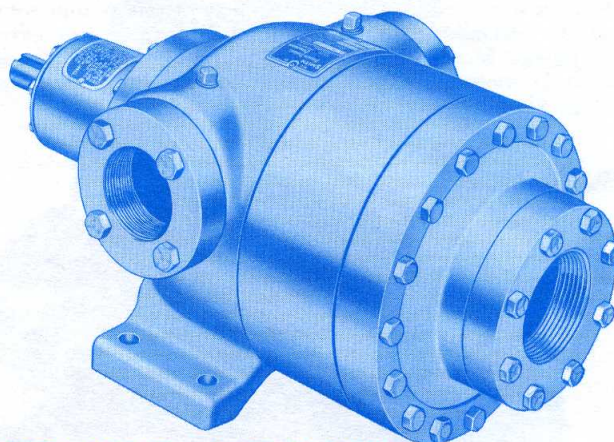
MODEL MC-3 PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM
 6000 gallons per hour with vapor return, 5 HP motor.
 5000 gallons per hour at 40 psid, 5 HP motor.
 4200 gallons per hour at 75 psid, 7½ HP motor.

The high capacity Smith Model MC-3 is designed for 3-inch inlet piping, but can be used with 2½-inch inlet pipe, valves, and fittings. Ports located on sides are threaded for 2-inch pipe. Pump is reversible. Bypass valves and strainers are extra equipment. Model MC-3H is available for use with 50 and 25 cycle motors. At 1500 RPM has same capacities as shown above.

ADVANTAGES:

1. Designed particularly for heaviest volume bulk transfer of liquefied gases.
2. Highest quality materials throughout.
3. Precision construction for high performance and long life.
4. Includes patented Smith shaft seal assembly for leak-free operation.
5. No periodic maintenance, lubricating, or other servicing required.
6. Direct connected to electric motor without use of belt or chain drives or gear reduction boxes.
7. Motor and pump have separate shafts, allowing either unit to be removed as required.

MODEL ATC-3R or ATC-3L



MODEL ATC-3R and ATC-3L PUMP CAPACITIES AT 1800 RPM

6000 gallons per hour with vapor return, 5 HP motor.
 5000 gallons per hour at 40 psid, 5 HP motor.
 4200 gallons per hour at 75 psid, 7½ HP motor.

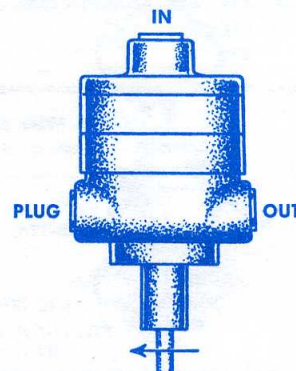
The high capacity Smith Model ATC-3 pumps have a 2½-inch flanged end port and two 2-inch flanged side ports. The steel flanges, available in threaded or welding types, provide an advantage for ease of installation. The Model ATC-3R is designed for clockwise shaft rotation, with shaft pointing at observer. The Model ATC-3L is designed for counterclockwise shaft rotation, similarly viewed. Refer to diagrams on page 10 for alternate installation arrangements when shaft rotation is reversed. Bypass valves and strainers are extra equipment. Can be supplied with base and coupling (not shown).

MODEL MC-4

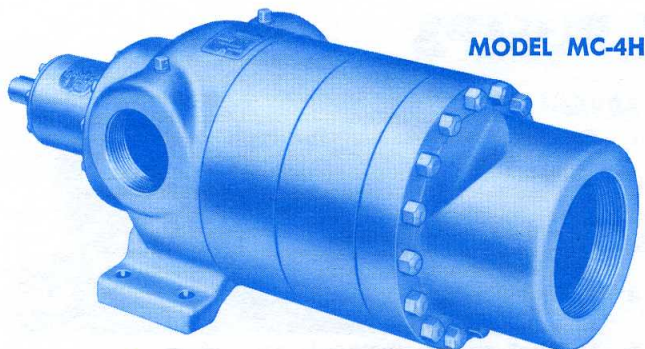
AND

MODEL MC-5

NOT REVERSIBLE
 MUST ALWAYS BE
 PLUGGED AS
 SHOWN



WRITE FACTORY FOR DIMENSION AND INSTALLATION DRAWINGS FOR PARTICULAR MODEL.



MODEL MC-4H

(Base not shown)

**MODEL MC-4 (with 4-inch inlet port)
CAPACITIES AT 1800 RPM**

9000 gallons per hour with vapor return, 7½ HP motor.
7500 gallons per hour at 40 psid, 7½ HP motor.
6300 gallons per hour at 75 psid, 10 HP motor.

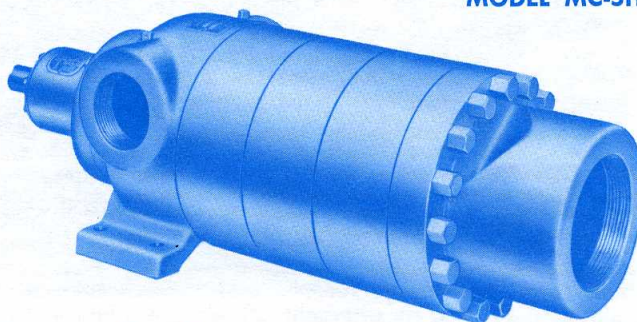
The Model MC-4 pump, with 4-inch inlet port, provides the necessary capacity for fast loading and unloading. Since the pump inlet is through the end cover, pump starvation is minimized. To take advantage of this exclusive feature, the pump must turn counter-clockwise, as viewed with shaft pointing toward observer. The discharge likewise must be taken from the right side port, similarly viewed. Pump is not reversible. Bypass valve and strainer are extra equipment. Model MC-4H is available for use with 50 and 25 cycle motors. At 1500 RPM has same capacities as shown above.

**MODEL MC-5 (with 4-inch inlet port)
CAPACITIES AT 1800 RPM**

12000 gallons per hour with vapor return, 10 HP motor.
10000 gallons per hour at 40 psid, 10 HP motor.
8500 gallons per hour at 75 psid, 15 HP motor.

The Model MC-5 pump with 4-inch port is the highest capacity Smith pump in regular production. Refer to factory for special pumps of still higher capacity. The Model MC-5 must turn counter-clockwise with the shaft pointing toward observer, and the discharge must be taken from the right side port, with the inlet in the end port, as explained for the Model MC-4 pump. Pump is therefore not reversible. Bypass valves and strainers are extra equipment. Model MC-5H is available for use with 50 and 25 cycle motors. At 1500 RPM has same capacities as shown above.

**MODEL MC-5
MODEL MC-5H**



(Base not shown)

TABLE 2. APPROXIMATE WEIGHTS OF SMITH PUMPS AND MOTORS

Model Number	Weight Pump only (Lbs.)	Shipping Wt. Pump only (Lbs.)	Shipping Wt. Pump, base and Coupling (Lbs.)	Shipping Wt. Complete Unit, with Motor (Lbs.)
MC-1, GC-1	20	25	80	75
MC-1044, MC-1044H	50	60	125	200 to 275
MC-2, MC-2F, MC-2H	75	85	170	285 to 350
MC-2Q	100	115	200	315 to 400
MC-3, MC-3H	100	115	200	350 to 400
MC-4, MC-4H	135	150	245	450 to 500
MC-5, MC-5H	170	185	300	550 to 650
ATC-2R, ATC-2L	75	85	170	285 to 350
ATC-3R, ATC-3L	100	115	200	350 to 400
ATC-2RH, ATC-2LH	75	85	—NA—	—NA—
TC-1044H	50	60	—NA—	—NA—
TC-2, TC-2F	100	115	—NA—	—NA—
TC-3, TC-3F	135	150	—NA—	—NA—

SMITH PRECISION TRUCK PUMPS

Four Smith Precision Pump models are available for truck-mounted operation. Smith truck pumps may be mounted in any position, including upside down, or sideways. All truck pumps are provided with multiple outlets, allowing a choice to simplify installation.

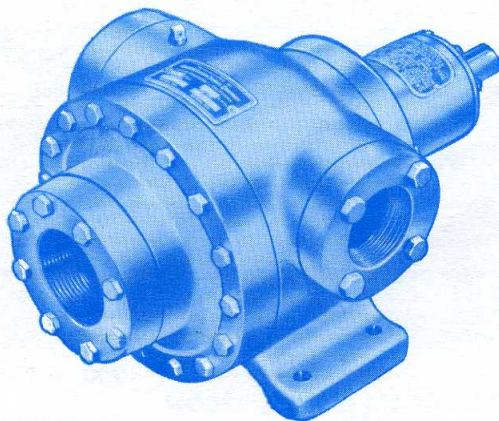
MODELS ATC-2RH and ATC-2LH have a rated transfer capacity of up to 25 GPM with power take-off at 1000 RPM maximum shaft speed.

MODEL TC-1044H has a rated transfer capacity of up to 35 GPM with power take-off at 900 RPM maximum shaft speed.

MODELS TC-2 and TC-2F have a rated transfer capacity of up to 50 GPM with power take-off at 500 RPM maximum shaft speed.

MODELS TC-3 and TC-3F have a rated transfer capacity of up to 100 GPM with power take-off at 500 RPM maximum shaft speed.

MODEL ATC-2RH or ATC-2LH



MODEL ATC-2RH and ATC-2LH PUMP

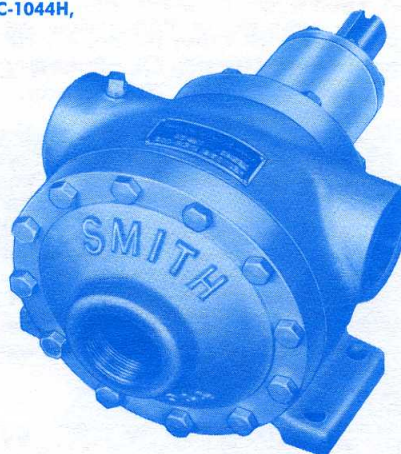
25 GPM at 1000 RPM with vapor return line
21 GPM at 1000 RPM against 40 psi differential.
17 GPM at 1000 RPM against 75 psi differential.
15 GPM at 1000 RPM against 100 psi differential.

The Model ATC-2RH and ATC-2LH pumps are designed particularly for difficult service. In some cases, the pumps can be run at 500 RPM, resulting in very quiet operation. The use of 2-inch inlet piping, valves, and fittings is recommended.

ADVANTAGES

1. Precision construction for high performance and long life.
2. Designed particularly for truck-mounted operation.
3. No periodic maintenance, lubricating, or other servicing required.
4. Includes patented Smith shaft seal for leak-free operation.
5. Highest quality materials throughout.
6. For direct connection to engine power take-offs at standard speeds.

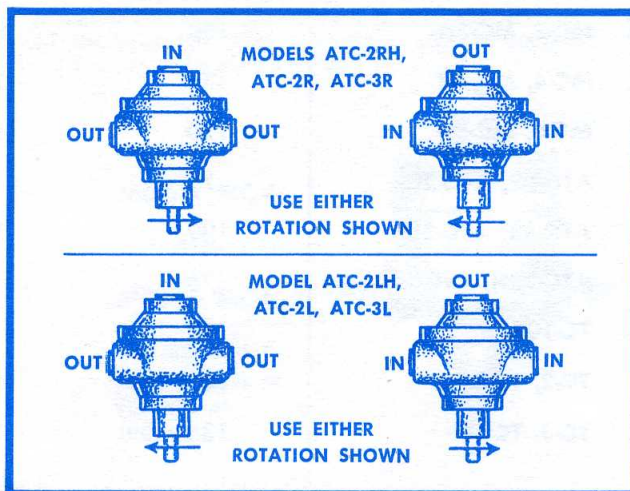
MODEL TC-1044H,



MODEL TC-1044H PUMP

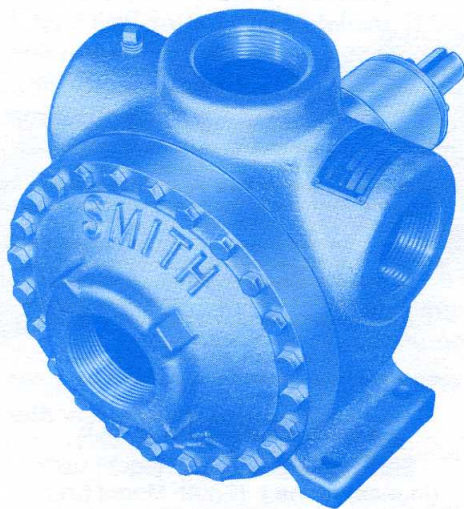
35 GPM at 900 RPM with vapor return line.
30 GPM at 900 RPM against 40 psi differential.
25 GPM at 900 RPM against 75 psi differential.

The Model TC-1044H is designed especially for small delivery trucks. The ports are threaded 1½-inch standard pipe size but 2-inch inlet pipe, valves, and fittings should be used. Shaft rotation may be reversed, so that pump may be used for loading or unloading operations in the same piping when a reversing power take-off is used. Small in size and easy to install. Strainer and bypass valve are extra equipment.

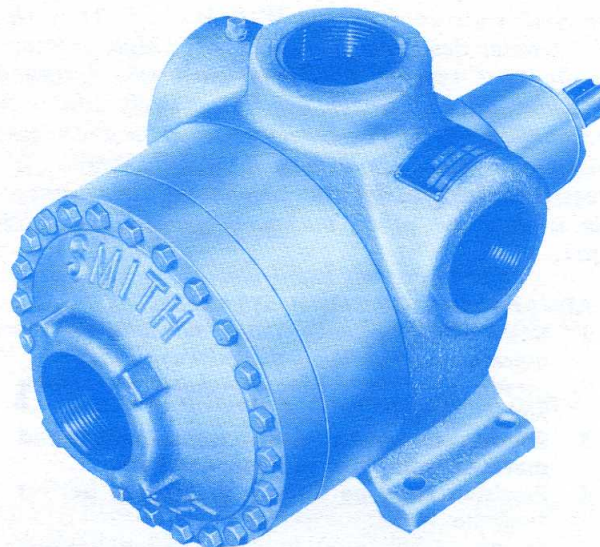


WRITE FACTORY FOR DIMENSION DRAWING (SPECIFY MODEL).

MODEL TC-2



MODEL TC-3



MODEL TC-2 or TC-2F PUMP

**50 GPM at 500 RPM with vapor return line.
42 GPM at 500 RPM against 40 psi differential.
35 GPM at 500 RPM against 75 psi differential.
30 GPM at 500 RPM against 100 psi differential.**

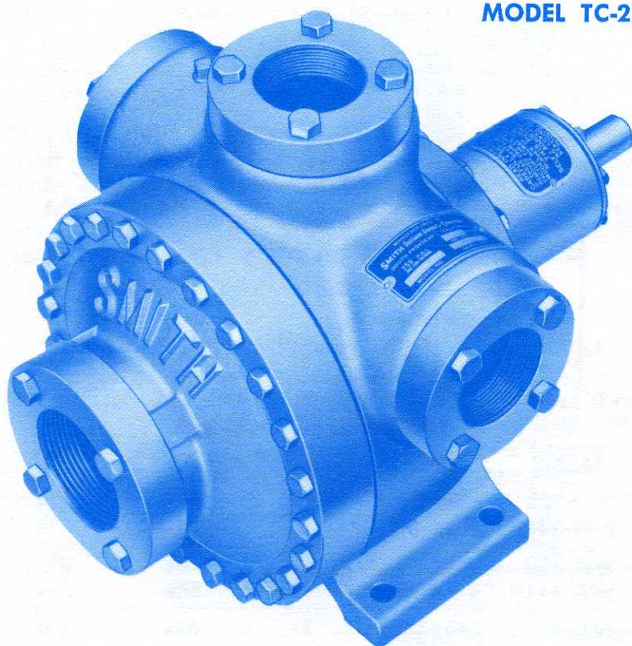
Model TC-2 has both end ports and housing ports threaded for 2½-inch pipe. Model TC-2F is supplied with steel flanges. End port flange is threaded for 2½-inch pipe, housing flanges threaded for 2-inch pipe. Flanges threaded for smaller pipe sizes, or flanges adapted for welding, are also available. Minimum size of inlet piping, valves, and fittings is 2 inches. Suggested inlet piping of 2½-inch size makes delivery faster and service life longer. These Smith pumps are reversible, so that the TC-2 pump can be used for loading or unloading without a manifold, if a reversing power take-off is available. Strainer and bypass valve are extra equipment.

MODEL TC-3 or TC-3F PUMP

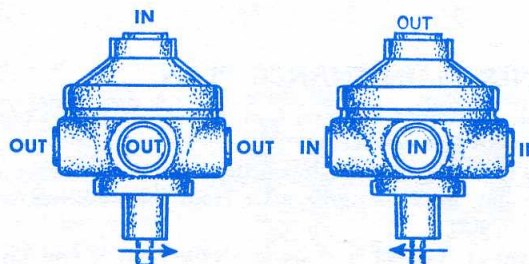
**100 GPM at 500 RPM with vapor return line.
86 GPM at 500 RPM against 40 psi differential.
70 GPM at 500 RPM against 75 psi differential.
60 GPM at 500 RPM against 100 psi differential.**

The Model TC-3 pump has ports threaded 2½ inch. The Model TC-3F is supplied with steel flanges threaded for 2½-inch pipe in the end, and 2-inch pipe in the housing. Welding flanges also available in these sizes. Both models should be used with 3-inch inlet pipe, reducing at pump through Smith W-3 (3x2½) strainer. The TC-3 and TC-3F models of Smith pumps are reversible, so that pumps can be used for loading or unloading, without a manifold, if a reversing power take-off is available. Strainer and bypass valve are extra equipment.

MODEL TC-2F



MODELS TC-1044H, TC-2, TC-2F, TC-3, TC-3F.



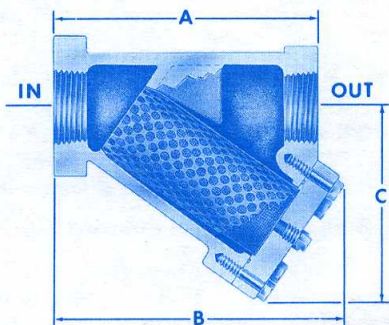
Note: Model TC-1044H (Page 10) does not have top port.

SMITH STRAINERS

The Smith strainer (Type W-1, W-2, W-3) is the only strainer designed particularly for high-pressure liquefied gas service. Ordinary strainers, designed for steam, oil, and water, are not entirely adequate for liquefied gases. The Smith strainer provides less resistance-to-flow, and has a readily removable screen. Strainer body dimensions are interchangeable with some other makes (refer to tabulated data).

ADVANTAGES OF SMITH STRAINERS

1. Construction exceeds latest safety code requirements.
2. Screen easy to replace because of unique Smith design.
3. Reinforced screen mesh, traps more solid material with less resistance-to-flow.
4. Precision cut pipe threads to provide perfect seal, no leakage.
5. O-ring gasket in strainer flange, inexpensive to replace.
6. Flanged opening to strainer screen.
7. Flange made of steel. Easy to open for cleaning.



STRAINER TYPE NO.	PIPE SIZES		DIMENSIONS		
	INLET	OUTLET	A	B	C
W-1	1	3/4	6 3/8	7	4 1/2
W-1	1	1	6 3/8	7	4 1/2
W-1	1 1/4	3/4	6 3/8	7	4 1/2
W-1	1 1/4	1	6 3/8	7	4 1/2
W-1	1 1/4	1 1/4	6 3/8	7	4 1/2
W-2	2	1 1/2	8 3/16	9	6 5/8
W-2	2	2	8 3/16	9	6 5/8
W-3	2 1/2	2 1/2	10 1/4	11 1/4	7 1/2
W-3	3	2 1/2	10 1/4	11 1/4	7 1/2
W-3	3	3	10 1/4	11 1/4	7 1/2

STRAINER MAINTENANCE PLAN

1. Install a strainer between tank liquid outlet and pump inlet, with 40 mesh screen.
2. After initial installation, open the strainer for inspection every day until foreign matter from the tank has been washed out.
3. Thereafter, inspect and clean strainer often enough to assure free flow of liquid to pump.
4. Keep extra screen in stock in case the one in service becomes damaged.
5. Remember, strainer inspection is good pump insurance.

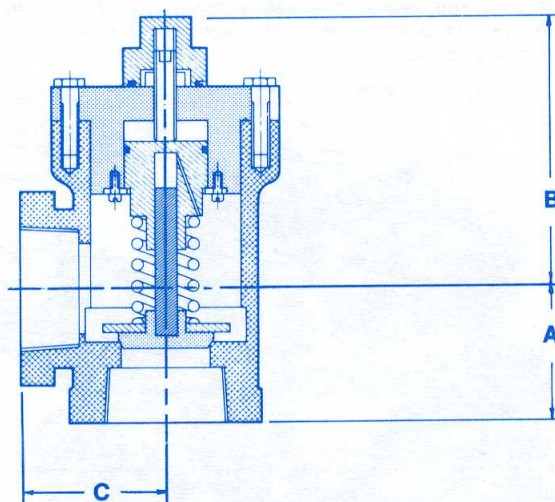
SMITH BYPASS VALVES

The Smith Bypass Valve is our newest product development. All models are chatter-free and house a tough stainless steel spring for maximum service life. The Smith Valve is designed specifically for liquefied gases and overpressure is kept to a minimum at full pump output through the valve. All models are rated 600 wog. U.L. listed valves available with pressure settings from 30 to 125 psid. Higher settings also available. The Smith Bypass Valve is spring loaded and senses differential pressure. It does not house a diaphragm and does not require a separate vapor-phase connection.

VALVE SELECTION TABLE

Model	Size (Inches)	Weight (Lbs.)	Pump Recommended (Smith Model No.)	Flow (GPM)
WW-120	1/2 x 1/2	9	MC-1, Eg-1, Kg-1, SQ-1, SQ-H	5-10
WW-340	3/4 x 3/4	9	EC-H, SQ-HH, SQ-HH8	13-15
WW-100	1 x 1	12	MC-1044, MC-1044H, TC-1044H	20-35
WW-114	1 1/4 x 1 1/4	12	MC-2, ATC-2R, ATC-2L, TC-2, MC-2H	50
WW-112	1 1/2 x 1 1/2	25 1/2	MC-3, ATC-2R, ATC-3L, TC-3, MC-3H	100
WW-200	2 x 2	25 1/2	MC-4, MC-4H	150

ALL VALVES FPT



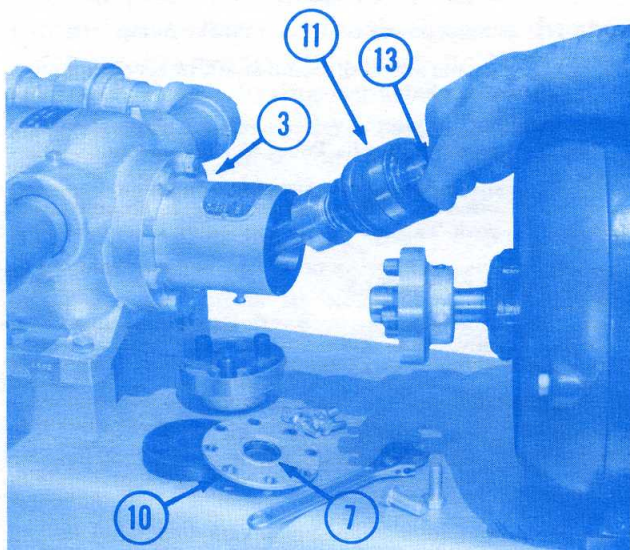
OVERALL DIMENSIONS

Model	Size	A	B	C
WW-120	1/2 x 1/2	1 5/8	5 7/16	1 3/4
WW-340	3/4 x 3/4	1 5/8	5 7/16	1 3/4
WW-100	1 x 1	1 7/8	5 5/8	2 5/8
WW-114	1 1/4 x 1 1/4	1 7/8	5 5/8	2 5/8
WW-112	1 1/2 x 1 1/2	3	6 1/8	3 1/4
WW-200	2 x 2	3	6 1/8	3 1/4

SPARE PARTS FOR SMITH PUMPS

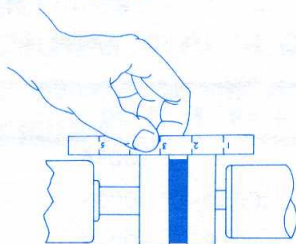
SHAFT SEAL ASSEMBLY

Field experience with thousands of Smith Precision Pumps indicates that the patented Smith shaft seal assembly, in nine cases out of ten, holds up without leaks for the life of the pump. This proven record stands despite the fact that the Smith shaft seal requires no adjustment, lubrication, or other attention of any kind. For the rarely needed replacement, the procedure is simple, and can be done in a few minutes. No special tools are required, and the pump does not even need to be removed from the piping.

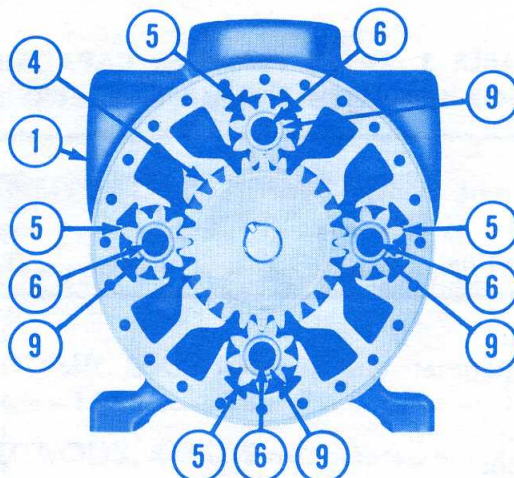


1. First discharge pressure from piping and pump.
2. Remove motor mounting bolts, sliding back motor.
3. Remove eight small screws in bearing retainer plate on pump and remove this plate from housing.
4. Slide out shaft with shaft seal. All seal parts are attached to shaft as a unit.
5. Slide in exchange shaft seal assembly.
6. Replace bearing retainer plate, coupling, and motor, taking care to align couplings as shown in diagram.

On truck-mounted pumps the procedure is similar, except that the universal joint on the pump shaft is disconnected.



The Smith Exchange Plan for pumps (see back cover) is also applicable to shaft seal assemblies. Order an exchange shaft seal assembly, return yours immediately in same package, and receive generous credit allowance. Tape package ends well to prevent loss.



- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. MAIN HOUSING | 10. BEARING RETAINER PLATE |
| 2. GEAR END COVER | 11. SHAFT SEAL ASSEMBLY |
| 3. SHAFT END COVER | 12. SECONDARY GEAR HOUSING |
| 4. SUN (CENTER) GEAR | 13. SHAFT KEY |
| 5. PINION (IDLER) GEARS | 14. SHAFT BUSHING FOR GEAR END COVER |
| 6. PINION (IDLER) GEAR SHAFTS | 15. SHAFT BUSHING FOR SECONDARY GEAR HOUSING |
| 7. OIL SEAL | |
| 8. SHAFT BUSHING FOR MAIN HOUSING | |
| 9. BUSHINGS FOR PINION (IDLER) GEARS | |
- 2, 8, 12, 14, 15 not shown.

GEARS AND OTHER PARTS

Spare components are available for all Smith Precision Pumps, and are economically priced. Report your pump Model Number and Serial Number when ordering. While the number of gears varies with particular models, the accompanying illustration and parts list will aid in the identification of the parts you require. Service Instruction Sheet AL-1, available upon request, contains additional information.

PERIODIC INSPECTION PLAN

The suggested periodic inspection plan involves ordering extra gears. Under the plan pumps are opened before excessive wear has a chance to begin, and gears are replaced if necessary. For models pumping up to 25 GPM, an inspection interval of 250,000 gallons pumped is suggested; for models pumping up to 50 GPM, an inspection interval of 500,000 gallons is suggested. For larger models, 1,000,000 gallons. The periodic inspection plan is particularly useful to customers located in other countries or those with adequate maintenance shops. For many pump owners, the most economical way to handle repairs is to run the pumps until they lose efficiency from longer service, and then order an exchange pump (see back cover for details). Smith Bulletin AL-1, *How to Keep Smith Pumps in Good Repair*, gives full details of the periodic inspection plan.

PERFORMANCE FORMULAE FOR SMITH PUMPS

**TABLE 3. RATED TRANSFER CAPACITIES
FOR USE WITH FORMULAE 1 AND 2**

Model No.	Rated Transfer Capacity (GPM)	Rated Shaft Speed (RPM)
MC-1	5	1800
GC-1	5	1800
SQ-1	5	1800
SQ-H	7	1800
SQ-HH	13	1800
SQ-HH8	13	1200
MC-1044	20	1800
MC-1044H	35	1800
MC-2, MC-2F	50	1800
MC-2Q	50	1800
ATC-2R, ATC-2L	50	1800
ATC-3R, ATC-3L	100	1800
MC-3	100	1800
MC-4	150	1800
MC-5	200	1800
ATC-2RH, ATC-2LH	25	1000
TC-1044H	35	900
TC-2, TC-2F	50	500
TC-3, TC-3F	100	500
MC-2H	50	1500
MC-3H	100	1500
MC-4H	150	1500
MC-5H	200	1500

Rated shaft speeds listed are considered to be maximum speeds and should not be exceeded.

FORMULA 1:

$$Q_d = Q_r \left(\frac{N_d}{N_r} - F_s P_d \right)$$

FORMULA 2:

$$HP = \frac{8.5 N_d Q_r}{N_r} \times 10^{-4} (10 + P_d)$$

where Q_d = actual pump delivery in U.S. gallons per minute

Q_r = rated transfer capacity in GPM (as given for each model pump in Table 3)

P_d = differential pressure being pumped against, in pounds per square inch

HP = horsepower required to drive pump

N_d = actual speed of pump shaft, in revolutions per minute

N_r = rated speed of pump shaft (as given for each model pump in Table 3)

F_s = slippage factor, a variable depending on the viscosity of the fluid pumped, in accordance with Table 4

USE OF PUMP FORMULAE

The performance formulae for Smith Precision Pumps have a very real advantage over simple performance curves. Such curves apply to pumping capabilities of a NEW pump, in a perfect installation. The Smith formulae are conservative, and are applicable to a pump after considerable service, or in an installation that is somewhat less than perfect. When an installation is properly made, new Smith pumps will actually perform BETTER than indicated by the formulae.

Since the proper installation has a very important bearing on performance of a pump handling liquefied gases, our engineering department will gladly review a proposed piping layout without obligation. The customer is urged to furnish a complete drawing or sketch, together with a list of material, showing make, size, and type of all valves and fittings in both intake and discharge lines. The review will be made with due regard for all applicable engineering principles.

In any case, the use of the conservative formulae is believed to be realistic and helpful. Pumps that are specified on the basis of the formulae and tables will have a long service life. The formulae, being conservative, can be guaranteed for all model Smith pumps in proper installations, that have been reviewed by our Engineering Department.

TABLE 4. SLIPPAGE FACTORS (F_s) TO BE USED WITH FORMULA NO. 1

	+ 100° F.	+ 80° F.	+ 60° F.	+ 40° F.	+ 20° F.	0° F.	- 20° F.	- 40° F.
Carbon Dioxide, F_s	..	..	..	..	.0036	.0032	.0028	.0024
Anhydrous Ammonia, F_s	.0049	.0045	.0042	.0038	.0033	.0030	.0026	..
Sulfur Dioxide, F_s	.0023	.0021	.0020	.0019	.0018	..	..	..
Butane, F_s	.0033	.0032	.0031	.0028	..	..	..	..
Propane, F_s	.0042	.0040	.0038	.0036	.0034	.0033	.0032	..

NOTE: Slippage factors for other liquefied gases and liquids will be provided by Smith Precision Products Company if the value of the viscosity at working temperature is supplied.

EXAMPLES OF CALCULATIONS

CONDITIONS:

Liquid—Carbon dioxide

Temperature—0° F.

Differential pressure required—40 psi

Gallons per minute flow rate required—16 GPM

1800 RPM PUMPING UNIT

Qd = 16 GPM (from conditions above)

Qr = Rated transfer capacity of pump required
(solve formula 1 for this item)

Nd = 1800 RPM

Nr = 1800 RPM

Fs = .0032

Pd = differential pressure being pumped against
(from conditions above)

Substitute in formula 1, page 14,

$$16 = Q_r \left(\frac{1800}{1800} - .0032 (40) \right);$$

Qr = 18.4 GPM;
from table 3 on page 14,
MC-1044 would be recommended, as its
Qr (rated transfer capacity) is 20 GPM,
very close to the 18.4 GPM required.

1200 RPM PUMPING UNIT

Qd = 16 GPM (as in previous example)

Qr = rated transfer capacity of pump required
(solve formula 1 for this item)

Nd = 1200 RPM

Nr = 1800 RPM

Fs = .0032 (as per previous example)

Substituting in formula 1, page 14,

$$16 = Q_r \left(\frac{1200}{1800} - .0032 (40) \right);$$

Qr = 29.7 GPM;
from table 3 on page 14, MC-1044H pump
would be recommended, as its Qr (rated
transfer capacity) is 35 GPM, close to the
29.7 GPM required.

900 RPM PUMPING UNIT

Qd = 16 GPM (as in previous examples)

Qr = rated transfer capacity of pump required
(solve formula 1 for this item)

Nd = 900 RPM

Nr = 1800 RPM

Fs = .0032 (as per previous examples)

Substituting in formula 1, page 14,

$$16 = Q_r \left(\frac{900}{1800} - .0032 (40) \right);$$

Qr = 43 GPM;
from table 3 on page 14, MC-2 pump
would be recommended, as its Qr (rated
transfer capacity) is 50 GPM, close to
the 43 GPM required.

HORSEPOWER REQUIREMENTS:

These are determined through the use of formula 2
on page 14. Examples:

(a) FOR 1800 RPM, MC-1044 PUMP,

$$HP = \frac{8.5 (1800) (20)}{1800} \times 10^{-4} (10 + 40)$$

HP = 0.85; suggest 1 HP motor

(b) FOR 1200 RPM, MC-1044H PUMP,

$$HP = \frac{8.5 (1200) (35)}{1800} \times 10^{-4} (10 + 40)$$

HP = 0.99; suggest 1½ HP motor

(c) FOR 900 RPM, MC-2 PUMP,

$$HP = \frac{8.5 (900) (50)}{1800} \times 10^{-4} (10 + 40)$$

HP = 1.06; suggest 1½ HP motor

METRIC SYSTEM CALCULATIONS

Technical data sheets AL-11 and AL-12, available
upon request, provide tabulated data and formulae
for making calculations in the metric system. Write
the Smith Precision Products Engineering Depart-
ment for this information.

GASOLINE ENGINES AVAILABLE

Smith medium and large capacity pumps as well as
truck pumps can be supplied with Wisconsin gaso-
line engines. The connection between pump and
engine is direct through a flexible coupling. Such
units are mounted on a base similar to those used
for Smith motor driven units.

Write factory for price and delivery, stating require-
ments of differential pressure, RPM, and capacity.
Engines can be equipped with starter-generator,
and/or clutch if desired.

REPAIRS AND EXCHANGE POLICIES

EXCHANGE PUMP PLAN

For many pump owners, the most economical and satisfactory way to handle necessary repairs is to run the pumps until they lose efficiency through long wear. Then simply order an exchange pump under the Smith exchange plan. If the need is urgent, phone the factory collect. Give us the model number and serial number from the pump label plate; we will send an exchange pump that will fit perfectly, and that is guaranteed to be in equal-to-new condition.

EXPEDITED SHIPMENT

In a rush, air freight is a good method of shipment. Air shipment will convey the pump to your nearest commercial airport within a day under normal conditions. Provide us your telephone number, and the airport will usually advise you immediately upon arrival of the pump. If you can wait a few days, fast truck service is more economical, and usually truck delivery can be made to your door.

LIBERAL EXCHANGE ALLOWANCE

Under the exchange pump plan, you do not need to be without a pump while factory reconditioning is done. We will provide the factory-reconditioned exchange pump from our stock. When you receive the exchange pump, you simply return your used pump for credit, using the same shipping crate. We recondition your pump, and put it in our exchange stock. You are billed initially for a new pump, and then given a generous credit for the used pump when it is returned promptly. The amount you pay equals the actual reconditioning cost.

EXCHANGE FOR HIGHER CAPACITY PUMP

If your operation requires a higher capacity pump, Smith policy is to allow a one-for-one pump exchange for a higher capacity pump. The exchange charge includes reconditioning your old pump plus the cost of additional parts and assembly for the higher capacity pump. Many cost-conscious pump users have taken advantage of this offer to improve the capabilities of their installations at a bargain price.

MOTOR OR ENGINE REPAIRS

Motor and engine repairs within the warranty period are covered by the guarantee extended by the manufacturer. Should you require repairs under the guarantee, return the motor or engine to the manufacturer's factory, or to his nearest AUTHORIZED repair station. The motor or engine guarantee does not include shipping charges or any other liability. The guarantee is void unless necessary repairs are made at authorized places. Write or wire the manufacturer, using nameplate address, to locate his nearest authorized repair station, or look in the yellow pages of your telephone book. Motors and engines worn out from long service are also best repaired at authorized repair stations.

SMITH PRECISION PRODUCTS COMPANY



Mailing Address: P.O. Box 276, Newbury Park, CA 91319 USA
Shipping Address: 1299 Lawrence Drive, Newbury Park, CA 91320 USA
Telephone: 805/498-6616
FAX: 805/499-2867
email: SMPUMP1299@aol.com

Apéndice F.

Catálogo Indicador de Nivel

Samson Media 5

Aplicación

Aparato destinado a la medición e indicación de presión diferencial o magnitudes de medición derivadas de ella · Para gases y líquidos · Márgenes de medición de 0 ... 40 hasta 0 ... 4000 mbar¹⁾ · Presiones estáticas hasta 40 bar · Sobre demanda con dos contactos final de carrera inductivos.

Funciones

- **Mediciones de nivel de líquidos** en depósitos a presión, especialmente para gases criogénicos licuados.
- **Medición de presión diferencial** entre el tramo primario y el retorno
- **Mediciones de caída de presión** en válvulas y filtros
- **Mediciones de caudal** según el sistema de presión diferencial.

Características

- Adecuados para líquidos, gases y vapores
- Facilidad para equiparlos posteriormente con contactos final de carrera
- Posibilidad de sobrecargarlos unilateralmente hasta la presión estática máxima admisible
- Adecuados para montaje en campo (protección IP 54) y en panel
- Ajuste del cero por delante
- Modificación del margen de medición (Span) 1:2
- Carcasa del indicador asegurado contra rotura
- Bloque de válvulas con conexión para control de la presión del depósito acoplable directamente por brida
- Conexión para presostato

Ejecuciones (Figs.1 y 2)

Media 5 compuesto de:

Indicador de 160 mm Ø con mecanismo indicador · Célula de medición de CuZn40Pb, PN 40 · Ejecución para oxígeno exenta de aceite y grasas · Márgenes de medición de 40 hasta 4000 mbar¹⁾ · Membrana de medición de NBR · Ajuste del cero por delante · Conexiones al proceso G 3/8 A

Sobre demanda equipable con

- Escalas
 - Escala 0 a 100 % lineal o cuadrática, escala según DIN 19204, escalas enchufables para distintos fluidos, escalas especiales
- Finales de carrera inductivos
 - Dos contactos final de carrera A1/A2 con toma inductiva
- Bloque de válvulas acoplable directamente al Media 5 por brida
- Manómetro
- Enlaces

Ejecuciones especiales sobre demanda

¹⁾ sobre demanda, en ejecución estándar máx. 0 a 2500 mbar



Fig.1 · Media 5, Indicador 160 Ø con bloque de válvulas acoplado y manómetro para presión de servicio

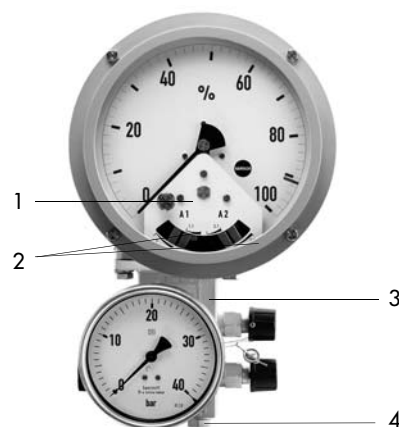


Fig. 2 · Media 5, Indicador 160 Ø con finales de carrera y bloque de válvulas con manómetro para presión de servicio acoplado

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 Ajuste del cero | 3 Bloque de válvulas con manómetro y válvulas de interrupción |
| 2 Iniciadores de ranura A1/A2 | 4 Enlaces |

Funcionamiento (Fig.3)

La célula de medición de presión diferencial trabaja según el principio de desviación y contiene una membrana de NBR (1.5), dimensionada para los correspondientes márgenes de medición (Span) de 40 hasta 4000 mbar. El husillo de la membrana (1.7), soportado y guiado por los resortes de medición, está unido con la palanca (1.8). La desviación del sistema de medición se conduce al exterior de la cámara de presión a través de la palanca. Un disco elástico (1.9) cierra la cámara de presión. Los resortes, unidos a la carcasa, y la membrana aseguran que la posición de la palanca no dependa de la presión estática. La célula de medición de presión diferencial puede sobrecargarse unilateralmente, ya que la membrana se apoya a la pared de la carcasa en caso de sobrepasarse hacia arriba o hacia abajo el margen de medición.

La presión diferencial $\Delta p = p_1 - p_2$ produce en la membrana de medición (1.5) una fuerza, la cual es contrarrestada por los resortes (1.4). El desplazamiento de la membrana de medición y la palanca (1.8), proporcional a la presión diferencial, es transmitido a la aguja indicadora (2.4) a través del elemento transmisor (2.1) y el mecanismo (2.2), apoyado sobre un cojinete de piedra.

Los resortes (1.4) de la célula de medición de presión diferencial determinan los límites inferior y superior del Span correspondiente (límites del margen de medición) del aparato (ver Tabla 1 · Datos técnicos). Dentro de estos límites de aplicación puede ajustarse el Span de medición en el elemento de transmisión de forma continua en la relación de 1:2. Al efectuar el ajuste se modifica la relación de transmisión entre la palanca (1.8) y el mecanismo de la aguja indicadora (2.2).

El eje del indicador (3.1) lleva las veletas de maniobra (3.2) y las mueve, de acuerdo con el sentido de actuación, en el dispositivo de contacto, que lleva montados los iniciadores de ranura A1 y A2 (3.3).

Si una de las veletas se encuentra en el campo del correspondiente iniciador, este tendrá una gran resistencia eléctrica (contacto abierto). Cuando ya no esté en este campo, el iniciador pasará a una resistencia baja (contacto cerrado). La función será análoga a la de un contacto mecánico.

Los iniciadores pueden ajustarse a voluntad e independientemente entre si. La señal puede producirse al aumentar o al disminuir la presión diferencial y al entrar o salir la veleta del iniciador. Los iniciadores están equipados con una señal LED, de forma que el ajuste de los valores límites puede efectuarse fácilmente también in situ.

En el circuito de salida de los contactos inductivos A1 y A2 deberán conectarse amplificadores de señal (relés transistorizados), de acuerdo con las exigencias de los dispositivos de maniobra o señal conectados a continuación.

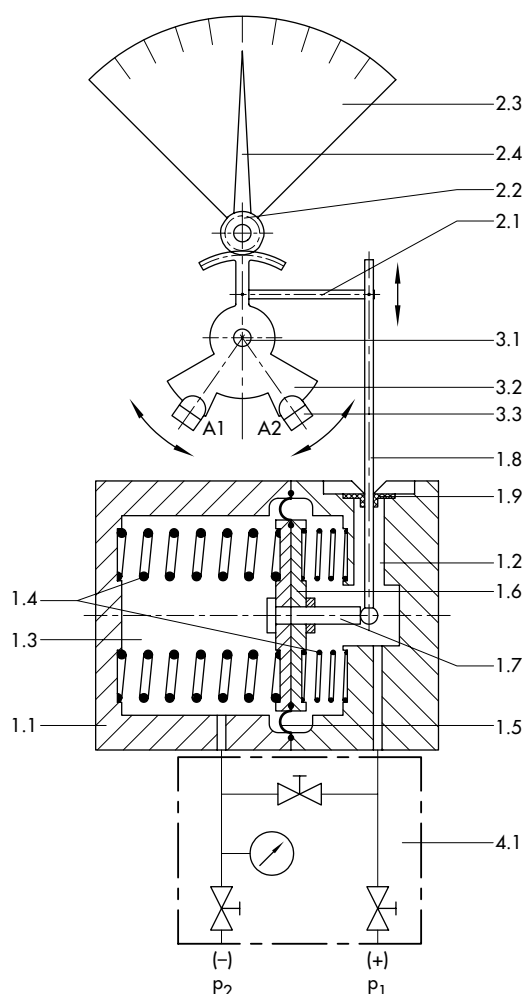


Fig. 3 · Esquema de funcionamiento del indicador con finales de carrera

1 Célula de medición de presión diferencial	2 Carcasa del indicador
1.1 Célula de medición	2.1 Elemento de transmisión
1.2 Cámara "más"	2.2 Mecanismo indicador
1.3 Cámara "menos"	2.3 Escala
1.4 Resortes de medición (6 un. por margen de medición)	2.4 Aguja indicadora
1.5 Membrana de medición	3 Finales de carrera
1.6 Discos de la membrana	3.1 Eje del indicador
1.7 Husillo de la membrana	3.2 Veletas de maniobra
1.8 Palanca	3.3 Iniciadores de ranura A1/A2
1.9 Arandela elástica	4 Bloque de válvulas
	4.1 Bloque de válvulas con manómetro, válvulas de interrupción y enlaces

Finiales de carrera (contactos de alarma A1 y A2)

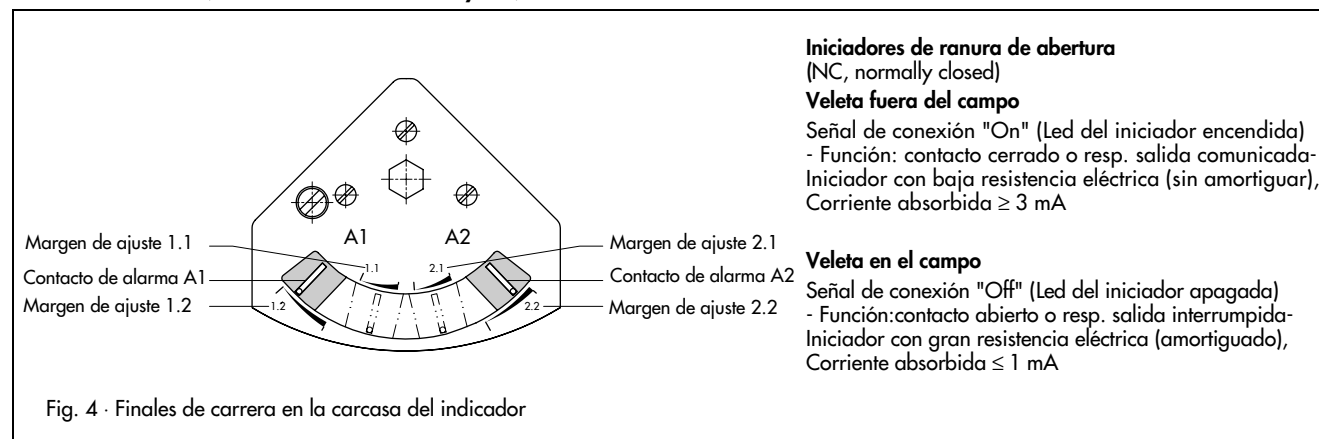


Tabla 1 · Función de los contactos de alarma A1 y A2

Función	Contactos de alarma			
	A1	A2	A1	A2
Cierre de contacto ...	Mínimo		Máximo	
	Márgenes de ajuste			
Veleta entrando en campo	1.2	2.1	1.1	2.2
Veleta saliendo del campo	1.1	2.2	1.2	2.1

Finiales de carrera · Conexiones de los contactos de alarma

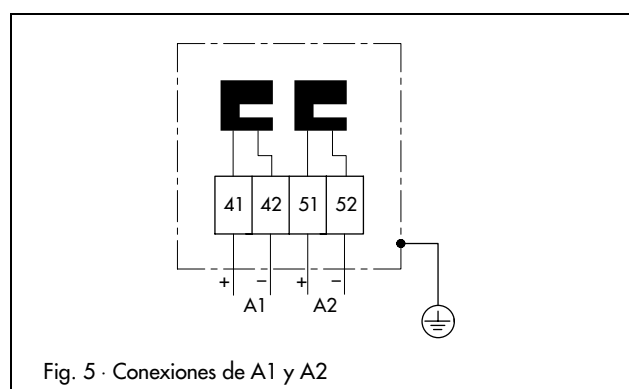


Tabla 2 · Datos técnicos · Presiones en bar (presión efectiva)

Medidor de presión diferencial											
Margen de medición	mbar	0 a 60	0 a 100	0 a 160	0 a 250	0 a 400	0 a 600	0 a 1000	0 a 1600	0 a 2500	0 a 4000 ¹⁾
Span de medición	mbar mín. / máx.	40 a 60	50 a 100	80 a 160	125 a 250	200 a 400	300 a 600	500 a 1000	800 a 1600	1250 a 2500	2000 a 4000
Presión nominal	PN 40 ²⁾ , sobrecarga unilateral hasta 40 bar										
Indicador	160 mm Ø										
Relación de transmisión	Indicación lineal a la presión diferencial										
Desviación de la característica	< ± 1,6 % (incl. histéresis)										
Sensibilidad de reacción	< 0,25 %										
Influencia de la presión estática	< 0,03 % / 1 bar										
Finales de carrera	2 finales de carrera A1/A2 con toma inductiva y LED · Indicación (según NAMUR y DIN 19 234)										
Circuito de maniobra	Valores de acuerdo con el relé transistorizado conectado a continuación ³⁾										
Iniciador de ranura ⁴⁾	Tipo SJ 3,5N-LED ⁵⁾										
Exactitud del contacto	< ± 2 %										
Span de inversión, aprox.	< 0,6%										
Temperatura ambiente admisible con oxígeno	-40 a +80 °C -40 a +60 °C										
Temperatura de almacenamiento admis.	-40 a +100 °C										
Clase de protección según DIN 40 050	IP 54										
Peso sin bloque de válvulas con bloque de válvulas	aprox. 3,0 kg aprox. 5,0 kg										

1) Sobre demanda

2) Ejecución para oxígeno hasta PN 50 sobre demanda

3) Por ej. WE77/Ex 2 o del sistema K ...-Ex 2

4) Para la aplicación en zonas Ex pueden utilizarse los iniciadores de ranura de acuerdo con el certificado de conformidad PTB n° Ex-95.D.2195X

5) Otros finales de carrera sobre demanda

Observaciones: Todos los errores y desviaciones en % del Span ajustado
 Para la medición de caudal debe consultarse la Hoja técnica T 9550.
 Los datos técnicos de la ejecución especial no varían respecto a la ejecución estándar.

Tabla 3 · Materiales (WN = N° de material)

Ejecución	Ejecución estándar	Ejecución especial
Célula de medición	Cu Zn 40 Pb	Acero CrNi
Membrana de medición y juntas	NBR	
Resortes de medición	Acero CrNi	
Discos de la membrana y piezas funcion.		
Palanca		
Carcasa del indicador	Policarbonato	

Montaje (ver Fig.6)

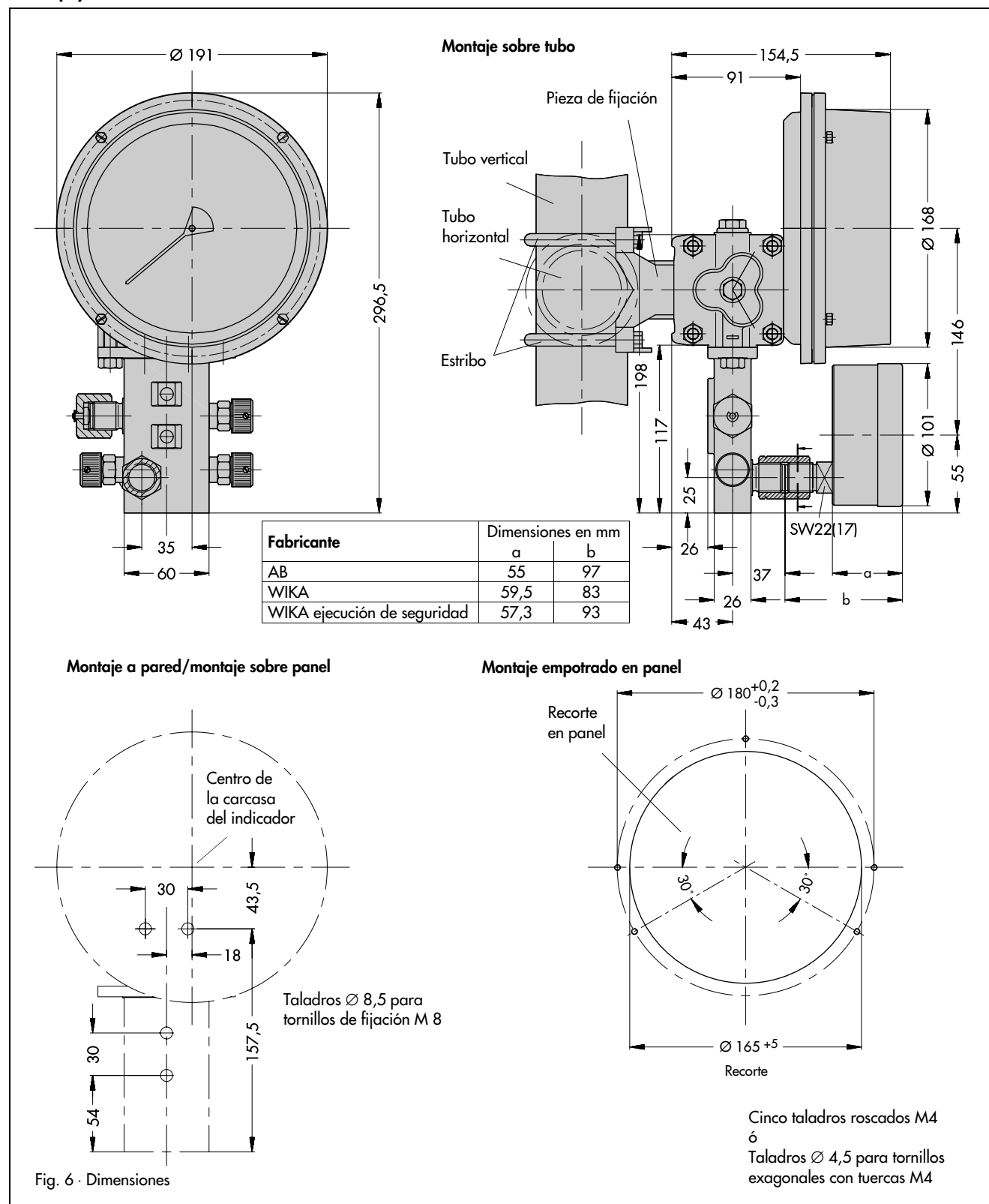
Montaje a tubería – con pieza de fijación y estribo para montaje a una tubería horizontal o vertical de 2".

Montaje a pared/montaje sobre panel – a través de 2 agujeros roscados M 8 en el bloque de válvulas o respectivamente en la parte posterior de la cámara de medición.

Montaje empotrado en panel – a elección mediante cinco tornillos cilíndricos M 4, rosca M 4 en el panel o por medio de cinco tornillos exagonales con tuercas exagonales M 4.

Conexión al producto: agujero roscado ISO 228 G 3/8.

Montaje y dimensiones en mm



Texto para pedido

Medidor de presión diferencial/medidor de caudal **Media 5**

Nomenclatura para pedidos:

– Completar el código de acuerdo con el aparato elegido –

Ejecución

Código para pedidos 5 0 0 5 A -

Media 5, célula de medición de CuZn40Pb2

Media 5, célula de medición de WN 1.4571¹⁾

Ejecución normal

Ejecución para oxígeno²⁾, exenta de aceite y grasas según norma de fábrica 1.34-2 hoja 1

Margen de medición	Span de medición					
	mín.	máx.				
0 ... 60 mbar	40 mbar	60 mbar				
0 ... 100 mbar	50 mbar	100 mbar				
0 ... 160 mbar	80 mbar	160 mbar				
0 ... 250 mbar	125 mbar	250 mbar				
0 ... 400 mbar	200 mbar	400 mbar				
0 ... 600 mbar	300 mbar	600 mbar				
0 ... 1000 mbar	500 mbar	1000 mbar				
0 ... 1600 mbar	800 mbar	1600 mbar				
0 ... 2500 mbar	1250 mbar	2500 mbar				
0 ... 4000 mbar ¹⁾	2000 mbar	4000 mbar				

Tornillo para ajuste del cero

con tornillo corrector del cero (ejecución normal)

con tornillo corrector del cero tapado

Contactos final de carrera³⁾

sin contactos final de carrera

con 2 contactos límites inductivos, tipo SJ3,5N-LED

Datos adicionales necesarios

Ajuste del valor de medición⁴⁾

Unidad

ajustado a:

0 a ...

mbar

Datos adicionales necesarios

Contactos límites

Veleta (resp.campo inic.)	Contacto A1		Contacto A2	
	entra	sale	entra	sale
con valor de medición	aument./dismin.	aument./dismin.	aument./dismin.	aument./dismin.
con valor de contacto	...mbar	...mbar	...mbar	...mbar

¹⁾ Ejecución especial sobre demanda.

²⁾ Ejecución para oxígeno hasta PN 50 sobre demanda.

³⁾ Con finales de carrera montados en fábrica. Estándar: sin ajustar.

⁴⁾ Con valor de medición ajustado en fábrica. Estándar: 0 ... valor de medición máx.

Ejecucion de escala necesaria (ver T 9545), accesorios: bloque de válvulas, manómetro, enlaces (ver T 9555)

Se reserva el derecho de modificar ejecución y dimensiones.



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK
Weismüllerstraße 3 · D - 60314 Frankfurt am Main
Postfach 10 19 01 · D-60019 Frankfurt am Main
Telefon (069) 4 00 90 · Telefax (069) 4 00 95 07

T 9519 ES

Va.

Apéndice G.

**Cálculo suspensión neumática de
Semitráiler de 22 Ton de Dióxido de
Carbono Líquido por INEM C.A.**

INEM C.A.



Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

AGA

TANQUERO SEMITRAILER #22

ESTUDIO DE CARGAS SOBRE EJES



INEM C.A.
INDUSTRIA ECUATORIANA METAL-MECÁNICA

REALIZADO POR: JUAN ARRIAGA

REVISADO Y APROBADO POR: ING. ALFONSO CABEZAS

MARZO
2010



ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICA

El presente estudio, tiene como objetivo principal verificar la viabilidad de cambiar la suspensión mecánica por suspensión neumática.

Para esto se debe hacer un estudio extenso de la situación actual de la cisterna #22 en especial de la estructura que tiene para verificar si es factible o no colocar la nueva suspensión sobre el mismo chasis.

Este estudio comprende el análisis estructural del chasis que soporta la cisterna, para el cometido anterior se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Revisión de información proporcionada por AGA S.A. correspondiente a las dimensiones, peso de la cisterna y carga máxima.
- Dimensionamiento actual de los ejes de la cisterna.
- Análisis y diseño para el nuevo sistema de suspensión.

La norma que se ha aplicado para este estudio es AISC para diseño en estructura de acero.

El tanquero está constituido por la cisterna que transmite la carga a los soportes que están en los costados de la cisterna, los mismos que se apoyan sobre las vigas que conforman el chasis en los cuales están los pivotes de los balancines de los ejes.

La estructura fue modelada mediante el software SolidWorks por medio de elementos finitos tipo FEA (Finite Element Analysis)



CARGAS DE DISEÑO

Definición de cargas

WD = Carga muerta.

WL = Carga viva.

FL = Carga viva lateral por efecto cinemático.

Carga muerta WD

Incluye el peso propio del tanquero: cisterna, chasis, suspensión, etc.

WD = 8800 kg (86240 N)

Carga viva WL

Incluye el peso de la carga máxima del producto (proporcionado por AGA S.A.)

WL = 22000 kg (215600 N)

Carga viva lateral FL

La fuerza lateral por efecto cinemático se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$F = m * a_n$$

Donde:

-  F = fuerza lateral en función de la masa del producto y la componente normal de la aceleración (aceleración centrífuga)
-  m = masa en función del producto.
-  a_n = componente normal a la aceleración.



Para calcular la aceleración se aplicó:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Donde:

*v = velocidad de circulación del camión

*ρ = radio de la curva

Lugar	Velocidad	Pendiente	Radio de curva	Aceleración
Ciudad	40 Km/h	6%	30 m	4.15 m/sg ²
Carretera	120 Km/h	8%	500 m	2.22 m/sg ²

Para el cálculo de la fuerza se escogió el mayor valor de la aceleración, en este caso corresponde a $a_n = 4.15 \text{ m/sg}^2$.

$$F = 1320 \text{ kg} * 4.15 a_n$$

$$F = 5480 \text{ N}$$

Fuerza lateral aplicada:

$$\text{WL} = 5480 * 1.20 = 6580 \text{ N}$$

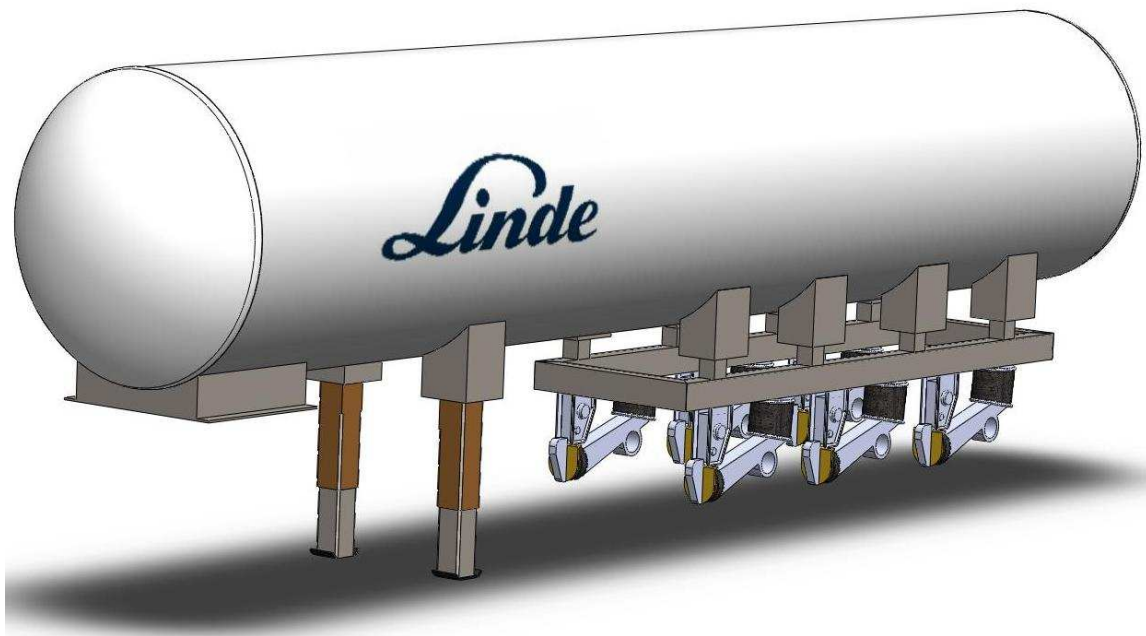


ANALISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural se basa en un modelo tridimensional de toda la estructura del tanquero, la misma que consta de la cisterna metálica que se apoya sobre el chasis que son vigas (tubos 190x130x8mm) que se apoyan y transmiten la carga a los ejes.

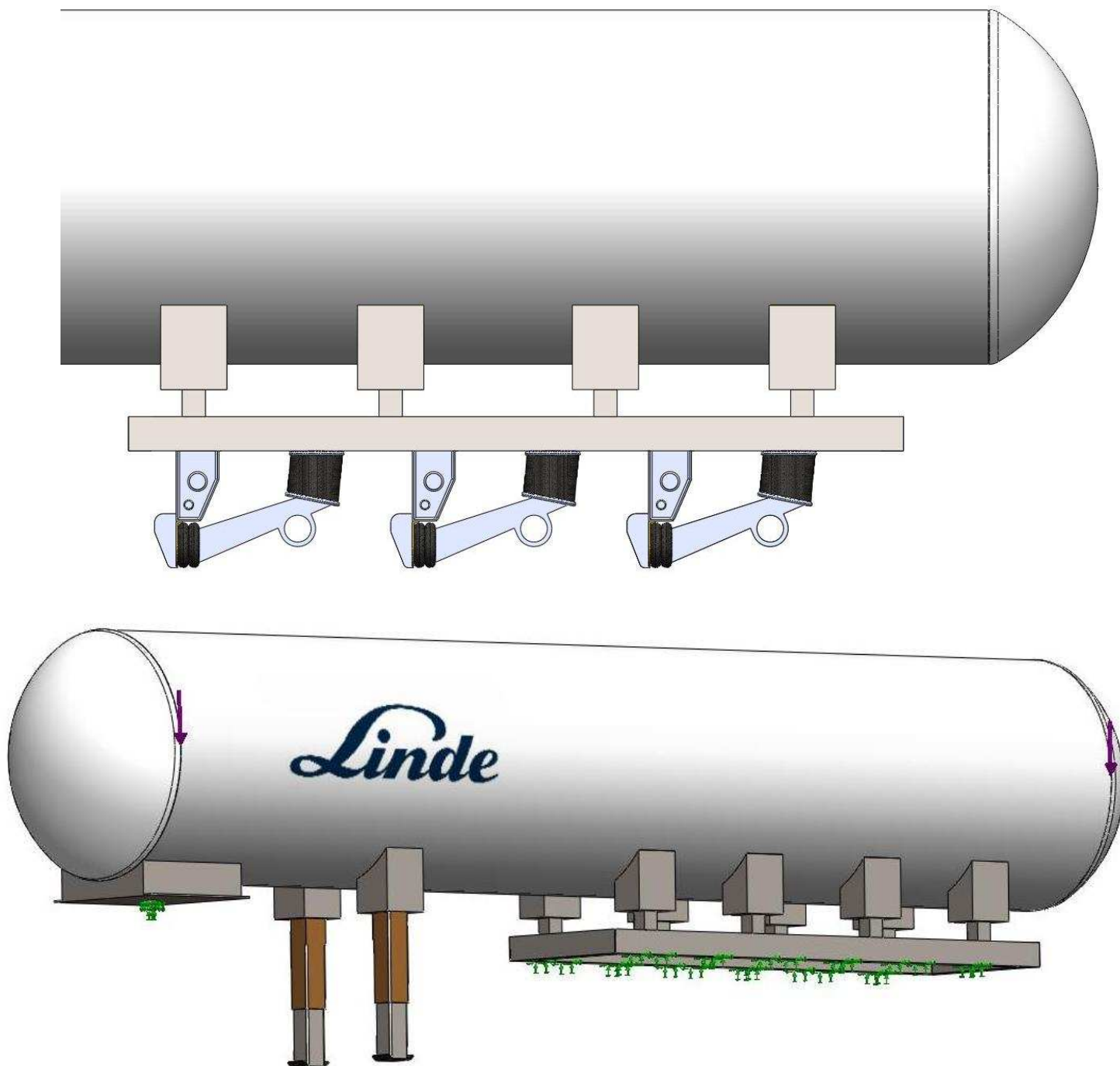
El análisis de la estructura se realizó mediante el programa de elementos finitos FEA de SolidWorks.

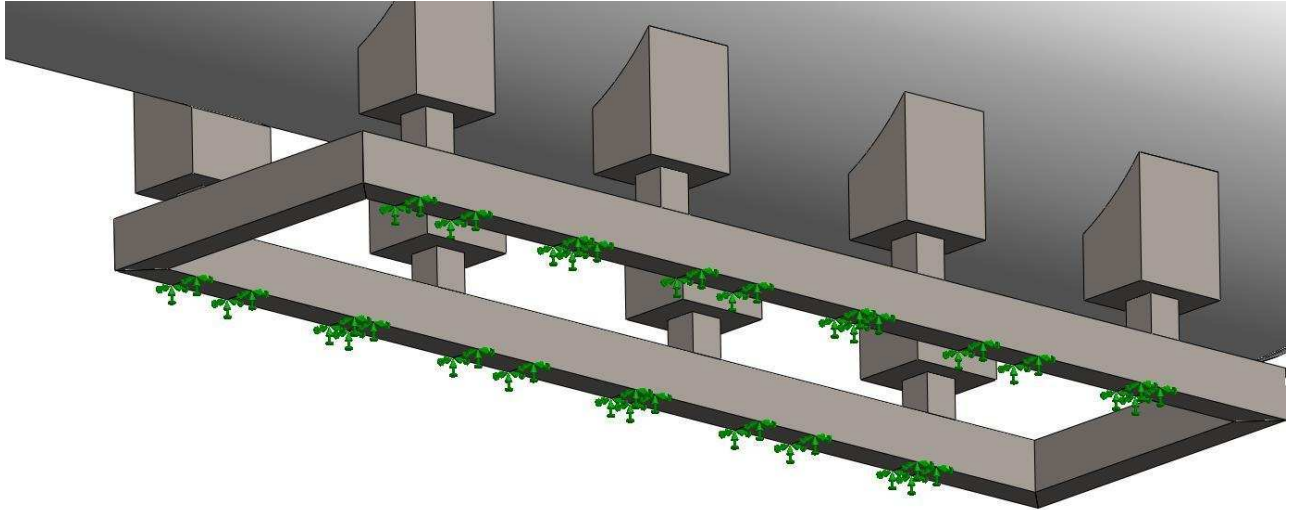
Se analizó el chasis del tanquero para verificar si soportar la nueva ubicación de la suspensión ya que no tendrá la misma distancia entre ejes.





Esa va a ser la posición en que van a ir los soportes de la nueva suspensión.





Con la información de las cargas, tanto cargas vivas como cargas muertas se procede a analizar mediante el sistema de análisis finito dando como resultado las gráfica de los esfuerzos de toda la estructura y también nos muestra el factor de seguridad:

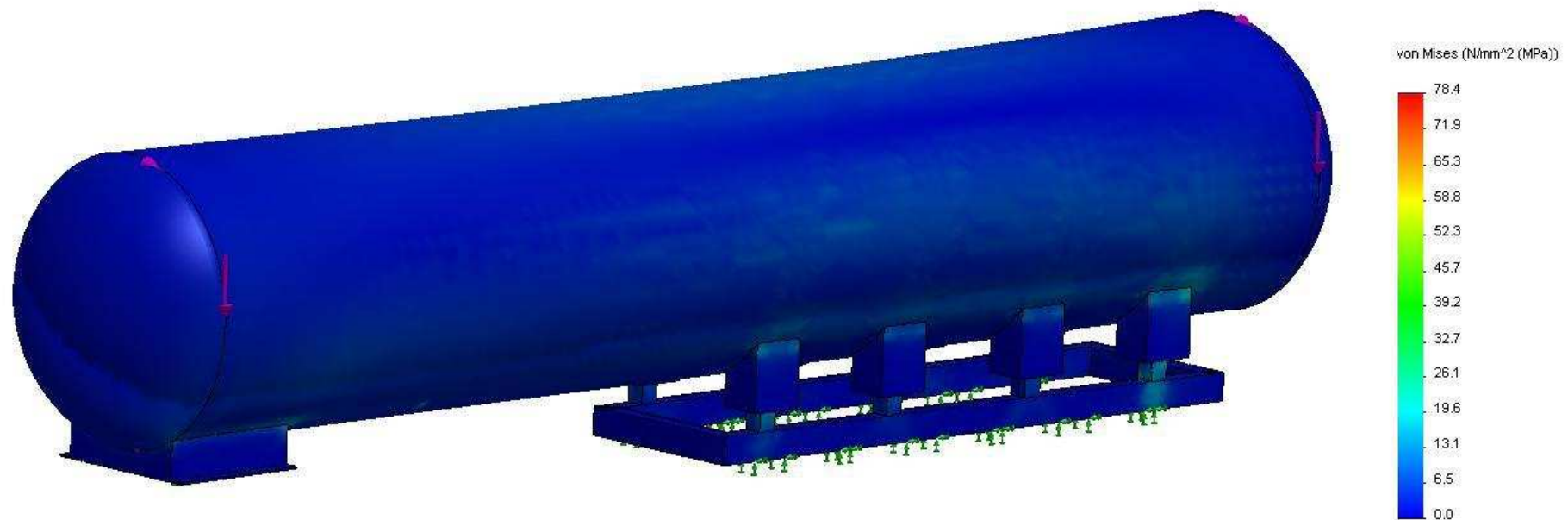
INEM C.A.



Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

Gráfica de los esfuerzos.

Nombre de modelo: cister18agB
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 50



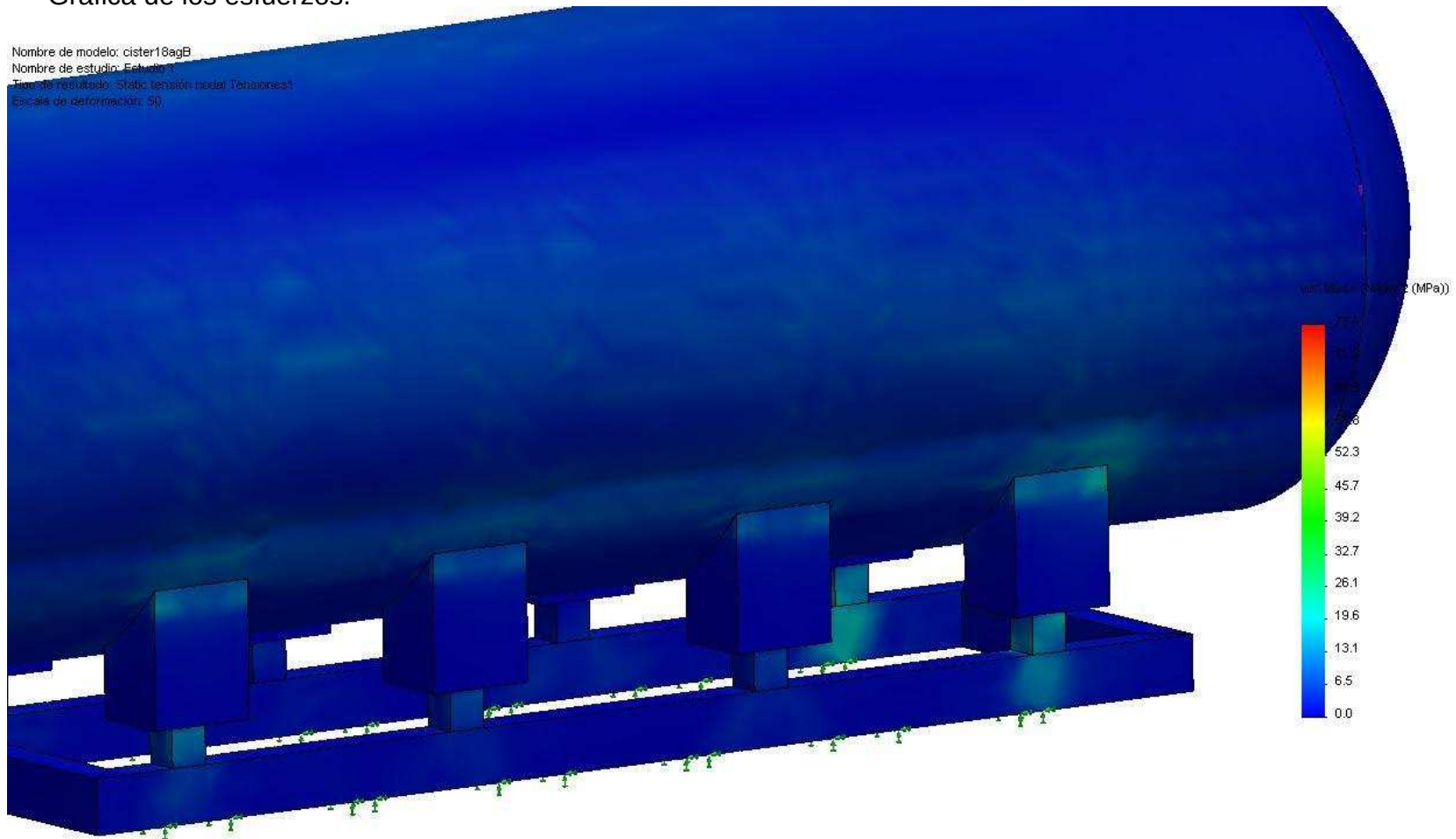
INEM C.A.



Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

Gráfica de los esfuerzos.

Nombre de modelo: cister18agB
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Static tension model Tensiones1
Escala de deformación: 50.



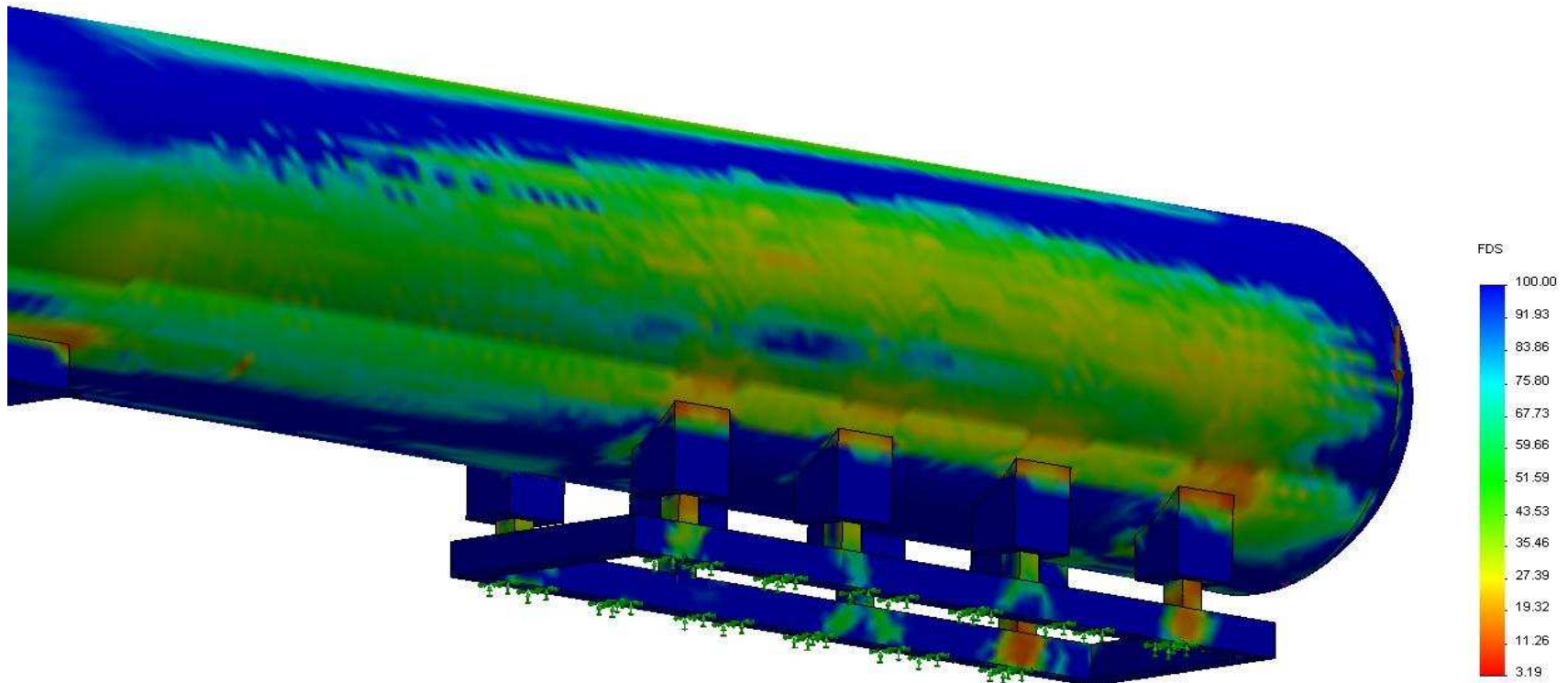
INEM C.A.



Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 –(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

Factor de seguridad.

Nombre de modelo: cister18agB
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Tensiones von Mises máx.
Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 3.2

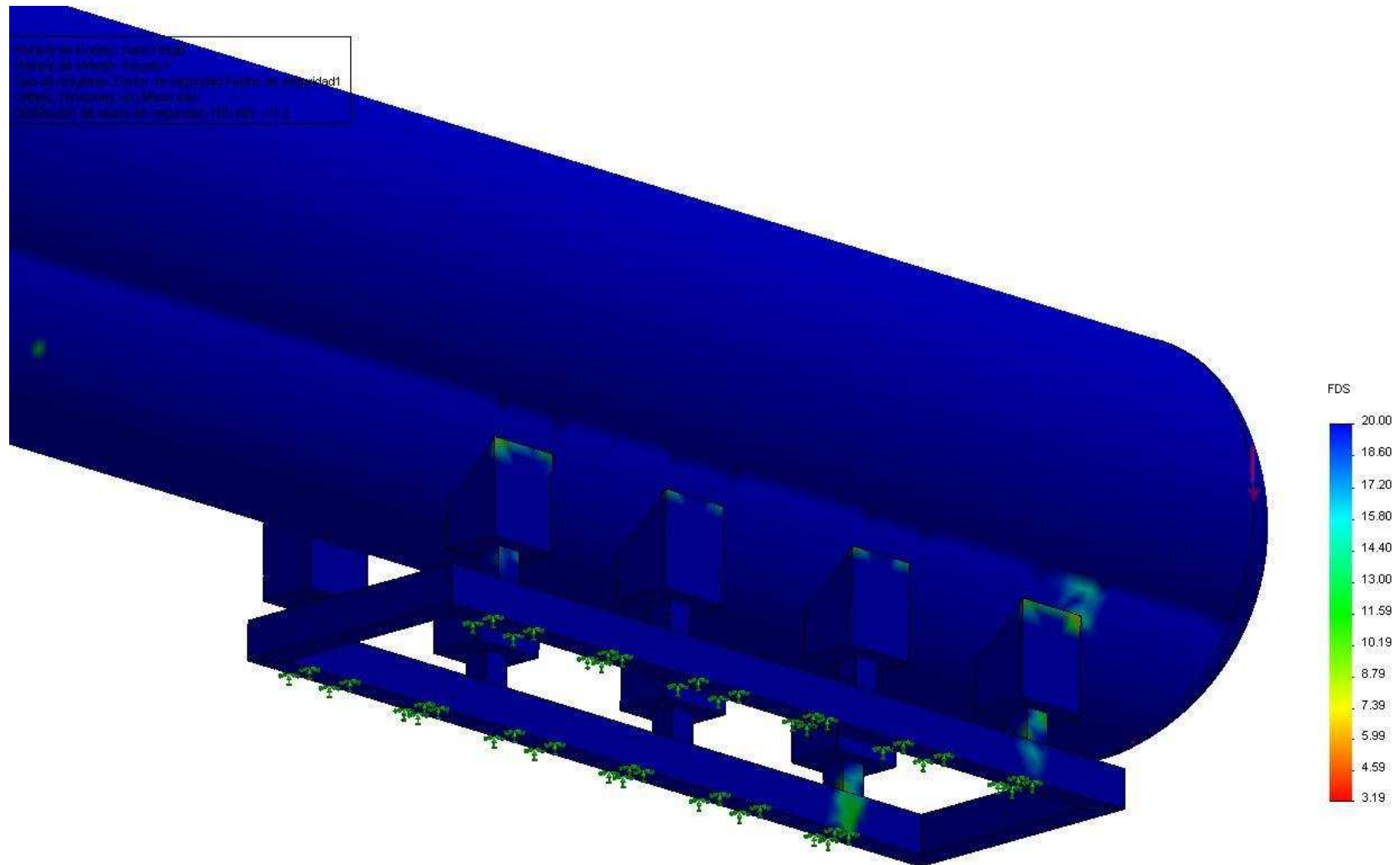


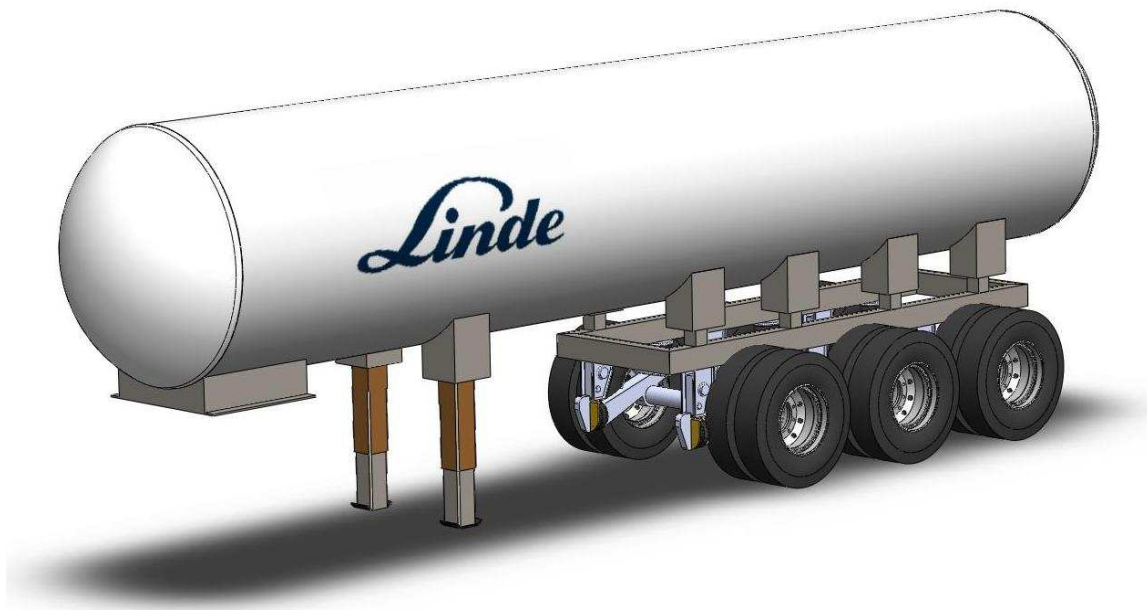
INEM C.A.



Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

Factor de seguridad.





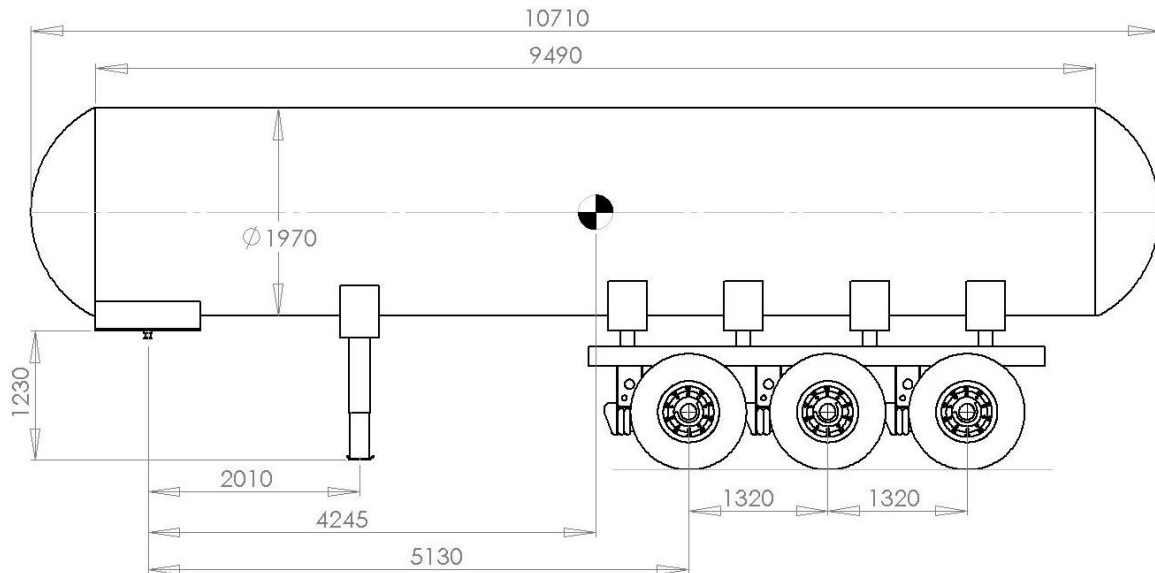
Ya conocidos el análisis del chasis se realizaran los estudios de pesos respectivos para verificar la capacidad de cada eje del semirremolque para soportar la carga de la estructura propia de la cisterna; así mismo como la capacidad de carga disponible.

A continuación, se muestra el diagrama del Semirremolque con sus dimensiones actuales, ubicación de sus apoyos, ejes y ubicación del centro de gravedad para la estructura del tanque y de la carga útil.

INEM C.A.

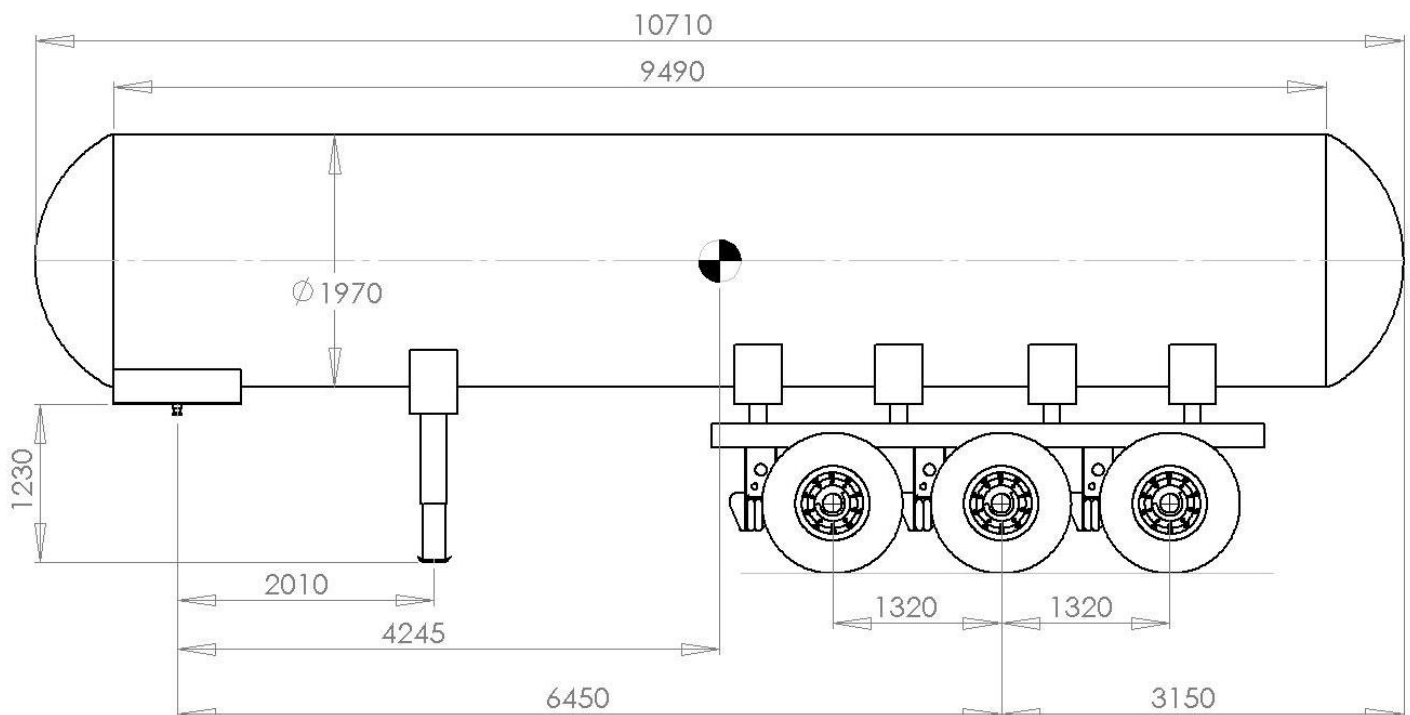


Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador



Conociendo las siguientes cargas sobre el semirremolque:

- Peso Estructura del Tanque. WT = 8800 kg
- Distancia Centro de Gravedad. DCG = 4245 mm
- Distancia entre Ejes. DE = 6450 mm
- Carga máxima de Tanquero. WU= 22000 kg





Realizando sumatoria de momentos alrededor del King Pin obtenemos:

$$\square M_1=0$$

$$\square M_1=0= (WU*4245)+ (WT*4245)-(RETs*6450)$$

$$RTEs = 20270 \text{ kg}$$

Consignando estos datos en el formato para estudio de pesos, tenemos:

INEM CA

ESTUDIO DE PESOS SEMIRREMOLQUE

Clase:	SEMIRREMOLQUE	FICHA No:	
CARROCERIA	TANQUE	FECHA:	Marzo 18, 2010

ESTRUCTURA

PESO ESTRUCTURA (kg)	8800
PESO SUSPENSION (kg)	3000
PESO TRACTOCAMION (kg)	8102
DISTANCIA CENTRO DE GRAVEDAD (mm)	4245
DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	6450

CAPACIDAD DE CARGA DISPONIBLE

CARGA MAXIMA (kg)	22000
DISTANCIA CENTRO DE GRAVEDAD (mm)	4245
DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	6450



PESOS (kg)	King Pin	Eje Tridem	TOTAL
TRACTOCAMION	-	-	8102
ESTRUCTURA (Tanque y Bastidor)	3520	5280	8800
CARGA	8800	13200	22000
TOTAL /PBV	12320	20270	38902
CAPACIDAD	17696	34089	52000
UTILIZACION	70%	59%	75%

ANALISIS DE RESULTADO

Con la información previa se pudo analizar tanto estáticamente como dinámicamente que la estructura actual de la cisterna; y mediante el software SolidWorks pudimos comprobar que es factible seguir utilizando el chasis ya que soporta perfectamente los esfuerzos causados por el peso propio de la cisterna así como de la carga máxima de producto; y éste no se verá afectado por la nueva ubicación de los apoyos del nuevo sistema de suspensión.

Para el nuevo sistema de suspensión, cada eje soporta una carga máxima de fabricación de 11363 kg (25000 lb) por lo que el conjunto de ejes Tridem del tanquero puede soportar un máximo de 34089 kg.

Basados en el cuadro podemos observar que la carga útil calculada para el conjunto de ejes Tridem es de 20270 kg (44594 lb), lo que se interpreta que a cada eje se transmite 6757kg (14864 lb). Esto representa que están siendo utilizados en un 59%.

INEM C.A.

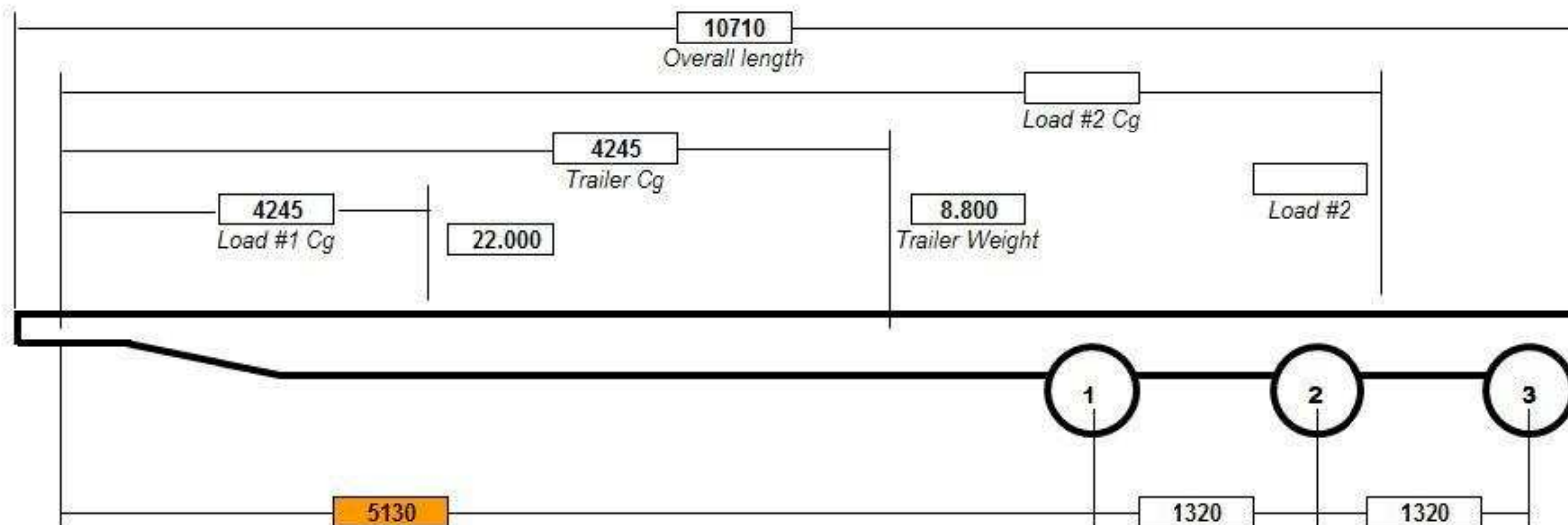


Km. 16½ Vía a Daule – 2162464 – 2162246 -(09)9765090 – Ofic: Albocentro 4, piso 2 – 2270947-2231779
Web page www.inemca.com – Casilla 9478 – Guayaquil-Ecuador

AXLE LOAD ANALYSIS

Trailer Owner: AGA S.A.
Trailer : CISTERNA #22
Date: Marzo 18, 2010

FT to KP	914
BT to CA	1828,8

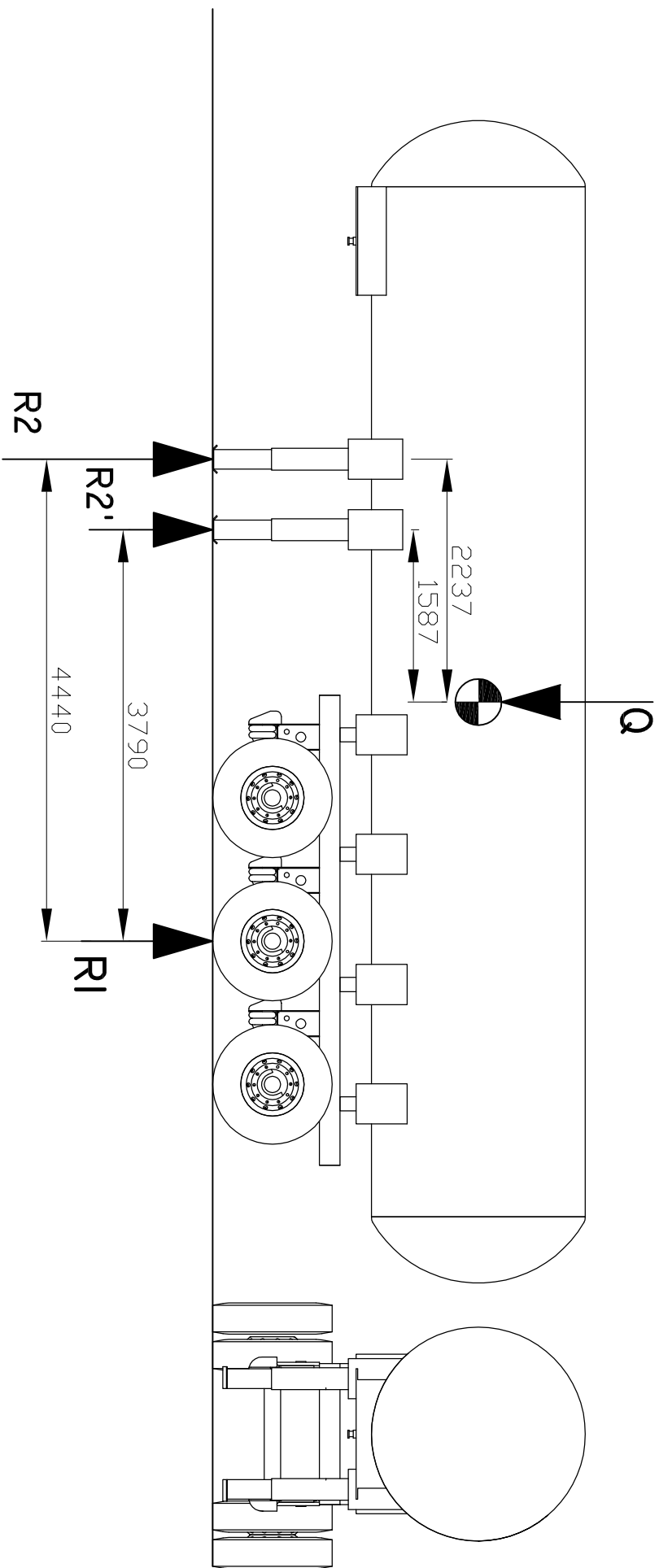


Load @ 5th Wheel		Load Per Axle		
		#1	#2	#3
10.529	All Three Axles	6.757	6.757	6.757
12.411	Front Axle Lifted	0	9.195	9.195
13.973	Front Two Axles Lifted	0	0	16.827
10.529	Front & Rear Axle Lifted	0	20.271	0

Unidades de la gráfica: kilogramos y milímetros

Apéndice H.

Cálculo reubicación columnas de apoyo por INEM C.A.



Q= 8.8TON

$$\begin{aligned} \Sigma M_{R2} &= 0 \\ 2237 \cdot 8.8 - 4440 \cdot R1 &= 0 \\ R1 &= 4.43 \text{ TON (4430kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R1 + R2 &= 8.8 \text{ TON} \\ R2 &= 4.37 \text{ TON (4370kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{R2'} &= 0 \\ 1587 \cdot 8.8 - 3790 \cdot R1 &= 0 \\ R1 &= 3.68 \text{ TON (3680kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ R1 + R2' &= 8.8 \text{ TON} \\ R2' &= 5.12 \text{ TON (5120kg)} \end{aligned}$$

INEM C.A.

CLIENTE:

AGA

Km. 16½ Vía a Daule

PROYECTO:

Tel: 2162464 – 2162246
e-mail: inem@inemca.com

ST #22

FECHA: 05/21/10 | DIBUJO: JAO | APROB.: AEC | ESCALA: n/e | OFER:

R2: POSICION ORIGINAL DE LAS PATAS DE APOYO
R2': POSICION ACTUAL DE LAS PATAS DE APOYO

Apéndice I.

NTE INEN 2049:1995 Cilindros para gases a alta presión

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria**

**CILINDROS PARA GASES DE ALTA PRESIÓN.
REVISIÓN.**

**NTE INEN
2 049:1995
1995-10**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos y el procedimiento para la revisión de cilindros para gases de alta presión, licuados y disueltos, que están en servicio, para determinar su estado de conservación y aptitud para el uso o su retiro de circulación.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los cilindros portátiles para gases de alta presión, fabricados de acero no soldados, diseñados para una presión mínima de servicio de 7 MPa (70 kgf/cm²).

3. TERMINOLOGÍA

3.1 Cilindro apto. Aquel que por su estado de conservación puede seguir prestando servicio sin peligro.

3.2 Cilindro rechazado. Aquel que por su estado de conservación (maltrato, corrosión generalizada, etc.) tiene defectos y no debe continuar en servicio por el alto riesgo que presenta.

3.3 Presión de servicio. Presión normal de operación del gas en el cilindro, Inferior a la de diseño, sin que sea la presión máxima que puede experimentar el cilindro en circunstancias de emergencia.

3.4 Defecto. Aquel que determina el rechazo o no del cilindro, según los criterios de evaluación.

3.5 Soldadura. La que une al cuerpo del cilindro los elementos destinados a proteger la válvula, facilitar el manipuleo o servir de apoyo al cilindro.

3.6 Fabricante. Es la persona o entidad que construye el cilindro.

3.7 Proveedor de gases. Es la persona o entidad que suministra los gases y realiza el llenado de los cilindros, previa inspección y control de los mismos.

3.8 Usuario. Es la persona que compra el gas y mantiene el cilindro a su servicio.

3.9 Espesor mínimo. Es el espesor de pared permitido por la especificación bajo el cual el cilindro fue fabricado.

3.10 Defectos de la plancha de acero

3.10.1 Abolladura. Depresión o deformación en la superficie del cuerpo del cilindro, debido a golpes o defectos de proceso durante la fabricación y manipulación.

3.10.2 Hendidura. Ranura en la superficie de la plancha que conforma el cilindro, producida por el contacto con objetos de filos rugosos o cortantes.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Cilindros metálicos, gases alta presión, método de revisión.

3.10.3 Grieta. Hendidura que se proyecta a través del espesor de la plancha que conforma el cilindro.

3.10.4 Protuberancia. Prominencia más o menos redonda en el cuerpo del cilindro.

3.11 Autoridad de control. El o los organismo(s) autorizado(s) para aceptar o rechazar los cilindros destinados al uso dentro del país, en función de los ensayos realizados de acuerdo a esta norma.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Para la aplicación de esta norma, la revisión de los cilindros para gases de alta presión se la divide en tres clases: de rutina, especial y periódica,

4.1.1 Revisión de rutina. Es la que obligatoriamente se la efectúa a todos los cilindros en circulación que se presentan para ser llenados con el gas de uso asignado.

4.1.2 Revisión especial. Es la que se efectúa a los cilindros, cuando en la revisión de rutina o periódica se detectan fallas o anomalías que deben ser investigadas para determinar su aptitud para el uso o su rechazo.

4.1.3 Revisión periódica. Es la que se efectúa en los cilindros de acuerdo a los intervalos de tiempo establecidos a partir de la fecha de fabricación del cilindro.

5. REVISION DE RUTINA

5.1 Lugar. El mismo de llenado u otro especialmente dispuesto, al que ingresarán los cilindros antes de pasar al proceso de envasado.

5.2 Personal. Aquel personal técnico calificado por la empresa envasadora y por la autoridad de control para la ejecución de la revisión de rutina. (Ver Anexo B)

5.2.1 El personal técnico calificado debe estar registrado por la autoridad de control.

5.3 Autorización de llenado. Pueden ser envasados con el gas respectivo, solamente, aquellos cilindros que, al ser aplicada esta norma, han sido calificados como aptos.

5.4 Revisión. En la revisión de rutina se aplicará la siguiente secuencia:

5.4.1 Verificar visualmente que el cilindro cumpla con los siguientes requisitos:

- a) identificación (Ver Anexo A)
- b) color autorizado de acuerdo a gas contenido
- c) protección de la válvula
- d) válvula, de acuerdo al tipo de gas (Ver Anexo C)

5.4.2 Los cilindros que no cumplan con los literales del numeral 5.4.1 serán retirados para revisión más detallada o especial.

5.4.2.1 Las empresas llenadoras no permitirán la salida de cilindros sin tapa de protección de la válvula

(Continúa)

5.4.3 Los cilindros que cumplen con 5.4.1, serán sometidos a la revisión consistente en realizar en su orden lo siguiente.

- a) inspección visual externa
- b) verificación de funcionamiento de las válvulas. (Ver Anexo F)
- c) prueba del sonido
- d) prueba de fugas (una vez llenado)
- e) prueba del olor (para cilindros de oxígeno)
- f) revisión y colocación de etiqueta (en caso de no existir) (Ver 7.6.1.6, literal c)

5.4.4 Para efecto de evaluación, se utilizarán los siguientes criterios:

5.4.4.1 *Inspección visual externa.* Para realizar una correcta revisión y evaluación, los cilindros deben estar exentos de:

- a) abolladuras y protuberancias en la pared del cilindro.
- b) hendiduras, cortes y marcas causadas por objetos punzantes o cortantes.
- c) deformación u ovalamiento del cilindro.
- d) corrosión
- e) daños por exposición al fuego
- f) marcas de soldadura eléctrica o de soplete
- g) contaminación por hidrocarburos (suciedad, grasas, aceites, etc.)

Los cilindros que presenten algún tipo de las fallas mencionadas anteriormente serán enviados a revisión especial.

5.4.4.2 *Prueba del sonido.* Un cilindro libre de contenido líquido, con su superficie interior limpia, parado libremente, al ser sometido a un golpe leve con un martillo de acero de tamaño adecuado, emitirá un sonido amortiguado con la presencia de impurezas o de corrosión. Tales cilindros deben ser enviados a revisión especial.

5.4.4.3 *Prueba de fugas.* Los cilindros aprobados, luego de ser llenados con el gas respectivo, durante el envasado, no deben presentar fugas de gas por la válvula o zona de acoplamiento roscado, caso contrario, serán enviados a una revisión especial (Ver Anexo F).

5.4.4.4 *Prueba del olor (para el oxígeno).* Los cilindros que se vayan a llenar con oxígeno, a más de ser declarados aptos, deben pasar por la prueba del olor, que consiste en detectar posibles contaminantes internos (acetileno, argón, GLP u olor desconocido, etc.) por medio del sentido del olfato del personal encargado. Para efectuar esta prueba, el operador no debe exponerse directamente al chorro de gas.

6. REVISION ESPECIAL

6.1 Lugar. El sitio destinado para la revisión especial será determinado por la empresa envasadora y deberá contar con todas las facilidades para el cumplimiento de esta labor, pudiendo ser, el mismo que se utiliza para revisión periódica.

6.2 Equipos. Todos los necesarios para efectuar los ensayos descritos en este capítulo.

(Continúa)

6.3 Personal. Igual que 7.4

6.4 Responsabilidad. Las empresas calificadas son las responsables de la aplicación de esta revisión especial y deberán contar con la aprobación escrita de la autoridad de control.

6.5 Los cilindros que son separados y asignados para esta revisión serán analizados y evaluados con los siguientes criterios:

6.5.1 Abolladura. Se admitirán abolladuras que no afecten el espesor de pared de cilindro, y tengan una profundidad máxima de 1,6 mm la misma que deberá ser medida de la siguiente manera (ver figura 1):

- Con una regla y un calibrador o calibres de profundidad se toma las siguientes medidas:
 largo máximo de la abolladura (L)
 ancho máximo de la abolladura (A)
 profundidad máxima (P)

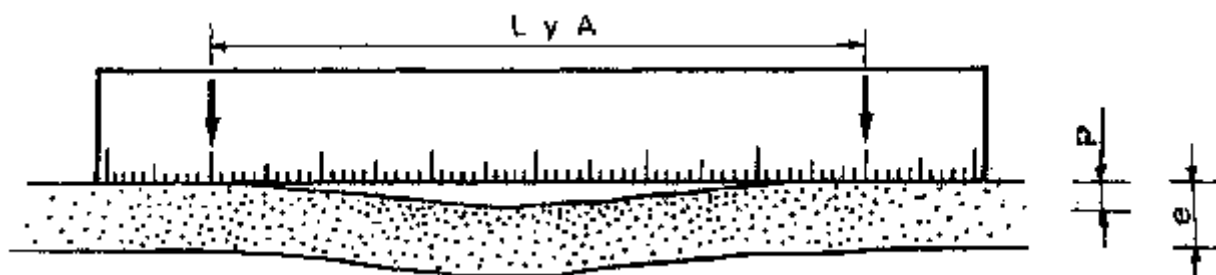
- Se realizan las siguientes operaciones

$$X = 32 P$$

$$Y = \frac{L + A}{2}$$

- Si $X > Y$, el cilindro se aprueba, en caso contrario se rechaza.

FIGURA 1. Medición de abolladuras



(Continúa)

6.5.2 Hendiduras. Las penetraciones o deformaciones causadas por objetos afilados que disminuyan el espesor mínimo de pared, determinarán el rechazo de los cilindros. (Ver 6.5.5 literal b)

6.5.3 Protuberancias. Los cilindros que presenten en su cuerpo deformaciones salientes localizadas serán rechazados.

6.5.4 Cilindros ovalados o deformados. La diferencia de diámetros en la sección del cilindro debe ser máximo el 2% respecto a su diámetro nominal.

6.5.5 Corrosión. El límite máximo de corrosión, en cualquiera de sus casos, será de 0,8 mm . Para tomar una decisión, adicionalmente a los criterios establecidos para cada corrosión, pueden también aplicarse los criterios dados en las tablas 1 y 2.

6.5.5.1 Picadura aislada. Si la corrosión presenta picaduras aisladas, el espesor remanente del cilindro no debe ser menor al espesor mínimo de pared permitido.

- En caso de no conocer el espesor mínimo, el cilindro se rechazará cuando la profundidad de la picadura es mayor que:

$$h = \frac{2 \times P \times D}{10^4}$$

En donde:

h = profundidad de corrosión (mm)

P = presión hidrostática de ensayo (MPa)

D = diámetro exterior del cilindro (mm)

6.5.5.2 Corrosión lineal. Si las picaduras se presentan formando líneas de corrosión, el espesor remanente del cilindro no debe ser menor al espesor mínimo de pared permitido.

- Si no se conoce el espesor mínimo de pared, el cilindro será rechazado cuando la profundidad de la corrosión sea mayor que:

$$h = \frac{P \times D}{10^4}$$

En donde:

h = profundidad de corrosión (mm)

P = presión hidrostática de ensayo (MPa)

D = diámetro exterior del cilindro (mm)

6.5.5.3 Corrosión local. La aceptación del cilindro se basará en el ensayo de presión hidrostática y expansión volumétrica, de acuerdo al tipo de cilindro y su diseño. (Ver Anexo G)

6.5.5.4 Corrosión general. Cuando la corrosión cubre considerables áreas de la superficie del cilindro, la aceptación se basará en el ensayo de presión hidrostática, expansión volumétrica y espesor de pared remanente. (Ver nota 1 y Anexo G).

NOTA 1. Medición del espesor de pared. El espesor mínimo de pared admisible corresponderá al valor especificado en el diseño y se determinará utilizando preferentemente un medidor por ultrasonido. Si hay indicios de corrosión u otros defectos, las mediciones se harán sistemáticamente en 3 secciones transversales del cuerpo del cilindro y con mínimo cinco mediciones circunferenciales de la parte afectada por corrosión, a fin de hallar los puntos críticos. En todo caso, los valores de las mediciones corresponderán a los mínimos detectados

TABLA 1. Clasificación del grado de corrosión

CLASE	CORROSION Y PICADO
A	No hay corrosión, solo una capa delgada de óxido sobre toda la superficie.
B	Corrosión extendida hasta una profundidad de 0,5 mm
C	Corrosión extendida y picada hasta una profundidad de 1,0 mm o más

TABLA 2. Evaluación de daños por corrosión

CORROSIÓN INTERNA	TIPO DE CILINDRO		CORROSIÓN EXTERNA		
			Clase A	Clase B	Clase C
Clase A	Hasta 80 mm de diámetro y 600 mm de largo		Aceptado	Rechazado	Rechazado
	Mayores que 80 mm de diámetro y 600 mm de largo	a) Presión de ensayo menor o igual a 10 MPa	Aceptado	Aceptado	Aceptado si Corrosión es $\leq$ a 0.8 mm
		b) Presión de ensayo mayor que 10 MPa	Aceptado	Aceptado	Rechazado
Clase B	Hasta 80 mm de diámetro y 600 mm de largo			Rechazado	
	Mayores que 80 mm de diámetro y 600 mm de largo	a) Presión de ensayo menor o igual a 10 MPa	Aceptado	Aceptado	Rechazado
		b) Presión de ensayo mayor que 10 MPa	Aceptado	Rechazado	Rechazado
Clase C	Todos los tipos			Rechazado	

6.5.6 Daños por exposición al fuego. Si el cilindro ha estado expuesto al fuego, se aplicarán los criterios siguientes:

- a) Si el cilindro presenta la superficie solamente sucia por efecto del humo, no se considerará dañado y únicamente se lo reacondicionará superficialmente.

(Continúa)

- b) Si el cilindro ha estado afectado por el fuego según evidencias de pintura quemada será sometido a un análisis más detenido midiendo la dureza tanto en el sitio afectado, como en zonas no afectadas, para determinar por comparación si existe diferencia (ver nota 2).
- c) Si el cilindro presenta evidencia de metal quemado o distorsiones causadas por el fuego, será rechazado (ver nota 3).

6.5.7 Marcas de soldadura eléctrica o de soplete. Cualquier indicio de puntos o cordones de soldadura que no correspondan al proceso de fabricación, provocados por la acción de llamas por arco o soplete, determinará el rechazo del cilindro.

6.5.8 Contaminación por hidrocarburos. En todos los cilindros en los que se encuentre suciedad acumulada, grasas, aceites u otros hidrocarburos, en la válvula, cuerpo o fondo del cilindro, se deberá limpiar. (Ver Anexo F).

7. REVISION PERIÓDICA

7.1 Lugar. El sitio destinado a la revisión periódica será el autorizado por la autoridad de control respectiva, previa la comprobación de las facilidades de trabajo en lo que se refiere a transporte, espacio y equipos, pudiendo ser, el mismo lugar de llenado en el que exista un sitio adecuado para el efecto.

7.2 Equipos. Todos los necesarios para efectuar los ensayos descritos en 7.6.

7.3 Período. La revisión se realizará a intervalo de tiempo fijado, a partir de la fecha de fabricación del cilindro (Ver Anexo E)

7.4 Personal. Aquel personal técnico calificado por la autoridad de control respectiva y la envasadora, previo un entrenamiento adecuado para estas labores. (Anexo B).

7.4.1 El personal técnico calificado debe estar registrado por la autoridad de control.

7.5 Responsabilidad. Son solidariamente responsables de la aplicación de esta revisión: la empresa que realice los ensayos y los inspectores delegados de la autoridad respectiva.

7.6 Secuencia. La revisión periódica se realizará partiendo de los de mayor antigüedad a los más recientes, cumpliendo con lo establecido en el Anexo E, en el siguiente orden:

- a) Prueba del sonido (ver 5.4.4.2)
- b) Verificación visual (ver 5.4.1 y 5.4.2)
- c) Preparación y limpieza (ver Anexo F)

NOTA 2. Medición de dureza. Los valores de la dureza de la pared del cilindro deben estar de acuerdo con los suministrados por el fabricante en las especificaciones de diseño y fabricación. En caso de no conocerse este valor, se tomarán como referencia, durezas tomadas del domo del cilindro o de otros cilindros del mismo lote. Si el valor de la dureza es diferente en el 5%, el cilindro se rechazará. La medición de la dureza debe realizarse entre 0,2 y 0,3 mm de la superficie de la pared del cilindro, reducción que puede obtenerse por limado o esmerilado.

NOTA 3: Indicios de que el cilindro ha estado expuesto al fuego son: haber funcionado los dispositivos de seguridad, fusión de partes de la válvula o cambios de dureza en el cuerpo del cilindro

(Continúa)

d) Revisión:

- d.1) Inspección visual interna y externa
- d.2) control de tara
- d.3) ensayo de presión hidrostática y expansión volumétrica
- d.4) colocación de anillo y válvula
- d.5) colocación de tapa, pintura y etiqueta
- d.6) ensayo de estanqueidad

7.6.1 Para la evaluación, se utilizarán los siguientes criterios:

7.6.1.1 Inspección visual interna. Cada cilindro debe ser inspeccionado internamente utilizando lámparas de intensidad luminosa suficiente para iluminar claramente la pared interior accesible. Si se introduce un foco, este debe ser de bajo voltaje y con protecciones que evite su destrucción.

Mediante la inspección visual interna debe detectarse preferentemente la presencia de corrosión y materiales extraños como agua, hidrocarburos, u otros elementos.

Los cilindros en los que se supone existe corrosión y ésta no es visible ni puede medirse su extensión, deben ser sometidos a la medición del espesor por ultrasonido. (Ver nota 1)

7.6.1.2 Inspección visual externa (Ver 5.4.4.1)

7.8.1.3 Control de tara. La tara del cilindro deberá comprobarse asegurándose que éste se encuentre completamente vacío. Para evaluar el resultado se aplicarán los criterios siguientes:

- a) Si existe una pérdida de peso de hasta el 4% de la tara original marcada en el cilindro, éste deberá someterse a un examen para evaluar la superficie interior y espesor de pared del cilindro, utilizando el método ultrasónico, a fin de asegurarse que el espesor no sea menor que el mínimo de diseño (Ver nota 1) y que los defectos no determinen el rechazo del cilindro según los criterios anteriores. Si el cilindro cumple además las otras pruebas, se grabará la nueva tara, sin borrar la anterior,
- b) Una pérdida de peso del 5% o más respecto de la tara original, determina el rechazo del cilindro.
- c) En cilindros de diámetro exterior menor a 80 mm y de longitud menor a 600 mm, la pérdida de masa no debe exceder el 1,5 %
- d) Si el cilindro no tiene tara, los resultados del ensayo de medición del espesor serán decisivos para su rechazo.

La precisión de la balanza para el pesaje de los cilindros debe ser de $\pm$ la mínima graduación (no mayor a 10 g) hasta pesos de 125 kg, para pesos menores debe ser de $\pm$ 0,5 la mínima graduación de la balanza.

7.6.1.4 Ensayo de presión hidrostática y expansión volumétrica. El cilindro debe someterse al ensayo de presión hidrostática con camisa de agua u otro método aprobado por la autoridad de control (ver Anexo G) con el objeto de medir la expansión volumétrica. La expansión volumétrica permanente del cilindro no debe ser mayor del 10% de la expansión volumétrica total (permanente + elástica) alcanzada en el ensayo de presión hidrostática mantenida durante 30 segundos.

(Continúa)

a) Tratamiento posterior al ensayo de presión hidrostática. Luego del ensayo hidrostático debe secarse el cilindro, a fin de eliminar toda el agua y vestigio de humedad, utilizando uno de los procedimientos siguientes:

- a.1) purgado con aire o nitrógeno caliente
- a.2) calentado a temperatura que no exceda a 300 °C.

Una vez secado el cilindro debe ser tapado inmediatamente.

7.6.1.5 Colocación de anillo y válvula

- a) Se debe colocar el anillo de identificación del año de prueba hidrostática de acuerdo con el color y forma descritos en la tabla 3.
- b) La válvula a ser colocada debe estar de acuerdo con el tipo de gas a ser utilizado según lo descrito en el Anexo C
- c) Colocar la válvula, nueva o reacondicionada, utilizando cinta de politetrafluoretileno (teflón) u otro material que permita un cierre hermético, entre la rosca de la válvula y el portaválvula, y con una herramienta adecuada, apretarla con el torque correspondiente al tipo de válvula a utilizar.
- d) Por ningún motivo se debe colocar una válvula americana a un cilindro europeo y viceversa, debido a que las características son diferentes (ángulo de filete, conicidad, paso, etc.)
- e) De acuerdo con esta norma se prohíbe cambiar válvulas a empresas o personas no autorizadas.

7.6.1.6 Colocación de tapa, pintura y etiqueta

- a) Cuando la tapa protectora de la válvula es fija se la debe colocar en primer término.
- b) Pintar al cilindro de acuerdo al gas contenido y descrito en la NTE INEN 441.
- c) Luego de pintado se debe colocar la etiqueta de identificación establecida, pegada en el hombro del cilindro y que contenga los siguientes datos:
 - c.1) gas que contiene el cilindro
 - c.2) Indicación sobre riesgos
 - c.3) precauciones de uso
 - c.4) nombre de la empresa envasadora
- d) De acuerdo con esta norma se prohíbe pintar cilindros para gases de alta presión a personas o empresas no autorizadas.

7.6.1.7 Ensayo de estanqueidad. No se deben presentar fugas en el cuerpo del cilindro, cuando sea llenado con gas a la presión de trabajo, caso contrario se rechaza el cilindro.

8. MARCADO, REGISTRO, ACEPTACION Y RECHAZO

8.1 Una vez que el cilindro haya cumplido satisfactoriamente todos los requisitos de la revisión establecidos en esta norma, deberán marcarse en el cilindro, en el lugar destinado para ello, la fecha de revisión (año, mes, símbolo de la empresa y sello de la autoridad de control).

(Continúa)

8.2 Los resultados de la inspección y ensayo efectuados deben registrarse en una hoja de informe. En el registro se incluirá como mínimo la información siguiente.

- Identificación
- presión de prueba
- expansión volumétrica total, permanente y elástica
- propietario
- tara
- disposición del cilindro

8.2.1 El original del informe quedará en poder de la autoridad de control, una copia se entregará a la empresa envasadora de gas para su control y estadísticas, que deberá presentarla en la próxima revisión o consultarla en cualquier inspección periódica antes del envasado.

8.3 Solamente cumplidos los requisitos estipulados en los numerales anteriores, los cilindros podrán ponerse en servicio.

8.4 Aquellos cilindros que sean rechazados deben identificarse mediante el estampado de la palabra "RECHAZADO" y fecha de rechazo y luego inutilizados por corte del domo por otros medios mecánicos por las empresas autorizadas por la autoridad de control, quien levantará el informe respectivo. Las empresas autorizadas retendrán el domo del cilindro inutilizado. En ningún caso los cilindros rechazados podrán circular nuevamente.

8.4.1 Los costos que demanden la revisión y destrucción física de los cilindros, correrá a cargo del propietario de los cilindros.

8.4.2 Todos los cilindros a los que se refiere la presente norma y que estén en circulación en la República del Ecuador y los que cuya fecha de ensayo haya caducado deberán presentar el sello de inspección de la autoridad competente, cuando le corresponda.

8.4.3 La empresa envasadora de gas será responsable civil y penalmente cuando no cumpliera el acápite anterior.

8.5 Para una rápida identificación, los cilindros deben llevar un símbolo distintivo que puede ser una placa de cierta forma y color, instalada de manera segura e inalterable entre el cuello del cilindro y la válvula, que significará el año de la próxima revisión periódica, según la siguiente tabla 3.

9. HOMOLOGACIÓN

9.1 Los cilindros importados nuevos deben cumplir con los requisitos de esta norma y contarán con una certificación de una institución internacional reconocida, para lo cual deberán someter a la homologación de los protocolos de ensayos de fabricación o revisión periódica a la autoridad de control.

9.2 Los cilindros que no contasen con la certificación o fuesen usados no podrán ingresar al país

(Continúa)

TABLA 3. Símbolos de identificación de cilindros para gas de alta presión respecto al año en que deberán ser revisados.

AÑO		COLOR	FORMA
1989	2001	rojo	Hexagonal
1990	2002	azul	Circular
1991	2003	amarillo	Circular
1992	2004	verde	Circular
1993	2005	negro	Circular
1994	2006	gris	Circular
1995	2007	rojo	Circular
1996	2008	azul	Hexagonal
1997	2009	amarillo	Hexagonal
1998	2010	verde	Hexagonal
1999	2011	negro	Hexagonal
2000	2012	gris	Hexagonal

10. MANTENIMIENTO Y REPARACION

10.1 El mantenimiento de los cilindros para gases de alta presión debe ser realizado en base a procedimientos de la empresa calificada para el efecto y aprobados por la autoridad de control.

10.2 La reparación de cilindros solamente podrá efectuarse bajo la aprobación de la autoridad de control, en talleres provistos de equipos necesarios y mano de obra calificada para realizar esa clase de trabajos y que se hallen aprobados por la misma autoridad anterior.

(Continúa)

ANEXO A

IDENTIFICACION

A.1 Cada uno de los cilindros sometidos a revisión debe llevar estampada la información necesaria para su correcta identificación, localizada en el hombro del cilindro, cercano a la rosca del protector de la válvula. La ausencia o alteración de marcas de identificación determinará el inmediato rechazo del cilindro.

A.2 La identificación debe contemplar, como mínimo, la información siguiente:

- a) norma de referencia
- b) presión de diseño o servicio
- c) número de serie de fabricación
- d) marca del fabricante
- e) tara en kg y/o volumen (llenado por peso o presión)
- f) fecha de fabricación (año y mes del ensayo de presión hidrostática)
- g) fechas de revisiones posteriores a la de fabricación y sello estampado de la institución autorizada para la inspección

A.3 Las empresas envasadoras deben tener un registro en el que conste la historia de los cilindros que son envasados y probados y trimestralmente se difundirá una lista de los cilindros rechazados a los interesados.

A.4 Es responsabilidad de la autoridad de control, mantener actualizados los datos de fábricas, marcas y símbolos de los cilindros que se construyen en el mundo y del mismo modo, las marcas y símbolos de las empresas autorizadas para la ejecución de la revisión periódica en el país.

(Continúa)

ANEXO B**REQUISITOS MÍNIMOS DE PERSONAL TECNICO****B.1 Revisión de rutina**

- a) Bachiller Técnico y/o con experiencia mayor a 5 años.
- c) Entrenamiento práctico y teórico en la manipulación de cilindros y llenado de gases de alta presión
- d) Cuento con las condiciones físicas normales.
- d) Calificación. Para la calificación deberá realizarse pruebas teórico-prácticas con cuestionarios elaborados por la comisión integrada por
 - autoridad de control
 - empresa llevadora, y
 - representante de las empresas envasadoras

B.2 Revisión especial o periódica

- a) Técnico Superior en Mecánica Industrial o Electromecánica
- b) c) y d) Igual que para revisión de rutina.
- e) Tener entrenamiento en ensayos dimensionales, físicos y no destructivos

(Continúa)

ANEXO C

TABLA 4. Tipos de válvulas

ROSCA DEL CUELLO	DÍAMETRO MAYOR MAXIMO mm	No. DE ROSCAS	CONICIDAD	HILOS POR PULGADA
EEUU 1/2" NGT 3/4 " NGT 1" NGT	20,54 26,57 33,23	9 1/2 9 3/4 9 1/2	1° 47' 1° 47' 1° 47'	14 14 11 1/2
EUROPEA 19,2 DIN 477 28,8 DIN 477	19,20 28,80	9 1/2 12 1/8	3° 26' 3° 26'	14 14

TABLA 5 Válvulas utilizadas en gases de alta presión

TIPO DE GAS	ROSCAS	VÁLVULAS	
OXIGENO	ENTRADA CGT 3/4" 1" 28,8 mm	SALIDA NGO - 903 - 14 - RH - EXT - 903 - 14 - RH - EXT - 903 - 14 - RH - EXT	CGA 540 540 540
N ₂ /Ar - He AGAMIX - MEZCLAS	3/4" 28,8 mm	- 965 -14 - RH -INT - 965 -14 - RH -INT	580 580
AIRE	3/4"	- 965 - 14 - LH - INT	590
HIDROGENO	3/4" 28,8 mm	- 825 -14 - LH - INT - 825 -14 - LH -EXT	350 350
OXIDO NITROSO	3/4" 28,8 mm	- 825 -14 - RH - EXT	326
BIÓXIDO DE CARBONO	3/4" 1" 28,8 mm	-825-14-RH-EXT FLAT	320

(Continúa)

ANEXO E

TABLA 6. Espacio de tiempo entre inspecciones periódicas

NOMBRE		FORMULA QUÍMICA	PERIODO DE INSPECCION Años
Gases Inertes	Nitrógeno	N ₂	5
	Helio	He	5
	Neón	Ne	5
	Argón	Ar	5
	Criptón	Kr	5
	Xenón	Xe	5
Hidrocarburos	Metano	CH ₄	5
	Etano	C ₂ H ₆	5
	Propano	C ₃ H ₈	10
	Butano normal	C ₄ H ₁₀	10
	Isobutano	C ₄ H ₁₀	10
	Ciclopropano	C ₃ H ₆	10
	Etileno	C ₂ H ₄	5
	Propileno	C ₃ H ₆	10
	Butileno	C ₄ H ₈	10
	Cis-butileno	C ₄ H ₈	10
	Trans-butileno	C ₄ H ₈	10
	Iso-butileno	C ₄ H ₈	10
Hidrocarburos Halogenados	R 14	CF ₄	5
	R 13	CClF ₃	5
	R 13 B 1	CBrF ₃	5
	R 23	CHF ₃	5
	R 12	CCl ₂ F ₂	5
	R 12 B 1	CBrClF ₂	5
	R 21	CHCl ₂ F	5
	R 22	CHClF ₂	5
	R 114	C ₂ Cl ₂ F ₄	5
	R 116	C ₂ ClF ₅	5
	R 133 a	CH ₂ Cl-CF ₃	5
	RC 318	C ₄ F ₈	5
	R 40	CH ₃ Cl	5
	R 40 B 1	CH ₃ Br	2
	R 142 b	CH ₃ -CClF ₂	5
	R 143 a	CH ₃ CF ₃	5
	R 152 a	CH ₃ CHF ₂	5
	R 160	C ₂ H ₅ Cl	5
Hidrógeno	Hidrógeno	H ₂	5
	Deuterio	D ₂	5

(Continúa)

TABLA E. 1. Continuación)

NOMBRE		FORMULA QUÍMICA	PERIODOS DE INSPECCIÓN Años
Oxígeno y sus componentes	Oxígeno	O ₂	5
	Oxido nítrico	NO	2
	Oxido nitroso	N ₂ O	5
	Dióxido de Nitrógeno	N ₂ O ₄	2
	Fosgeno	COCl ₂	2
	Oxido dimetílico	C ₂ H ₅ O	5
Compuestos de azufre	Hexafluoruro de azufre	SF ₆	5
	Dióxido de azufre	SO ₂	2
	Ácido sulfhídrico	H ₂ S	2
	Metilmercap- tano.	CH ₄ SH	2
Compuestos de nitrógeno	Amoníaco	NH ₃	5
	Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	5
	Metilamina	CH ₃ NH ₂	5
	Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	5
	Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	5
Compuestos de carbón	Monóxido de carbono	CO	2
	Dióxido de carbono	CO ₂	5
Compuestos de fósforo	Fosfamina	PH ₃	2
Compuestos de silicio	Silano o Silicio metano	SiH ₄	2
	Metilsilano	CH ₆ Si	2
	Dimetilsilano	C ₂ H ₈ Si	5
	Trimetilsilano	C ₃ H ₁₀ Si	5
Compuestos de boro	Trifluoruro de boro	BF ₃	2
	Tricloruro de boro	BCl ₃	2

(Continúa)

(TABLA E.1 Continuación)

NOMBRE		FORMULA QUIMICA	PERIODOS DE INSPECCION Años
Halógenos y sus compuestos	Flúor	F_2	2
	Cloro	Cl_2	2
	Acido clorhídrico	HCl	2
	Acido bromhídrico.	HBr	2
Gases Inestables	Butadieno	C_4H_6	10
	Acetileno	C_2H_2	10
	R 1113	C_2ClF_3	5
	R 1132 a	$C_2H_2F_2$	5
	R 1140	C_2H_3Cl	5
	R 1141	C_2H_3F	5
	R 1140B1	$C_2H_3B_4$	5
	Oxido de etileno	C_2H_4O	5
	Vinilmetilóxido	C_3H_6O	5
	Acido cianhídrico	HCN	2
	Cianuro clórico, o cloruro de cianógeno.	CICN	2

(Continúa)

ANEXO F

REPARACIÓN Y LIMPIEZA

F.1 Preparación. Para facilitar la inspección de los cilindros para gases de alta presión es necesario se cumpla con los siguientes puntos:

- a) Observar si la tapa es fija o removible (extraerla con cuidado).
- b) Identificación y registro del contenido del cilindro, en el siguiente orden:
 - Leyenda en el domo del cilindro
 - Tipo de válvula
 - Color del cilindro
 - Etiqueta de identificación (calcomanía)
- c) Vaciado de gas residual. Su contenido debe ser descargado en forma segura de acuerdo al siguiente procedimiento.
 1. Se debe realizar la operación en un lugar bien ventilado y retirado de fuentes de ignición, en especial si son gases inflamables u oxidantes.
 2. Verificar que la válvula este limpia y libre de grasas o aceites.
 3. Abrir la válvula lentamente.
 4. En cilindros que contienen hidrógeno se debe utilizar un regulador adecuado y previamente soplado en forma repetida con nitrógeno. El flujo máximo para evacuar el hidrógeno debe ser de 10 l/min.
- d) Si no se detecta presión al abrir la válvula, debe verificarse que no esté obstruida, esto se comprueba con cualquiera de los siguientes métodos:
 - Inyectar nitrógeno a 500 kPa (5 bar) y observar si lo descarga.
 - con una pera de goma que suministre un sello hermético en el orificio de la válvula, se inyecta aire y se observa que entre a través de la pera. (Ver fig. 2)
- e) En caso de establecer que la válvula se encuentra obstruida, se debe asegurar el cilindro, luego aflojar muy lentamente la válvula, hasta obtener pequeños escapes por su rosca y luego se permite la evacuación total del gas.
- f) Extracción de la válvula. Revisión de funcionamiento de válvula. Evaluación y determinación de mantenimiento, reparación o reposición.

F.2 Limpieza. Se efectuarán a nivel externo, interno y en la rosca del porta válvula de la siguiente manera:

F.2.1 Limpieza externa. Se puede efectuar con:

- a) chorro de arena o limallas a presión.

(Continúa)

- b) rotación de cadena o escobillado.
- c) en caso de suciedad o contaminación se debe limpiar manualmente con un solvente o similar.

F.2.2 *Limpieza Interna.* Se puede efectuar con:

- a) rotación de varillas o bolas.
- b) otros procesos mecánicos.
- c) en caso de suciedad o contaminación se debe limpiar con un solvente o similar.

F.2.3 *Limpieza de la Rosca del porta válvula:* Debe efectuarse con el machuelo respectivo en forma manual.

F.2.3.1 La determinación del porcentaje efectivo de filetes se lo realizará con un calibre patrón macho de acuerdo al tipo de rosca o por otros métodos que garanticen la medición.

F.2.3.2 El porcentaje efectivo de filetes no debe ser menor al 60 % de los especificados para cada tipo de rosca.

F.2.3.3 Cuando el porcentaje de hilos es menor al especificado, se rechaza el cilindro y se procede de acuerdo con 8.4.

(Continúa)

ANEXO G

PRUEBA HIDROSTÁTICA

G.1 Método de expansión volumétrica en camisa de agua

En general, el método de ensayo hidrostático consiste en colocar un cilindro lleno de agua dentro de una camisa de prueba sellada, la cual también está llena con agua y que está conectada a un tubo de vidrio calibrado (bureta). La bureta es primeramente encerada y el cilindro es presurizado a 5/3 para el caso de norma americana y 3/2 en el caso de norma europea de su presión de trabajo DOT (Departament of Transportation) ó ICC (Interstate Commerce Commission), la cual se muestra en el hombro del cilindro. Esta presión de ensayo se mantiene durante 30 segundos.

Mientras la presión es aplicada para expandir el cilindro, éste se expande y expelle el agua fuera de la camisa de prueba, hacia arriba, llegando a la bureta. Se procede a registrar el nivel máximo que alcance el agua en la bureta con el objeto de determinar la expansión total del cilindro, bajo la presión de ensayo. Luego se libera la presión, mientras el cilindro se recupera hasta tener aproximadamente su tamaño original, el agua regresa a la camisa de prueba desde la bureta. En muchos casos el cilindro no regresará a su tamaño original, habiendo sido un poco deformado por los procesos de presurización. Este ensanchamiento se denomina Expansión Permanente. La diferencia entre la Expansión Total y la Expansión Permanente, se denomina Expansión Elástica.

El porcentaje de expansión del cilindro se determina por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DE EXPANSIÓN} = (\text{EXPANSION PERMANENTE} / \text{EXPANSION TOTAL}) \times 100$$

Cuando el porcentaje de expansión excede el 10% para cilindros bajo ensayo, este debe ser rechazado y removido del servicio. Un alto valor en el porcentaje de expansión es una indicación de que el metal del cilindro ha perdido su elasticidad o hay excesiva delgadez en las paredes del cilindro y no puede seguirse usando con seguridad.

Un esquema de los equipos y del proceso utilizado para efectuar esta prueba se indica en la figura 3.

(Continúa)

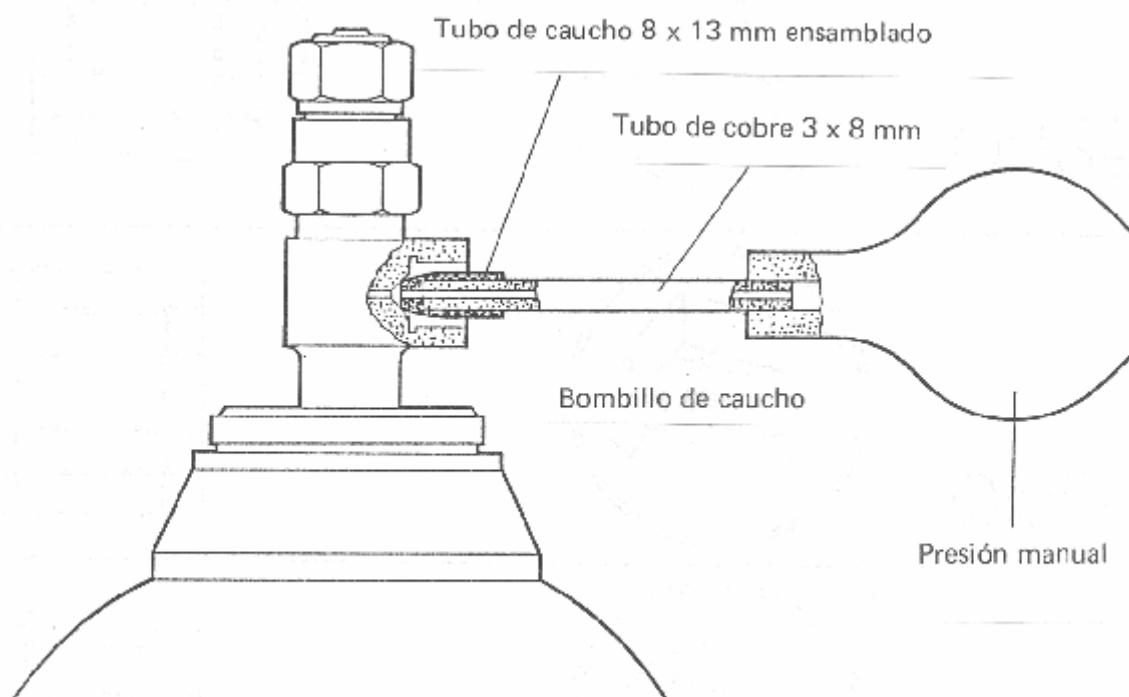
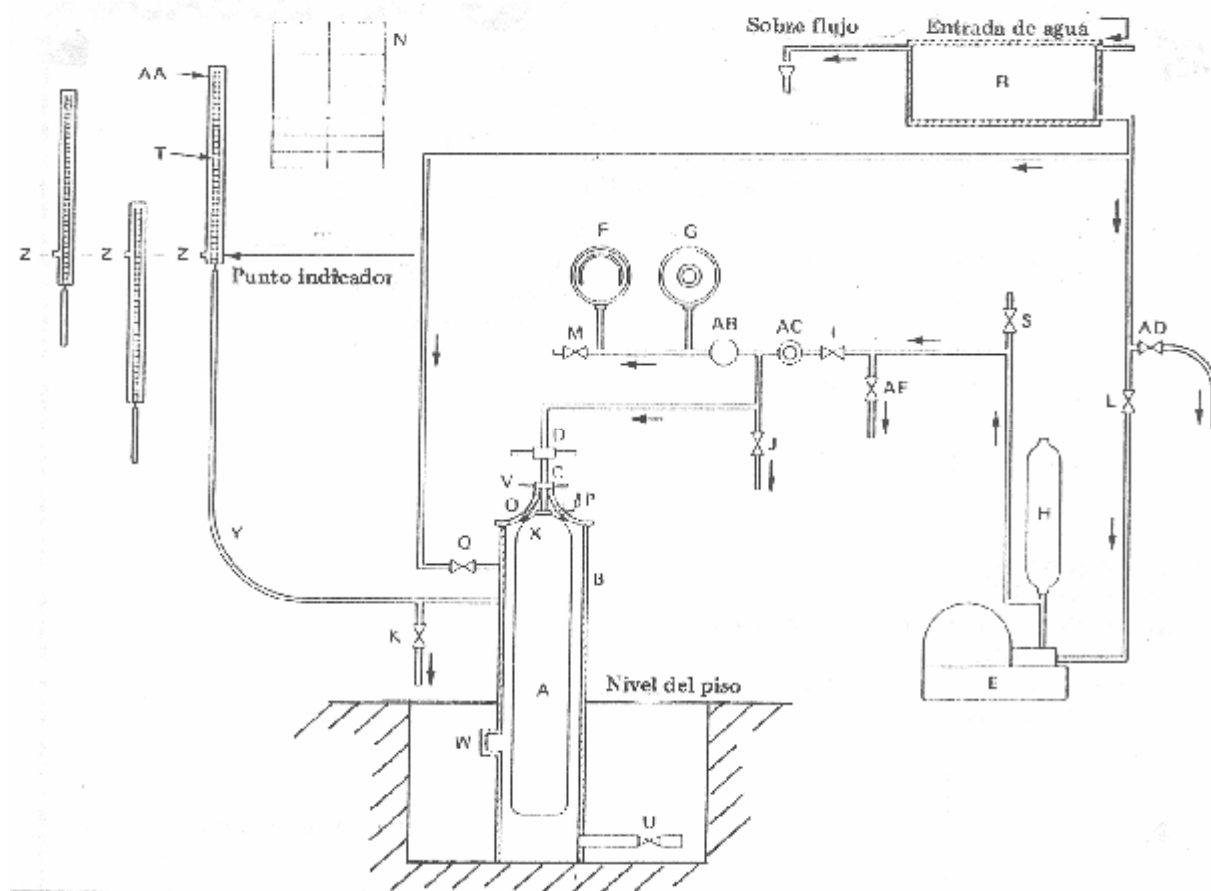
FIGURA 2. Pera de caucho para presión manual*(Continúa)*

FIGURA 3. Diagrama esquemático del equipo para ensayo hidrostático en camisa de agua**NOMENCLATURA**

A	cilindro	T	bureta, lectura en cm ³
B	camisa de agua	U	válvula de limpieza
C	conector al cilindro	V	tuerca de aire
D	conexión desmontable	W	salida de seguridad
E	fuelle de presión hidráulica	X	empaque
F	manómetro de presión	Y	línea flexible de agua
G	registrador de presión	Z	indicador de lectura
H	cámara de presión (opcional)	AA	panel móvil de bureta
I, J, K, L, Q,	válvulas	AB	amortiguador de presión
M	tapa de camisa de agua	AC	válvula check
P	reservorio de agua	AD	válvula de llenado
R	válvula de seguridad	AE	válvula de control de presión
S			

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 439:1984	<i>Colores, señales y símbolos de seguridad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 441:1984	<i>Identificación de cilindros que contienen gases industriales.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1006:1983	<i>Pinturas y productos afines. Determinación de la adherencia.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Colombiana ICONTEC 2699 *Cilindros y tanques metálicos. Inspección periódica y mantenimiento de cilindros de acero para gases de alta presión.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1990.

HANDBOOK OF COMPRESSED GASES. Second Edition . *Compressed Gas Association, Inc.* Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1981.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 049	TÍTULO: CILINDROS PARA GASES DE ALTA PRESIÓN. REVISIÓN.	Código: MC 07.03-501
-------------------------------------	--	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1994-10-03	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de	a
--------------------------------	---

Subcomité Técnico: Cilindros para gases de alta presión	
Fecha de iniciación: 1994-11-16	Fecha de aprobación: 1994-11-30
Integrantes del Subcomité Técnico:	

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Byron Rodríguez (Presidente)	AGA DEL ECUADOR
Ing. César Ortiz	COLEGIO DE INGENIEROS MECANICOS DE PICHINCHA
Ing. Jorge González	COMPANIA DE GAS COMPRIMIDO COMGASCO
Ing. Carlos González	COMPAÑÍA DE GAS COMPROMIDO COMGASCO
Ing. Ángel Brito	AGUA Y GAS DE SILLUNCHI
Tlgo. Patricio Tamayo	AGUA Y GAS DE SILLUNCHI
Ing. Mina Natchova	ESPE
Ing. Felipe Toral	OXIAZUAY. OXIORO.OXIAMBATO
Tlgo, Juan Almeida	SEGURIDAD INDUSTRIAL. IESS
Sr. Álvaro Ponce	HENO S.A.
Sr. Juan Zambrano	COMERCIAL ZAMBRANO
Tigo. Marco Proaño F. (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1995-06-06

Oficializada como: Obligatoria	Por Acuerdo Ministerial No. 0255 de 1995-09-05
Registro Oficial No. 793 de 1995-10-02	

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail:furresta@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec

Apéndice J.

NTE INEN 2377 Dióxido de Carbono.

Requisitos



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 377:2005

DIÓXIDO DE CARBONO. REQUISITOS.

Primera Edición

CARBON DIOXIDE. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Gases, dióxido de carbono, requisitos.
QU 13.02-403
CDU: 661.97
CIIU:3511
ICS: 71.060.20

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**DIÓXIDO DE CARBONO.
REQUISITOS.**

**NTE INEN
2 377:2005
2005-01**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el dióxido de carbono líquido o líquido gasificado. Ver nota 1.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al dióxido de carbono que se utiliza con fines medicinales.

2.2 Esta norma se aplica al dióxido de carbono que se utiliza con fines industriales y alimenticios.

3. DEFINICIONES

3.1 Gas. Estado de la materia que se caracteriza por una baja densidad y viscosidad, puede expandirse y contraerse en respuesta a cambios de presión y temperatura, se difunde fácilmente dentro de otros gases, se distribuye rápidamente y uniformemente en cualquier envase. Puede cambiar al estado líquido o sólido, solamente por el efecto combinado de incrementar la presión y disminuir la temperatura.

3.2 Gas medicinal. Todo producto constituido por uno o más componentes gaseosos apto para entrar en contacto directo con el organismo humano, de concentración e impurezas conocidas y elaborado de acuerdo a especificaciones.

3.3 Gas industrial. Todo gas utilizado con fines industriales y alimenticios.

3.4 Dióxido de carbono. Gas o líquido criogénico incoloro que a concentraciones bajas no tiene olor y a concentraciones altas posee un ligero olor punzante ácido; está constituido por 27,3% de carbón y 72,7% de oxígeno; la densidad del gas es 1,833 kg/m³ a 21,1 °C (70°F) a 101 kPa de presión y el punto de sublimación -78,5 °C a 101 kPa de presión. Puede existir simultáneamente en sus tres estados, sólido, líquido y gaseoso a -56,6°C (-69,9°F) de temperatura y 416 kPa (60,4 psi) de presión.

3.5 Cilindro. Recipiente de acero o aluminio en el cual se envasa dióxido de carbono en forma líquida por diferencia de peso. Ver NTE INEN 2049 y Anexo A, figura 1.

3.6 Lote. Cantidad de producto contenida en un envase en la que se realice una ininterrumpida secuencia de llenado, termo, tanque estacionario y carro tanque, que es fabricado bajo condiciones de producción uniformes, que se somete a inspección como un conjunto unitario.

3.7 Termo criogénico. Recipiente estacionario o móvil aislado al vacío diseñado para contener dióxido de carbono. Ver nota 2.

3.8 Carro tanque criogénico. Tanque aislado al vacío destinado al transporte de dióxido de carbono. Ver nota 2.

3.9 Tanque criogénico estacionario. Recipiente aislado al vacío destinado al almacenamiento de dióxido de carbono. Ver nota 3.

NOTA 1. El dióxido de carbono, también es conocido como anhídrido carbónico, gas carbónico, bióxido de carbono o bióxido carbónico.

NOTA 2. Norma DOT: Documento del Departamento del Transporte de los Estados Unidos, Título 49 CFR, partes 107, 171, 172, 173, 174, 177, 178 y 179.

NOTA 3. Código ASME parte 8.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Gases, dióxido de carbono, requisitos.

3.10 Tanque aislado térmicamente. Recipiente aislado destinado al almacenamiento de dióxido de carbono, recubierto interiormente con productos tales como poliuretano, lana de vidrio u otros.

3.11 Carro tanque aislado térmicamente. Tanque destinado al transporte de dióxido de carbono, aislado con productos tales como poliuretano, lana de vidrio u otros.

3.12 Llenado individual (trasvase). Corresponde a las operaciones de llenado de envases uno por uno, en el cual el lote está definido por una sesión de trabajo con el mismo personal, equipo y producto.

3.13 Válvula. Dispositivo colocado en el envase que permite según su diseño, extraer o liberar dióxido de carbono. Esta puede ser de operación o de seguridad.

3.14 Temperatura crítica. Temperatura a la cual un gas no puede ser licuado únicamente por efectos de presión, 31,1°C (87,9°F) para el dióxido de carbono.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El dióxido de carbono de acuerdo con su uso se clasifica en dos tipos:

4.1.1 *Tipo 1.* Dióxido de carbono medicinal.

4.1.2 *Tipo 2.* Dióxido de carbono industrial y alimenticio.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 No se debe exponer los envases de dióxido de carbono a temperaturas mayores a la temperatura crítica (31,1°C), porque puede causar la ruptura o explosión del mismo.

5.2 Las especificaciones del dióxido de carbono pueden variar de acuerdo a los requerimientos del usuario. Ver Anexo G y Nota 5.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 Requisitos químicos del dióxido de carbono líquido. Ver tabla 1

NOTA 5. Los tipos de producción son genéricos y hay variaciones en procesos individuales, como consecuencia el proveedor debe evaluar si todos los componentes listados son aplicables para el plan de análisis

TABLA 1. Requisitos Químicos del Dióxido de Carbono líquido

Requisitos	Unidad	Tipo 1 Medicinal		Tipo 2 Industrial y Alimenticio		Método de ensayo
		Min	Máx	Min	Máx	
Pureza	% V/V	99,9	-	99,9	-	Numeral 8.1
Monóxido de carbono	ml/m ³ *	-	10 ⁽¹⁾	-	10	Numeral 8.2
Humedad	ml/m ³	-	67 ⁽¹⁾	-	20	Numeral 8.3
Hidrocarburos Totales (como metano)	ml/m ³	-	-	-	50	Numeral 8.4
Oxido Nítrico	ml/m ³	-	2,5 ⁽¹⁾	-	2,5	Numeral 8.5
Dióxido de nitrógeno	ml/m ³	-	2,5 ⁽¹⁾	-	2,5	Numeral 8.6
Azufre total	ml/m ³	-	-	-	0,1 ⁽²⁾	Numeral 8.7
Dióxido de azufre	ml/m ³	-	5 ⁽¹⁾	-	-	Numeral 8.8

* ml/m³ = 1p.p.m (V/V)

(1) Mediciones realizadas en la fase gaseosa

(2) Si el total de azufre contenido excede de 0,1 mg/kg, se debe determinar separadamente los diferentes compuestos que forman el azufre total y los siguientes límites deben ser aplicados:

Sulfuro carbonilo máximo 0,1 mg/kg

Sulfuro de hidrógeno máximo 0,1 mg/kg

Dióxido de azufre máximo 1,0 mg/kg

6.1.2 La pureza del dióxido de carbono gaseoso medicinal debe ser de 99,5 % (V/V).

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 Requisitos organolépticos

6.2.1.1 Olor y sabor. Ver numeral 8.9

6.2.1.2 Apariencia en agua (turbidez). Ver numeral 8.10

6.2.2 Manejo y transporte

6.2.2.1 Dióxido de carbono envasado en cilindros

- Los cilindros de dióxido de carbono deben ser manejados cuidadosamente para evitar daños físicos, originados por caídas o choques fuertes entre ellos.
- Los cilindros de dióxido de carbono deben ser transportados en posición vertical, con su respectiva tapa de seguridad sea fija o roscada y sujetos fuertemente para prevenir que se caigan o se golpeen.
- Las válvulas de seguridad de los cilindros de dióxido de carbono sólo deben ser manipuladas por personal calificado; las válvulas, en caso de perder su disco de ruptura, deben ser reemplazadas por un repuesto original de iguales características y condiciones de operación.
- Los cilindros de dióxido de carbono que ya han sido utilizados deben retornar a las estaciones de llenado con una presión residual mínima de 206,8 kPa (29 psi).
- Una vez consumido el dióxido de carbono, se debe cerrar completamente la válvula y enroscar cuidadosamente la tapa de seguridad, en el caso de que ésta sea removible.
- No se debe calentar los cilindros de dióxido de carbono de ninguna manera para aumentar el grado de descarga del producto.
- No se debe utilizar el dióxido de carbono contenido en un cilindro sin antes disminuir su presión mediante el regulador de presión.

(Continúa)

- h. La válvula del cilindro se debe abrir despacio y cuidando que no apunte al cuerpo de alguna persona.
- i. Los usuarios no deben reparar la válvula, pintar o alterar los cilindros; no se debe utilizar accesorios diferentes al volante o galleta para abrir la válvula.
- j. Para transportar los cilindros de una lugar a otro, no se deben rodar los cilindros; se debe usar un medio de transporte seguro (coche transportador).

6.2.2.2 Dióxido de carbono envasado en termos criogénicos

- a. Los termos criogénicos se deben transportar en posición vertical, siempre que se garantice que existan separadores entre termos y estén debidamente ajustados.
- b. Para la carga y descarga de termos criogénicos sueltos, se debe utilizar un sistema de elevación de potencia.
- c. No se debe golpear, rodar o dejar caer el termo criogénico.
- d. No se debe utilizar grasas, ni aceites en ninguna conexión.
- e. Utilizar guantes, gafas protectoras y zapatos de seguridad al manipular y/o envasar el producto.
- f. Si alguna válvula se congela y se dificulta su movimiento, se debe utilizar agua a temperatura ambiente para descongelarla.
- g. En el caso de termos criogénicos de uso medicinal se debe utilizar válvulas antiretorno para prevenir reflujo hacia el termo.

6.2.2.3 Dióxido de carbono envasado en tanques criogénicos o tanques aislados térmicamente.

- a. Los tanques usados en el manejo y transporte de dióxido de carbono deben ser de uso exclusivo para este producto.
- b. Se debe evitar derrames de los tanques criogénicos o tanques aislados.
- c. Los tanques deben estar correctamente identificados de acuerdo con la NTE INEN 2266.
- d. No se debe comer o beber mientras se esté manipulando el producto.

6.2.3 Almacenamiento

6.2.3.1 Los envases que contienen dióxido de carbono líquido se deben almacenar en áreas secas, frescas y bien ventiladas, alejadas de fuentes de calor y de la luz solar directa. La temperatura de almacenamiento no debe exceder los 52°C.

6.2.3.2 Los envases no se deben almacenar en lugares donde puedan tener contacto con humedad o fuentes de ignición.

6.2.3.3 Durante el almacenamiento los envases que contienen dióxido de carbono deben ser mantenidos en posición vertical, sujetos con cadenas o fajas de seguridad y protegidos del deterioro externo. El nivel de protección puede variar desde el almacenamiento bajo techo y/o una protección individual del envase (por ejemplo, cobertores plásticos).

6.2.3.4 Las áreas de almacenamiento deben tener rótulos con señales de "No fumar".

6.2.3.5 Los envases que contienen dióxido de carbono deben contener válvulas de alivio de presión. Se debe evitar la manipulación innecesaria de las válvulas y de otros componentes.

(Continúa)

6.2.3.6 Los envases que contienen dióxido de carbono se deben almacenar fuera de las áreas de producción y procesamiento, ascensores, salidas de edificios y habitaciones o corredores principales que lleven a salidas.

6.2.3.7 Se debe evitar el almacenamiento de envases vacíos y llenos en el mismo lugar, a fin de prevenir confusiones. Se debe usar letreros que permitan una diferenciación adecuada entre envases llenos y vacíos.

6.2.3.8 El dióxido de carbono líquido debe ser transportado y almacenado de la siguiente manera:

- 80% del volumen del envase en fase líquida y el resto de volumen en fase gaseosa.
- Se debe almacenar y/o transportar grandes cantidades de dióxido de carbono líquido, en contenedores aislados y presurizados máximo a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y 2,07 MPa (300 psi) de presión.
- Cuando se almacene pequeñas cantidades (menores o iguales a 20 kg) de dióxido de carbono se debe usar cilindros a temperatura ambiente y 6,0 MPa (870 psi) de presión.
- El dióxido de carbono se debe almacenar en cilindros que tengan válvulas de seguridad.

6.2.4 Salud

6.2.4.1 El dióxido de carbono en concentraciones del 2% al 10%, puede causar dolor de cabeza, perturbación mental, aumento de la presión sanguínea y del grado de respiración.

6.2.4.2 El dióxido de carbono en concentraciones iguales o mayores del 10%, en pocos minutos puede producir asfixia e inconsciencia.

6.2.4.3 El dióxido de carbono en concentraciones del 50% al 100% puede causar una rápida pérdida del conocimiento y la muerte por asfixia.

6.2.4.4 El dióxido de carbono gaseoso es un asfixiante simple y un poderoso vasodilatador cerebral.

6.2.4.5 El dióxido de carbono líquido no se debe poner en contacto con la piel, ojos y ropa, por que puede causar quemaduras por frío.

6.2.4.6 No se debe permitir la entrada del personal a las áreas de trabajo sin la debida protección respiratoria durante las emergencias que podrían suscitarse por la mala manipulación.

6.2.4.7 Cuando se envase dióxido de carbono se debe utilizar únicamente guantes mecánicamente resistentes.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo para dióxido de carbono envasado en cilindros por medio de rampas o manifolds se debe realizar de acuerdo con la tabla 2.

TABLA 2. Muestreo para dióxido de carbono envasado en manifolds y cilindros individuales

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra	NCA = 2,5	
		Ac	Re
2 a 50	5	0	1
51 a 150	8	0	1
151 a 500	20	1	2
501 y más	32	2	3

Inspección Normal. Nivel de inspección 1

(Continúa)

7.1.2 El muestreo para dióxido de carbono envasado en termos criogénicos, tanques estacionarios y carros tanques, se debe realizar tomando una muestra de cada uno de los envases cada vez que sean llenados.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 De la muestra obtenida aleatoriamente se determinará el cumplimiento de los requisitos del producto indicados en el numeral 6.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se extraerá una segunda muestra y se repetirán los ensayos.

7.2.3 Si la segunda muestra ensayada no cumpliera con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 Determinación de la pureza

8.1.1 Método de adsorción cáustica

8.1.1.1 Fundamento. Consiste en poner en contacto el dióxido de carbono líquido gasificado con una solución de hidróxido de sodio al 30% la cual adsorbe todo el dióxido de carbono presente en la muestra.

8.1.1.2 Equipo y reactivos

- a. Equipo analizador, de rango de medida de 99,0 % a 99,9 % y capacidad de resolución de 0,1%. Ver Anexo B, figura 2.
- b. Hidróxido de sodio (NaOH) al 30%.

8.1.1.3 Procedimiento.

- a. Conectar la manguera a la toma de la muestra y abrir la válvula; dejar purgar durante un minuto.
- b. Conectar la manguera a la entrada de la bureta del equipo de medida y mantener el flujo.
- c. Abrir las válvulas No.1 (entrada a la bureta) y No.2 (entre la bureta y el balón que contiene el hidróxido de sodio), dejar que la muestra fluya durante dos minutos.
- d. Conectar la trampa de agua (tapón de caucho) mediante una manguera de 50 cm de largo y de 0,63 cm de diámetro a un Erlenmeyer de 250 cm³ de capacidad que contenga agua.
- e. Para atrapar las muestras, cerrar las válvulas No. 2 y 1 (en ese orden); desconectar las mangueras de la muestra y quitar la trampa de agua.
- f. Verter la solución de adsorción en el balón del reservorio cáustico hasta la marca (aproximadamente 105 cm³).
- g. Abrir la válvula No. 2 para que la solución de adsorción fluya hacia la bureta.
- h. Cuando haya pasado aproximadamente 100 cm³ de hidróxido de sodio hacia la bureta, agitar suavemente la unidad para asegurar que la mezcla y la adsorción se realicen completamente. Cuando la burbuja formada se mueve lentamente, es señal de que la adsorción del gas ha terminado.
- i. Cerrar la válvula No 2.

(Continúa)

- j. Girar el equipo 90° de manera tal que la burbuja de aire ingrese en la escala graduada de la bureta.
- k. Leer el resultado, en la escala en el cuello de la bureta y anotar el resultado obtenido.

8.1.1.4 Interpretación del resultado

- a. Expresar el contenido de la pureza en porcentaje (V/V).

8.1.2 Método alternativo, cualquier otro equipo que tenga similares características y proporcione idénticos resultados.

8.2 Determinación del contenido de monóxido de carbono

8.2.1 Método de los tubos indicadores.

8.2.1.1 Fundamento. La longitud de la decoloración obtenida suministra la medida del nivel de contaminación.

8.2.1.2 Equipo

- a. Tubo indicador de vidrio graduado en intervalos de medida que contiene un reactivo químico que cambia de color si ocurre alguna reacción química cuando el gas pasa a través de éste. Es sensible a la impureza que se determina.
- b. Bomba de aspiración. Se utiliza para impulsar una cantidad de gas a través del tubo detector. Debe tener una correcta hermeticidad y suministrar un volumen de $\pm 5\%$ del establecido por el fabricante.

8.2.1.3 Procedimiento

- a. Antes de realizar el ensayo, verificar la hermeticidad de la bomba insertando un tubo indicador sellado y ajustado en la cabeza de la bomba; evacuar ésta apretando el fuelle, el cual debe permanecer comprimido.
- b. Observar la fecha de expiración; de estar vigente, romper los extremos del tubo.
- c. Insertar el tubo en la cabeza de la bomba, verificando que la fecha que aparece en el tubo esté en la dirección correcta. Verificar que las conexiones entre tubos, bomba y punto de muestreo no presenten fugas.
- d. Introducir el tubo en la corriente del gas de ensayo o de calibración; mantener el flujo entre 5 l/min y 10 l/min.
- e. Efectuar el número adecuado de bombeos por cada tubo indicador en particular.

8.2.1.4 Interpretación del resultado

- a. Leer sobre la escala del tubo indicador la zona coloreada más densa, la cual determina la concentración de las impurezas expresada en ml/m^3 .

8.3 Determinación del contenido de humedad

8.3.1 Método del analizador del punto de rocío.

8.3.1.1 Fundamento. Consiste en hacer llegar un volumen del gas por analizar contra una superficie perfectamente pulida. La temperatura de la superficie disminuye gradualmente hasta que la humedad se condense; éste es el punto de rocío que se manifiesta por la opacidad de la superficie. Con el valor de la temperatura obtenido, leer en el gráfico, la cantidad de humedad.

(Continúa)

8.3.1.2 Equipo y reactivos. Ver Anexo C, figura 3

- a. Equipo de humedad
- b. Termómetro de rango $< -67,8^{\circ}\text{C}$ (-90°F).
- c. Alcohol o acetona
- c. Hielo seco

8.3.1.3 Procedimiento. Circular la muestra de líquido gasificado a través de la superficie cromada C a mínima presión. Llenar la copa con acetona y sin detener el flujo del gas, disminuir gradualmente la temperatura de la copa agregando trocitos de hielo seco a la copa que contiene acetona, hasta observar empañamiento en la superficie cromada de la copa, lo que indica la iniciación del punto de rocío (la temperatura puede disminuir hasta -78°C).

8.3.1.4 Interpretación del resultado.

- a. Leer la temperatura en el termómetro, con éste valor en el gráfico indicado en el Anexo D, figura 4, determinar el contenido de humedad y expresar el resultado en ml/m^3 .

8.4 Determinación de hidrocarburos totales volátiles (como metano).**8.4.1 Método del analizador de hidrocarburos.**

8.4.1.1 Fundamento. La presencia de hidrocarburos volátiles se determina mediante el analizador de hidrocarburos totales que utiliza el detector de ionización de llama con un flujo constante de gas de muestra.

8.4.1.2 Equipo y reactivos

- a. Analizador de hidrocarburos totales
- b. Vaporizador de gas carbónico
- c. Regulador de presión y sistema de provisión de la muestra
- d. Gas combustible.
- e. Aire, grado ZERO.
- f. Gas estándar (muestra en blanco)
- g. Gas estándar de calibración SPAN

8.4.1.3 Procedimiento**A. Calibración.**

1. Calibrar el analizador usando los estándares del gas carbónico, zero y span

B. Análisis de la fase del líquido vaporizado.

1. Orientar adecuadamente el cilindro que contiene la muestra, en posición que pueda abastecer gas carbónico líquido al vaporizador. Instalar un regulador de presión equipado con un disco de explosión de 12,4 kPa a la válvula del cilindro. Ver nota 4.
2. Conectar el vaporizador al regulador de presión. La salida del vaporizador debe estar equipada con una válvula de aguja, para el control del flujo del gas. Abrir cuidadosamente la válvula del cilindro que contiene la muestra y ajustar el regulador al valor de presión requerida (entre 34 kPa a 68 kPa).
3. Conectar el vaporizador y permitir el calentamiento, de 5 a 10 minutos.
4. Conectar la salida del vaporizador al analizador, usando una tubería de alta presión.

NOTA 4 . Si un cilindro sin un tubo de inmersión es usado, se requiere su inversión para obtener una muestra del líquido vaporizado

(Continúa)

5. Seguir las instrucciones de operación del equipo, registrar la presión y el flujo de la muestra.
6. Una vez estabilizada la lectura en el analizador, registrar el valor de medición.
7. Cuando el ensayo haya terminado, cerrar la válvula de salida del CO₂ y purgar toda la presión remanente de la línea de entrada.

8.4.1.4 Interpretación del resultado

- a. El valor de los hidrocarburos volátiles totales se obtiene de la lectura en el analizador y se expresa en ml/m³.

8.4.2 Método alternativo, Cromatografía de gases.

8.5 Determinación del óxido nítrico (NO).

- 8.5.1 Seguir el procedimiento de los tubos indicadores descrito en el párrafo 8.2.1.

8.6 Determinación del dióxido de nitrógeno (NO₂).

- 8.6.1 Seguir el procedimiento de los tubos indicadores descrito en el párrafo 8.2.1

8.7 Determinación de azufre total (como Sulfuros)

8.7.1 Método del analizador de azufre

8.7.1.1 Fundamento. Mediante un tubo de pirólisis, colocado en un horno calorífico con exceso de oxígeno se convierte los componentes de la muestra en gases estables. Los componentes sulfurosos son transformados en Dióxido de Azufre (SO₂) y los hidrocarburos son convertidos en CO₂ y agua; estos gases luego son expuestos a rayos ultravioleta. Cuando se expone el azufre a su propia banda de luz ultravioleta, el dióxido de azufre emite una onda específica de luz que se utiliza para determinar las concentraciones de azufre total en equivalentes de dióxido de azufre.

8.7.1.2 Equipo y reactivos

- a. Horno de Pirólisis
- b. Detector de Lámpara Ultra Violeta
- c. Oxígeno de 99,9 % de pureza.
- d. Gas de dióxido de carbono ZERO (libre de impurezas de azufre).
- e. Azufre estándar de 0,1% V/V a 1% V/V.

8.7.1.3 Procedimiento:

- a. Encender el Horno durante 45 minutos hasta obtener una temperatura de 1000 °C.
- b. Calibrar el analizador de acuerdo con el manual de operación del equipo.
- c. Encender el detector de acuerdo con el manual de operación y verificar que la temperatura llegue a 10 °C, esperar durante 90 minutos hasta que se estabilice el sistema.
- d. Abrir las válvulas de los cilindros del gas Zero, gas Span y del Oxígeno, la presión de los reguladores debe estar a 344 kPa (50 psi),
- e. Inmediatamente, regular las válvulas de consumo de cada gas hasta que la presión en la línea tenga un valor de 241 kPa (35 psi).
- f. Abrir cuidadosamente la válvula del recipiente que contiene la muestra hasta que la presión en la línea tenga un valor de 241 kPa (35 psi).

(Continúa)

8.7.1.4 Interpretación del resultado.

a. El valor total azufre se obtiene de la lectura en el analizador y se expresa en ml/m^3 .

8.7.2 Método alternativo.- Detección de contenido total de azufre por reducción termoquímica a gas sulfhídrico H_2S .

8.8 Determinación del dióxido de azufre

8.8.1 Seguir el procedimiento de los tubos indicadores descrito en el párrafo 8.2.1.

8.9 Determinación del olor y sabor

8.9.1 Fundamento. Se basa en la evaluación del olor y sabor extraños del CO_2 , por burbujeo en una solución con agua.

A. Olor

8.9.2 Equipo

8.9.2.1 Boquilla de dispersión para fabricar nieve carbónica.

8.9.2.2 Funda especial para recoger gas carbónico (nieve).

8.9.2.3 Erlenmeyer de 500 cm^3 de capacidad.

8.9.2.4 Vidrio de reloj.

8.9.2.5 Lámpara fluorescente con pantalla acrílica

8.9.2.6 Guantes criogénicos.

8.9.3 Procedimiento

1. En un Erlenmeyer de 500 cm^3 de capacidad que contenga 100 cm^3 de agua purificada, colocar 200 cm^3 de nieve carbónica y cubrirla inmediatamente con un vidrio de reloj.
2. Agitar el líquido contenido en el Erlenmeyer y percibir el olor en el ambiente alrededor de éste. No debe presentar ningún olor.
3. Mientras la nieve se derrite percibir el olor sobre ésta superficie.

8.9.4 Interpretación del resultado. El dióxido de carbono no debe tener ningún olor extraño.

B. Sabor

8.9.5 Procedimiento

1. Conectar una manguera a la fase líquida gasificada de la muestra.
2. Verter 100 cm^3 de agua purificada en un Erlenmeyer e introducir el extremo libre de la manguera dentro de este Erlenmeyer.
3. Dejar que el dióxido de carbono burbujee a través del agua durante 15 minutos.
4. Beber una pequeña cantidad del agua carbonatada y hacerla circular en el interior de la boca.

8.9.6 Interpretación del resultado. La muestra no debe presentar sabores extraños.

(Continúa)

8.10 Determinación de la apariencia en agua (turbidez)

8.10.1 Fundamento. Se basa en la evaluación de la presencia de turbidez en el CO₂, por burbujeo en una solución con agua.

8.10.2 Procedimiento

1. Tomar una muestra para análisis. Ver numeral 8.8.3 párrafo 1.
2. Preparar una solución patrón, colocando 500 cm³ de agua destilada en un Erlenmeyer. Esta solución no debe presentar color ni turbidez.
3. Comparar la apariencia de la muestra de trabajo con la solución patrón por medio de una lámpara fluorescente con pantalla. No debe haber diferencia en el color y la turbidez.
4. Tomar una nueva muestra de trabajo según el numeral 8.8.3 párrafo 1, y filtrar esta solución por papel filtro cualitativo, observar la presencia de partículas sólidas y aceites retenidos en el papel filtro.

8.10.3 Interpretación del resultado.

- a. Las muestras no deben presentar turbidez ni presencia de partículas sólidas o de aceites.

9. LLENADO

9.1 Para el llenado se debe utilizar equipo, tubería de alta presión, válvulas y acoples diseñados únicamente para este fin.

9.2 El material de fabricación de los cilindros de acero sin costura de alta presión usados para el envasado de dióxido de carbono, debe cumplir con lo indicado en la NTE INEN 2049 y en la Norma ISO 9809-3 y/o especificaciones DOT.

9.3 El dióxido de carbono en forma líquida se debe llenar en termos criogénicos o tanques criogénicos.

9.4 El dióxido en forma líquida se debe transportar en termos criogénicos o carros tanque criogénicos.

9.5 Los cilindros destinados a envasar dióxido de carbono, deben cumplir con los siguientes requisitos:

9.5.1 El color del cilindro debe ser el que se indica en las NTE INEN 441 y 811.

9.5.2 La presión de llenado no debe ser mayor a la indicada en el domo del cilindro.

9.5.3 Todo cilindro que contenga dióxido de carbono debe cumplir con lo indicado en la NTE INEN 2049.

9.5.4 No se debe envasar gas carbónico en cilindros que hayan sido utilizados con otros gases, tales como amoníaco(NH₃), monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂) y cualquier otro gas clasificado como tóxico, corrosivo o inflamable.

9.5.5 No se deben llenar cilindros que tengan evidencias de haber sido expuestos al fuego o a golpes en el cuerpo o en la válvula.

9.5.6 La prueba hidrostática del cilindro se debe realizar de acuerdo con la NTE INEN 2049. No se debe envasar dióxido de carbono en cilindros cuya prueba hidrostática esté vencida.

(Continúa)

9.5.7 El cilindro no debe tener corrosión, golpes, grasa o aceite y su válvula debe estar en perfecto estado y funcionamiento.

9.5.8 Los tipos de conexiones a utilizar deben ser los siguientes:

9.5.8.1 Conexión tipo CGA 320 y de yugo CGA 940, para presiones de hasta 20 684 kPa (3000 psi)

9.5.8.2 Las válvulas CGA 320 y CGA 940 deben abrirse y cerrarse con suavidad. Deben poseer disco de ruptura y presentar condiciones seguras de operación; para su manipulación se debe usar las herramientas recomendadas por el proveedor.

9.5.9 Las válvulas de los cilindros deben ser removidas y reemplazadas únicamente por el envasador responsable del gas.

9.5.10 No se deben remover, cambiar o alterar marcas o número de identificación en los cilindros o termos criogénicos.

9.5.11 Todo cilindro destinado al envasado de dióxido de carbono medicinal, deberá ser sometido a vacío para evacuar el gas remanente a una presión mínima de – 16,7 kPa (-2,42 psi) antes de proceder a ser llenado nuevamente.

9.5.12 Al comercio no deben salir cilindros de dióxido de carbono medicinal sin el certificado de análisis correspondiente, el que deberá contemplar la siguiente información:

- a. Logotipo y/o nombre de la empresa
- b. Nombre comercial del producto
- c. Porcentaje de pureza
- d. Número de lote
- e. Peso neto en kg
- f. Observaciones

9.5.12.1 El certificado de análisis debe estar respaldado por un registro, el cual deberá ser archivado por un período no menor de un año después de la fecha de vencimiento del lote y debidamente firmado por el responsable de control de calidad.

9.5.13 No se deben llenar cilindros en los que se compruebe escape por la válvula por pequeño que éste sea. Para ello, verificar constantemente con una solución apropiada a medida que se va llenando el cilindro.

9.5.14 Al comercio no deben salir cilindros de dióxido de carbono sin el correspondiente sello de seguridad (capuchón) en su válvula, a fin de garantizar su inviolabilidad.

9.5.15 El disco de seguridad de la válvula del cilindro debe poseer orificios de escape.

10. MARCADO

10.1 Cada cilindro debe tener marcado en el domo o cerca del cuello, como mínimo la información descrita en la NTE INEN 2049.

11. ETIQUETADO

11.1 Cada envase debe llevar una etiqueta, la que debe tener por lo menos la siguiente información:

11.1.1 Marca comercial

11.1.2 Nombre del producto

(Continúa)

11.1.3 Nombre y dirección del fabricante.

11.1.4 Símbolo o fórmula química

11.1.5 Nombre del Técnico responsable, solo en el caso de dióxido de carbono medicinal.

11.1.6 Composición química, en el caso de dióxido carbono medicinal

11.1.7 Indicaciones y precauciones para su uso

11.1.8 Advertencia y almacenamiento

11.1.9 Naturaleza del gas

11.1.10 Número internacional de las Naciones Unidas para identificación del producto

11.1.11 Identificación del uso, medicinal e industrial

11.1.12 Proceso de elaboración

11.2 La etiqueta debe ser elaborada de material resistente e indeleble que pueda ser adherida al cilindro y sus dimensiones deben ser las que se indican en la NTE INEN 2266.

11.2.1 Para el caso de cilindros, ver Anexo E, figura 5

11.2.2 Para el caso de termos criogénicos, ver Anexo F, figura 6.

11.3 Cada envase de dióxido de carbono medicinal debe llevar una etiqueta adicional con su número de lote, la que debe contener por lo menos la siguiente información:

11.3.1 Nombre del producto

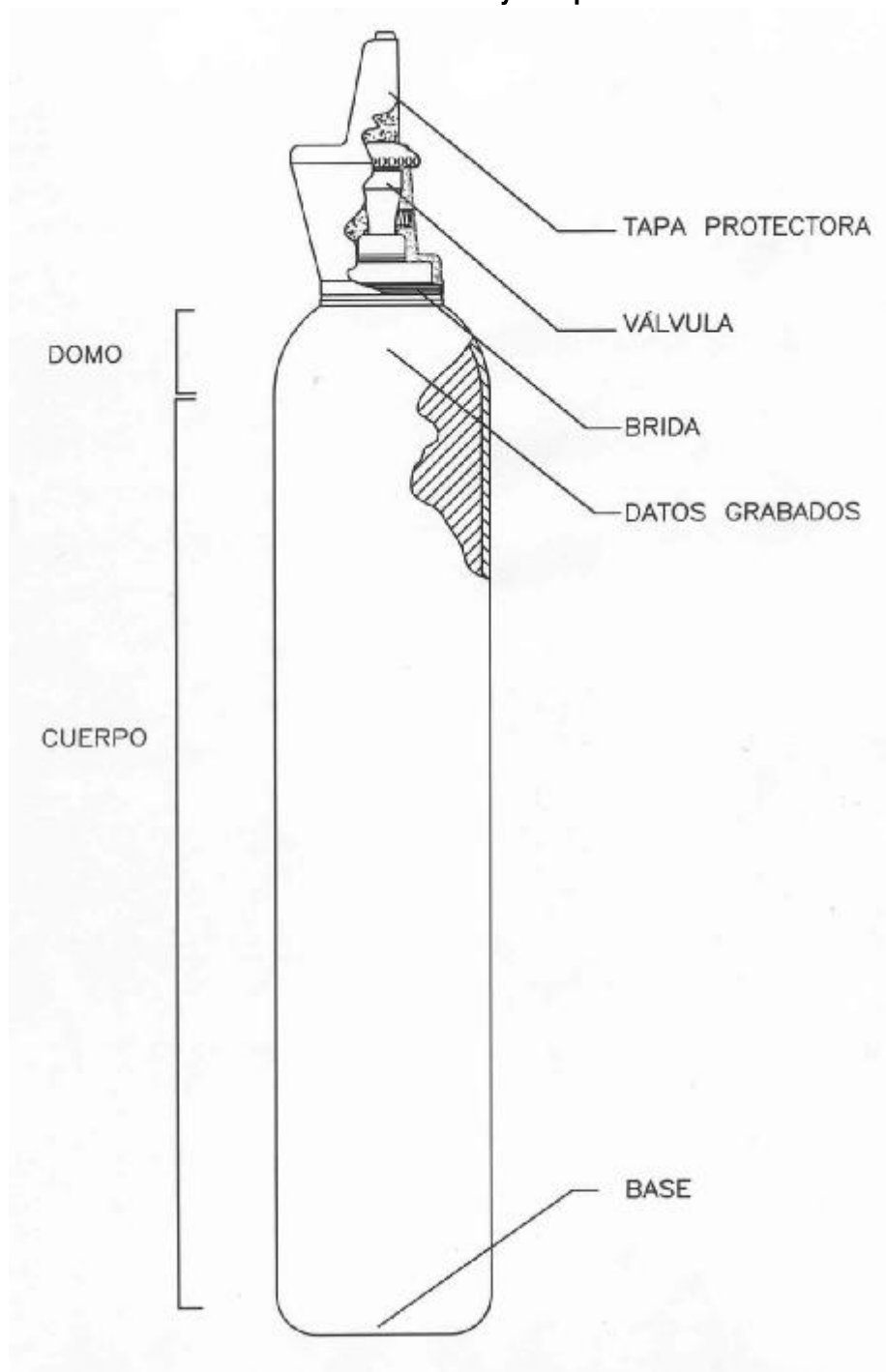
11.3.2 Número de lote

11.3.3 Fecha de elaboración

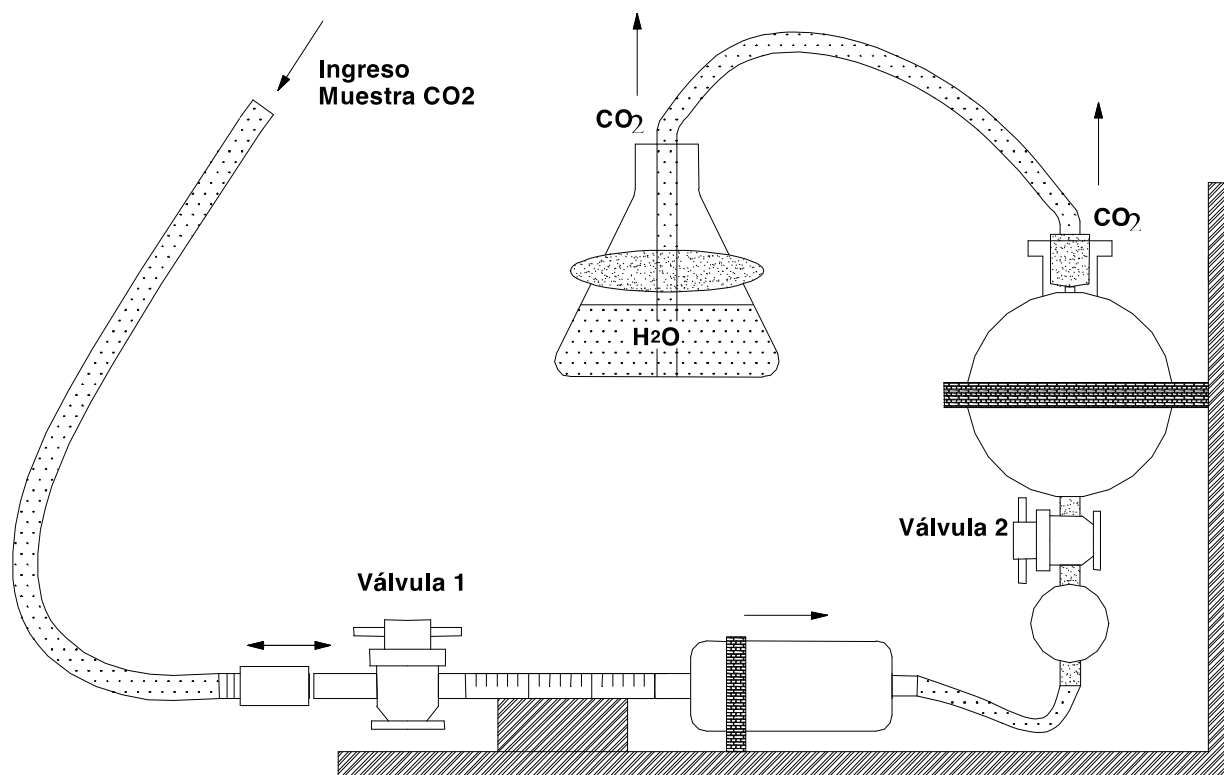
11.3.4 Fecha de caducidad

11.3.5 Número de envase (dentro del lote correspondiente).

(Continúa)

ANEXO A**FIGURA 1. Cilindro y sus partes***(Continúa)*

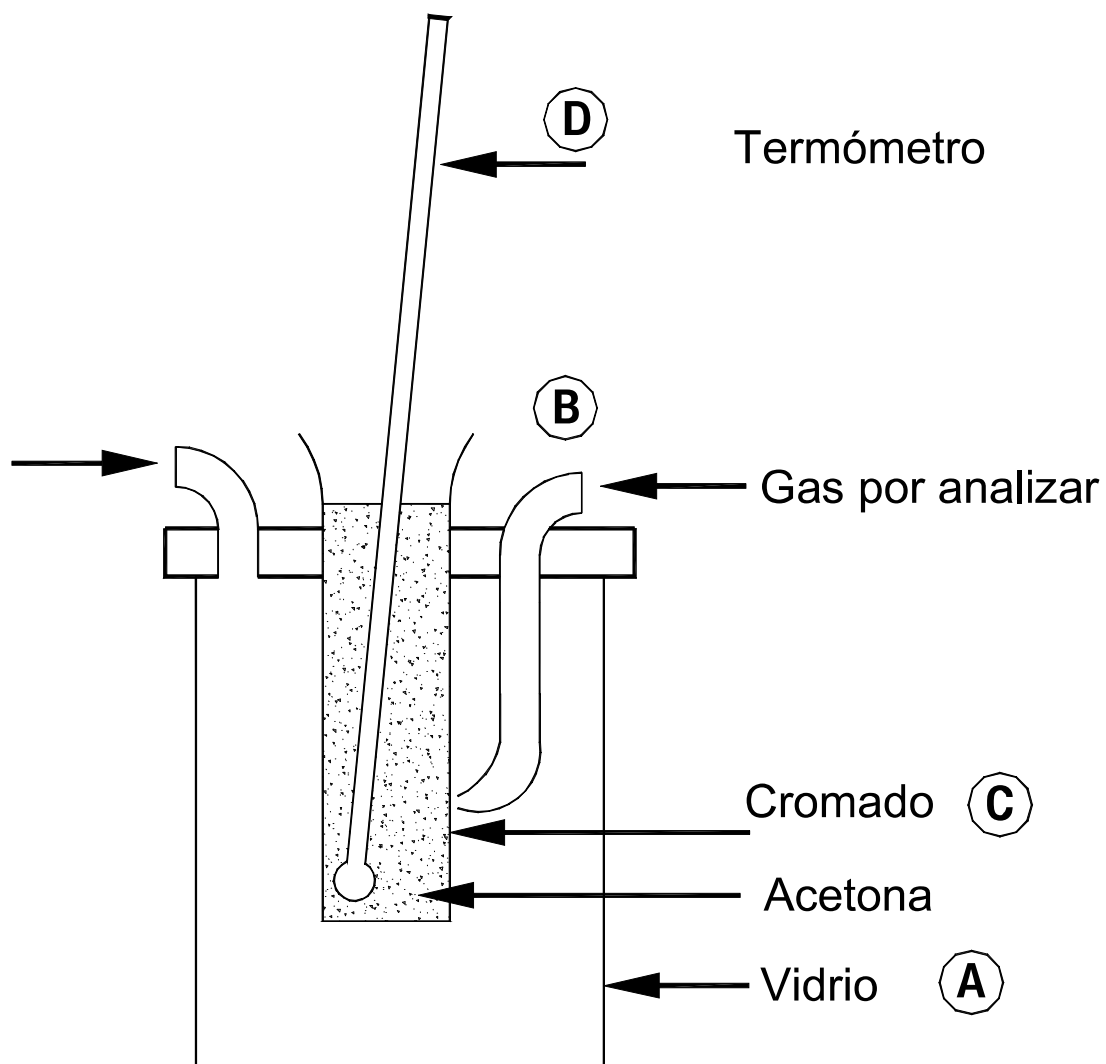
ANEXO B

FIGURA 2. Equipo para determinar pureza de CO_2 

(Continúa)

ANEXO C

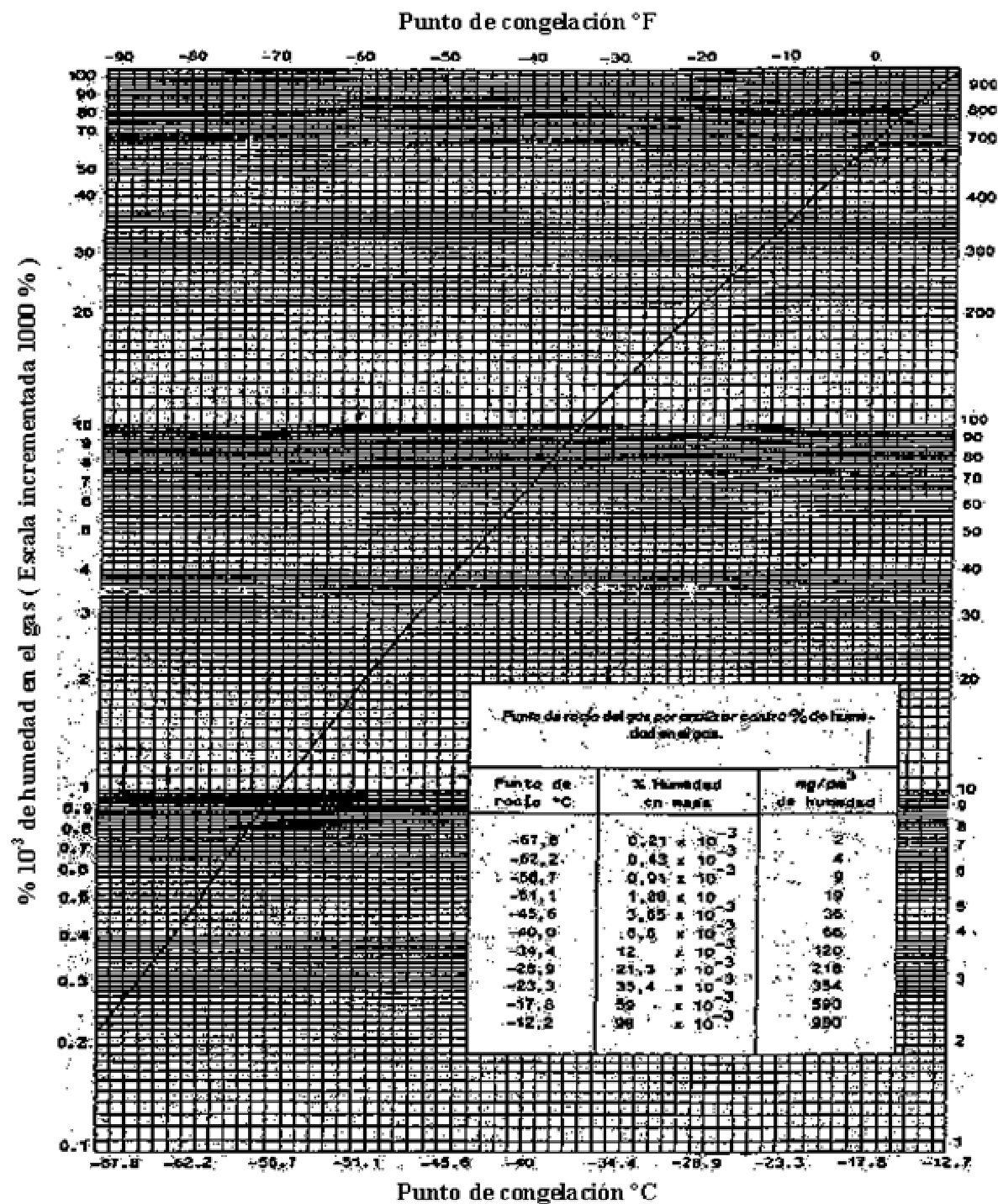
FIGURA 3. Equipo para determinar el contenido de humedad



(Continúa)

ANEXO D

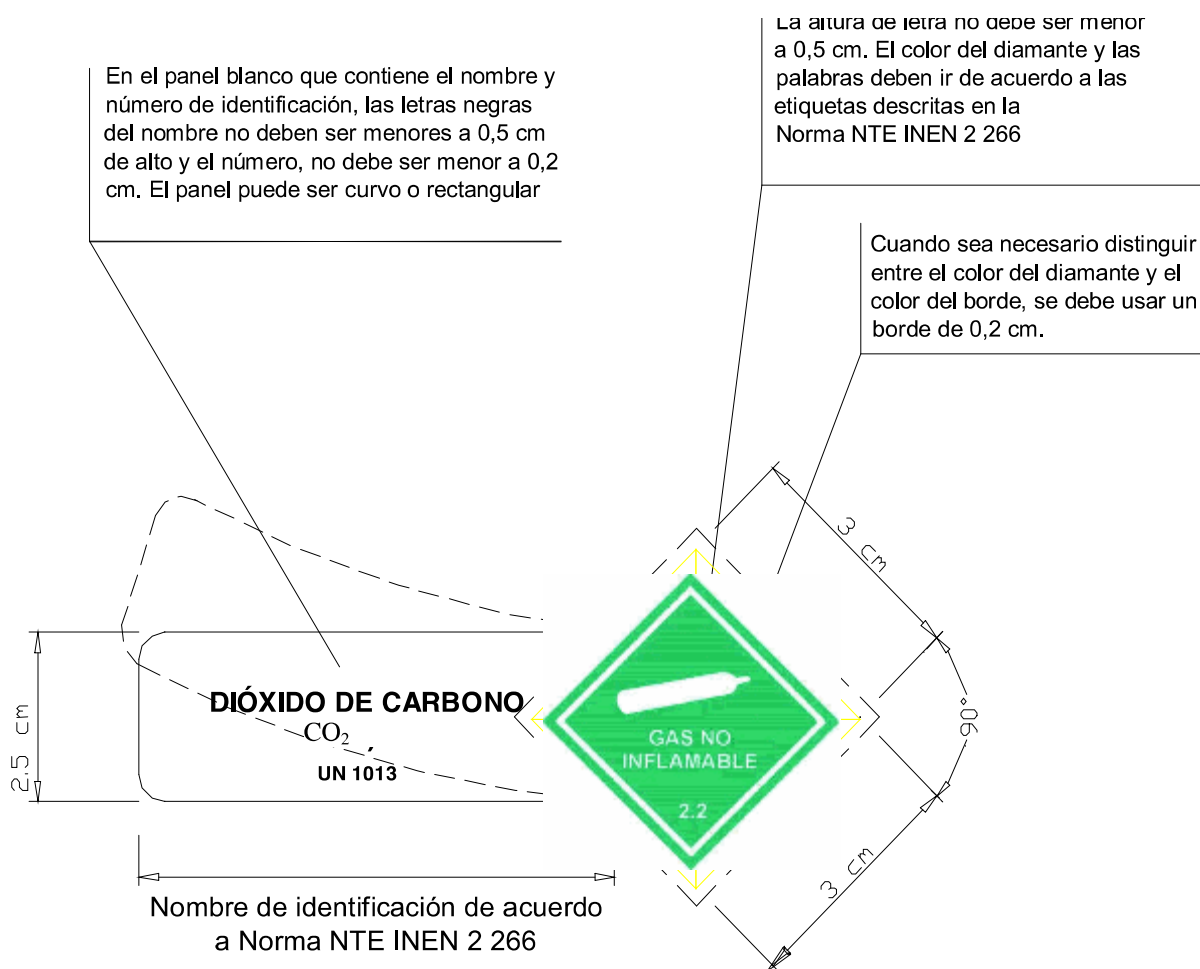
FIGURA 4. Determinación de la humedad



(Continúa)

ANEXO E

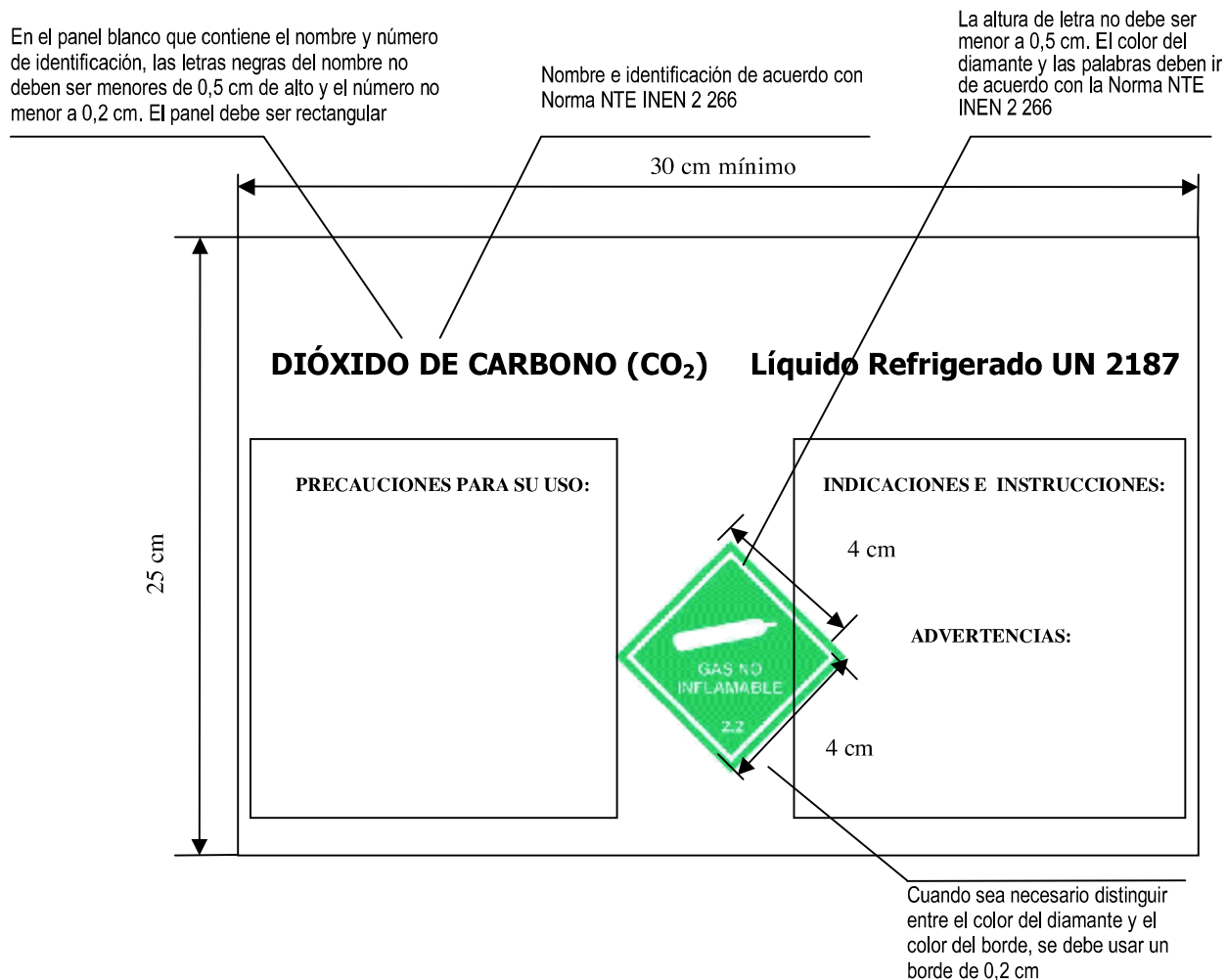
FIGURA 5. Etiqueta adhesiva colocada en el cilindro



(Continúa)

ANEXO F

FIGURA 6. Etiqueta adhesiva colocada en el termo



(Continúa)

ANEXO G
Posibles impurezas por fuente de producción. Ver Nota 5.
(Excluye gases del aire y agua)

Componente	Combustión	Fuente geotermal	Fermentación	Hidrógeno o amoníaco	Roca fosfórica	Gasificación de carbón	Oxido de etileno	Ácido neutralizador
Aldehido	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Aminas	✓			✓				
Benceno	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Monóxido de carbono	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sulfuro de carbonilo		✓	✓	✓	✓	✓		✓
Hidrocarburos ciclo alifáticos	✓	✓		✓		✓	✓	
Sulfato de dimetilo		✓	✓		✓	✓		✓
Etanol	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Eter		✓	✓	✓		✓	✓	
Acetato de etilo		✓	✓			✓	✓	
Etil Benceno		✓		✓		✓	✓	
Oxido de etileno						✓	✓	
Carburos halogenados	✓					✓	✓	
Cianuro de hidrógeno	✓					✓		
Sulfuro de hidrógeno	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cetonas	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Mercaptanos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Mercurio	✓		✓			✓		
Metanol	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Oxidos de nitrógeno	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Fosfato					✓			
Radón	✓	✓			✓			✓
Dióxido de sulfuro	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Tolueno		✓	✓	✓		✓	✓	
Cloruro de vinilo	✓					✓	✓	
Hidrocarburos volátiles	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Xileno		✓	✓	✓		✓	✓	

NOTA 5 Los tipos de producción son genéricos y hay variaciones en procesos individuales, como consecuencia el proveedor debe evaluar si todos los componentes listados son aplicables para el plan de análisis

(Continúa)

Métodos de análisis

Componente	Fase	Método
Pureza	Líquida	Absorción en KOH: e.g. Ors/Zahm Nagel
Humedad	Líquida	Higrometría - capacitancia, electrolítico
Oxígeno	Vapor	Cromatografía de gas
Oxidos de nitrógeno	Líquida	Luminiscencia, calorimetría, tubo calorimétrico
Residuos no volátiles	Líquida	Gravimétrico
Residuo de olor no volátil (NVOR)	Líquida	Gravimétrico, espectroscopio infrarojo
Acetaldehído	Líquida	Cromatografía de gas
Benceno	Líquida	Cromatografía de gas, espectrometría de masas
Monóxido de carbono	Vapor	Cromatografía de gas, tubo calorimétrico, infra rojo
Matanol	Líquida	Cromatografía de gas, espectrometría de masas, tubo calorimétrico
Etanol	Líquida	Cromatografía de gas, espectrometría de masas, tubo calorimétrico
Acetona	Líquida	Cromatografía de gas
Tolueno	Líquida	Cromatografía de gas, espectrometría de masas
Xileno	Líquida	Cromatografía de gas, espectrometría de masas
Cianuro de hidrógeno	Vapor	Cromatografía de gas, espectrometría de masas, tubo calorimétrico
Oxido de etileno	Vapor	Cromatografía de gas, espectrometría de masas
Sulfuro total	Líquida	Fluorescencia oxidantes UV
Sulfuro de carbonilo	Líquida	Cromatografía de gas
Dióxido de azufre	Líquida	Cromatografía de gas, tubo calorimétrico
Sulfuro de hidrógeno	Líquida	Cromatografía de gas, fluorescencia UV, tubo calorimétrico
Metales pesados	Líquida	Absorción atómica o plasma unido por inducción
Aminas	Líquida	Cromatografía de gas
Radon	Líquida	Espectrometría de masas
Hidrocarburos totales	Vapor	Cromatografía de gas o analizador THC (Contenido total de hidrocarburo)

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2049:1995	<i>Cilindros para gases de alta presión. Revisión</i>
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 811:1986	<i>Identificación de cilindros que contienen gases para uso médico</i>
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 441:1984	<i>Identificación de cilindros que contienen gases para uso industrial</i>
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 266:2000	<i>Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos peligrosos. Requisitos</i>
Norma ISO 9809-3:2000 (First edition)	<i>Gas cylinders. Refillable seamless steel gas cylinders. Design, construction and testing - Part 3: Normalized Steel Cylinders.</i>
ASME VIII División 1:2001	<i>Rules for construction of pressure vessels.</i>
Code of federal regulations title 49:1994	<i>Transportation, parts 100-199, [All Modes].</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

HANDBOOK OF COMPRESSED GASES, Third Edition. Compressed Gas Association, Inc. Chapman & Hall, New York, NY 1990

USP25 NF20, Carbon dioxide, U.S Pharmacopoeia & National Formulary, 12601 Twin brook Parkway Rockville, MD 20852, USA 2002

Hoja de datos de seguridad del producto No 29. AGA. S.A. 2002

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 377	TÍTULO: OXIDO DE CARBONO. REQUISITOS	Código: OU 03.02-403
-------------------------------------	---	--------------------------------

ORIGINAL:	
Fecha de iniciación del estudio: 2002-01-17	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: GASES MEDICINALES

Fecha de iniciación: 2002-11-21

Fecha de aprobación: 2003-03-28

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Patricio Tamayo (Presidente)
Dr. Patricio Rosero
Ing. Francisco Díaz
Ing. Edison Logroño
Ing. Pablo Benítez
Dra. Patricia Córdova
Dr. Juan Jara
Ing. Pablo Logroño
Dra. Magali Rodríguez
Ing. Freddy Matamoros
Dr. Ramiro Salazar
Ing. Juan Vallejo
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

AGA S.A.
HOSPITAL GENERAL DE LAS FFAA
IESS (HOSPITAL C.A.M)
INDURA S.A.
CARBOGAS
CARBOGAS
AGA S.A.
AGA S.A.
INDUQUITO S.A.
JUNTA DE BENEFICENCIA (GUAYAQUIL)
HOSPITAL PABLO ARTURO SUAREZ
AGA S.A.
INEN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2004-10-06

Oficializada como: VOLUNTARIA
Registro Oficial No. 504 de 2005-01-14

Por Acuerdo Ministerial No. 04-901 de 2004-12-21

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail:furresta@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec
URL:www.inen.gov.ec

BIBLIOGRAFÍA

1. AHLBERG, KERSTI, *Aga Gas Handbook*, Almqvist & Wiksell Tryckeri AB, Uppsala, 1985, 582 p.
2. AIR LIQUIDE, *Enciclopedia de los Gases*, [en línea], 2013, [27 de Mayo del 2014], Disponible en la Web: <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?languageid=9&GasID=26&CountryID=19>
3. ASTM INTERNATIONAL, *Normas sobre metales, relevantes y útiles*, [en línea], 2009, [31 de Mayo del 2014], Disponible en la Web: http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/enright_spjf09.html

4. HEROSE GMBH, Cryogenic Valves. , [en línea], 2014, [07 de Julio del 2014], Disponible en la Web:
<http://www.herose.com/data/katalog-interactive/CRYOGENIC-Katalog-en/blaetterkatalog/blaetterkatalog/pdf/complete.pdf>
5. HOWARD LEA, ANDREW GEOFFREY, Fermented Beverage Production, John Raymond Piggott; 2003; Ed. Springer Verlag, ISBN 0-306-47706-8
6. IBERFLUID INSTRUMENTS, Criterios de selección de válvulas de seguridad y alivio, [en línea], 2007, [07 de Julio del 2014], Disponible en la Web:
http://www.iberfluid.com/consierge/docs/1327_articles_726_Valvulas%20de%20Seguridad%20y%20Alivio.pdf
7. PRAXAIR, HDSP Dióxido de Carbono, [en línea], 2011, [29 de Mayo del 2014], Disponible en la Web:
<http://www.praxair.com.co/~media/South%20America/Colombia/Documents/Hojas%20de%20Datos%20de%20Seguridad/HDSP%20Dioxido%20de%20Carbono%20Liquido.ashx>

8. SMITH PUMPS, Catálogo CP-1 Bombas de precisión Smith para gases licuados, [en línea], 2014, [07 de Julio del 2014], Disponible en la Web: www.smithpumps.com/literature/downloads/?file=CP-1.pdf
9. SAMSON AG MESS- UND REGELTECHNIK, Medidores de presión diferencial y de caudal Media 5, Indicador de 160 mm Ø PN 40, [en línea], 1997, [07 de Julio del 2014], Disponible en la Web: http://www.samson.de/pdf_in/t95190es.pdf
10. THYSSENKRUPP FORTINOX S.A., Aceros Inoxidables, guía de productos, [en línea], 2009, [31 de Mayo del 2014], Disponible en la Web: <http://en.tkfortinox.com/pdf/GuiaAcerosInoxidables.pdf>
11. VACA, SANTIAGO P., Implementación de una instalación artesanal de extracción de CO₂ en la Hacienda Puichig, P.S. Cáritas Quito, [en línea], 2012, [25 de mayo del 2014], 9 p, Disponible en la Web: http://microproyectos.s3.amazonaws.com/sync2/Quit2012_01.docx