

**DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN BANCO DIDÁCTICO
PARA CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE GAS LIFT EN LA UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA**

JORGE ALEXANDER IMBACUÁN CÁRDENAS

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2007**

**DISEÑO, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE UN BANCO DIDÁCTICO
PARA CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE GAS LIFT EN LA UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA**

JORGE ALEXANDER IMBACUÁN CÁRDENAS

**Trabajo de grado presentado como requisito
para optar el título de Ingeniero de Petróleos**

**Director:
Ing. Ervin Aranda Aranda**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2007**

Nota de aceptación

Presidente de Jurado

Jurado

Jurado

Neiva, Junio de 2007

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en la culminación de esta etapa.

A mis padres Rodrigo y Yolanda, por sus enseñanzas, amor y apoyo incondicional.

Y a Miraita por su amor y apoyo en las situaciones adversas.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

Ing. ERVIN ARANDA ARANDA. Director del proyecto, por su gran constancia, apoyo, enseñanzas, ayuda y colaboración para la ejecución del mismo.

Ing. FERNANDO BONILLA. Evaluador del proyecto, por su colaboración para la ejecución del mismo.

Ing. HERNANDO RAMIREZ PLAZAS. Evaluador del proyecto, por su colaboración para la ejecución del mismo.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA. Por su valiosa labor de preparación y enseñanza.

CLEON DUNHAM. Por su interés y buena voluntad al brindar información vital para el desarrollo de éste proyecto.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
1 GENERALIDADES DE GAS LIFT	15
1.1 HISTORIA	16
1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GAS LIFT	16
1.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA DE GAS LIFT	17
1.3.1 Ventajas	17
1.3.2 Limitaciones	18
1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE GAS LIFT	19
1.5 TIPOS DE INSTALACIONES DE GAS LIFT	20
1.5.1 Instalación Abierta.	21
1.5.2 Instalación Semicerrada.	21
1.5.3 Instalación Cerrada.	21
1.6 TIPOS DE INYECCIÓN DE GAS LIFT	22
1.6.1 Inyección Continua.	22
1.6.2 Inyección Intermitente.	26
1.7 MANDRILES	27
1.7.1 Convencional.	27
1.7.2 Concéntrico.	27
1.7.3 Bolsillo interior.	27
1.8 TIPOS DE VÁLVULAS	29
1.8.1 Válvulas operadas por presión de inyección (Injection pressure-operated valves - IPO).	30

1.8.2	Válvulas operadas por presión de producción (Production pressure-operated valves - PPO).	30
2	CALIBRACIÓN Y PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT	33
2.1	DETERMINACIÓN DE PRESIONES DE APERTURA Y CIERRE PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT.	39
2.1.1	Presión inicial de apertura en banco	40
2.1.2	Presión de cierre en banco	41
2.1.3	Presión inicial de apertura en pozo	43
2.1.4	Presión de apertura de la válvula en el banco @ Temp diferente de 60°F	46
2.1.5	Ejemplo de cálculo de presión de apertura de Válvula de Gas lift:	47
3	DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT	49
3.1	CONSIDERACIONES	49
3.1.1	Presión máxima de Operación	50
3.1.2	Funciones	50
3.1.3	Aceros y materiales	51
3.2	DESARROLLO DE MODELOS (PROTOTIPOS)	52
3.3	SELECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MODELO FINAL	59
3.4	CONSTRUCCIÓN	61
4	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VALVULAS DE GAS LIFT	63
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	66
	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factor de corrección de temperatura para Nitrógeno a 60°F	45

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. ESQUEMA GENERAL DE UN CAMPO CON GAS LIFT	19
Figura 2. TIPOS BÁSICOS DE INSTALACIONES PARA GAS LIFT	22
Figura 3. ESQUEMA DEL SISTEMA DE GAS LIFT CONTINUO E INTERMITENTE	25
Figura 4. ASENTAMIENTO DE UNA VALVULA DE GAS LIFT EN UN MANDRIL DE BOLSILLO INTERIOR	28
Figura 5. ESQUEMA DE VÁLVULAS OPERADAS POR PRESIÓN DE INYECCIÓN Y POR PRESIÓN DE PRODUCCIÓN	31
Figura 6. VÁLVULAS TIPO CONVENCIONAL Y RECUPERABLE POR WIRELINE	32
Figura 7. ESQUEMA DE UN EQUIPO ESTÁNDAR TIPO ANILLO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT	33
Figura 8. ESQUEMA EQUIPO ESTÁNDAR TIPO ENCAPSULADO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT	35
Figura 9. ESQUEMA EQUIPO TIPO ENCAPSULADO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT, PROVISTO DE MICRÓMETRO	36
Figura 10. EJEMPLO DE BANCOS DE PRUEBAS TIPO ANILLO PARA VÁLVULAS DE GAS-LIFT	37
Figura 11. EJEMPLO DE BANCOS DE PRUEBAS TIPO ENCAPSULADO PARA VÁLVULAS DE GAS-LIFT	37
Figura 12. NOMENCLATURA USADA EN LAS ECUACIONES DE BALANCE DE FUERZAS ESTÁTICAS PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT EN BANCOS DE PRUEBAS Y POZO	41
Figura 13. VISTA ESQUEMÁTICA DE LOS PORTAVÁLVULAS (DONUTS) DEL BANCO DE PRUEBAS, PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT DE 1½" Y 1"	53

Figura 14. MODELO CANDIDATO 1 - BANCO DE PRUEBAS GLV	55
Figura 15. MODELO CANDIDATO 2 - BANCO DE PRUEBAS GLV	56
Figura 16. MODELO CANDIDATO 3 - BANCO DE PRUEBAS GLV	57
Figura 17. MODELO CANDIDATO 4 - BANCO DE PRUEBAS GLV	58
Figura 18. MEJORAS REALIZADAS AL MODELO SELECCIONADO DE BANCO DE PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT.	60
Figura 19. PORTAVÁLVULAS MECANIZADO EN EL TORNO.	61
Figura 20. PROCESO DE ROSCADO EN UNO DE LOS PORTAVÁLVULAS.	62
Figura 21. BASE Y MANIFOLD DEL MONTAJE EN PROCESO DE PINTURA.	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Dimensiones de los portaválvulas del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift	70
Anexo B. Dimensiones de la Base del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift	72
Anexo C. Dimensiones del Manifold del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift	74
Anexo D. Vista Esquemática del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift	75
Anexo E. Manual de Operaciones del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift	76
Anexo F. Ficha Técnica del Acero SAE 1045	82
Anexo G. Ficha Técnica del Acero SAE 4140	83
Anexo H. Ficha Técnica del Acero SAE 4340	85
Anexo I. Ficha Técnica del Acero SAE 304	87
Anexo J. Hoja de seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)	88

RESUMEN

El trabajo realizado se basa en el diseño, construcción, montaje y puesta en marcha de un banco de pruebas para válvulas de gas lift. Su construcción se realizó con fines didácticos, pero se deja abierta la posibilidad de modificarlo, complementarlo y certificarlo en términos de los estándares de calidad vigentes, para poder brindar un servicio a la industria petrolera.

En el desarrollo de este trabajo se tratan temas como generalidades del gas lift, descripción del sistema de levantamiento, del equipo de superficie y subsuelo. Además, se resalta la importancia de realizar pruebas a las válvulas de gas lift, ya que de su adecuado funcionamiento, depende la eficiencia del programa de levantamiento diseñado. Se mencionan los tipos de bancos de pruebas existentes, consideraciones importantes para el diseño, entre las cuales está la elección de los materiales adecuados para llevar a cabo la construcción. Se presentan algunos prototipos elaborados a través de un software de diseño 3D, analizando sus ventajas y desventajas individuales, para elegir la mejor opción.

Finalmente, se presenta una descripción detallada del banco de pruebas construido y se adjunta el manual de procedimientos para su operación.

ABSTRACT

This work is based on the design, construction and running of a test rack for gas lift valves. Its construction was made with didactic purposes, but the possibility of modifications, complements and standard quality certifying, to be able to offer a service to the oil industry, is left open.

In the development of this work, topics as gas lift generalities, description of the lifting method, surface and downhole equipment, are treated. In addition, there is highlighted the importance of making tests to the gas lift valves, since on its suitable operation, depends the efficiency of the designed lifting program. The existing test rack types are mentioned, also important considerations for the design, like the selection of the adequate materials to carry out the construction. Some prototypes, created in a 3D design software, are presented and analyzed to find their individual advantages and disadvantages, to choose the best option.

Finally, a detailed description of the test rack construction and a Manual of Procedures for its operation, are presented.

INTRODUCCIÓN

Gas Lift es una de las técnicas de levantamiento artificial de crudo más usadas en el mundo, gracias a su aplicabilidad y bajo costo de instalación.

El control de flujo del gas inyectado, está dado por una serie de válvulas de gas lift. Su posición, presión de operación y caudal de inyección son determinados para las condiciones específicas de cada pozo. La importancia de la calibración y prueba de dichas válvulas, radica en la directa influencia sobre la eficiencia del sistema en general. El mal funcionamiento del equipo de subsuelo puede afectar negativamente el caudal de producción, aumentar el tiempo de servicio al pozo, ocasionando drásticas repercusiones en los costos finales del producto.

Mediante un banco de calibración y pruebas de válvulas de gas lift, es posible establecer y comprobar la presión de apertura y/o cierre de una válvula de gas lift, además se pueden detectar posibles fallas por defectos de fabricación o deterioro de uno o más componentes.

El presente trabajo contiene información referente al diseño y construcción de un banco didáctico de pruebas para válvulas de gas lift, el cual servirá como elemento de aprendizaje práctico a los estudiantes del área de Producción del Programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

1 GENERALIDADES DE GAS LIFT

En la Industria del Petróleo, cerca del 90% de los campos que están produciendo actualmente, hacen uso de algún sistema de levantamiento artificial. Una de las técnicas más usadas es Gas Lift, sistema basado en la inyección de gas a través del tubing, para reducir la presión hidrostática de la columna de fluidos. La resultante reducción en la presión de fondo, permite mejorar la entrada de fluidos del yacimiento hacia el pozo.

Gas Lift o Levantamiento Artificial por Gas, en términos generales es una manera de perpetuar las características de flujo natural de un pozo más allá de lo que su presión de flujo normal le permitiría.

Gas Lift es uno de los métodos de levantamiento artificial más económicos que se puede implementar en un campo. La elección de éste método está sujeta a la disponibilidad y los costos de compresión del gas.

En cualquiera de sus formas es indicado para casi todas las aplicaciones en campos petroleros aunque tiene grandes ventajas en pozos con:

- Altas tasas de producción.
- Alta productividad.
- Gas en solución.

- Presiones de producción en el fondo del pozo relativamente altas.

Según Aranda¹, por experiencia se tiene o se ha demostrado que el gas producido soportará bien un sistema de Gas Lift si la rata de gas del yacimiento es al menos 10% del gas total circulante.

1.1 HISTORIA

El ingeniero de minas alemán Carl Emanuel Loscher estudió la aplicación de aire comprimido como medio para levantar líquidos en experimentos de laboratorio en 1797. La primera aplicación práctica de levantamiento con aire data de 1846 cuando un americano llamado Cockford levantó petróleo de algunos pozos en Pennsylvania.

La primera patente norteamericana para un "eyector de petróleo" fue concedida a A. Brear en 1865.

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GAS LIFT

A diferencia de otros sistemas, el gas lift no entrega energía o poder de levantamiento.

El gas lift consiste en levantar los fluidos de un pozo mediante el uso de un gas a presión relativamente alta que se inyecta en la columna de fluido en algún punto por debajo del nivel de fluido estático. Generalmente, esta inyección se hace por

¹ ARANDA A., Ervin. Curso de levantamiento artificial. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2001

el anular, forzando al gas a pasar a través de válvulas instaladas en el tubing a profundidades específicas. Dentro del tubing, el gas levanta la columna de fluidos, ya sea por disolución de gas dentro del fluido o por expansión brusca del gas.

1.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA DE GAS LIFT

1.3.1 Ventajas

- El costo inicial de los equipos de subsuelo es generalmente menor que en los otros métodos de levantamiento artificial.
- Su flexibilidad es superior a la de otros métodos de levantamiento artificial. Las instalaciones pueden ser diseñadas para levantar inicialmente desde cerca de la superficie y para levantar desde casi la profundidad total en el momento del agotamiento del yacimiento. Las instalaciones de gas lift pueden ser diseñadas para levantar desde uno hasta varios miles de barriles diarios.
- La producción de arena en el fluido producido no constituye un problema para los equipos de gas lift.
- Puede ser usado en pozos con desviación de hasta 70°.
- El relativamente pequeño número de partes móviles del sistema, permite obtener más tiempo de servicio sin necesidad de reparaciones, en comparación con otros métodos de levantamiento artificial.

- Generalmente, los costos de operación de un sistema de gas lift son mucho menores que los de otros tipos de levantamiento, particularmente a grandes profundidades.
- Es ideal para suplementar el gas de la formación con el fin de levantar artificialmente pozos con relaciones gas-petróleo (GOR) relativamente altas.

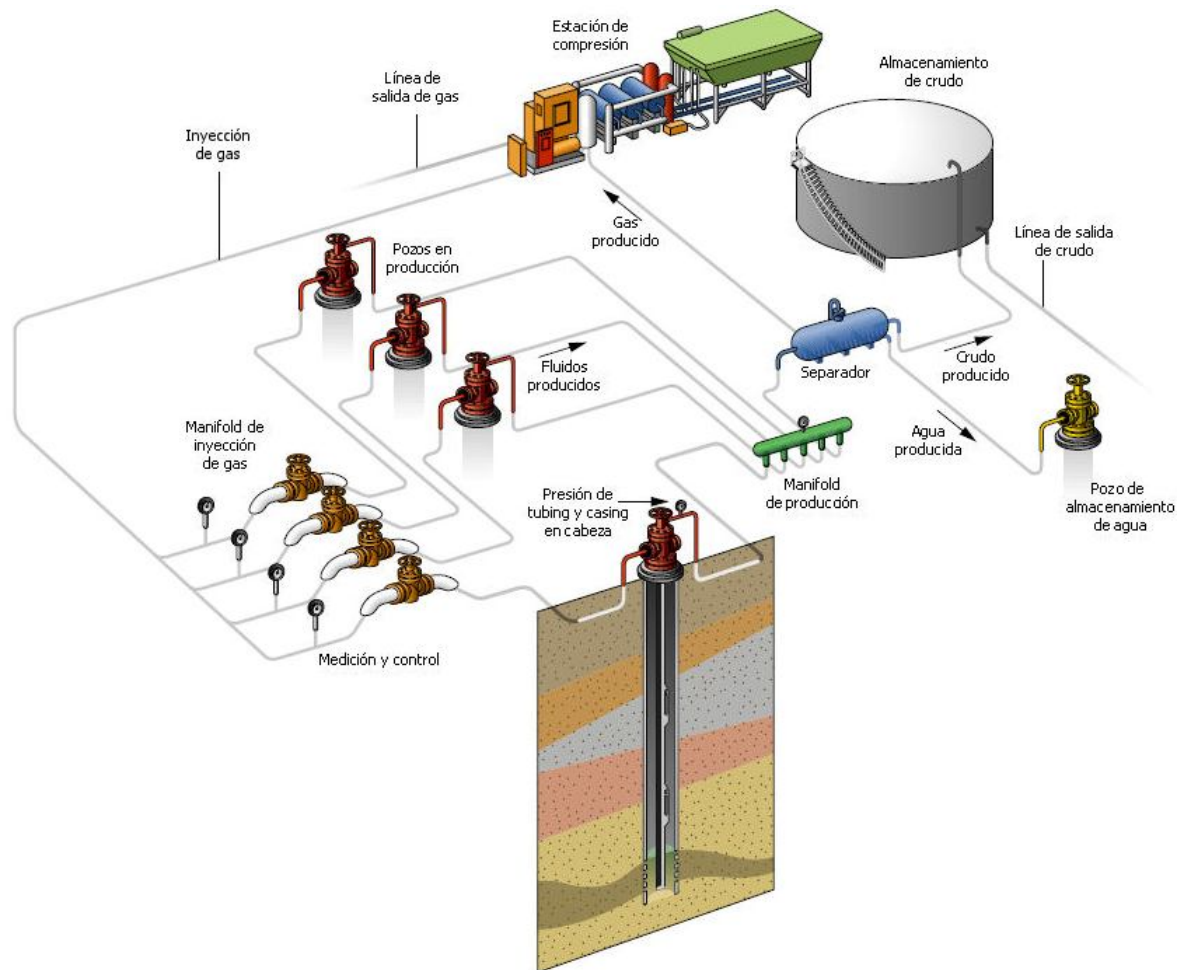
1.3.2 Limitaciones

- Es indispensable que haya suficiente gas disponible. En algunos casos se puede utilizar aire o gases de escape.
- El espaciamiento excesivo entre los pozos puede dificultar el uso de una fuente centralizada de gas a alta presión. Esta limitación ha sido superada en algunos pozos aprovechando el gas de la capa gasífera para el levantamiento y reinyectándolo a la capa gasífera por medio de pozos inyectores.
- Es difícil diseñar una instalación de gas lift para la zona inferior de un completamiento doble cuando dicha zona se encuentra a gran distancia debajo de la zona superior y tiene una presión de fondo de pozo baja, particularmente en revestimientos de diámetro pequeño.
- Cuando el gas que se va a utilizar en la inyección es muy corrosivo, puede obstaculizar seriamente las operaciones de gas lift a menos que sea tratado correctamente antes de ser utilizado.

- Ocasionalmente, pueden presentarse problemas en pozos productores de crudos con alto contenido de parafinas.

1.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE GAS LIFT

Figura 1. ESQUEMA GENERAL DE UN CAMPO CON GAS LIFT



Adaptada de Libro 6 del American Petroleum Institute (API) Vocational Training Series: Gas Lift. Dallas Texas, USA, 1984

El equipo instalado en pozo y las facilidades de superficie usadas en un sistema de gas lift están estrechamente relacionados. Debido a que los parámetros y

condiciones de pozo son dinámicas, las operaciones de producción cambian con el tiempo. El uso de algún software sofisticado que involucre en un solo modelo, el wellbore, las facilidades de superficie y la respuesta estimada del yacimiento, le facilita a los equipos de ingeniería que puedan tomar correctas decisiones, considerando efectos en superficie y subsuelo.

Básicamente, el diseño del sistema de inyección determina el equipamiento que debe instalarse. El conjunto de facilidades en superficie puede constar de una estación de compresión, separador, manifolds y líneas de flujo de gas. El gas producido en el campo, puede ser usado en la inyección. Si éste muestra algún contenido de agua a la salida del separador, puede ser necesario usar una planta standard de deshidratación de trietilenglicol.

En el pozo, la configuración puede variar de acuerdo a las necesidades, pero a grandes trazos el equipo de subsuelo de gas lift consta de las válvulas de gas lift y los mandriles contenedores instalados en el tubing.

1.5 TIPOS DE INSTALACIONES DE GAS LIFT

Existen tres clases generales de instalaciones que se pueden considerar en los diseños de gas lift.

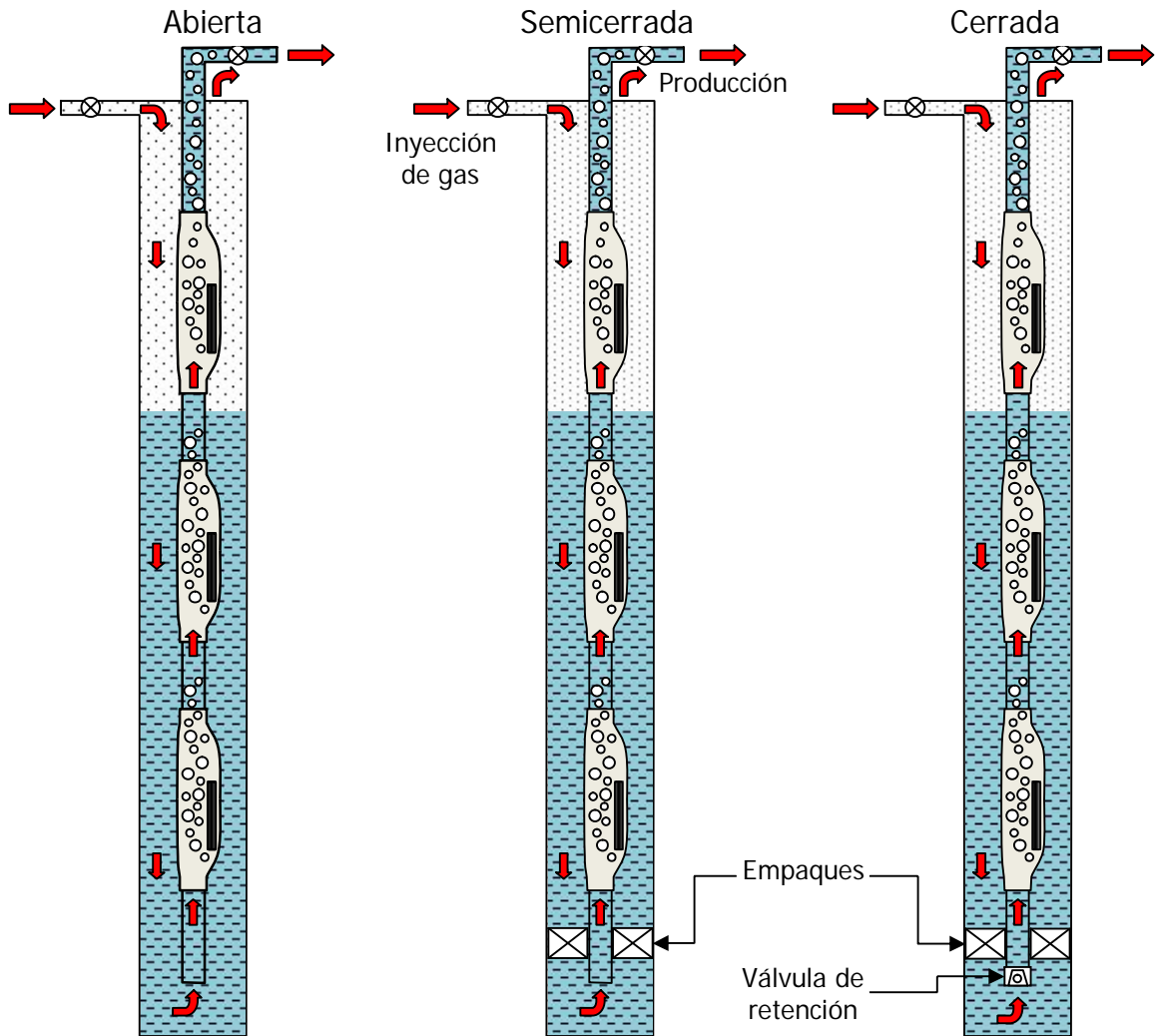
1.5.1 Instalación Abierta. No usa empaque ni válvula de retención al final del tubing. Éste tipo de instalación tiene la ventaja de su bajo costo y simplicidad.

Entre sus desventajas se encuentra que cada vez que se cierra el pozo, el espacio anular queda lleno de fluido, las válvulas de gas lift están expuestas a la erosión por el flujo de líquido, y las variaciones en las presiones de las líneas harán que el fluido suba y baje en el espacio anular de tal modo que siempre habrá algo de fluido pasando por las válvulas.

1.5.2 Instalación Semicerrada. Usa empaque pero no hay válvula de retención. Este tipo de instalación se recomienda para la mayoría de las instalaciones de flujo continuo. No permite la entrada de fluido en el espacio anular. Tiene además válvulas de retención invertidas para impedir que el fluido entre en el espacio anular. (Las válvulas de retención invertidas se recomiendan para todas las instalaciones de flujo continuo.) En una instalación semicerrada, el pozo se estabiliza más rápido después de un período de inactividad.

1.5.3 Instalación Cerrada. El sistema cerrado es igual a la instalación semicerrada excepto que utiliza una válvula de retención en el extremo de la tubería. Esta instalación se usa principalmente en levantamientos de flujo intermitente ya que su finalidad es evitar que el gas inyectado ejerza presión sobre la formación.

Figura 2. TIPOS BÁSICOS DE INSTALACIONES PARA GAS LIFT



Adaptada de ARANDA A., Ervin. Curso de levantamiento artificial. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2001

1.6 TIPOS DE INYECCIÓN DE GAS LIFT

1.6.1 Inyección Continua. Dos factores importantes que se deben considerar al diseñar un sistema de gas lift continuo son la presión y el volumen del gas de operación. La presión de flujo en el fondo del pozo para una presión de cabezal fija, se puede reducir aumentando la presión de gas en la válvula lo que hace bajar

el punto de inyección, y/o aumentando el volumen del gas de inyección (a condición de que el gradiente de fluido fluyente no sea igual al gradiente de fluido mínimo para la tasa de producción y el diámetro de tubería). El método más eficiente para lograr este resultado es aumentar la presión del gas de inyección. Mientras menor sea la profundidad a la cual se puede inyectar gas, menor será el volumen de gas necesario para levantar el volumen de fluido deseado.

Los caudales obtenidos con gas lift continuo son restringidos por la presión y volumen de gas, diámetro de la tubería de producción y línea de flujo, y las características de producción del pozo.

Esta modalidad de gas lift es recomendable para

- Pozos de alta capacidad.
- Pozos con producción de arena.
- Pozos donde las fluctuaciones en la presión de flujo en el fondo del pozo provocan entrada de arena o agua.
- Pozos donde el levantamiento a gas se hace por conductos de diámetro pequeño.

Las ventajas del gas lift continuo con respecto al levantamiento intermitente son las siguientes:

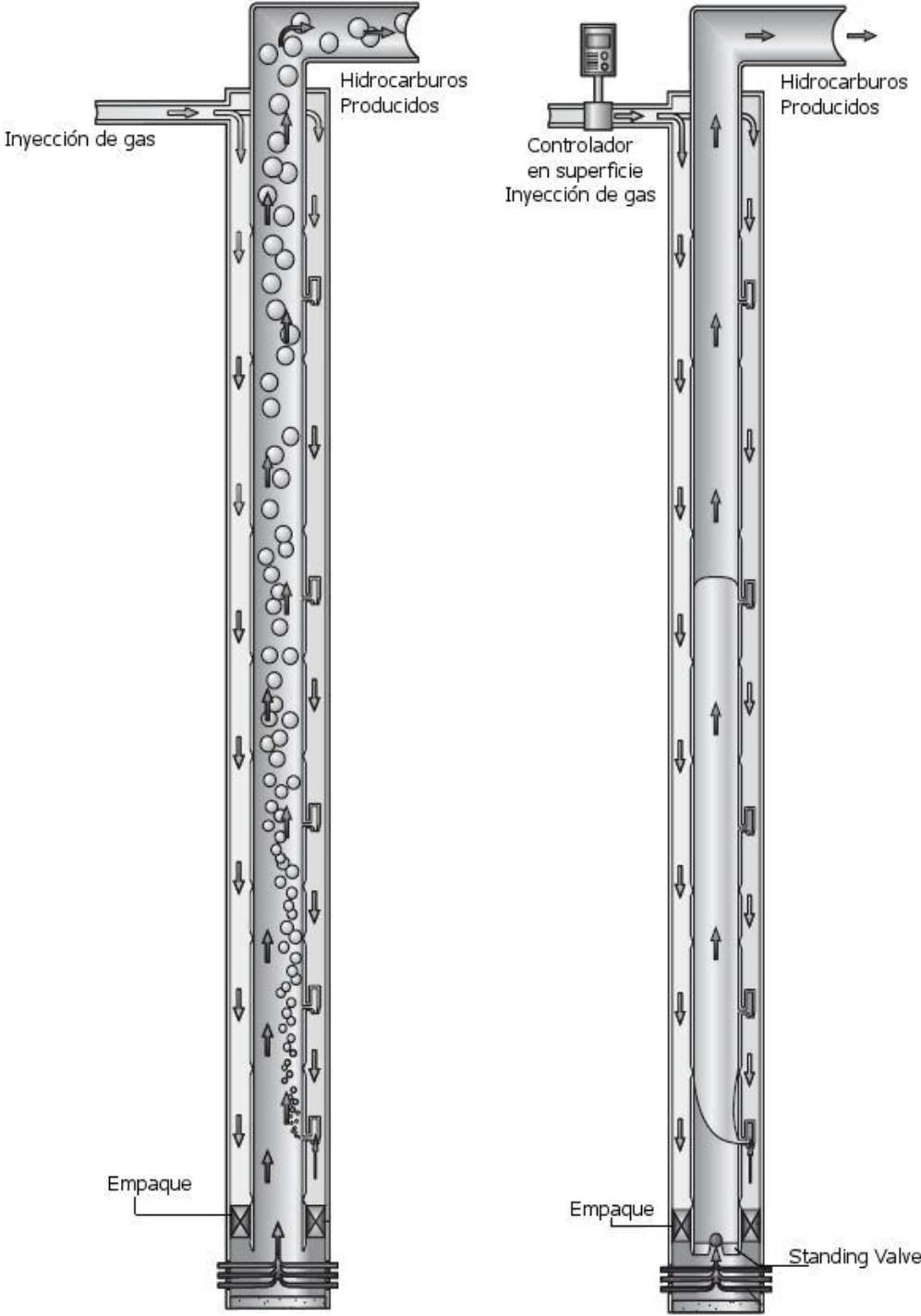
- La energía de expansión y el gas de la formación son utilizados hasta la presión de flujo en el cabezal de tubería.
- El gas de inyección entra al pozo y es producido a una tasa relativamente constante.
- Es posible mantener una presión de flujo constante en el fondo del pozo.
- Sólo se necesita controlar el gas de inyección por medio de un estrangulador.

Las limitaciones principales del gas lift continuo son:

- Su incapacidad de reducir la presión de flujo en el fondo del pozo a niveles muy bajos.
- Dificultad para seleccionar el tamaño de los estranguladores para una operación eficiente de bajo volumen.

Este tipo de levantamiento, se puede utilizar en flujo tanto anular como de tubing, así como en diferentes combinaciones de tamaños de tubing y revestimiento. Los tamaños típicos de tubing para flujo a través del mismo, varían entre 3/4" y 4", mientras que las instalaciones de flujo anular van desde 1" de diámetro exterior en revestimiento de 2-3/8", hasta 2-3/8" de diámetro exterior en revestimiento de 7 o más pulgadas. En las instalaciones más grandes de flujo anular se han reportado tasas de producción de fluidos totales superiores a 20.000 barriles por día.

Figura 3. ESQUEMA DEL SISTEMA DE GAS LIFT CONTINUO E INTERMITENTE



Adaptada de BAKER HUGHES INCORPORATED. Gas Lift System Catalog. 2003

1.6.2 Inyección Intermitente. Ésta modalidad de gas lift consiste en el desplazamiento de un tapón de fluido del pozo a la superficie mediante la inyección de gas de alta presión en la columna de fluido. La expansión del gas de alta presión debajo de la columna de fluido levanta la columna a la superficie en forma de "tapón." En operaciones eficientes de gas lift intermitente, el gas debe entrar en la tubería a una tasa tal que mantenga suficiente velocidad del tapón a fin de minimizar la irrupción del gas de inyección.

Este método tiene gran eficiencia en pozos con las siguientes características

- Caudales bajos o medianos (menos de 300 B/D en tubería de 2 pulgadas)
- Baja presión de fondo de pozo y bajo índice de productividad
- Punto de inyección profundo
- Baja presión de fondo y alto índice de productividad
- Alta presión de fondo de pozo y bajo índice de productividad.

El levantamiento intermitente también tiene algunas limitaciones. La tasa de producción máxima es limitada. No se presta para levantamientos profundos por tuberías pequeñas debido a la baja capacidad de la tubería pequeña (menos de 2" nominal) y, finalmente, el levantamiento artificial provoca fluctuaciones de presión en la formación.

1.7 MANDRILES

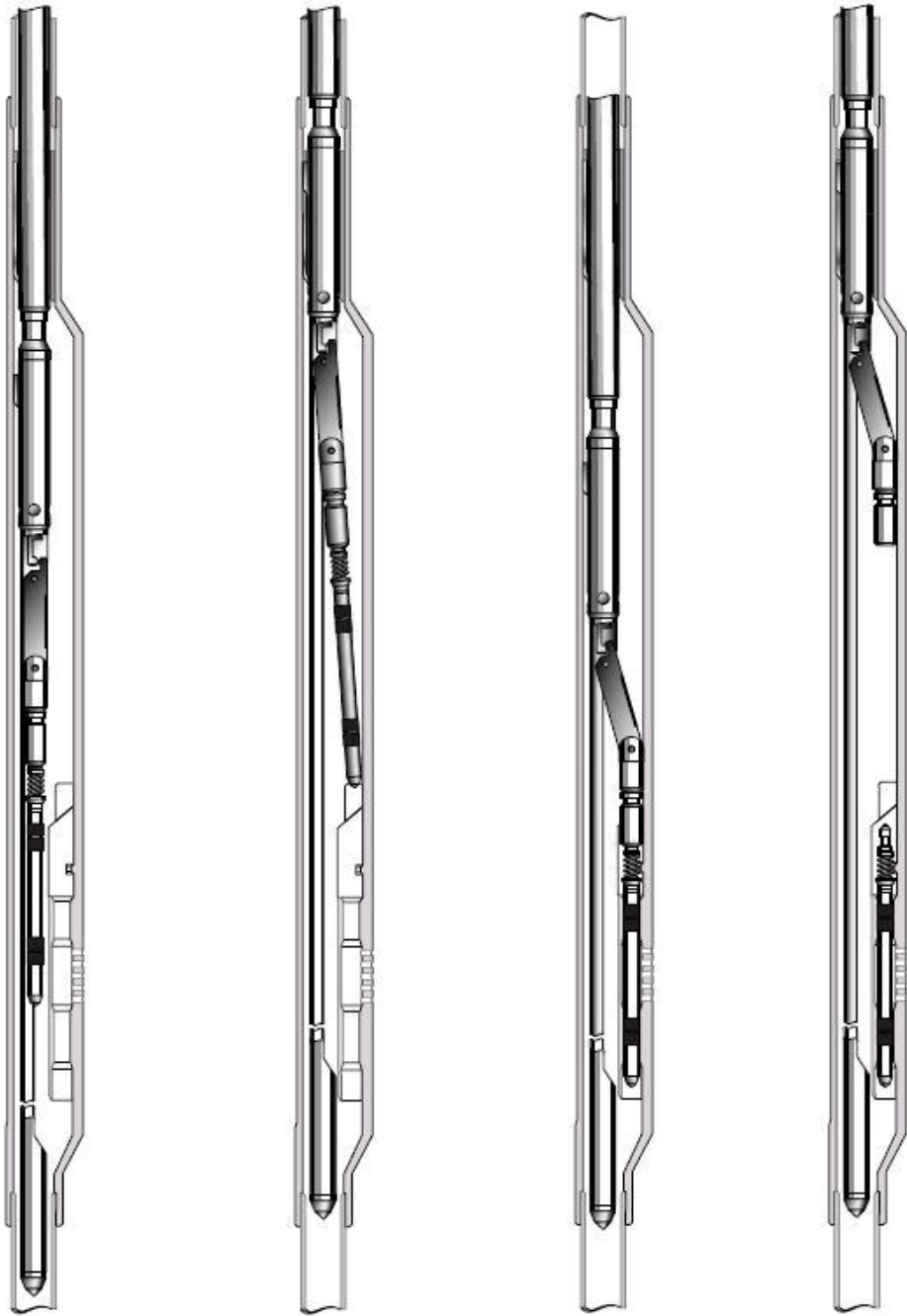
Son una parte importante del equipo de subsuelo de un sistema de gas lift. Se encuentran instalados en el tubing y su función consiste en alojar la válvula a la profundidad deseado. Hay tres tipos mandriles de gas lift:

1.7.1 Convencional. Este tipo fue el primero usado en la industria. Consta de un tubo con conexión externa en la cual se enrosca la válvula. Su uso presenta la dificultad de tener que sacar todo el tubing para reemplazar la válvula alojada en él, teniendo que sacar de servicio el pozo para realizar dicha operación.

1.7.2 Concéntrico. En este tipo de mandril, la válvula es concéntrica en relación al mandril, por lo cual no es posible correr ninguna herramienta por debajo de ésta. El fluido producido por el pozo pasa a través de la válvula. Para reemplazar la válvula es necesario sacar todas las que se encuentre por encima de ella.

1.7.3 Bolsillo interior. Este tipo de mandril aloja a la válvula en un bolsillo interior excéntrico. Las labores de recuperación de válvulas, corrida de herramientas y otras tareas, pueden llevarse a cabo sin problemas debido a que el espacio circular interior del mandril queda despejado. Actualmente son los más usados.

Figura 4. ASENTAMIENTO DE UNA VALVULA DE GAS LIFT EN UN MANDRIL DE BOLSILLO INTERIOR



Tomada de FLESHMAN, Roy y OBREN L., Harryson. Artificial Lift for High-Volume Production. 1999

1.8 TIPOS DE VÁLVULAS

Una válvula de gas lift, es básicamente un regulador de presión con orificio corriente abajo donde la fuerza de control es suministrada por un fuelle cargado con gas a presión o por un resorte, que pueden ser accionados por la presión corriente arriba o la presión corriente abajo.

Las presiones de apertura y cierre de la mayoría de las válvulas de gas lift, están afectadas por un desbalance debido a la diferencia de las áreas donde se ejercen dichas presiones. Cuando se cierra una válvula, la presión del casing se ejerce sobre el área efectiva del fuelle menos el área del orificio de salida. Una vez que la válvula se abre, la presión del anular se ejerce sobre el área efectiva total del fuelle. Debido a que la presión de apertura actúa sobre un área menor en comparación con la presión de cierre y que esta última es constante, la presión necesaria para abrir la válvula es mayor que la que se necesita para cerrarla. La diferencia entre la presión de apertura y la presión de cierre se conoce con el nombre de rango.

Las válvulas de presión balanceadas se construyen de manera que la presión de apertura se ejerza sobre toda el área de los fuelles cuando la válvula esté abriéndose o cerrándose. Por tanto, estas válvulas tienen un rango de cero.

En una instalación de gas lift de flujo continuo, el tipo de válvula no es tan crítico como en una de flujo intermitente. El flujo continuo depende fundamentalmente

de tener instalada una válvula de operación que pase continuamente la cantidad correcta de gas. Esta válvula, por lo general, permanecerá abierta siempre y, realmente, la consideración más importante desde el punto de vista de la válvula es la selección del tamaño del orificio.

En una instalación de gas lift intermitente, la situación es totalmente diferente puesto que las válvulas se abren y se cierran constantemente, por lo que deben ser diseñadas para responder a las influencias que mejor se presten a las condiciones del pozo.

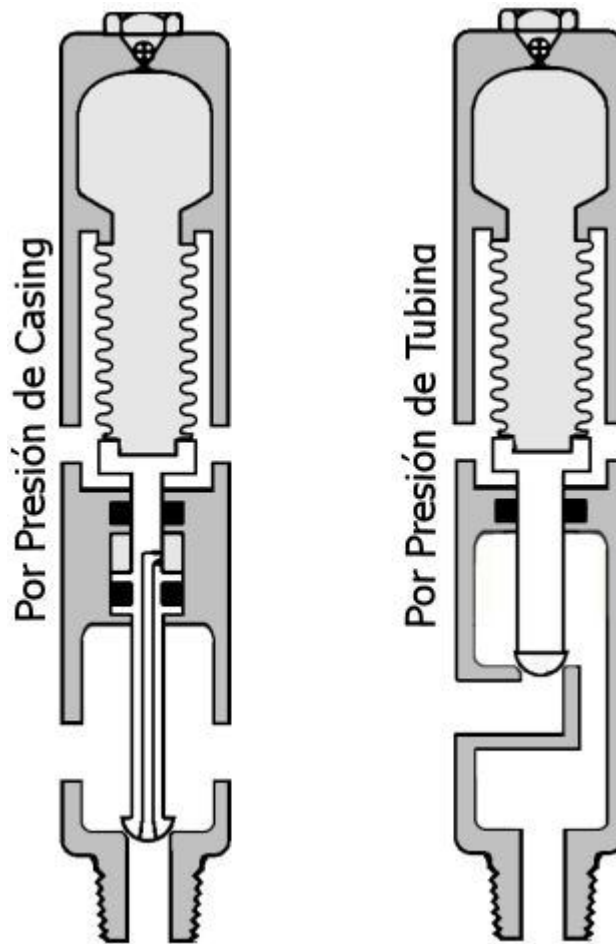
Hay dos tipos básicos de válvulas de gas lift, las cuales se clasifican según la fuerza que se use para abrirlas.

1.8.1 Válvulas operadas por presión de casing (Injection pressure-operated valves - IPO). Poseen un mecanismo de apertura que utiliza la presión del gas inyectado en el anular. Estas válvulas están provistas de un fuelle que contiene una carga de nitrógeno a presión. Cuando la presión del anular excede la presión de carga del domo de la válvula, la válvula abre. Esto permite que el gas de la inyección entre al tubing. La válvula cierra cuando la presión del anular cae por debajo de la presión en el domo.

1.8.2 Válvulas operadas por presión de tubing (Production pressure-operated valves - PPO). Poseen un mecanismo de apertura que utiliza la presión del fluido de producción (presión del tubing) a la profundidad en la que se

encuentra la válvula. Estas válvulas poseen un resorte de cierre rápido y positivo. La tensión en el resorte determina la presión de apertura o cierre, ya que no hay presión de carga en el domo. El fuelle funciona puramente como un diafragma para que la presión de tubing actúe.

Figura 5. ESQUEMA DE VÁLVULAS OPERADAS POR PRESIÓN DE CASING Y POR PRESIÓN DE TUBING

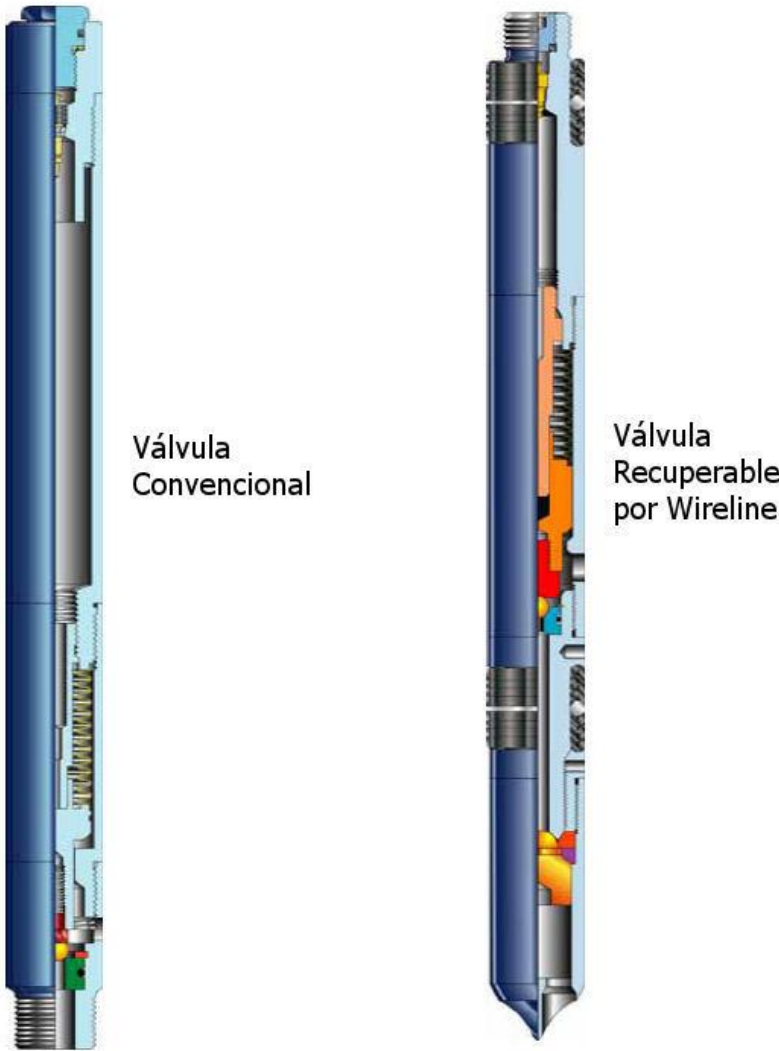


Adaptada de SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. Petroleum Engineering Handbook. Texas, 2003

Las válvulas de gas lift también pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de mandril en que se instalarán. Se pueden encontrar válvulas convencionales y válvulas recuperables por wireline, siendo estas últimas las más usadas, ya que

pueden ser instaladas o removidas fácil y rápidamente, tan solo usando un equipo de wireline.

Figura 6. VÁLVULAS TIPO CONVENCIONAL Y RECUPERABLE POR WIRELINE

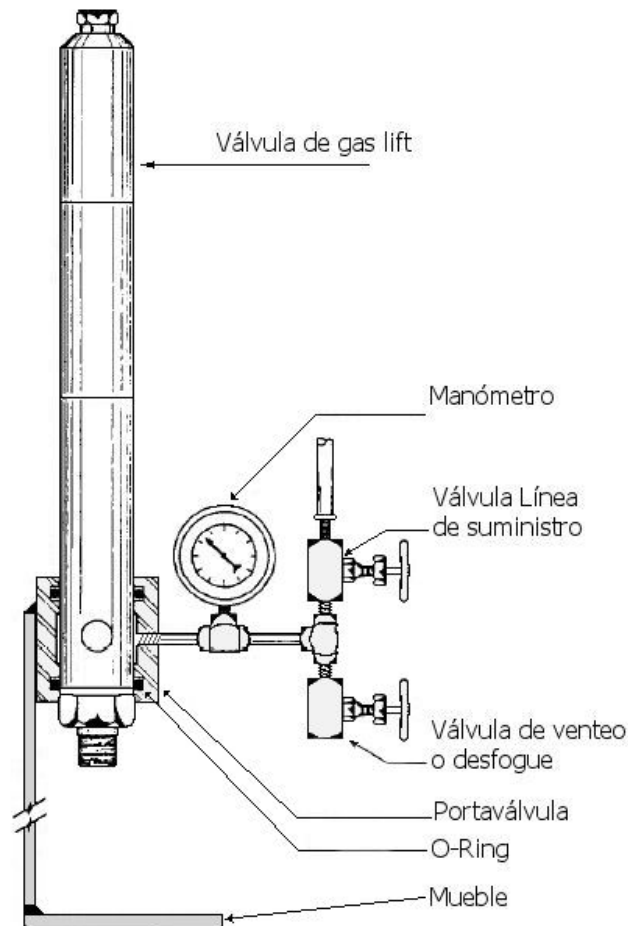


Adaptada de AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Task Group 11V on Gas Lift Equipment - Update of Proceedings. Washington, 2004

2 CALIBRACIÓN Y PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT

Existen diferentes tipos de bancos de pruebas para válvulas de Gas Lift, los cuales tienen diferentes funciones. Entre ellos, hay dos tipos propuestos como estándares por la API, entre los cuales se cuenta al tipo anillo, el cual consta de un portaválvula (donut) conectado a una fuente de nitrógeno comprimido.

Figura 7. ESQUEMA DE UN EQUIPO ESTÁNDAR TIPO ANILLO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT



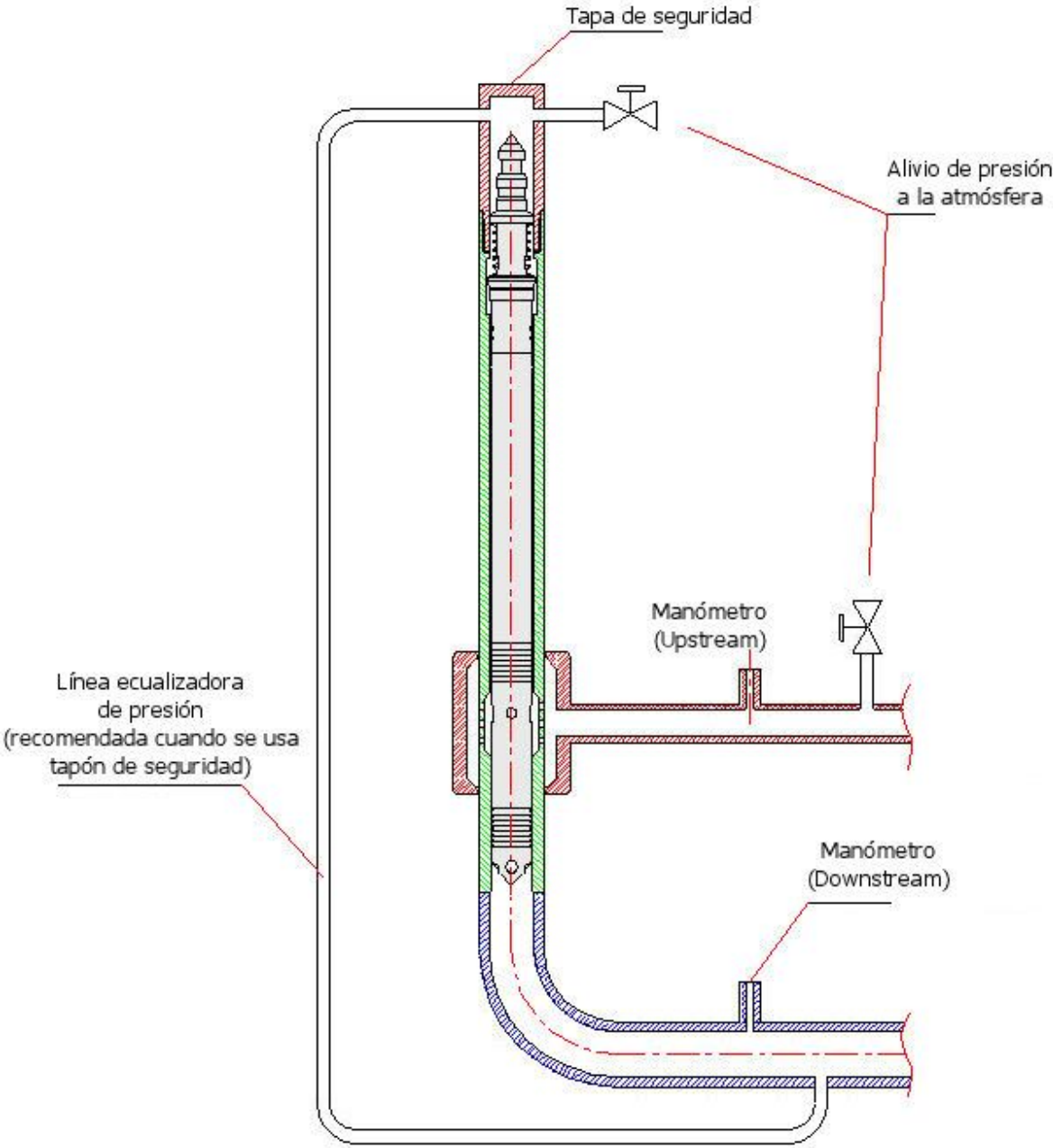
Adaptada de SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. *Petroleum Engineering Handbook*. Texas, 2003

El portaválvula hace las veces de mandril en el pozo, sujetando firme y herméticamente la sección de entrada de gas a la válvula. Este tipo de montaje está provisto de un manómetro que muestra la presión interna del banco, y un juego de válvulas que permiten la entrada y la descarga del gas comprimido. Para probar válvulas de distintos diámetros, el banco de pruebas debe contar con varios portaválvulas para cada medida, aunque también es común el uso de unos adaptadores (sleeves) para probar válvulas de diámetro inferior en un mismo portaválvulas.

El otro tipo de banco de pruebas estándar, se conoce como tipo encapsulado. Consta de cámara capaz de alojar y presurizar una válvula de gas lift. La ventaja de éste tipo de banco de pruebas frente al tipo anillo, radica en la mayor facilidad y precisión para determinar la presión de cierre de una válvula de gas lift. Este tipo de montaje, permite también realizar pruebas de presión al cuerpo de la válvula, siendo posible detectar fallas de sellos, roscas, uniones y asientos en el cuerpo de la válvula.

Existen algunos modelos de bancos de pruebas tipo encapsulado, que incorporan un micrómetro para medir el desplazamiento del pistón de la válvula de gas lift, lo cual da una idea de que tanto se abre la válvula de gas lift, conforme la presión aumenta.

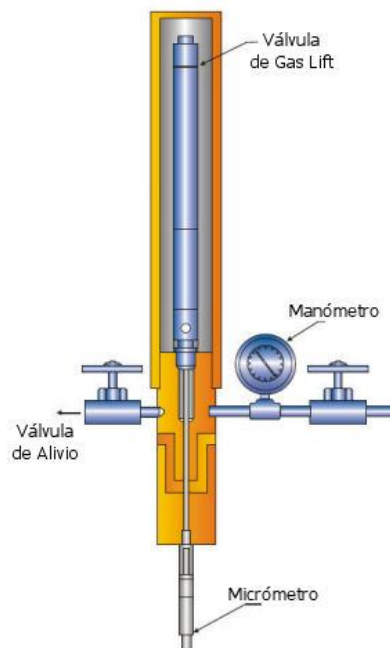
Figura 8. ESQUEMA EQUIPO ESTÁNDAR TIPO ENCAPSULADO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT



Tomada de TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 67 - PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRIES, SUBCOMMITTEE SC4. Down hole equipment (Part 4: Practices for side-pocket mandrels and related equipment), ISO/WD 17078 4. Texas, 2006.

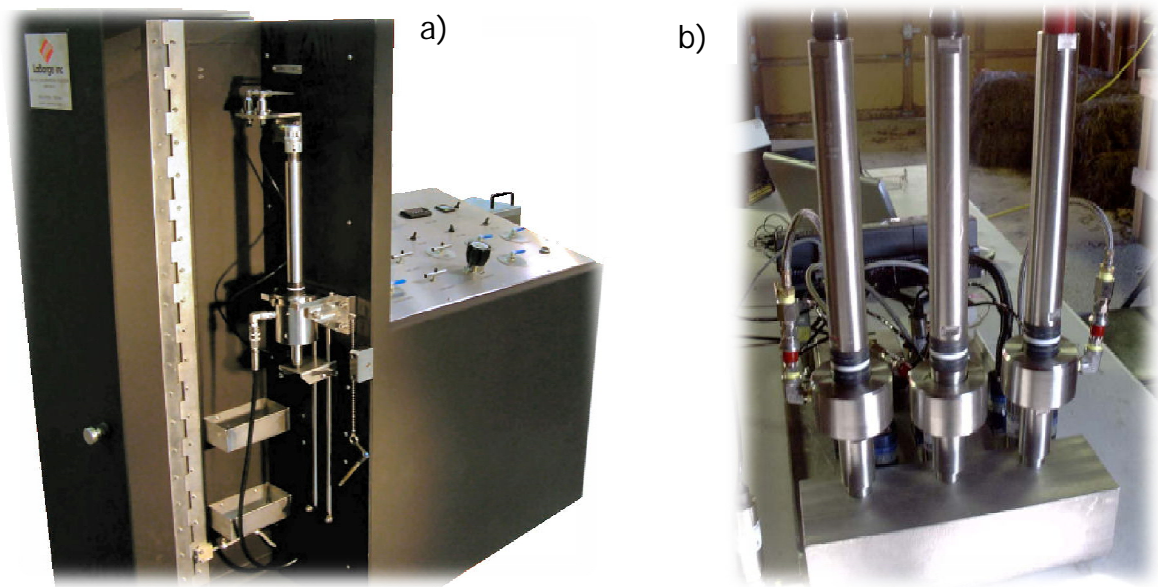
Si se graficara la presión del banco de pruebas contra el desplazamiento del pistón de la válvula de gas lift, se podría observar una sección de línea relativamente recta durante la mayor parte del viaje del pistón. La pendiente de esa recta es la indicación de la rigidez de la válvula. Su valor numérico se conoce como velocidad de carga del fuelle (*bellow assembly load rate, blr*), se mide en psig/inch y sirve para comparar diferentes tipos de válvulas o cuando se evalúa el mismo valor bajo diferentes condiciones de carga, o cuando se está diseñando una instalación de gas lift.

Figura 9. ESQUEMA EQUIPO TIPO ENCAPSULADO PARA PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT, PROVISTO DE MICRÓMETRO



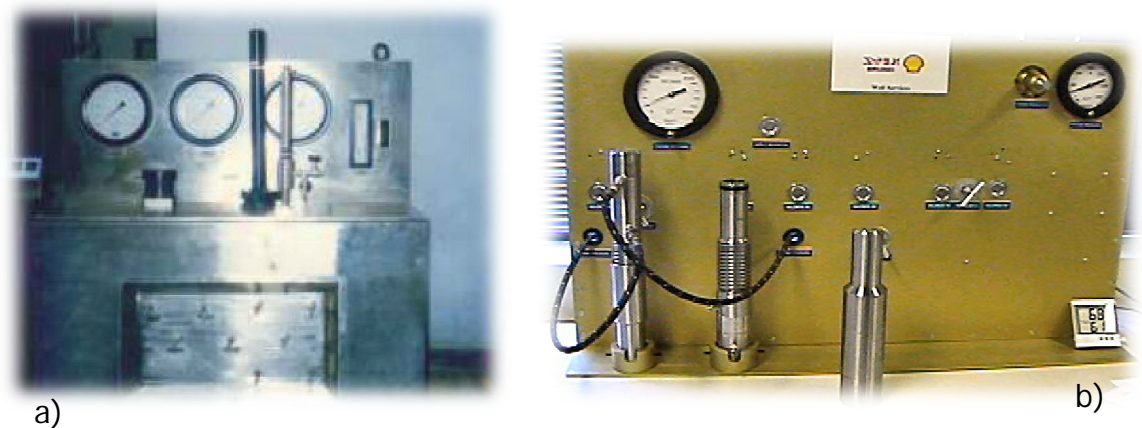
Tomada de PARVEEN. *Calibration & Testing Of Gas Lift Valves*. 2006.

Figura 10. EJEMPLO DE BANCOS DE PRUEBAS TIPO ANILLO PARA VÁLVULAS DE GAS-LIFT



Tomadas de: a) Catálogo LaBarge Inc. (www.labarge.com) y b) SIEP Artificial Lift Team "Gas Lift, an integral part of the artificial lift world".

Figura 11. EJEMPLO DE BANCOS DE PRUEBAS TIPO ENCAPSULADO PARA VÁLVULAS DE GAS-LIFT



Tomadas de: a) PARVEEN. Calibration & Testing Of Gas Lift Valves. 2006, y b) ABDULLAH, Naiza, DECKER, Ken y DUNHAM, Cleon. Routine Validation Testing of Every Gas-Lift Valve.

En la industria petrolera mundial, se pueden encontrar bancos de prueba muy sofisticados, entre los cuales cabe mencionar el GLV-AVT (Gas Lift Valve - Automatic Validation Tester), presentado en el año 2001 por la ASME/API Gas Lift Workshop para Shell Company (Ver Figura 11b). El AVT está controlado por un sistema computarizado capaz de realizar pruebas de apertura, cierre, detectar fugas en el puerto de la válvula, calcular la velocidad de carga de fuelle o resorte, determinar el máximo desplazamiento efectivo del pistón, comprobar la relación entre el área del puerto y del fuelle, y detectar fallas del fuelle o fugas del domo. El GLV-AVT genera un reporte de los resultados de las pruebas efectuadas, y tiene el criterio de decidir si la válvula pasa o falla. Además, el resultado de la prueba y las características actuales de la válvula, pueden ser exportados en un formato compatible con la mayoría de software comercial de gas lift (Shell exporta en formato compatible con WinGLUE).

Sistemas de pruebas de válvulas de gas lift como el descrito en el párrafo anterior, son muy pocos los que existen. La mayoría de los diseños se han enfocado en aumentar el rango de presión de trabajo, o la compatibilidad con la mayoría de los fabricantes de válvulas de gas lift.

Un accesorio común en la mayoría de bancos de prueba de gas lift, es un acople provisto de un conector rápido que se acopla igual que el tail plug de la válvula de gas lift, para inyectar nitrógeno comprimido y cargar el fuelle. Este dispositivo

tiene diferentes formas de acuerdo al modelo de válvula de gas lift, ya que cada fabricante tiene un diseño diferente de tail plug.

2.1 DETERMINACIÓN DE PRESIONES DE APERTURA Y CIERRE PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT.

Las ecuaciones para determinar la presión inicial de apertura en un banco de pruebas y en el pozo, y la presión de cierre en el banco, están basadas en las ecuaciones de balance de fuerzas estáticas y pueden aplicarse a válvulas de gas lift provistas de un resorte. La presión efectuada por el resorte puede reemplazar a la presión del fuelle cargado de nitrógeno en la válvula, en términos de fuerza de cierre. Varios fabricantes de válvulas accionadas por resorte, reportan presiones de cierre en bancos de prueba. El resorte es ajustado hasta que la fuerza ejercida por él, es igual a la presión de cierre deseada en el banco de pruebas. En este tipo de válvulas, no es necesario tener en cuenta la temperatura de prueba, ya que se consideran inafectadas por ella.

El factor de corrección de temperatura, se aplica a la presión del domo cargado de nitrógeno, antes de calcular la presión de apertura de la válvula en el banco de pruebas.

2.1.1 Presión inicial de apertura en banco (Fig.12-a) (Fuerza de cierre = Fuerza de apertura)

Muchos fabricantes de equipos de gas Lift, usan una temperatura de establecimiento de la válvula basada en 60°F. La válvula es sumergida en un baño de agua a 60°F para asegurar una temperatura constante del nitrógeno contenido en el domo de la válvula durante el procedimiento en el banco de pruebas. La presión inicial de apertura en el banco de pruebas es medida con la presión aplicada al área del fuelle menos el área del pistón. En este momento, la válvula está cerrada y comienza a abrir cuando la fuerza de apertura es ligeramente superior que la fuerza de cierre, permitiendo así una pequeña fuga de gas a través del asiento de la válvula.

$$= \frac{\text{---}}{1 - \text{---}}$$

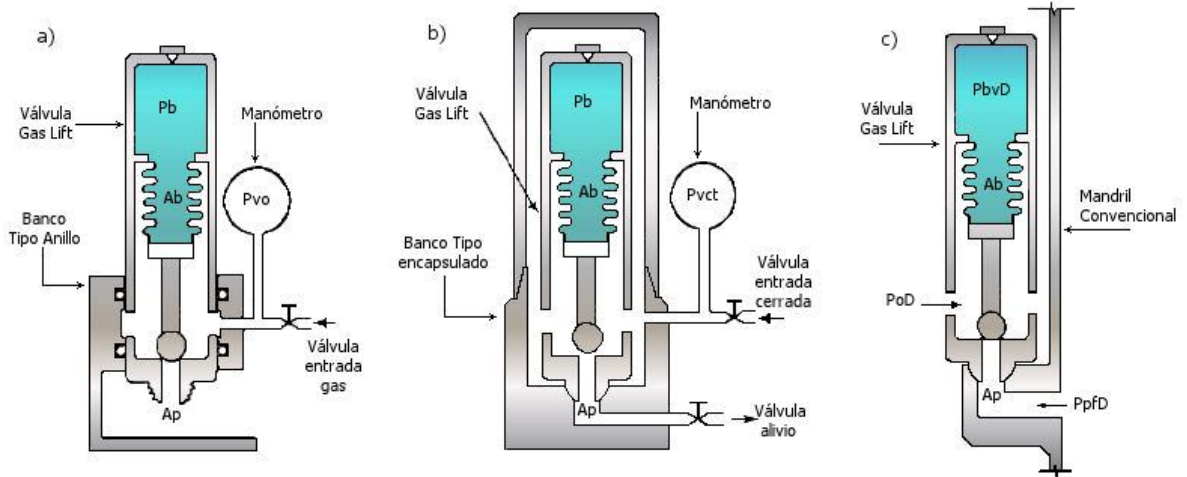
Donde:

= Área efectiva del fuelle, in².

= Área contacto bola-asiento en el puerto de la válvula, in².

= Presión del fuelle a 60°F, psig.

Figura 12. NOMENCLATURA USADA EN LAS ECUACIONES DE BALANCE DE FUERZAS ESTÁTICAS PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT EN BANCOS DE PRUEBAS Y POZO



Adaptado de SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. Petroleum Engineering Handbook. Texas, 2003

2.1.2 Presión de cierre en banco (Fig.12-b) (Fuerza de cierre = Fuerzas de apertura)

La presión de cierre en el banco de pruebas se obtiene liberando el gas contenido a presión en el sistema. Esta presión de cierre teórica es obtenida solo cuando las presiones de entrada y salida del gas al banco, son iguales en el momento que la válvula de gas lift cierra. Una presión de cierre precisa es más difícil de observar que una presión de apertura inicial, y puede ser afectada por la velocidad de caída en la presión del banco durante el desfogue del gas contenido.

Para ésta prueba puede ser mejor usar un banco de prueba tipo encapsulado (con mayor capacidad de gas que el banco de prueba tipo anillo), ya que los pequeños escapes de gas a través de la válvula en un banco de prueba tipo anillo, no

evitarán observar la verdadera presión de cierre. La presión contenida en el equipo debe ser aliviada del banco de pruebas a través de un pequeño orificio.

Si la fuerza total de cierre para una válvula de gas lift, resulta de la combinación de la presión de un fuelle cargado con nitrógeno y un resorte, el efecto de carga de resorte debe ser restado de la fuerza total de cierre para obtener la porción de fuerza de cierre debida a la presión del fuelle.

$$P_c = P_s - P_r + P_f$$

$$P_c = P_s - P_r + P_f$$

$$P_c = P_s - P_r + P_f$$

Cuando $P_c = P_s - P_r + P_f$

Donde:

P_c = Presión inicial de apertura de la válvula, psig.

P_s = Presión de cierre de la válvula en banco a 60°F, si y solo si, las presiones de suministro y alivio a través del puerto de la válvula, son iguales en el instante que la válvula cierra, psig.

P_r = Presión de producción fluyendo (alivio) en banco, psig.

2.1.3 Presión inicial de apertura en pozo (Fig.12-c) (Fuerza de cierre = Fuerzas de apertura)

$$\begin{aligned}
 () &= \quad - \quad + \\
 &= \quad 1 - \quad + \quad -
 \end{aligned}$$

Donde:

= Presión domo cargado a temperatura del pozo, psig.

= Presión de producción fluyendo a la profundidad de la válvula, psig.

= Presión inicial de apertura a la profundidad de la válvula, psig.

Solucionando para la presión inicial de apertura de inyección de gas para válvulas operadas por presión de casing,

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\quad}{1 - \quad} - \frac{\quad}{1 - \quad} \\
 &= \quad -
 \end{aligned}$$

$$= \quad -$$

Donde:

= Presión inicial de apertura de la válvula a temperatura de la válvula en pozo cuando $p_{wf} = 0$, psig.

= Factor producción – presión, adimensional.

= Efecto de producción – presión, psig. (production-pressure effect.)

= Factor de corrección por temperatura para Nitrógeno, adimensional (Tabla 1).

Para calcular la presión inicial de apertura de la válvula, se utilizan las siguientes ecuaciones adicionales:

$$= \frac{1}{1 - \frac{\Delta p_{pe}}{p_{wf}}} = \frac{p_{wf}}{p_{wf} - \Delta p_{pe}}$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{\Delta p_{pe}}{p_{wf}}}$$

O:

$$= \frac{1}{1 - \frac{\Delta p_{pe}}{p_{wf}}}$$

$$= \left(\frac{p_{wf}}{p_{wf} - \Delta p_{pe}} \right)$$

Tabla 1. FACTOR DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA PARA NITRÓGENO A 60°F

°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T
61	0,998	101	0,919	141	0,852	181	0,794	221	0,743	261	0,698
62	0,996	102	0,917	142	0,850	182	0,792	222	0,742	262	0,697
63	0,994	103	0,915	143	0,849	183	0,791	223	0,740	263	0,696
64	0,991	104	0,914	144	0,847	184	0,790	224	0,739	264	0,695
65	0,989	105	0,912	145	0,845	185	0,788	225	0,738	265	0,694
66	0,987	106	0,910	146	0,844	186	0,787	226	0,737	266	0,693
67	0,985	107	0,908	147	0,842	187	0,786	227	0,736	267	0,692
68	0,983	108	0,906	148	0,841	188	0,784	228	0,735	268	0,691
69	0,981	109	0,905	149	0,839	189	0,783	229	0,733	269	0,690
70	0,979	110	0,903	150	0,838	190	0,782	230	0,732	270	0,689
71	0,977	111	0,901	151	0,836	191	0,780	231	0,731	271	0,688
72	0,975	112	0,899	152	0,835	192	0,779	232	0,730	272	0,687
73	0,973	113	0,898	153	0,833	193	0,778	233	0,729	273	0,686
74	0,971	114	0,896	154	0,832	194	0,776	234	0,728	274	0,685
75	0,969	115	0,894	155	0,830	195	0,775	235	0,727	275	0,684
76	0,967	116	0,893	156	0,829	196	0,774	236	0,725	276	0,683
77	0,965	117	0,891	157	0,827	197	0,772	237	0,724	277	0,682
78	0,963	118	0,889	158	0,826	198	0,771	238	0,723	278	0,681
79	0,961	119	0,887	159	0,825	199	0,770	239	0,722	279	0,680
80	0,959	120	0,886	160	0,823	200	0,769	240	0,721	280	0,679
81	0,957	121	0,884	161	0,822	201	0,767	241	0,720	281	0,678
82	0,955	122	0,882	162	0,820	202	0,766	242	0,719	282	0,677
83	0,953	123	0,881	163	0,819	203	0,765	243	0,718	283	0,676
84	0,951	124	0,879	164	0,817	204	0,764	244	0,717	284	0,675
85	0,949	125	0,877	165	0,816	205	0,762	245	0,715	285	0,674
86	0,947	126	0,876	166	0,814	206	0,761	246	0,714	286	0,673
87	0,945	127	0,874	167	0,813	207	0,760	247	0,713	287	0,672
88	0,943	128	0,872	168	0,812	208	0,759	248	0,712	288	0,671
89	0,941	129	0,871	169	0,810	209	0,757	249	0,711	289	0,670
90	0,939	130	0,869	170	0,809	210	0,756	250	0,710	290	0,669
91	0,938	131	0,868	171	0,807	211	0,755	251	0,709	291	0,668
92	0,936	132	0,866	172	0,806	212	0,754	252	0,708	292	0,667
93	0,934	133	0,864	173	0,805	213	0,752	253	0,707	293	0,666
94	0,932	134	0,863	174	0,803	214	0,751	254	0,706	294	0,665
95	0,930	135	0,861	175	0,802	215	0,750	255	0,705	295	0,664
96	0,928	136	0,860	176	0,800	216	0,749	256	0,704	296	0,663
97	0,926	137	0,858	177	0,799	217	0,748	257	0,702	297	0,662
98	0,924	138	0,856	178	0,798	218	0,746	258	0,701	298	0,662
99	0,923	139	0,855	179	0,796	219	0,745	259	0,700	299	0,661
100	0,921	140	0,853	180	0,795	220	0,744	260	0,699	300	0,660

2.1.4 Presión de apertura de la válvula en el banco @ Temp diferente de 60°F

Para realizar el cálculo de presión de apertura de una válvula de gas lift a una temperatura diferente de 60°F (15,5°C), se hace necesario el uso de un factor de corrección de temperatura para el nitrógeno contenido en el fuelle de la válvula. Dicho factor de corrección se puede consultar en la Tabla 1.

$$= \frac{P_{60}}{T_{60}} \times T_{val}$$

Donde:

= Presión de apertura de la válvula en el banco @ 60°F, psig

= Presión de apertura de la válvula en el banco @ T_{val} , psig

= Temperatura de la válvula en el banco (diferente a 60°F), °F

= Factor de corrección de temperatura para nitrógeno @ T_{val} , adimensional.

Ésta ecuación es particularmente útil para realizar pruebas en casos en los que un sistema de enfriamiento no está disponible. La consideración más importante durante el procedimiento de establecimiento de varias válvulas en un banco de pruebas es que todas sean trabajadas a la misma temperatura, por lo cual es recomendable ponerlas a todas ellas en un mismo baño de agua. Estas deben

permanecer sumergidas en el agua, a excepción del corto intervalo de tiempo que la válvula esté en el banco de pruebas.

La presión del nitrógeno en el domo puede ser calculada para cualquier temperatura, usando la siguiente ecuación:

$$= \frac{\times}{\quad}$$

Donde:

= Presión en el fuelle a la temperatura de prueba en el banco, psig

2.1.5 Ejemplo de cálculo de presión de apertura de Válvula de Gas lift:

Se tiene una válvula de gas lift, que según el fabricante tiene una relación $\frac{P}{T} = 0.11$. A la profundidad que se planea sentar dicha válvula, la temperatura del pozo es $T = 142^\circ\text{F}$. Según el programa de diseño de gas lift para ese pozo, la presión calculada del domo de la válvula a temperatura del pozo, es $P = 800 \text{ psig @ } 142^\circ\text{F}$. La temperatura del lugar donde se realiza la prueba es de 90°F .

Calcular la presión de apertura de la válvula en el banco a 60°F y a 90°F .

Solución

- Cálculo de presión de apertura de la válvula en el banco @ 60°F :

Según la Tabla 1, $\frac{P}{T} = 0.850$ para 142°F .

$$= \quad \times \quad = 0.850 \times 800 = 680 \text{ psig @ } 60^\circ\text{F}$$

$$= \frac{\quad}{1 - \quad} = \frac{680}{(1 - 0.11)}$$

$$= 764 \text{ psig @ } 60^\circ\text{F}$$

- Cálculo de presión de apertura de la válvula en el banco @ 90°F:

Según Tabla 1, $\quad = 0.939$ para 90°F.

$$= \frac{\quad \times \quad}{\quad} = \frac{0.850 \times 800}{0.939}$$

$$= 724 \text{ psig @ } 90^\circ\text{F}$$

$$= \frac{\quad}{1 - \quad} = \frac{724}{(1 - 0.11)}$$

$$= 814 \text{ psig @ } 90^\circ\text{F}$$

O:

$$= \frac{\quad}{\quad} = \frac{724}{0.939}$$

$$= 814 \text{ psig @ } 90^\circ\text{F}$$

Las ecuaciones usadas que incluyen \quad se recomiendan para chequear la presión de apertura en banco de una sarta de válvulas de GL a una temperatura diferentes de 60°F.

3 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT

En la selección del tipo de banco de pruebas para válvulas de gas lift para la Universidad Surcolombiana, fue importante enfocar el beneficio académico y las futuras aplicaciones comerciales que puedan hacerse.

3.1 CONSIDERACIONES

Para determinar el diseño del banco de pruebas de válvulas de gas lift, fue conveniente determinar las condiciones de uso y pruebas que puede efectuar.

El diseño de banco de pruebas tipo anillo para válvulas de gas lift, fue el modelo elegido para ser construido, considerando que éste trabajo está encaminado a dar el primer paso en la conformación de un completo sistema de pruebas de válvulas de gas lift.

El diseño es muy intuitivo, por tanto su modo de operación no será complicado de entender para quien lo use por primera vez.

No hubo ninguna restricción en cuanto a corrosión de materiales de fabricación, puesto que el gas que se usa como agente presurizador (nitrógeno), no presenta acción corrosiva (Anexo J. Hoja de seguridad de nitrógeno comprimido (AGA)).

Teniendo en cuenta que los tipos de válvulas de gas lift, más comúnmente usadas en los campos locales, son del tipo accionadas por presión de inyección y que generalmente éstas presentan diámetros de 1" y 1½", el banco de pruebas está

provisto de los accesorios necesarios para ser usado con válvulas de dichas especificaciones.

Otras consideraciones importantes son:

3.1.1 Presión máxima de Operación

Dado que las válvulas de gas lift usadas en los campos locales, generalmente se calibran a presiones menores de 1000 psi, el diseño se realizó en base a una presión máxima de 1000 psi.

3.1.2 Funciones

El banco de pruebas es capaz de comprobar la presión de apertura y la presión de cierre de una válvula de gas lift. Si bien es cierto que este modelo de banco de pruebas, no permite una observación tan precisa de la presión de cierre, como la que puede observarse en un banco tipo encapsulado, se consideró adecuado como una primera etapa de construcción de un sistema de pruebas de VGL.

Dado que la temperatura ambiente en los laboratorios de la Universidad Surcolombiana, supera los 60°F (15,5°C), debe usarse un baño maría para homogenizar la temperatura a la que se realizan las pruebas, teniendo que hacer una corrección por temperatura para nitrógeno (Ver Anexo E. Manual de Operaciones).

3.1.3 Aceros y materiales

Para la elaboración de éste proyecto, se tuvieron en cuenta cuatro tipos de aceros. El primero de ellos es un acero al carbono (SAE 1045), el cual es conocido por su fácil mecanizado, fácil adquisición, bajo costo, y buena disponibilidad. Los dos siguientes son aceros bonificados (SAE 4140, 4340), que presentan mejores características mecánicas que el anterior, son de fácil adquisición, costo medio y buena disponibilidad. El último acero, es de tipo inoxidable (SAE 304), el cual ofrece fácil mecanizado, fácil adquisición, un alto costo (relativo a los anteriores) y poca disponibilidad.

La descripción detallada de las características de los aceros candidatos se encuentra en los Anexos F, G, H e I.

De acuerdo a las características de los aceros citados en los párrafos anteriores, se concluyó que para construir éste trabajo, los aceros bonificados SAE 4140 y SAE 4340, son la mejor opción. Entre ellos dos, la única diferencia es la capacidad de templabilidad que ofrecen, pero teniendo en cuenta que sus características son mecánicamente adecuadas, este procedimiento térmico no es necesario.

Las válvulas de control, uniones, tees, manómetro y demás accesorios que conforman el cuerpo del banco de pruebas, están especificados para una presión máxima de trabajo de 1000 psi.

Teniendo en cuenta que el soporte del banco de pruebas, debía ofrecer firmeza al montaje, éste se elaboró en lámina de acero de ¼" de espesor.

3.2 DESARROLLO DE MODELOS (PROTOTIPOS)

Durante la etapa de diseño, se elaboraron varios modelos que se enfocaron a lograr un montaje de tamaño reducido, menor cantidad de material posible a usar y que tenga fácil acceso a las válvulas de control. La ergonomía y el manejo espacial del banco de pruebas son dos factores tenidos en cuenta.

Para la elaboración de planos y modelos en tres dimensiones, se usó un software comercial de diseño asistido por computador (CAD – Computer Aided Design), el cual permitió elaborar a medida cada uno de los prototipos y observar sus posibles fallas o inconvenientes, antes de la construcción.

La primera parte del diseño, corresponde a los portaválvulas para válvulas de gas lift de 1 y 1½". El diseño fue tomado de unos planos de referencia cedidos para tal fin por una empresa de diseño y fabricación de equipos de gas lift en Estados Unidos. Dichos planos y la identidad de su propietario, no serán mencionados en éste trabajo, por petición directa del mismo.

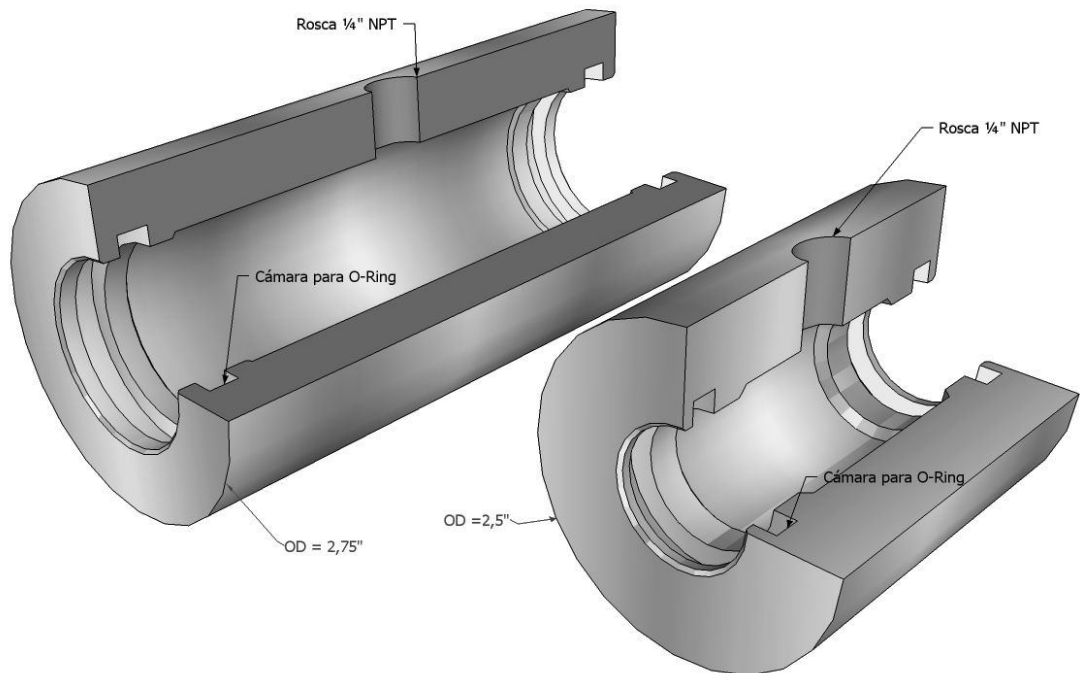
El diseño de los portaválvulas presenta ligeras modificaciones del original, con el fin de cumplir el requerimiento de ser tomado como material de referencia, no siendo necesario incurrir en cálculos de resistencia mecánica de las piezas. Dichas

modificaciones se hicieron de acuerdo a la norma ANSI/ASME B31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", la cual expone las especificaciones referentes a materiales y su características mecánicas, espesor de paredes y comparaciones de presión relativas.

Los portaválvulas para válvulas de gas lift de 1" y 1½", están basados en piezas cilíndricas de acero bonificado de 2,5" y 2,75" de diámetro, respectivamente.

Ambos portaválvulas están provistos de o-rings (sellos de cauchos de forma tórica) de nitrilo, especificados para 1500 psi, superando así la presión de trabajo determinada en las consideraciones de éste trabajo.

Figura 13. VISTA ESQUEMÁTICA DE LOS PORTAVÁLVULAS (DONUTS) DEL BANCO DE PRUEBAS, PARA VÁLVULAS DE GAS LIFT DE 1½" Y 1"



Los diámetros para uniones (nipples), roscas, válvulas de control, codos y tees del cuerpo del banco de pruebas, fueron todas establecidas en ¼" NPT.

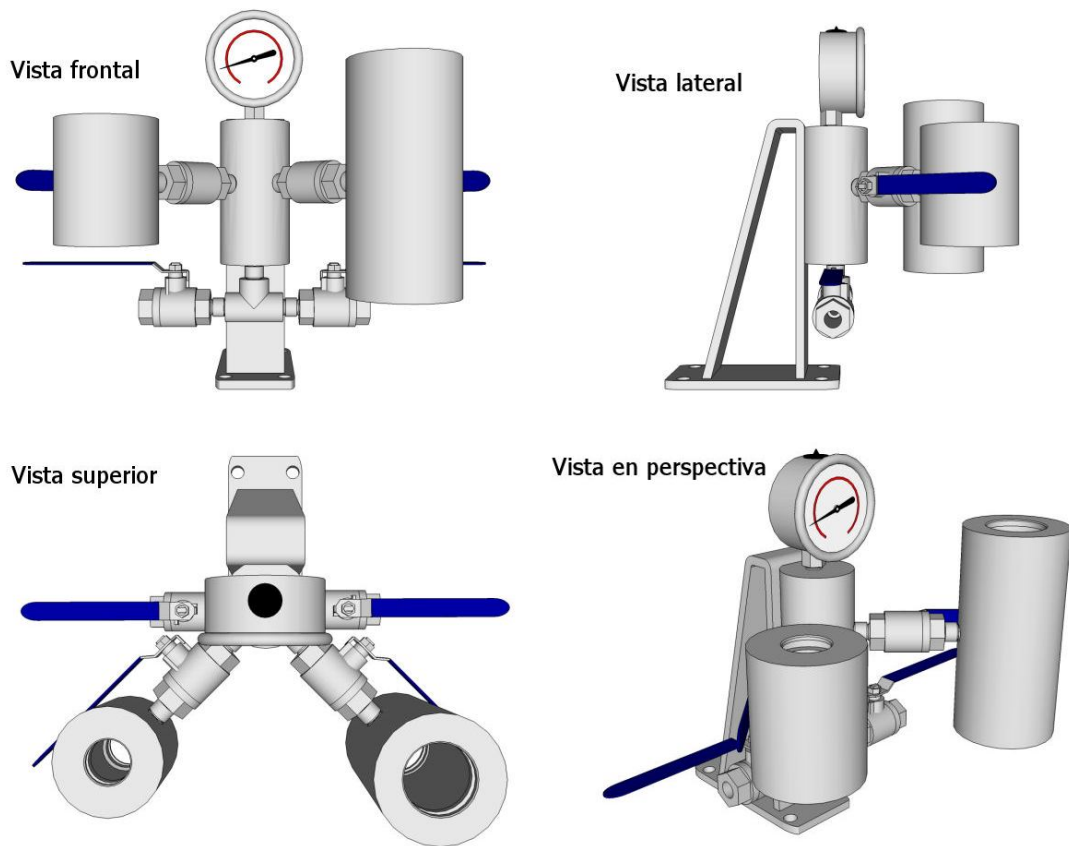
Esencialmente, el cuerpo del banco de pruebas consta de un manifold o distribuidor del fluido presurizador, en el cual se deben conectar accesorios como manómetros, válvulas de corte y derivaciones varias. Se requiere una válvula de corte por cada portaválvula (donut), una válvula para permitir la entrada de gas al sistema, y una válvula para aliviar la presión contenida después de una prueba.

El manifold debe ir asentado en una base de dimensiones y resistencia adecuadas. Esta base tiene el propósito de brindar firmeza al montaje y estructura para los componentes principales.

Se desarrollaron en total 4 modelos candidatos del banco de pruebas tipo anillo para válvulas de gas lift, en los cuales permanece constante el diseño del mecanizado de los portaválvulas, variando solamente la distribución espacial de los componentes del montaje y la forma de la base.

Para el desarrollo de los modelos en tres dimensiones, cada componente fue modelado por separado y a escala. A continuación se presentan imágenes de dichos diseños y una breve descripción de su configuración.

Figura 14. MODELO CANDIDATO 1 - BANCO DE PRUEBAS GLV

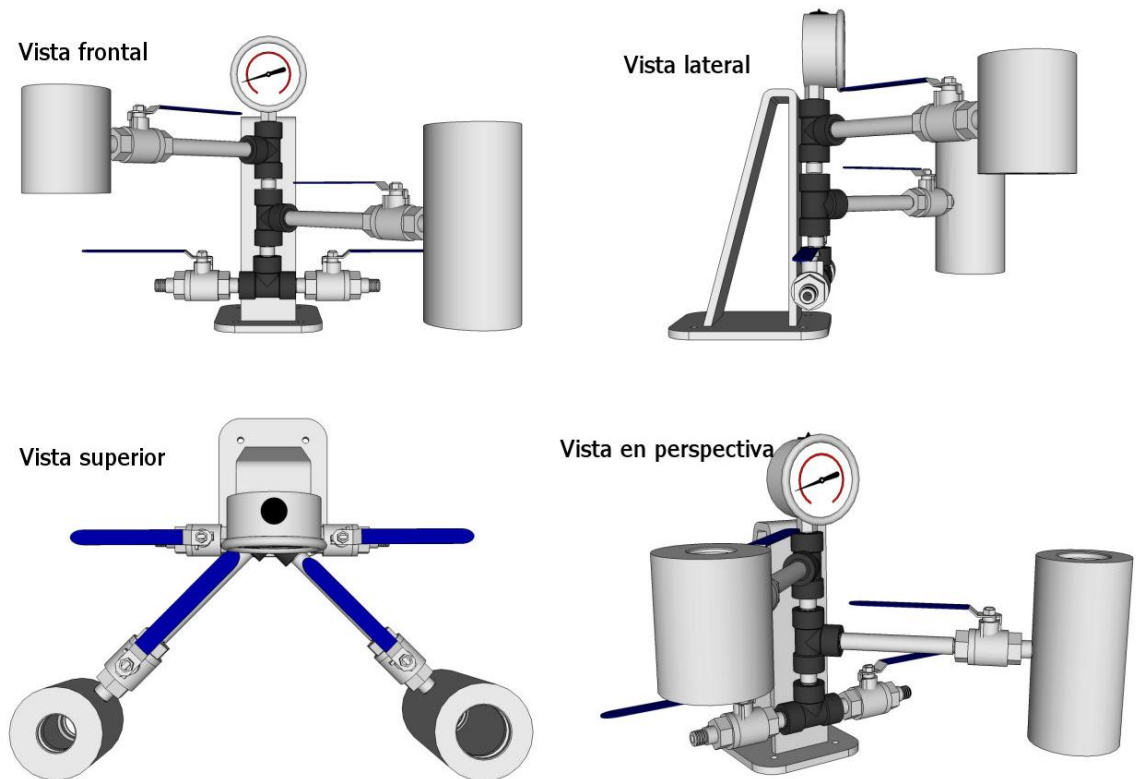


En éste modelo, el manifold se consideró como una pieza cilíndrica de 2" de diámetro exterior y 1/2" de diámetro interior. Las válvulas de corte para los portaválvulas, se encuentran a 90° entre sí. La válvula de entrada de nitrógeno y la de alivio, están conectadas al manifold por medio de una T. La base del montaje es muy reducida, lo que permite ahorrar espacio de trabajo.

Ergonómica y funcionalmente, éste modelo es algo inadecuado, ya que las manijas de las válvulas de control de los portaválvulas, deben ser deformadas para evitar que su plano de giro intercepte con el cuerpo de los portaválvulas. Por otro

lado, las válvulas de control de entrada y alivio de presión, están en una posición algo difícil de acceder.

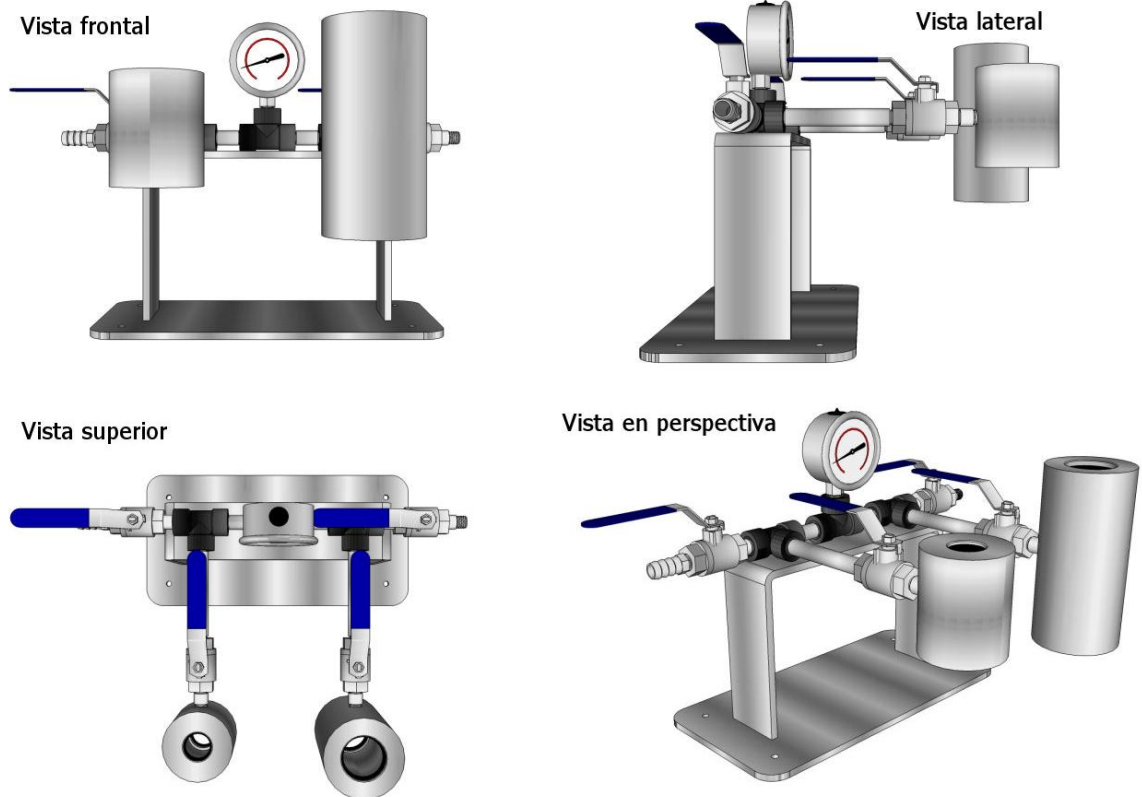
Figura 15. MODELO CANDIDATO 2 - BANCO DE PRUEBAS GLV



En este modelo, se conservó la esencia del modelo candidato 1. La diferencia con sus predecesor, radica en la sustitución del manifold de una sola pieza, por un manifold construido con tees unidas por nipples de ¼" NPT. El problema de manipulación de las válvulas de control de los portaválvulas, se solucionó cambiando la disposición de las válvulas de control y aumentando la longitud de

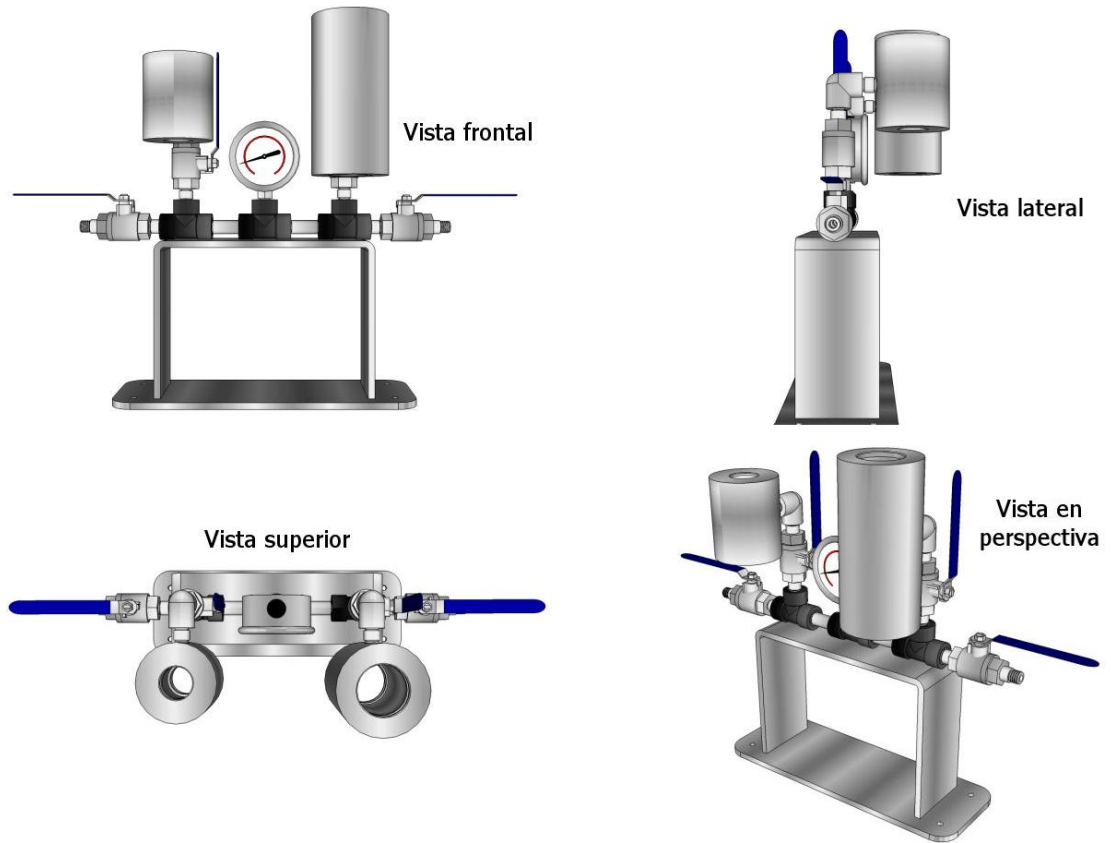
los nipples que las unían con el manifold. Las válvulas de control de entrada y alivio de presión, aún están en una ubicación que dificulta su manipulación.

Figura 16. MODELO CANDIDATO 3 - BANCO DE PRUEBAS GLV



Este tercer candidato, es la version horizontal del anterior modelo. Se puede observar que todas las válvulas de control están en el mismo nivel, lo cual facilita su ubicación y operación.

Figura 17. MODELO CANDIDATO 4 - BANCO DE PRUEBAS GLV



El último modelo candidato, es una modificación del anterior. Con esta nueva disposición se buscaba mejorar el acceso a las válvulas de control de los portaválvulas. Sin embargo, éste arreglo puede ser inconveniente para personas zurdas. Por otro lado, al accionar la válvula de control izquierda (portaválvula de 1"), se rompe la línea de visión del manómetro, pudiendo ocasionar dificultades e impresiones en la lectura de presión.

3.3 SELECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MODELO FINAL

La selección del modelo final de banco de pruebas para válvulas de gas lift, se llevó a cabo teniendo en cuenta que satisficiera las consideraciones propuestas.

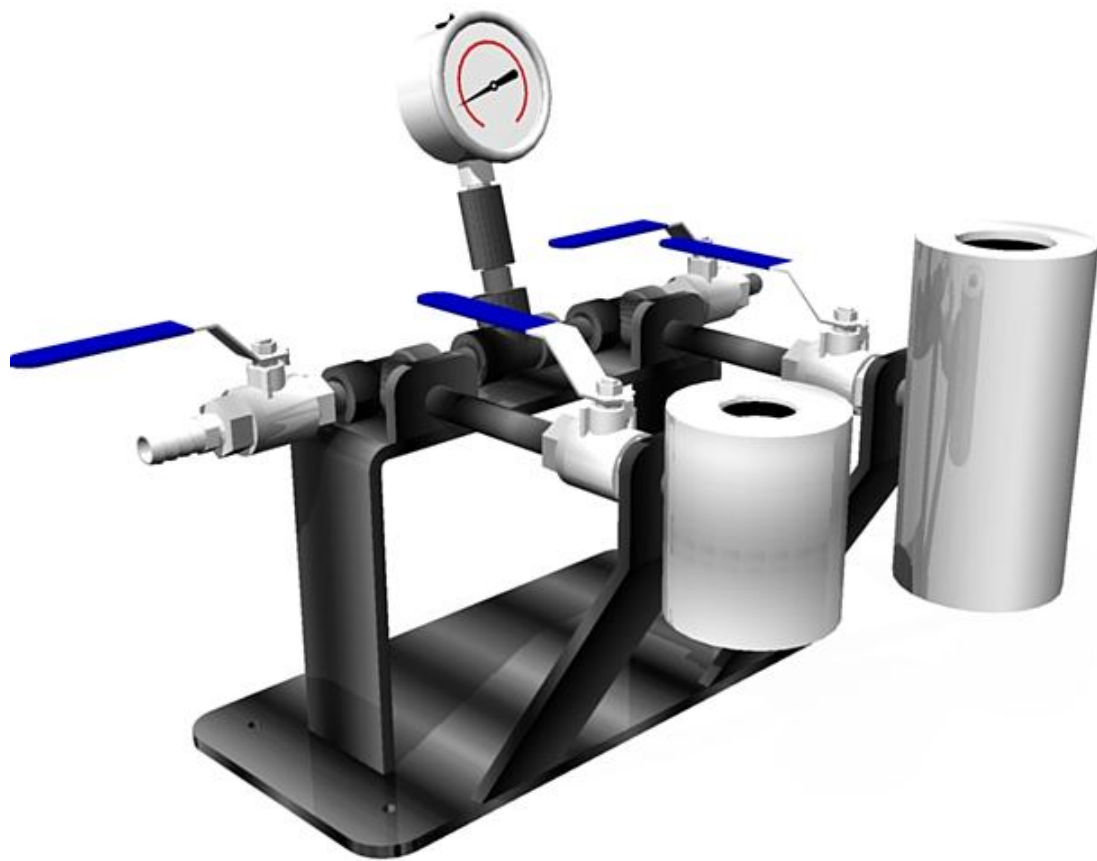
Después de comparar las ventajas y desventajas de cada prototipo candidato, se concluyó que la mejor opción es el modelo número 3. Éste modelo permite acceder fácilmente a todas las válvulas de control en forma fácil y rápida. Su manifold compuesto por varias piezas (tees y nipples), podría considerarse inicialmente en desventaja frente a un manifold torneado en una sola pieza, ya que se aumentan las posibilidades de fugas por las roscas. Sin embargo, la posibilidad de desensamblar y reponer una pieza dañada o desgastada, le da la ventaja de ser reparado muy fácilmente, a un menor costo y posiblemente si tener que salir del laboratorio.

Hay algunas consideraciones que hay que tener en cuenta para llevar a cabo la construcción del modelo seleccionado. Hasta ahora se ha mostrado que el diseño solo se ha ocupado de la disposición de las piezas esenciales del montaje, dejando a un lado los detalles referentes al anclaje del manifold a la base. El peso de los portaválvulas es algo considerable y aún mayor cuando una válvula de gas lift sea puesta para prueba. Para evitar que los nipples que unen las válvulas de control de los portaválvulas con el manifold soporten dicho peso, fueron agregados unos soportes soldados a la base. Con la adición de estas nuevas piezas, el montaje

aumenta su estabilidad y disminuye la posibilidad de accidentes durante una prueba, debidos a malas manipulaciones o esfuerzos excesivos.

Desde el punto de vista ergonómico, una mejora importante fue la elevación del manómetro y su inclinación hacia atrás para asegurar que la línea de visión tenga un ángulo de 15° respecto a la vertical. Este dato aplica para una persona de estatura promedio que opere el banco de pruebas, de pie y a una distancia horizontal aproximada de 50cm.

Figura 18. MEJORAS REALIZADAS AL MODELO SELECCIONADO DE BANCO DE PRUEBAS DE VÁLVULAS DE GAS LIFT.

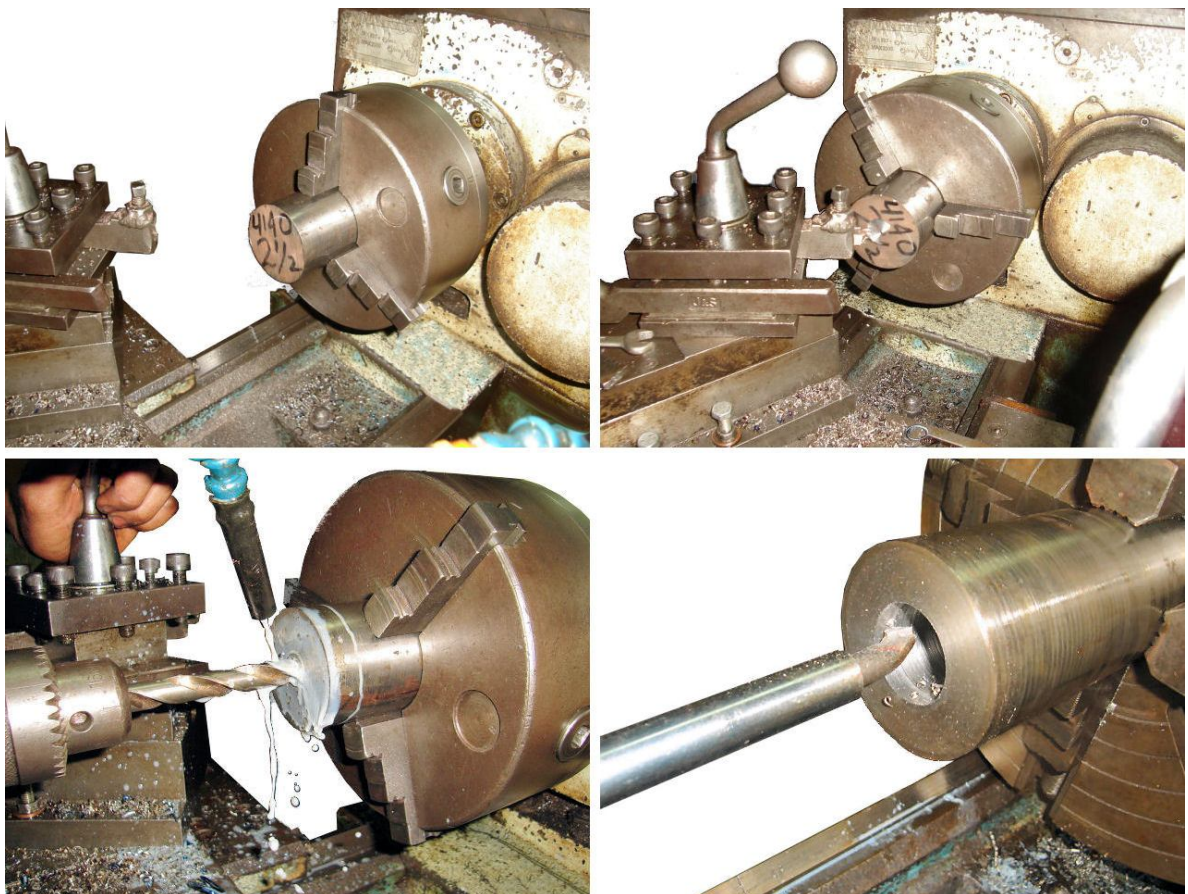


3.4 CONSTRUCCIÓN

La construcción de los portaválvulas, se realizó en un taller de torno con condiciones suficientes para asegurar un margen error mínimo.

Al comparar las medidas establecidas en los planos de construcción de los portaválvulas, con las medidas obtenidas en las piezas mecanizadas, no se encontraron diferencias apreciables.

Figura 19. PORTAVÁLVULAS MECANIZADO EN EL TORNO.



La rosca para los nipples que conectan a los portaválvulas con su respectiva válvula de control, fue elaborada a mano usando un machuelo de ¼" NPT.

Figura 20. PROCESO DE ROSCADO EN UNO DE LOS PORTAVÁLVULAS.



La base del montaje y el manifold, debieron ser protegidos de la corrosión por medio de una capa de recubrimiento anticorrosivo y otra de pintura tipo laca.

Figura 21. BASE Y MANIFOLD DEL MONTAJE EN PROCESO DE PINTURA.



Para evitar fugas por las roscas, se usó cinta de teflón tipo industrial especificada para altas presiones.

4 MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA VALVULAS DE GAS LIFT

El montaje del banco de pruebas para válvulas de gas lift, fue realizado en el Laboratorio de Yacimientos, ya que es el único laboratorio de la Facultad de Ingeniería que está dotado de un cilindro de nitrógeno.

Para asegurar la firmeza de montaje, fueron realizadas cuatro perforaciones en el mesón del laboratorio, para anclar la base del banco de pruebas por medio de tornillos pasantes de 5mm × 12cm.

La conexión del banco de pruebas con el cilindro de nitrógeno, se realizó por medio de un tramo de tubing plástico de 3/16" provisto de acoples roscados de ¼" NPT. Este tubing es la única parte del banco de pruebas de válvulas de gas lift, que está garantizado para soportar una presión máxima de solo 300 psi, por razones que se exponen en los siguientes párrafos.

Para la descarga de presión del banco de pruebas, se usó el mismo tipo de tubing, conectado a la válvula de desfogue del montaje. Una perforación adicional en el mesón del laboratorio, fue necesaria para pasar este tramo de tubing a la parte baja del mesón. Se usaron grapas plásticas para cable, con el fin de asegurar la inmovilidad de la punta del tubing, cuando se esté descargando la presión del equipo.

Para la puesta en marcha del banco de pruebas, hubo que tener en cuenta algunas limitaciones en cuanto a la operatividad del mismo. A pesar de que el equipo está diseñado para una presión máxima de 1000 psi, el regulador de presión del cilindro de nitrógeno disponible en el Laboratorio de Yacimientos de la Facultad de Ingeniería, solo permite obtener 250 psi a la salida. A pesar de que el montaje es didáctico y que trabajar a menor presión puede ser más seguro para quien opere el banco de pruebas, lo ideal sería que el banco opere a presiones más altas, similares o iguales a las que se tienen en un equipo industrial corriente.

Por otro lado, las válvulas de gas lift que existen como material didáctico en el Programa de Ingeniería de Petróleos, están en un estado de deterioro observable. Se hicieron algunas peticiones a algunas compañías petroleras operadoras locales, solicitando alguna donación de válvulas de gas lift que hayan sido desechadas por tiempo de vida útil cumplido o deterioro externo, pero que pudieran servir para fines didácticos del banco de pruebas; pero no se obtuvo respuesta alguna.

El ejecutante obtuvo algunas válvulas de gas lift en calidad de préstamo personal, para realizar la puesta en marcha del banco de pruebas. Algunas de ellas, presentaban daños generales en el cuerpo, sellos, uniones y hasta en el fuelle. Sin embargo, la prueba pudo ser llevada a cabo satisfactoriamente.

CONCLUSIONES

- Éste trabajo es un aporte al programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, ya que en él se pueden realizar pruebas didácticas básicas de presión a válvulas de gas lift.
- Se abre un camino para desarrollar nuevos proyectos de grado basados en mejoras y complementos para obtener un sistema de pruebas más completo y competitivo, incluso a nivel industrial, con lo cual los estudiantes podrán complementar y aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en ésta área de estudio. El ejecutante del presente proyecto, expresa su deseo de participar en futuros proyectos de mejoras del banco de pruebas de válvulas de gas lift.
- El banco de pruebas de válvulas de Gas Lift cuenta con un Manual de Operación, elaborado y presentado en éste documento, para ofrecer información necesaria y relevante para llevar a cabo procedimientos seguros y obtener datos confiables.
- Una ayuda didáctica visual fue agregada al presente trabajo, para permitir observar y entender el funcionamiento del banco de pruebas en los procedimientos de Prueba de Presión de Apertura y Cierre de una válvula de gas lift.

RECOMENDACIONES

- Cambiar el regulador de presión del cilindro de suministro de nitrógeno para realizar pruebas a mayores presiones.
- Agregar un segundo manómetro para determinar la presión de apertura o cierre con más precisión (estableciendo un diferencial entre líneas)
- Agregar un módulo de prueba de fugas para el revestimiento de la válvula de gas lift.
- Agregar un módulo de carga de nitrógeno en el domo, con diferentes boquillas o las que se consideren más comunes en la industria petrolera local.
- Agregar un micrómetro para determinar el desplazamiento del pistón de la válvula.
- Automatizar y sistematizar los procesos del banco de pruebas, reemplazando las válvulas de corte por electroválvulas, haciendo uso de sensores electrónicos de presión y temperatura conectados a un computador, para poder tener mediciones registradas y fácilmente procesadas y analizadas.
- Obtener Certificaciones de Calidad del banco de pruebas, para brindar servicios de prueba de válvulas de gas lift a la industria petrolera local.

BIBLIOGRAFÍA

ABDULLAH, Naiza, DECKER, Ken y DUNHAM, Cleon. Routine Validation Testing of Every Gas-Lift Valve. Presentación informal durante el ASME/API Gas-Lift Workshop. 2001

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Recommended Practice for Design and Operation of Intermittent and Chamber Gas-Lift Wells and Systems, API RP 11V10. Washington, 2004

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Recommended Practices for Gas-Lift Operation, Maintenance, and Trouble-Shooting of Gas-Lift Installations, API RP 11V5. Washington, 2001

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Recommended Practice for Gas Lift System Design and Performance Prediction, API RP 11V8. Washington, 2005

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API Task Group 11V on Gas Lift Equipment - Update of Proceedings. Washington, 2004

ARANDA A., Ervin. Curso de levantamiento artificial. Universidad Surcolombiana. Neiva. 2001

BAHAMÓN D., Claudia P., RAMÍREZ D., Diana M. Módulo guía de seguridad en operaciones de gas lift para el campo Los Mangos (Yaguará). Universidad Surcolombiana. Neiva. 1995

BAKER HUGHES INCORPORATED. Gas Lift System Catalog. Catálogo pdf. 2003

BONILLA C., Fernando, SEPULVEDA G., Jairo y PINZÓN T., Carmen. Fundamentos básicos de Gas Lift. Universidad Surcolombiana. Neiva, 2002

CRAFT, Benjamin, HOLDEN, W.R., GRAVES, E.D. Well Design: Drilling and Production. Prentice Hall, 1962

FERRUM ACEROS, C.A.. Clasificación de Aceros Especiales. Documento web. <http://www.ferrum-ca.com/aceros3.htm>

FLESHMAN, Roy y OBREN L., Harryson. Artificial Lift for High-Volume Production. 1999

GRUPO PALMEXICO. Fichas Técnicas Aceros Especiales. Documento web. <http://www.kjsteel.com.mx/1045.htm>

FLESHMAN, Roy; OBREN, Harryson. Artificial Lift for High-Volume Production. Publicación PDF. 1999

INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE PUBLICATIONS. Well Production Practical Handbook. Editorial Technip. París. 2000

NIND, T. Principles of oil well production. Editorial McGraw Hill. New York, 1981

OKLAHOMA MARGINAL WELL COMMISSION. The Lease Pumper's Handbook. Documento PDF. <http://www.marginalwells.com/MWC/MWC/C-09.A-Intro%20to%20Gas%20Lift.pdf>

OMAN, Muscat et al. Gas Lift, an integral part of the artificial lift world. Presentación del SIEP Artificial Lift Team en el Middle East Artificial Lift Forum. 2005.

PARVEEN. Calibration & Testing Of Gas Lift Valves. Brochure PDF. 2006

PETROFAUSTO S.A. Curso de ingeniería de producción: válvulas de LAG o Gas Lift. Caracas, 1985

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y METALÚRGICA. Aceros Especiales. Documento web. <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/materiales/aceros/sabimet.html>

SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. Petroleum Engineering Handbook. Capítulo 5 – Gas Lift. Texas, 2003

TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 67 - PETROLEUM AND NATURAL GAS INDUSTRIES, SUBCOMMITTEE SC4. Down hole equipment (Part 4: Practices for side-pocket mandrels and related equipment), ISO/WD 17078 4. Texas, 2006

TECHTOOL INTERNATIONAL. Gas Lift equipment. Catálogo de servicios, formato PDF. 2003.

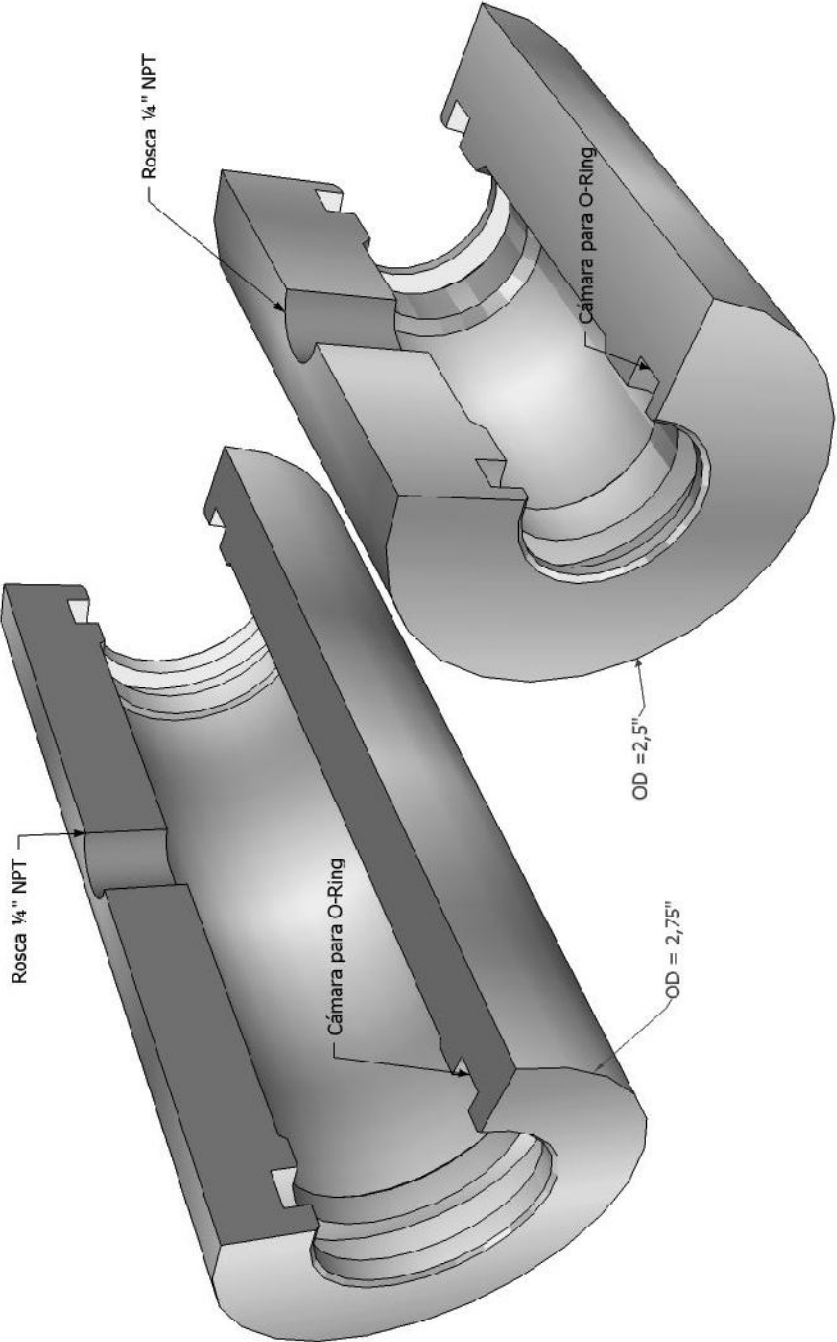
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Aceros al carbono. Documento web. <http://www.utp.edu.co/~publio17/aceroalC.htm>

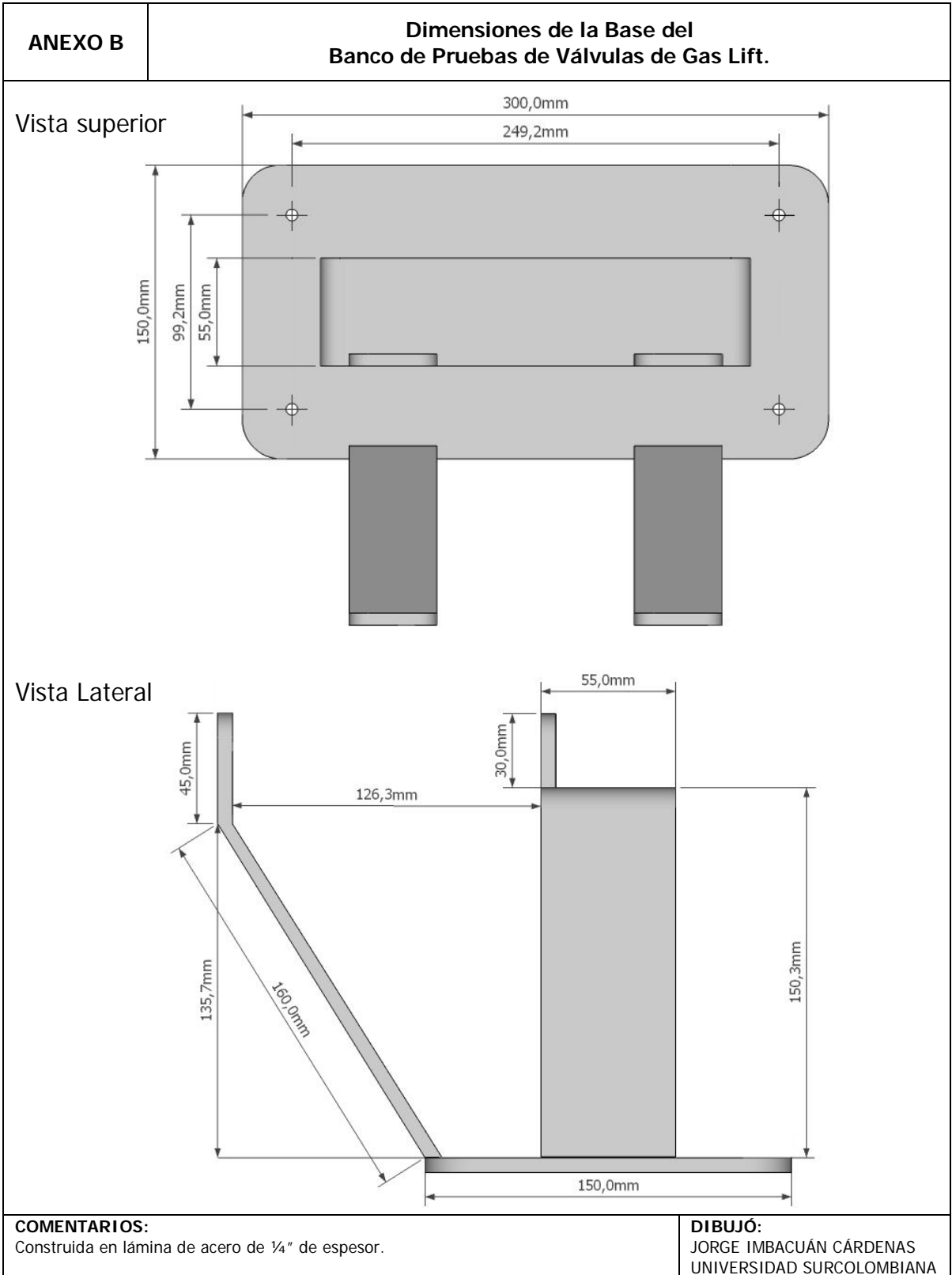
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Aceros aleados. Documento web. http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_aleados.htm

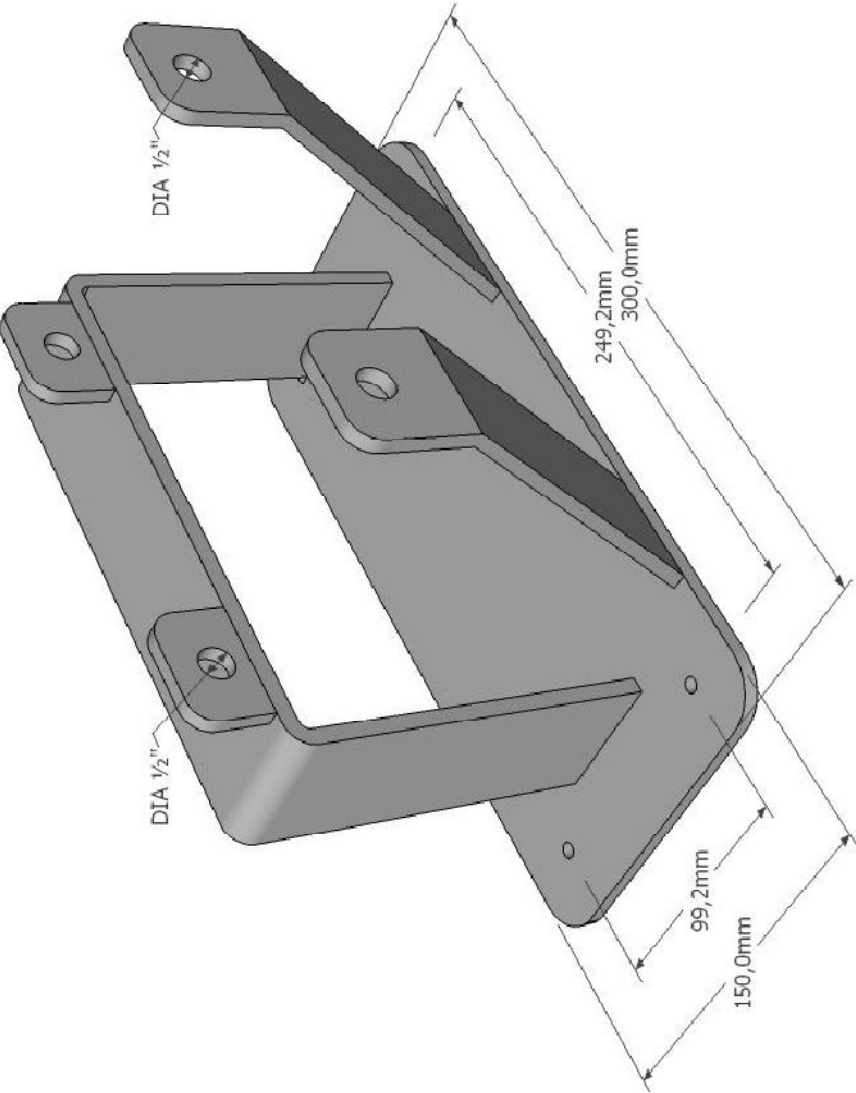
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Aceros inoxidables. Documento web. http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm

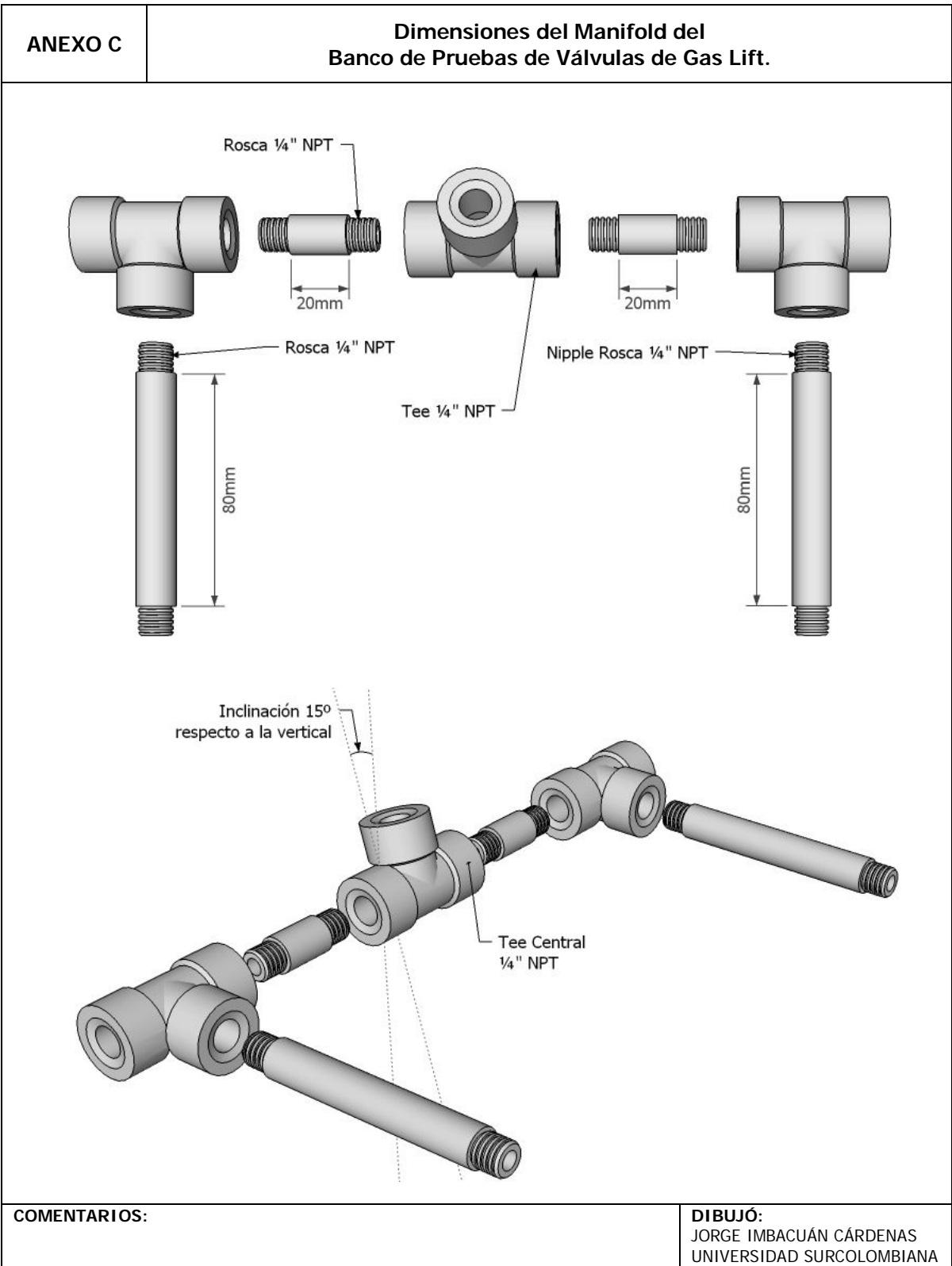
ANEXOS

ANEXO A	Dimensiones de los portaválvulas del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift.	
<p>The drawing consists of two technical views of valve holders. The upper view is for a holder with a diameter of 2.75 inches and a 1/4 inch NPT thread. It shows a total length of 142.75 mm and a height of 40.89 mm. The hole depth is 47.51 mm, and the hole diameter is 38.63 mm. Specific offset dimensions are 4.32 mm, 6.60 mm, and 5.08 mm. The lower view is for a holder with a diameter of 2.5 inches and a 1/4 inch NPT thread. It shows a total length of 76.20 mm and a height of 29.63 mm. The hole depth is 35.10 mm, and the hole diameter is 25.85 mm. Specific offset dimensions are 2.54 mm, 5.59 mm, and 6.83 mm.</p>		
<p>COMENTARIOS: Vista plana de la sección de los portaválvulas para válvulas de gas lift de 1½" y 1", respectivamente.</p>	<p>DIBUJÓ: JORGE IMBACUÁN CÁRDENAS UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>	

<p>ANEXO A</p>	<p align="center">Dimensiones de los Portaválvulas del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift.</p>
	
<p>COMENTARIOS: Vista en perspectiva de la sección en cuadrante de los portaválvulas para válvulas de gas lift de 1½" y 1", respectivamente.</p>	<p>DIBUJÓ: JORGE IMBACUÁN CÁRDENAS UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>

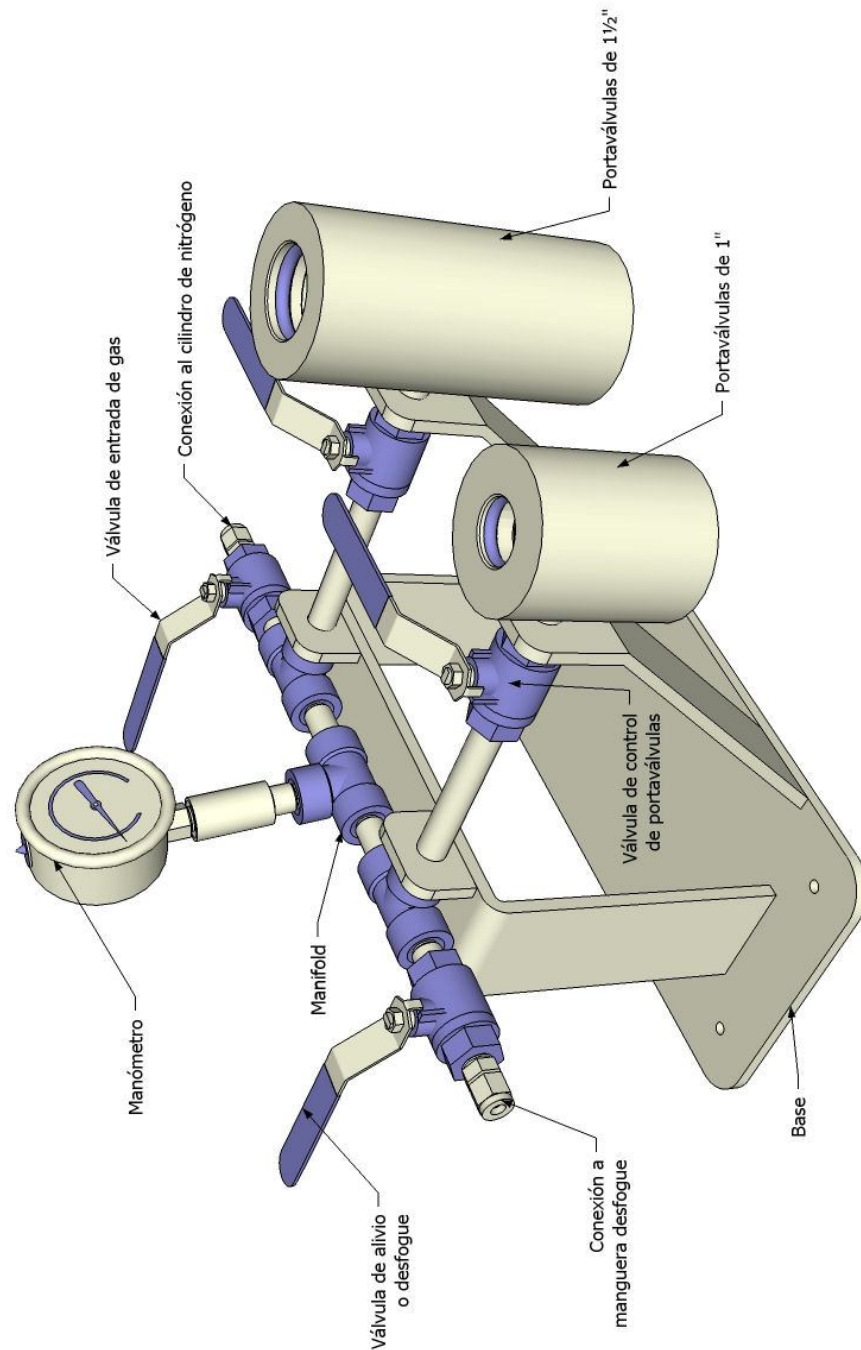


ANEXO B	Dimensiones de la Base del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift.	
<p>Vista en perspectiva</p> 		
<p>COMENTARIOS: Construida en lámina de acero de 1/4" de espesor.</p>	<p>DIBUJÓ: JORGE IMBACUÁN CÁRDENAS UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>	



ANEXO D


Vista Esquemática del
Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift.



COMENTARIOS:

DIBUJÓ:

JORGE IMBACUÁN CÁRDENAS
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

	ANEXO E. Manual de Operación del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift
	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
	PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

1. OBJETIVO

Establecer los procedimientos necesarios para la operación del banco didáctico de pruebas de válvulas de gas lift, diseñado y construido para el Área de Producción.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica únicamente para la operación del banco de pruebas de válvulas de gas lift, construido para el Área de Producción, por el ejecutante del proyecto.

3. RESPONSABLES


Profesor, auxiliar y monitor del área de Producción.

4. PROCEDIMIENTO

Los siguientes pasos de operación están dados para probar una sola válvula de gas lift a la vez.

4.1. PRUEBA DE PRESION DE APERTURA DE VÁLVULA DE GAS LIFT.


- a. Retirar el latch y la nariz de la válvula de gas lift.
- b. Colocar la válvula de gas lift en Baño María por 15 minutos a una temperatura de 25°C. Si desea hacer la prueba a una temperatura distinta, procure que ésta sea estable.
- c. Comprobar que todas las válvulas de control del banco de pruebas estén cerradas.
- d. Abrir la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno y comprobar que hay presión en la cámara del mismo.
- e. Volver a cerrar la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno.
- f. Insertar la válvula de gas lift en el portaválvulas de diámetro adecuado (1" y 1½"), verificando que la entrada de gas a la válvula, quede aislada del exterior por los o-rings del portaválvulas.
- g. Abrir la válvula de entrada de gas al banco de pruebas y la válvula de control correspondiente al portaválvulas que contiene la válvula de gas lift a probar.
- h. Abrir lentamente la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno y comprobar el aumento gradual de presión en el manómetro del banco de pruebas. Dejar de abrir la válvula del regulador del cilindro de nitrógeno cuando abra la válvula de gas lift. La apertura de la válvula se identifica cuando se detecta la salida de gas por la parte baja de la válvula de gas lift probada.

	ANEXO E. Manual de Operación del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift
	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
	PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

- i. Leer la presión en el manómetro. Registre la presión cuando se considere estable. Si la prueba no se ha concluido antes de tres minutos, vuelva a colocar la válvula de gas lift en el baño maría durante cinco minutos, para estabilizar su temperatura y repita la operación en el menor tiempo posible.
- j. Cerrar la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno, la válvula de control de entrada de gas al banco de pruebas y la válvula de control del portaválvulas usado.
- k. Descargue la presión contenida en el banco de pruebas, abriendo lentamente la válvula de alivio del montaje.
- l. Remueva la válvula de gas lift del portaválvulas. Ensamble el latch y la nariz.

4.2. PRUEBA DE PRESION DE CIERRE DE VÁLVULA DE GAS LIFT.

- a. Retirar el latch y la nariz de la válvula de gas lift.
- b. Colocar la válvula de gas lift en Baño María por 15 minutos a una temperatura de 25°C. Si desea hacer la prueba a una temperatura distinta, procure que ésta sea estable.
- c. Comprobar que todas las válvulas de control del banco de pruebas estén cerradas.
- d. Abrir la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno y comprobar que hay presión en la cámara del mismo.
- e. Volver a cerrar la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno.
- f. Insertar la válvula de gas lift en el portaválvulas de diámetro adecuado (1" y 1½"), verificando que la entrada de gas a la válvula, quede aislada del exterior por los o-rings del portaválvulas.
- g. Abrir la válvula de entrada de gas al banco de pruebas y la válvula de control correspondiente al portaválvulas que contiene la válvula de gas lift a probar.
- h. Abrir lentamente la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno, hasta llegar a una presión un poco mayor que la de apertura de la válvula de gas lift. Entre 20-50 psi pueden ser adecuados.
- i. Abrir lentamente la válvula de alivio del banco de pruebas y esperar el momento en que la válvula de gas lift se cierre. El cierre de la válvula de gas lift se puede identificar porque cesa el escape de nitrógeno a través de ella. Puede ser necesario regular la presión de entrada al banco, usando el regulador del cilindro de nitrógeno. Anote la presión en el momento exacto del cierre de la válvula. Cualquier demora en la lectura de la presión, implica un error en la presión de cierre registrada.

	ANEXO E. Manual de Operación del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift
	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
	PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

- j. Si la prueba no se ha concluido antes de tres minutos, vuelva a colocar la válvula de gas lift en el baño maría durante cinco minutos, para estabilizar su temperatura y repita la operación en el menor tiempo posible.
- k. Cerrar la válvula del regulador (manorreductor) del cilindro de nitrógeno, la válvula de control de entrada de gas al banco de pruebas y la válvula de control del portaválvulas usado.
- l. Asegurarse de que toda presión contenida en el banco de pruebas, ha sido descargada por la válvula de alivio del montaje.
- m. Remueva la válvula de gas lift del portaválvulas. Ensamble el latch y la nariz.

4.3. CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DE LA PRESIÓN DE APERTURA O CIERRE EN BANCO DE PRUEBAS

En la Tabla 1, consulte el Factor de Corrección para nitrógeno a la temperatura de la válvula en el baño maría. Por ejemplo: Si la prueba se hace a 25°C (77°F), se tiene un Factor de Corrección para nitrógeno, $F_c = 0.965$.

Normalice la presión de apertura o cierre de la válvula a 60° F, mediante las siguientes fórmulas:

Donde:

- = Presión de apertura de la válvula en el banco @ 60°F, psig
- = Factor de corrección por temperatura para Nitrógeno, adimensional (Tabla 1).
- = Presión de apertura de la válvula en el banco @ P_{60} , psig
- = Temperatura de la válvula en el banco (diferente a 60°F), °F.

Presión de cierre de la válvula en banco @ 60°F, si y solo si, las presiones de suministro y alivio a través del puerto de la válvula, son iguales en el instante que la válvula cierra, psig.

Presión de cierre de la válvula en banco @ P_{60} , psig.


	ANEXO E. Manual de Operación del Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift
	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
	PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

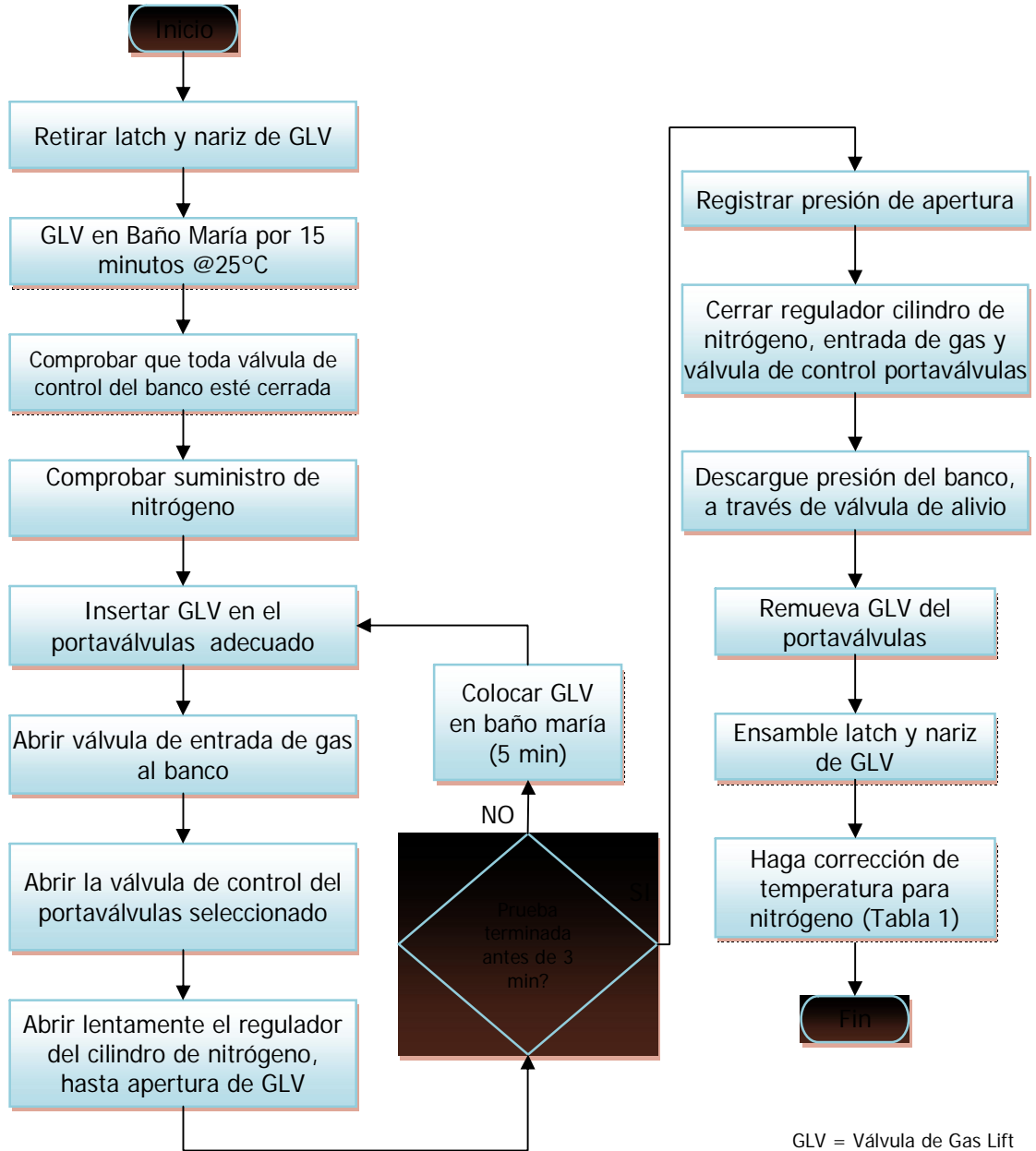
Tabla 1. FACTOR DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA PARA NITRÓGENO A 60°F

°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T	°F	F _T
61	0,998	101	0,919	141	0,852	181	0,794	221	0,743	261	0,698
62	0,996	102	0,917	142	0,850	182	0,792	222	0,742	262	0,697
63	0,994	103	0,915	143	0,849	183	0,791	223	0,740	263	0,696
64	0,991	104	0,914	144	0,847	184	0,790	224	0,739	264	0,695
65	0,989	105	0,912	145	0,845	185	0,788	225	0,738	265	0,694
66	0,987	106	0,910	146	0,844	186	0,787	226	0,737	266	0,693
67	0,985	107	0,908	147	0,842	187	0,786	227	0,736	267	0,692
68	0,983	108	0,906	148	0,841	188	0,784	228	0,735	268	0,691
69	0,981	109	0,905	149	0,839	189	0,783	229	0,733	269	0,690
70	0,979	110	0,903	150	0,838	190	0,782	230	0,732	270	0,689
71	0,977	111	0,901	151	0,836	191	0,780	231	0,731	271	0,688
72	0,975	112	0,899	152	0,835	192	0,779	232	0,730	272	0,687
73	0,973	113	0,898	153	0,833	193	0,778	233	0,729	273	0,686
74	0,971	114	0,896	154	0,832	194	0,776	234	0,728	274	0,685
75	0,969	115	0,894	155	0,830	195	0,775	235	0,727	275	0,684
76	0,967	116	0,893	156	0,829	196	0,774	236	0,725	276	0,683
77	0,965	117	0,891	157	0,827	197	0,772	237	0,724	277	0,682
78	0,963	118	0,889	158	0,826	198	0,771	238	0,723	278	0,681
79	0,961	119	0,887	159	0,825	199	0,770	239	0,722	279	0,680
80	0,959	120	0,886	160	0,823	200	0,769	240	0,721	280	0,679
81	0,957	121	0,884	161	0,822	201	0,767	241	0,720	281	0,678
82	0,955	122	0,882	162	0,820	202	0,766	242	0,719	282	0,677
83	0,953	123	0,881	163	0,819	203	0,765	243	0,718	283	0,676
84	0,951	124	0,879	164	0,817	204	0,764	244	0,717	284	0,675
85	0,949	125	0,877	165	0,816	205	0,762	245	0,715	285	0,674
86	0,947	126	0,876	166	0,814	206	0,761	246	0,714	286	0,673
87	0,945	127	0,874	167	0,813	207	0,760	247	0,713	287	0,672
88	0,943	128	0,872	168	0,812	208	0,759	248	0,712	288	0,671
89	0,941	129	0,871	169	0,810	209	0,757	249	0,711	289	0,670
90	0,939	130	0,869	170	0,809	210	0,756	250	0,710	290	0,669
91	0,938	131	0,868	171	0,807	211	0,755	251	0,709	291	0,668
92	0,936	132	0,866	172	0,806	212	0,754	252	0,708	292	0,667
93	0,934	133	0,864	173	0,805	213	0,752	253	0,707	293	0,666
94	0,932	134	0,863	174	0,803	214	0,751	254	0,706	294	0,665
95	0,930	135	0,861	175	0,802	215	0,750	255	0,705	295	0,664
96	0,928	136	0,860	176	0,800	216	0,749	256	0,704	296	0,663
97	0,926	137	0,858	177	0,799	217	0,748	257	0,702	297	0,662
98	0,924	138	0,856	178	0,798	218	0,746	258	0,701	298	0,662
99	0,923	139	0,855	179	0,796	219	0,745	259	0,700	299	0,661
100	0,921	140	0,853	180	0,795	220	0,744	260	0,699	300	0,660



5. DIAGRAMAS DE FLUJO

PROCEDIMIENTO PRUEBA DE PRESIÓN DE APERTURA DE VÁLVULA DE GAS LIFT

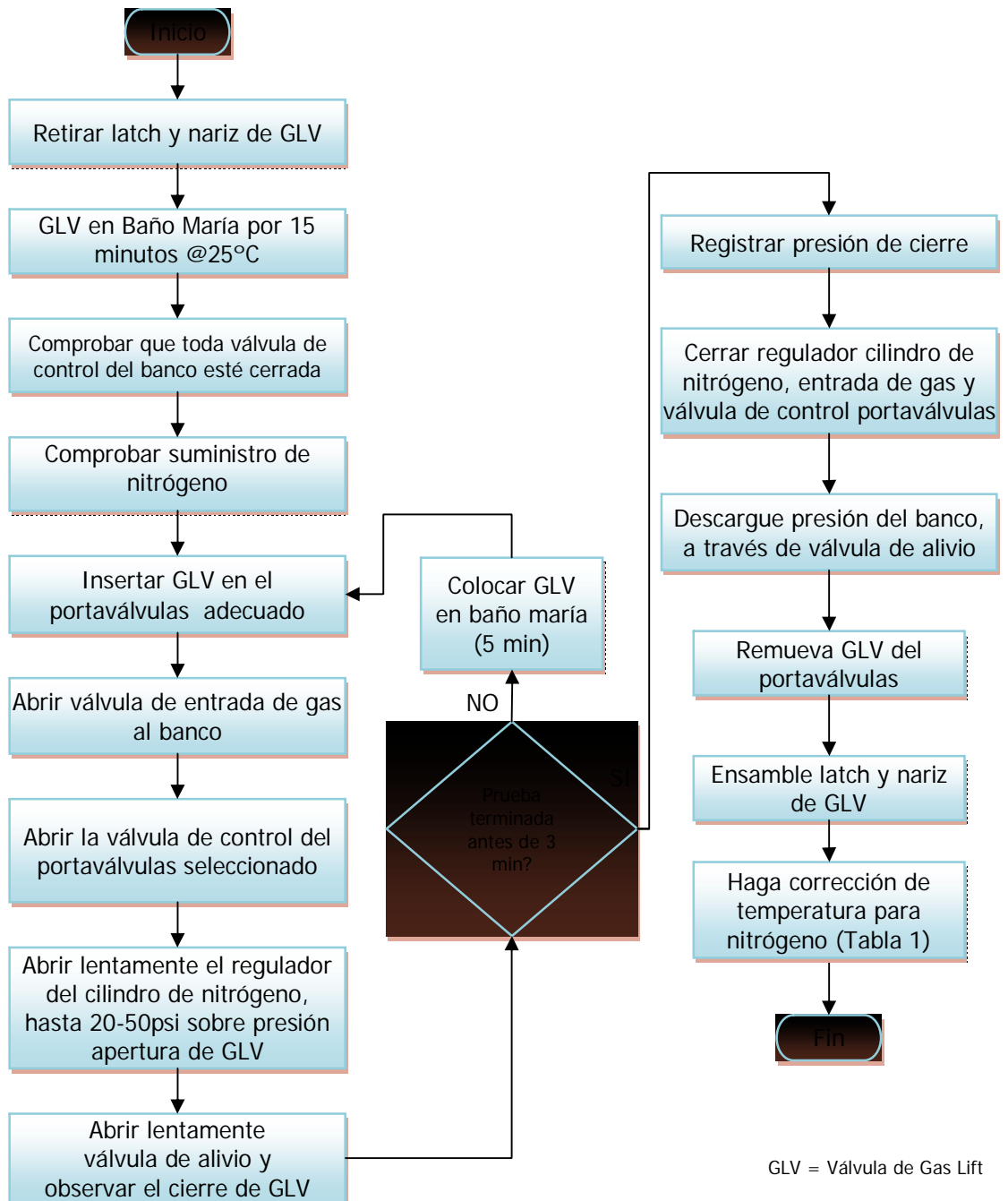




ANEXO E. Manual de Operación del
Banco de Pruebas de Válvulas de Gas Lift
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

PROCEDIMIENTO PRUEBA DE PRESIÓN DE CIERRE DE VÁLVULA DE GAS LIFT



ANEXO F. Ficha Técnica del Acero SAE 1045

ACERO SAE 1045 (CK 45)

Composición Química: 0.48%C; 0.15%Cr; 0.06%Ni; 0.69%Mn; 0.02%Mo, 0.029%P; 0.037%S; 0.28%Si; 0.21%Cu; 0.041%Al.

Dureza de suministro: 170-190 HB (Dureza Brinell)

Propiedades:

- Acero recocido apto para ser templado y revenido.

Aplicaciones:

- Coronas de arranque, catalinas y ejes transmisores de baja carga.

- Piezas empleadas en la industria tales como: ejes, pernos, arandelas, tuercas, etc.

ANEXO G. Ficha Técnica del Acero SAE 4140

ACERO SAE 4140 (42CRMOS4H)

Composición Química: 0.38-0.43%C; 0.8-1.1%Cr; 0.12%Ni; 0.75-1.0%Mn; 0.15-0.25%Mo; 0.15-0.35%Si; 0.02%P; 0.003%S; 0.19%Cu.

Estado de suministro: Bonificado.

Dureza de suministro: 275-300 HB (Dureza Brinell)

Propiedades:

- Conserva la dureza y resistencia a alta temperatura por el cromo y manganeso.
- Son menos susceptibles al fragilizado, debido al revenido por el cromo y molibdeno.
- Poseen buenas características de endurecido profundo, de ductilidad y de capacidad para soldarse, por el manganeso y molibdeno.
- Para construcción de maquinarias posee alta resistencia en medidas pequeñas y medianas.
- Acero especial de bonificación con aleación cromo-molibdeno muy resistente a la tracción y a al torsión como también a cambios de flexión
- Indicado cuando los aceros son expuestos a altas exigencias de dobladuras alternadas y de medianas secciones transversales.

Al ser suministrado en estado bonificado permite su aplicación sin necesidad de tratamiento adicional pero puede ser templado al aceite para tener propiedades más elevadas.

Aplicaciones:

- Recipientes sujetos a presión, partes estructurales de los aviones, ejes de automóviles y para aplicaciones semejantes.
- Piezas de transmisión, ejes, piñones, coronas dentadas, pernos, columnas de prensas, vástagos.
- Partes de maquinarias y repuestos de dimensiones medianas con grandes exigencias en las propiedades ya mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores como engranajes, pernos, tuercas, pines émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para cacería.
- Varillas roscadas para la industria petrolera.

Tratamiento Térmico:

- Temple: 820-860°C; Medio de enfriamiento: Aceite, Agua; 55 HR
- Revenido: 100°C (--HRC); 200°C (--HRC); 300°C (--HRC); 400°C (48.5-HRC); 500°C (38-41.8HRC); 600°C (30-41.8HRC).
- Recocido 700-730°C; b23 HRC
- Nitruración: T=560°C; t=6 horas

ANEXO H. Ficha Técnica del Acero SAE 4340

ACERO SAE 4340 (34 CRNIMO6)

Composición Química: 0.38-0.43%C; 0.7-0.9%Cr; 1.65-2.0%Ni; 0.6-0.8%Mn; 0.2-0.3%Mo; 0.15-0.35%Si; 0.009%P; 0.002%S; 0.093%Cu

Estado de suministro: Bonificado

Dureza de suministro: 275-320 HB (Dureza Brinell)

Propiedades:

- Conserva la dureza y resistencia a alta temperatura debido al cromo, manganeso y molibdeno.
- Mejora la resistencia al desgaste de la superficie endurecida y la tenacidad del núcleo debido al cromo, níquel, molibdeno y manganeso.
- Tienen alta templabilidad hasta en medidas grandes proporcionada por el cromo, níquel, manganeso y molibdeno.
- Son menos susceptibles al fragilizado, debido al revenido, lo que permite recocerlo a altas temperaturas para eliminar tensiones debido al efecto del cromo, níquel y molibdeno.
- Altamente resistente a la tracción, torsión y a cambios de flexión, debido al efecto de manganeso, molibdeno y el carbono.
- Puede utilizarse para trabajo en caliente ($T < 400^{\circ}\text{C}$).

- Insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a rotura de revenido, debido al cromo, níquel y manganeso.
- Por su estado de suministro de bonificado, permite su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

Aplicaciones:

- Se usa mucho en la industria de la aeronáutica para las partes estructurales del ensamble de las alas, fuselaje y tren de aterrizaje, ejes para hélices de aviones.
- Partes de maquinarias y repuestos de mayores dimensiones sometidos a altos esfuerzos dinámicos como pernos y tuercas de alta tensión, cigüeñales, ejes de leva, árboles de transmisión, barras de torsión, ejes cardán, ejes de bombas, tornillos sin fin, rodillos de transportadora, vástagos, pines, brazos de dirección, discos de embrague.

Tratamiento Térmico:

- Temple: 830-860°C; Medio de enfriamiento: Aceite; 55 HRC
- Revenido: 100°C (54HRC); 200°C (53HRC); 300°C (52HRC); 400°C (51-45.3HRC); 500°C (49-41HRC); 600°C (44-31.5HRC).
- Recocido 690-720°C; 23 HRC
- Cementación: T°: 940°C; 62 HRC
- Nitruración: T=560°C; t=6 horas
- Carbonitruración: T=880°C; t=1.5 horas

ANEXO I. Ficha Técnica del Acero SAE 304

ACERO INOXIDABLE SAE 304

Composición Química: 0.07%C; 18.5%Cr; 9.5%Ni; 2%Mn; 1%Mo.

Dureza de suministro: 130-180 HB (Dureza Brinell)

Propiedades:

- Acero inoxidable austenítico al Cr, Ni, 18/8.
- Buenas características de resistencia a la corrosión, ductibilidad y pulido.
- No garantizado a la corrosión intercrystalina en soldaduras.
- Resistente a la corrosión de aguas dulces y atmósferas naturales.

Aplicaciones:

- En construcción de muebles, utensilios de cocina, orfebrería, arquitectura, decoración de exteriores.

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (MSDS)

Elaborada de acuerdo con los requerimientos establecidos por la NTC 4435 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas

NITRÓGENO COMPRIMIDO

Nota : Las instrucciones contenidas en esta hoja de seguridad aplican también para Nitrógeno purificado, Nitrógeno alta pureza, Nitrógeno ultra alta pureza, Nitrógeno grado cero.

1. PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del producto : Nitrógeno

Familia química : Gas inerte

Nombre químico : Nitrógeno

Fórmula : N₂

Sinónimos : No aplica

Usos : Protección contra el fuego y explosiones, industria química y metalúrgica, procesamiento de aceites y grasas vegetales, mantenimiento de ambientes en atmósferas inertes para ciertos propósitos, fabricación de lámparas, secado y prueba de tuberías, manipulación de soluciones para revelar películas de color, embalaje y almacenaje de productos susceptibles a pérdidas de calidad.

Fabricante :

AGA Fano S.A.

Apartado Aéreo 3624

Carrera 68 # 11 - 51

www.aga.com.co

Tel. : (57) 1 - 4254550 (24 horas)

Fax : (57) 1 - 4146040 - 4254585

Bogotá (Colombia)

Información técnica :

Tel. : 4254520 en Bogotá, 018000 919242 en el resto del país.

Horario : Lunes a viernes de 7 a.m. - 6 p.m, sábados 8 a.m. - 2 p.m.

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

COMPONENTE	% MOLAR	NUMERO CAS	LIMITES DE EXPOSICIÓN
Nitrógeno	99.9 - 99.999%	7727-37-9	TLV : Gas asfixiante simple

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Resumen de emergencia

El nitrógeno es un gas inerte, incoloro, que no tiene olor. El peligro primordial a la salud asociado con escapes de este gas es asfixia por desplazamiento del oxígeno.

Efectos potenciales para la salud

Inhalación: Asfixiante simple. El nitrógeno no es tóxico pero puede causar asfixia al desplazar el oxígeno del aire. La exposición a una atmósfera deficiente de oxígeno (<19.5%) puede causar mareo, náusea, vómito, depresión, salivación excesiva, disminución de agudeza mental, pérdida de conocimiento y muerte. Exposición a atmósferas que contengan una cantidad de oxígeno menor al 10% pueden causar pérdida del conocimiento sin dar aviso y tan rápidamente que el

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

individuo no tendrá tiempo de protegerse; se presentan movimientos convulsivos, colapso respiratorio, lesiones graves o muerte.

Carcinogenicidad: El nitrógeno no está listado por la NTP, OSHA, o IARC.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar a la persona expuesta a altas concentraciones de nitrógeno al aire libre lo antes posible. Solamente personal profesionalmente entrenado debe suministrar oxígeno suplementario y/o resucitación cardio-pulmonar, de ser necesario. Suministrar asistencia médica inmediatamente.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIO

Punto de inflamación : No aplica.

Temperatura de auto ignición : No aplica.

Límites 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 cilindros se exponen a intenso calor o llamas pueden explotar violentamente.

Medios de extinción

El nitrógeno no es inflamable, ni tampoco comburente. Se pueden utilizar todos los elementos extintores conocidos.

Instrucciones para combatir incendios

El nitrógeno es un asfixiante simple. Si es posible, remover los cilindros de nitrógeno del incendio o enfriarlos con agua desde un lugar seguro. Algunos de los cilindros están provistos de válvulas con discos de ruptura que permiten evacuar el contenido de gas cuando son expuestos a altas temperaturas. La presión en el cilindro puede aumentar debido al calentamiento y puede romperse si los dispositivos de alivio de presión llegaran a fallar.

Si un camión que transporta cilindros con nitrógeno 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 comprobar los niveles de oxígeno. La atmósfera debe tener un mínimo de 19.5% de oxígeno antes de permitir el acceso del personal con aparatos de respiración autosuficiente. Eliminar posibles fuentes de ignición. Ventilar el área encerrada o mover el cilindro con fuga a un área ventilada. Escapes sin control deben ser atendidos por personal profesionalmente entrenado usando un procedimiento establecido previamente.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Precauciones que deben tomarse durante el manejo de cilindros

Antes del uso: Mover los cilindros utilizando un carro porta cilindros o montacargas. No hacerlos rodar ni arrastrarlos en posición horizontal. Evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o con otras superficies. No se deben transportar en espacios

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

cerrados como, por ejemplo, el baúl de un automóvil, camioneta o van. Para descargarlos, usar un rodillo de caucho.

Durante su uso: No calentar el cilindro para acelerar la descarga del producto. Usar una válvula de contención o anti retorno en la línea de descarga para prevenir un contraflujo peligroso al sistema. Usar un regulador para reducir la presión al conectar el cilindro a tuberías o sistemas de baja presión (<200 bar -3.000 psig). Jamás descargar el contenido del cilindro hacia las personas, equipos, fuentes de ignición, material incompatible o a la atmósfera.

Después del uso: Cerrar la válvula principal del cilindro. Marcar los cilindros vacíos con una etiqueta que diga "VACIO". Los cilindros deben ser devueltos al proveedor con el protector de válvula o la tapa. No deben reutilizarse cilindros que presenten fugas, daños por corrosión o que hayan sido expuestos al fuego o a un arco eléctrico. En estos casos, notificar al proveedor para recibir instrucciones.

Precauciones que deben tomarse para el almacenamiento de cilindros

Almacenar los cilindros en posición vertical. Separar los cilindros vacíos de los llenos. Para esto, usar el sistema de inventario "primero en llegar, primero en salir" con el fin de prevenir que los cilindros llenos sean almacenados por un largo período de tiempo.

El área de almacenamiento debe encontrarse delimitada para evitar el paso de personal no autorizado que pueda manipular de forma incorrecta el producto. Los cilindros deben ser almacenados en áreas secas, frescas y bien ventiladas, lejos de áreas congestionadas o salidas de emergencia. El área debe ser protegida con el fin de prevenir ataques químicos o daños mecánicos como cortes o abrasión sobre la superficie del cilindro. 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 muestre el tipo de peligro representado por el producto. El almacén debe contar con un extinguidor de fuego apropiado (por ejemplo, sistema de riego, extinguidores portátiles, etc.). Los cilindros no deben colocarse en sitios donde hagan parte de un circuito eléctrico. Cuando los cilindros de gas se utilicen en conjunto con soldadura eléctrica, no deben estar puestos a tierra ni tampoco se deben utilizar para conexiones a tierra; esto evita que el cilindro sea quemado por un arco eléctrico, afectando sus propiedades físicas o mecánicas.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Controles de ingeniería

Ventilación: Usar 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 AGA Fano S.A.

Protección respiratoria

Usar protección respiratoria como equipo de auto-contenido (SCBA) o máscaras con mangueras de aire y de presión directa, cuando se presenten escapes de este gas o durante las emergencias. Los purificadores de aire no proveen suficiente protección.

Vestuario protector

Para el manejo de cilindros es recomendable usar guantes industriales verificando que estos estén libres de aceite y grasa, gafas de seguridad y botas con puntera de acero.

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).

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Densidad de gas a 0°C (32°F), 1 atm:	1.234 kg/m ³ (0.072 lbs/ft ³)
Punto de ebullición a 1 atm:	-195.8°C (-320.4°F)
Punto de congelación / fusión a 1 atm:	-210°C (-345.8°F)
pH:	No aplica.
Peso específico (aire = 1) a 21.1°C (70°F):	0.97
Peso molecular:	28.01
Solubilidad en agua vol/vol a 0°C (32°F) y 1 atm:	0.023
Volumen específico del gas (lb/ft³):	13.8
Presión de vapor a 21.1°C (70°F):	No aplica.
Coefficiente de distribución agua / aceite:	No aplica.
Apariencia y color:	Gas incoloro y sin olor.

10. REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD

Estabilidad

El nitrógeno es un gas estable

Incompatibilidad

Neodimio, litio, zirconio y ozono pueden reaccionar con nitrógeno lentamente a temperatura ambiente (16°C). Calcio, estroncio, bario y titanio reaccionaran a altas temperaturas para formar nitritos.

Condiciones a evitar

Evite el contacto con material incompatible.

Reactividad

- a) Productos de descomposición : Ninguno
- b) Polimerización peligrosa : Ninguna

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

El nitrógeno es un asfixiante simple. En humanos se presentan los siguientes síntomas por deficiencia de oxígeno:

Concentración	Síntomas de exposición
12-16% Oxígeno:	Respiración y grados del pulso aumenta, coordinación muscular es ligeramente alterada.
10-14% Oxígeno:	Efectos emocionales, fatiga anormal, respiración perturbada.
6-10% Oxígeno:	Nausea y vómito, colapso o pérdida de la conciencia.
Abajo 6%:	Movimientos convulsivos, colapso respiratorio y posible muerte.

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 nitrógeno.

Embriotoxicidad: Ningún efecto embriotóxico ha sido descrito para nitrógeno.

Teratogenicidad: Ningún efecto teratogénico ha sido descrito para nitrógeno.

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

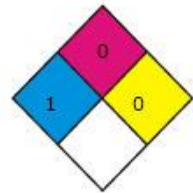
Toxicidad Reproductiva: Ningún efecto de toxicidad reproductiva ha sido descrito para nitrógeno.	
12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA <p>El nitrógeno compone cuatro quintos (78,03%) del volumen de aire en la atmósfera. El nitrógeno no puede considerarse como contaminante en sentido estricto, ya que no es tóxico y se halla en la atmósfera de modo natural.</p> <p>No obstante el problema ambiental es el relativo al ciclo del N₂. La acumulación de nitratos en el subsuelo, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.</p> <p>El nitrógeno no está identificado como contaminante marino por el DOT.</p>	
13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN <p>Regresar los cilindros vacíos al fabricante para que éste se encargue de su disposición final de acuerdo a lo establecido por la normatividad ambiental.</p>	
14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE Número de Naciones Unidas : UN 1066 Clase de peligro D.O.T : 2.2 Rotulo y etiqueta D.O.T : GAS NO INFLAMABLE NO TÓXICO	 <p>A green diamond-shaped hazard label with a black border. Inside the diamond, there is a black silhouette of a gas cylinder. Below the cylinder, the text reads "GAS COMPRIMIDO NO INFLAMABLE NO TÓXICO".</p>
<p>El nitrógeno se transporta en cilindros color negro (color Black U), de acuerdo a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana NTC 1672.</p> <p>Información especial de embarque: Los cilindros se deben transportar en una posición segura en un vehículo bien ventilado. El transporte de cilindros de gas comprimido en automóviles o en vehículos cerrados presenta serios riesgos de seguridad y debe ser descartado.</p>	
15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA <p>El transporte de este producto está sujeto a las disposiciones y requerimientos establecidos en el Decreto 1609 de 2.002 del Ministerio de Transporte.</p> <p>Para la manipulación de ese producto deberán cumplirse los requisitos establecidos en la Ley 55 de 1.993 para el uso de sustancias químicas en el puesto de trabajo.</p> <p>Para el almacenamiento del producto se deben tener en cuenta los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4975.</p> <p>La identificación del producto por colores se encuentra reseñada en la Norma Técnica Colombiana NTC 1672.</p>	
16. INFORMACIÓN ADICIONAL <p>En las zonas de almacenamiento de cilindros se debe contar con la siguiente información de</p>	

ANEXO J. Hoja de Seguridad de Nitrógeno Comprimido (AGA)

riesgos :

Código NFPA

Salud : 0 "No ofrece riesgos para la salud"
Inflamabilidad : 0 "No arde"
Reactividad : 0 "Estable"
Salida de válvula : CGA 580



Recomendaciones de material: Se puede usar materiales comunes.

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