

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TEMA:

Diseño y construcción de un sistema hidrostático para pruebas de bop en pozo de la empresa EQUIPETROL S.A.

Trabajo de Titulación, Modalidad de proyecto técnico previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato.

AUTOR: Xavier Alejandro Castillo Navarrete

TUTOR: Ing. Christian Byron Castro Miniguano Mg.

AMBATO – ECUADOR

Junio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDROSTÁTICO PARA PRUEBAS DE BOP EN POZO DE LA EMPRESA EQUIPETROL S.A."**, elaborado por el estudiante Xavier Alejandro Castillo Navarrete, portador de la cédula de ciudadanía número1850324185, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo de titulación, bajo la modalidad proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2025

.....

Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

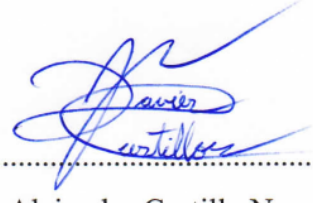
C.C.: 1803441128

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Xavier Alejandro Castillo Navarrete**, con C.C. 1850324185 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo de Titulación, Modalidad proyecto técnico con el tema: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDROSTÁTICO PARA PRUEBAS DE BOP EN POZO DE LA EMPRESA EQUIPETROL S.A."**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio 2025



.....

Xavier Alejandro Castillo Navarrete

C.C.: 1850324185

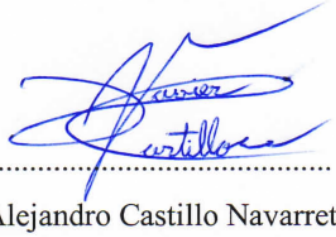
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio 2025



.....

Xavier Alejandro Castillo Navarrete

C.C.: 1850324185

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico, realizado por el estudiante **Xavier Alejandro Castillo Navarrete**, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDROSTÁTICO PARA PRUEBAS DE BOP EN POZO DE LA EMPRESA EQUIPETROL S.A.", Modalidad proyecto de titulación.**

Ambato, junio 2025

Para constancia firman:

.....	.....
Ing. Luis Eduardo Escobar Luna, Mg.	Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis, Mg.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO	**MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO**
C.C: 1801947597	**C.C: 1803100898**

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis padres Dario Xavier Castillo Salazar e Ivonne Jazmine Navarrete Vieira, a pesar de las adversidades y problemas presentados desde que nací, lucharon y se esforzaron por mí. Mientras iba creciendo me aconsejaron y enseñaron la forma de enfrentarme a la sociedad, asimismo al ingresar a mi etapa educativa, tuvieron la paciencia de guiarme e inculcarme la importancia de estudiar y aprender. Ambos, excelentes maestros de profesión que me permitieron destacar en mi vida académica.

A mi hermano menor Emilio Sebastián Castillo Navarrete, pese a las discusiones como todos los hermanos, forma una parte importante en mi vida quien ha sido una motivación para mí, con la intención de ser un ejemplo a seguir y demostrar que con esfuerzo y responsabilidad se puede cumplir las metas.

A mis tíos y primos, quienes en los momentos donde hemos compartido con familia me han marcado en valorar y disfrutar el tiempo juntos., en los cuales han sido momentos de historias, consejos y enseñanzas de vida personal y profesional, siendo mi inspiración para plantearme nuevos sueños en la vida y no limitarme a mi entorno.

A mis amigos de la universidad y del colegio, con quienes compartí no solo largas jornadas de estudio, sino también momentos inolvidables de alegría, apoyo y crecimiento personal. Gracias por acompañarme en esta etapa con su amistad sincera y por ser parte esencial de este camino.

Xavier Alejandro Castillo Navarrete

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis profundos agradecimientos a todas las personas e instituciones que hicieron posible este proyecto, su apoyo fue clave para mantener el enfoque y la confianza en cada etapa del proceso.

Al ingeniero Christian Castro por a ver aceptado guiarme en este trabajo con su disposición, tiempo y paciencia, que fueron fundamentales al tomar decisiones, a superar dudas técnicas y a mantenerme enfocado en los objetivos planteados.

A la empresa Equipetrol S.A. por brindarme el acceso a sus instalaciones, brindándome el apoyo, los recursos y la confianza necesaria para llevar a cabo el tema propuesto.

A los ingenieros quienes me impartieron clases a lo largo de toda mi etapa universitaria, por compartir conocimientos, experiencias y dedicación, los cuales fueron fundamentales para mi formación académica y desarrollo de este proyecto.

A mi padre y a mi tío, Dario y David Castillo, quienes como profesionales no solo me aconsejaron en los momentos en que me sentí estancado, sino que también me motivaron a seguir adelante, aportándome ideas, compartiendo sus experiencias y ayudándome a ver soluciones donde yo solo veía obstáculos.

A mi primo, Luis Tobar, quien con generosidad y confianza me busco la oportunidad de realizar esta tesis en la empresa, facilitando el acceso a un entorno real de trabajo que enriqueció significativamente mi formación y experiencia profesional.

Xavier Alejandro Castillo Navarrete

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PREELIMINARES

PORTADA……..i

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR.....iv

TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA.....vi

AGRADECIMIENTO.....vii

ÍNDICE DE FIGURAS.....xii

ÍNDICE DE TABLAS.....xv

RESUMEN EJECUTIVO xvi

ABSTRACT xvii

B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....1

MARCO TEÓRICO.....1

1.1 Antecedentes investigativos 1

1.2 Justificación.....2

1.3 Fundamentación teórica 3

1.3.1 Mecánica de fluidos 3

1.3.2 Sistema hidrostático 8

1.3.3 Industria petrolera 25

1.3.4 Pruebas de presión.....28

1.3.5 Pruebas de BOP.....31

1.4 Objetivos 36

1.4.1 Objetivo general: 36
1.4.2 Objetivos específicos: 36
CAPÍTULO II 37
METODOLOGÍA 37
2.1 Materiales 37
2.1.1 Aceros 37
2.1.2 Herramientas 38
2.1.3 Softwares 43
2.2 Métodos 43
2.2.1 Estrategias metodológicas 43
2.2.2 Etapas de desarrollo 44
2.2.3 Flujogramas 47
CAPÍTULO III 48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48
3.1 Evaluación de alternativas 48
3.1.1 Escala de valorización 49
3.1.2 Criterios por evaluar 49
3.1.3 Ponderación 50
3.2 Cálculos 53
3.2.1 Bombas 53
3.2.2 Conectores y accesorios roscados 58
3.2.3 Acoples rápidos 58
3.2.4 Válvula de bola 58
3.2.5 Válvula de aguja 59
3.2.6 Filtro / regulador de aire 59

3.2.7 Manómetros....59
3.2.8 Mangueras....60
3.2.9 Tubing....60
3.2.10 Lámina....62
3.2.11 Estructura....62
3.3 Simulaciones....76
3.3.1 Tubing....76
3.3.2 Estructura....78
3.4 Fabricación y montaje....81
3.5 Pruebas de Funcionamiento....86
3.6 Manual de uso....90
3.6.1 Descripción del equipo....90
3.6.2 Instrucciones para operar....91
3.6.3 Precauciones....94
3.6.4 Mantenimiento básico....95
3.6.5 Solución de problemas comunes....96
3.6.6 Parámetros técnicos y normas aplicables....97
3.7 Costos....101
3.7.1 Costo de materiales....101
3.7.2 Costo de fabricación....106
CAPÍTULO IV....107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....107
4.1 Conclusiones....107
4.2 Recomendaciones....108
C. MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas 110

Anexos 118

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Representación hidrostática de un líquido y gas 4
Fig. 2. Relación de las presiones manométricas, absoluta, atmosférica y de vacío 6
Fig. 3. Sistema hidrostático eléctrico 9
Fig. 4. Sistema hidrostático manual 10
Fig. 5. Sistema hidrostático doble de alta y baja presión 11
Fig. 6. Sistema hidrostático doble tipo carretilla 12
Fig. 7. Sistema hidrostático tipo carreta 13
Fig. 8. Sistema hidrostático tipo maletín 14
Fig. 9. Sistema hidrostático digital 15
Fig. 10. Bomba de engranes internos 16
Fig. 11. Bomba de engranes externos 16
Fig. 12. Bomba de pistón con placa oscilante 17
Fig. 13. Bomba de paletas o álabes 17
Fig. 14. Bomba de tornillo simple 18
Fig. 15. Bomba de dos y tres tornillos 18
Fig. 16. Bomba de tres lóbulos 19
Fig. 17. Bomba de diafragma de doble pistón 19
Fig. 18. Válvula de seguridad normalmente cerrada con mando de regulación 20
Fig. 19. Válvula unidireccional antirretorno con paso libre y paso cerrado 21
Fig. 20. Válvula de antirretorno con pilotaje 21
Fig. 21. Válvula de control direccional de dos vías y dos posiciones 22
Fig. 22. Válvula de control direccional de cuatro vías y tres posiciones 22
Fig. 23. Válvula regulación de caudal tipo aguja 23
Fig. 24. Válvula tipo cartucho 23
Fig. 25. Esquema del manómetro de Bourdon 24
Fig. 26. BOP manual 32
Fig. 27. BOP hidráulico y manual en configuración abierta y cerrada 33
Fig. 28. BOP doble 33
Fig. 29. BOP triple 34

Fig. 30. Flujograma de la etapa de diseño y construcción del sistema hidrostático. 47
Fig. 31. Bomba de diafragma modelo NDP-15 BSC 55
Fig. 32. Curvas de presión de salida versus el caudal 56
Fig. 33. Bomba de pistón 10-5000W060 56
Fig. 34. Diámetros de tubing a baja presión 61
Fig. 35. Medidas para el doblado e instalación del tubing 62
Fig. 36. Dimensiones del bastidor. 63
Fig. 37. Factor K de fijación de los extremos 68
Fig. 38. Distancia de la viga entre columnas. 72
Fig. 39. Diagrama de cuerpo libre de la viga de 575 milímetros. 73
Fig. 40. Diagrama de fuerza cortante de la viga de 550 milímetros. 74
Fig. 41. Diagrama del momento flector de la viga de 550 milímetros. 74
Fig. 42. Fórmulas para el esfuerzo de diseño según el material y tipo de carga 75
Fig. 43. Simulación de esfuerzos del tubing. 77
Fig. 44. Simulación del desplazamiento del tubing. 77
Fig. 45. Simulación del factor de seguridad del tubing. 78
Fig. 46. Simulación de esfuerzos del bastidor. 79
Fig. 47. Simulación del desplazamiento del bastidor. 80
Fig. 48. Simulación del factor de seguridad del bastidor. 80
Fig. 49. Medición y corte del perfil tubular cuadrado. 81
Fig. 50. Eliminación de rebabas. 81
Fig. 51. Soldadura de la estructura. 82
Fig. 52. Alineación y fijación de la estructura durante el soldado. 82
Fig. 53. Soldadura y taladrado de agujeros de las vigas finales. 83
Fig. 54. Esmerilada de la estructura. 83
Fig. 55. Producto del corte y dolado de la lámina. 84
Fig. 56. Taladrado de la lámina. 84
Fig. 57. Lámina instalada con la estructura. 84
Fig. 58. Montaje de bombas e instrumentación. 85
Fig. 59. Doblado del tubing. 85
Fig. 60. Ensamblaje de conectores, tubings y mangueras. 86

Fig. 61. Transductor de presión digital Genspec GS4200-USB.....88
Fig. 62. Representación de la presión y temperatra del ensayo a 6 minutos.....88
Fig. 63. Representación de la presión y temperatra del ensayo a 18 minutos.....89
Fig. 64. Identificación de la entrada de aire del sistema hidrostático. 92
Fig. 65. Identificación de entradas, salidas y acoples del sistema hidrostático. 92
Fig. 66. Identificación de los instrumentos del panel de control. 93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....9
TABLA II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA MANUAL.....10
TABLA III ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DOBLE.....11
TABLA IV ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO CARRETILLA 12
TABLA V ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO CARRETA 13
TABLA VI ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO MALETÍN 14
TABLA VII ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DIGITAL.....15
TABLA VIII PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL ACERO AISI 316..37
TABLA IX PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL AISI 1008 38
TABLA X HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE APOYO.....38
TABLA XI SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE BOMBA 51
TABLA XII SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE ESTRUCTURA 52
TABLA XIII SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDORES DE PRESIÓN ...53
TABLA XIV PESO DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO 63
TABLA XV PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA SEGÚN LA PRESIÓN NOMINAL DE TRABAJO DEL EQUIPO 87
TABLA XVI FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO CONSTRUIDO ..90
TABLA XVII PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BÁSICO POR COMPONENTE Y FRECUENCIA.....95
TABLA XVIII CAUSAS Y SOLUCIONES PARA FALLOS COMUNES DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO 96
TABLA XIX ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ESTÁNDARES APLICADOS A LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO.....97
TABLA XX COSTOS DE COMPONETES Y MATERIA PRIMA 101
TABLA XXI COSTO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN.....106

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Equipetrol S.A. Ecuador se centra en la provisión de servicios y equipos para la industria de exploración y explotación petrolera y gasífera. Actualmente, contiene tres líneas de servicio activas, como: Slickline centrado en las operaciones de alambre para pistoneo, desparafinado, instalación de válvulas, entre otros; Wireline con conductores eléctricos para el registro de pozos y perforación por cañoneo; y Completaciones dedicado a la instalación de terminaciones simples y duales para la producción.

Por lo tanto, la gran variedad de herramentales y equipos utilizados en las diferentes áreas deben ser evaluados herméticamente, por lo que algunos dispositivos robustos y en operación son probados en campo. Pero, el sistema hidrostático actual presenta limitaciones en transporte por su diseño robusto y pesado causando retrasos en logística y operatividad, permitiendo proponer el diseño de un sistema portátil en base a los requerimientos de la empresa.

Las metodologías utilizadas son el análisis comparativo entre las varias opciones del mercado internacional para aplicar el método de ponderación que a partir de los factores más destacable como el tipo de bombas, estructura y lecturas de presión son evaluados frente a criterios de utilidad, inversión, mantenimiento y operatividad. Para posteriormente, plantear un diseño personalizado para su estudio analítico en selección de componentes y materia prima, además de su simulación de esfuerzos, desplazamiento y factores de seguridad.

Como resultado, se obtuvo un diseño compacto con dos bombas neumáticas, una de pistón y otra de doble diafragma para ensayos de presión de 4500 psi según las normas API, con la posibilidad de conectar un transductor de presión para el monitoreo seguro y preciso del equipo ensayado.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA HIDROSTÁTICO, DISEÑO, BOMBAS, ENSAYOS DE PRESIÓN, NORMAS API.

ABSTRACT

Equipetrol S.A. Ecuador focuses on providing services and equipment for the oil and gas exploration and production industry. It currently has three active service lines: Slickline, which focuses on wireline operations for plugging, dewaxing, valve installation, and other tasks; Wireline, which uses electrical conductors for well logging and perforation; and Completions, which is dedicated to the installation of single and dual completions for production.

Therefore, the wide variety of tools and equipment used in different areas must be thoroughly evaluated, which is why some robust devices that are already in operation are tested in the field. However, the current hydrostatic system has limitations in terms of transport due to its robust and heavy design, causing delays in logistics and operations, which has led to the proposal of a portable system design based on the company's requirements.

The methodologies used are comparative analysis between the various options on the international market to apply the weighting method, which is based on the most notable factors such as the type of pumps, structure, and pressure readings, which are evaluated against criteria of utility, investment, maintenance, and operability. Subsequently, a customized design is proposed for analytical study in the selection of components and raw materials, in addition to simulation of stresses, displacement, and safety factors.

As a result, a compact design was obtained with two pneumatic pumps, one piston and one double diaphragm, for pressure testing at 4500 psi according to API standards, with the possibility of connecting a pressure transducer for safe and accurate monitoring of the tested equipment.

KEYWORDS: HYDRAULIC SYSTEM, DESIGN, PUMPS, PRESSURE TESTS, API STANDARDS.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En la industria de hidrocarburos existen distintos proyectos en la construcción de sistemas para pruebas hidrostáticas capaces de alcanzar altas presiones y realizar sus ensayos en condiciones seguras y controladas. Uno de los proyectos a destacar es el referente [1], el cual, un banco de pruebas de presión es diseñado en base a las normativas American Society of Mechanical Engineers (ASME), American Society for Testing and Materials (ASTM), American National Standards Institute (ANSI), International Organización for Standardization (ISO) y Normas de Referencia de PEMEX (NRF), utilizando el manual de diseño concurrente de Carlos Rivas con un enfoque en la selección de materiales, para posteriormente ser analizado por métodos analíticos y elementos finitos. Destacando una viabilidad económica con una reducción del 20 % en costos de un equipo importado. De igual manera, se presenta el proyecto [2] destinado a la construcción de un módulo de pruebas para tuberías metálicas de 4 a 10 pulgadas, en el que se implementa de manera técnica la selección correcta de los elementos para su construcción y el estudio de fuerzas en las diferentes situaciones expuestas durante el ensayo. Además, se indica las medidas de seguridad para proteger a los operarios como a la máquina. Ambos proyectos se considerarán como bases y guías metodológicas en cuanto a diseño y resultados obtenidos en la selección de materiales, el uso de software, la optimización de costos y la enfatización en seguridad y adaptabilidad que debe tener el equipo a construir.

En la parte de postulados se menciona el referente [3], que explica la importancia técnica de las pruebas hidrostáticas durante estos últimos 30 años, demostrando su efectividad y confianza en la industria con la posibilidad de detectar defectos en los equipos Blowout Preventer (BOP) y elementos de extracción, también indica el valor técnico de desarrollar pruebas a niveles superiores del 100 % del esfuerzo mínimo especificado para garantizar la seguridad en condiciones extremas. Incluso, en el artículo [4] indica como en el año 2013 se destaca la innovación tecnológica con la digitalización y automatización de datos

de las pruebas a BOP con tecnologías de sensores digitales, detecciones acústicas, bombas lineales de presión, entre otros, indicando una reducción significativa de tiempos y costos. Estas investigaciones reflejan la importancia de realizar adecuadamente las pruebas hidrostáticas, así como de incorporar nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades del campo, por ello ayudaría en el planteamiento del diseño en busca de una mejor integración y modernización.

1.2 Justificación

En la industria petrolera para garantizar un buen trabajo en los pozos previamente se debe realizar una prueba hidrostática obligatoria a los herramentales y equipos sometidos a presión, permitiendo validar la capacidad de soportar las presiones operativas e identificar posibles fugas o daños en su estructura. En campo existen una gran variedad de equipos y sistemas que deben ser sometidos a presión, entre ellos como: los BOP, utilizados para sellar un pozo y prevenir el escape de fluidos provocados por una sobrepresión; el Wellhead Equipment (WHE), un conjunto de componentes que controlan la producción del pozo a lo largo de su vida útil; y tuberías que conectan al pozo con otros dispositivos. En este contexto, es fundamental que los equipos de control de presión cumplan con las normas API y National Association of Corrosion Engineers (NACE), tal como se establece en [5]. Esto resalta la necesidad de disponer de equipos de ensayo a presión en campo para garantizar el trabajo seguro y eficiente. Aunque varias empresas dispongan de estos sistemas, suelen estar comprometidos en otras operaciones, lo que en situaciones de emergencia limita su disponibilidad y afecta a la producción de crudo. Por otro lado, en [4] demuestra un impacto en la industria, a partir de la digitalización por software de los ensayos hidrostáticos a los BOP, que ha permitido eliminar los sistemas analógicos de presión antiguos, causando una reducción de tiempos de hasta el 50 % y una facilidad de detección de fugas.

Así que, la empresa Equipetrol S.A. al observar esta problemática y de disponer de un taller de completaciones en busca de una certificación que respalde la realización de pruebas hidrostáticas, así como de mejorar sus operaciones y visibilidad en el mercado. Ha llevado a que la entidad trate de transportar su equipo de ensayo del taller al campo, pero su diseño robusto y pesado dificulta el proceso, generando retrasos en las operaciones

y en la logística del transporte, ya que para cargarlo se necesita un vehículo extra y a varios operarios, quienes están propensos a sufrir lesiones por la falta de un diseño ergonómico de agarre y distribución de carga. Si bien en el mercado internacional existe modelos portátiles, su adquisición llega a ser costosa por el precio del producto, los impuestos de importación y los gastos de envió, lo que indica un reto a la empresa de buscar soluciones más económicas. En consecuencia, factores como su peso y la falta de portabilidad son un obstáculo de avance en las operaciones donde se necesita agilidad y adaptabilidad. Esto no solo afecta negativamente a la imagen de la empresa, demostrando una ineficiencia en resolver las demandas surgidas en el campo, sino que también se refleja la perdida de oportunidades de negocio, y afectando indirectamente a otras compañías colaboradoras al generar perdidas en tiempo y producción.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Mecánica de fluidos

Entre las ramas de la física se tiene la mecánica de fluidos que estudia la mayor parte de sustancias gaseosas y liquidas que se encuentran en el entorno, ya sea en movimiento (fluidodinámica) o en equilibrio (fluidoestática) [6]. En [7] describe que estos fenómenos pueden manifestarse naturalmente (como las corrientes oceánicas, erupciones volcánicas, el flujo de ríos y los vientos) o ser producto de la intervención humana (como los diques, presas, sistemas de distribución de agua, gas o petróleo, industria aeroespacial, sector farmacéutico, entre otros).

1.3.1.1 Estática de fluidos

Esta sección estudia el comportamiento de los líquidos y gases que se encuentran en reposo, en el que las únicas fuerzas aplicadas sobre las partículas son de presión. En la (Fig. 1) basado en lo planteado en [6], se tiene un elemento ¨A¨ ubicado en las paredes de los recipientes del líquido y gas que indica un estado de equilibrio a causa de la pared que genera una compresión negativa, provocando un esfuerzo cortante nulo y reduciendo el círculo de Mohr a un punto. Asimismo, se demuestra que los líquidos adaptan su forma a la del recipiente y mantienen una capa superficial en contacto con el aire, en cambio con

los gases no tienen un volumen definido y se adapta al entorno formando una atmósfera en condiciones hidrostáticas.

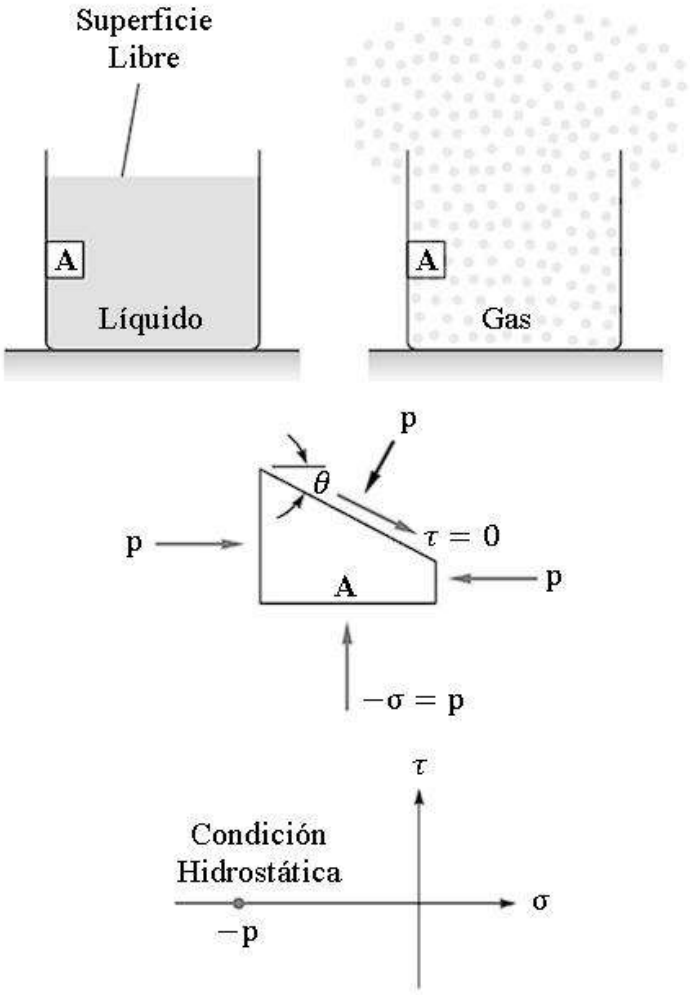


Fig. 1. Representación hidrostática de un líquido y gas [6].

A. Principios básicos

- **Ley de Pascal**

Este principio se encuentra representado en máquinas como prensas, frenos de auto y algunos sistemas hidráulicos que activan un mecanismo, ya que el fluido que contienen en su interior genera una presión que incrementa la fuerza. Según [8], explica que la presión ejercida sobre un punto de un fluido incompresible se transmite por igual en todas las direcciones. Por ello, esta ley se aplica en las pruebas de presión ya que permite

analizar la hermeticidad que tendrán los equipos, puesto que al llenarlos de agua bajo presión se distribuirá uniformemente en toda la estructura permitiendo detectar fugas o fatiga del material.

- **Ley de Arquímedes**

Esta ley indica que los objetos que flotan sobre un gas o líquido se deben a que la densidad del cuerpo es menor a la del fluido, permitiendo explicar cómo los barcos, submarinos y aerostáticos llegan a elevarse. Así que, de acuerdo con [8], se indica que todo cuerpo que es sumergido en una sustancia tiene una fuerza direccionada hacia arriba equivalente al peso del fluido que el cuerpo a desplazado. Por otro lado, en la industria petrolera se puede ver aplicada esta teoría, especialmente en las operaciones offshore (extracción de hidrocarburos en zonas marítimas) donde una tubería es sumergida en el mar y su peso efectivo se reduce, en el cual se debe contrarrestar este resultado para obtener una medición exacta de la presión aplicada.

B. Propiedades de los fluidos

- **Presión**

En [9] expone que en fluidos la presión se considera como la fuerza normal o perpendicular que es aplicada en una unidad de área, mientras que en cuerpos sólidos la presión se expresa como el esfuerzo normal. Las unidades en las que podemos encontrarlas en el sistema internacional son como newtons sobre metro cuadrado ($\mathrm{N/m^2}$, o Pa), bar, atmósfera estándar (atm) y kilogramo fuerza por centímetro cuadrado ($\mathrm{kfg/cm^2}$), mientras que en el sistema inglés tenemos en libra fuerza por pulgada cuadrada ($\mathrm{lbf/pulg^2}$, o psi). La fórmula para determinar la presión es la relación de la fuerza aplicada sobre dicha área, como se indica en (1):

$$P = \frac{F}{A} \tag{1}$$

En la (Fig. 2), de acuerdo con [9] y [10], la presión atmosférica se define como la fuerza que ejerce el aire sobre una unidad de área, esta varia con la altitud, tiempo y las condiciones climáticas. La presión absoluta es la presión real en un punto que se mide con respecto al vacío absoluto. Por ello, en la presión manométrica hay que considerar que los

equipos de medición son calibrados al valor nulo atmosférico, por lo que su cálculo se obtiene con la ecuación (2). En cambio, las presiones de vacío son menores a la atmosférica, así que se calcula con la ecuación (3).

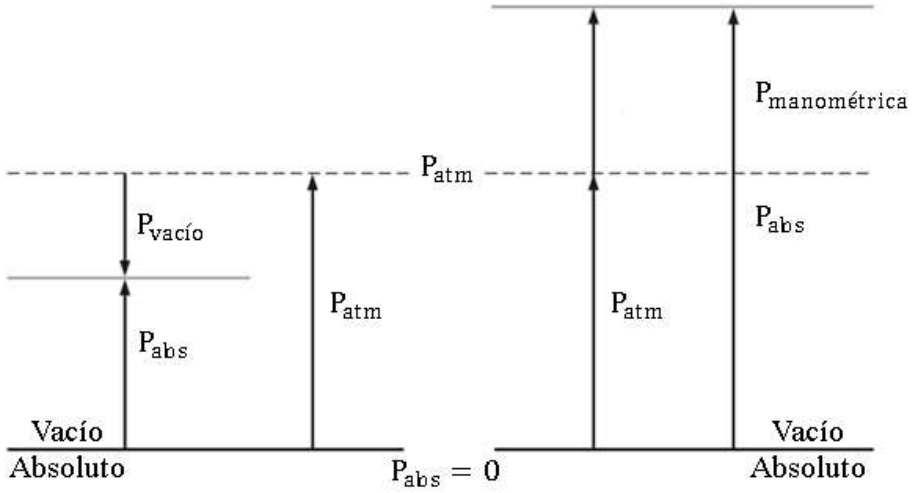


Fig. 2. Relación de las presiones manométricas, absoluta, atmosférica y de vacío [9].

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm} \tag{2}$$

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs} \tag{3}$$

- **Temperatura**

Esta magnitud física indica la energía interna de un cuerpo, en el que la temperatura es proporcional con la energía cinética de las moléculas. Normalmente, las sensaciones corporales son capaces de captar la temperatura de forma subjetiva definiéndola como helado, frio, tibio, calor y ardiente. Sin embargo, esta forma de percibir no suele ser la correcta ya que en ocasiones donde los materiales estén a una misma temperatura, un metal se sentirá más frio que un pedazo de madera [9]. Por ello, existen los termómetros capaces de medir la energía térmica de un cuerpo.

Las escalas en las que podemos encontrarlas son en Celsius (℃) y Fahrenheit (℉), los cuales se definieron los puntos de congelación y ebullición del agua desde 0 a 100 ℃ y de

32 a 212 °F, contrariamente a la escala Kelvin (K) que se considera como un valor absoluto o universal ya que es la temperatura más baja que existe en la naturaleza de 0 K [9].

- **Densidad**

Es una unidad de medida para definir la cantidad de masa que hay en un determinado volumen dada en kilogramos sobre metro cúbico ($\mathrm{kg/m^3}$), calculada por la ecuación (4). El agua pura se establece como un patrón de medida facilitando la comparación con otras sustancias ya que su valor es de ($1000\ \mathrm{kg/m^3} = 1\ \mathrm{g/cm^3}$), en el que si una densidad es mayor a este valor se hunde en el agua caso contrario flotará [8]. Por otra parte, en [6] menciona que la compresibilidad en los gases es capaz porque su densidad es alta, opuestos a los líquidos que se les considera incompresibles.

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{4}$$

- **Peso específico**

El peso específico según la ecuación (5) es similar a la densidad, pero en este caso influye la gravedad dando la relación entre el peso (N) y el volumen ($\mathrm{m^3}$). En pruebas hidrostáticas es importante conocer el peso especifico del agua ya que ayudará en el calculo de las fuerzas internas sometidas a las paredes del cuerpo [6].

$$\gamma = \frac{W}{V} \tag{5}$$

- **Viscosidad**

Es una propiedad que permite diferencia si un fluido es espeso o ligero, como: al manipular la miel se observa que se desliza lentamente a comparación del agua. En [8] se define como la resistencia que tiene los líquidos y gases para interpreta la fluidez de la sustancia en función del tiempo. Esta magnitud se puede obtener con la ayuda de los distintos viscosímetros que existen, según [11] existen equipos diseñados específicamente para su uso en laboratorios, mientras otros son incorporados en la industria para el control de calidad. Así pues, algunos aplican las leyes de la mecánica de fluidos mostrando su viscosidad en las unidades básicas, pascales por segundo ($\mathrm{Pa \cdot s}$), y otros en cantidades relativas.

- **Tensión superficial**

La tensión superficial es la fuerza requerida por unidad de área, analógicamente se puede comparar como si fuera una piel tendida en la superficie del fluido capaz de soportar un límite de fuerza externa aplicada. Para ilustrar, se plantea el caso de una aguja de acero que se coloca cuidadosamente sobre la superficie quedando suspendida, esto se le conoce como el soporte de la tensión superficial del agua [11]. En el libro, [7] explica de manera molecular de cómo se produce este fenómeno, y es debido a que en el interior del líquido existen una atracción uniforme y equilibrada entre las partículas (fuerzas cohesivas), mientras que, en la superficie está rodeada de moléculas de aire que ejerce una atracción diferente provocando una fuerza neta hacia el interior que forma esa superficie. Este evento permite demostrar casos como de porque las gotas adquieren forma esférica, la capilaridad y el movimiento de líquidos a través del suelo. Se suele trabajar en unidades de newton sobre metro ($\mathrm{N/m}$).

1.3.1.2 Dinámica de fluidos

Esta parte de los fluidos estudia el movimiento y las fuerzas que actúan sobre ellos, abarca leyes estudiadas en toda la mecánica como la conservación de masa, leyes de newton y leyes termodinámicas [7]. Los primeros avances fueron introducidos por Arquímedes gracias a su tonillo sin fin que los romanos incorporaron en máquinas hidráulicas para labores agrícolas, mineros y sistemas acueductos. No obstante, tuvo que pasar como 1800 años para avanzar en esta rama, con la ayuda del evangelista Torricelli que introdujo su teoría de velocidad de salida de un fluido y su invento que mide la presión atmosférica (barómetro), pasando algunos años hasta que aparecieron los matemáticos como Newton y Euler que contribuyeron aún más a la rama [2].

1.3.2 Sistema hidrostático

1.3.2.1 Alternativas de sistemas hidrostáticos en el mercado

Los distintos sistemas por presentar son de la compañía Hydrorex que se basan en las necesidades de la empresa o cliente, ya sea en su forma estructural para la comodidad de operación o en la incorporación de distintos componentes como bombas, válvulas, sensores, etc. Entre los diferentes sistemas se puede encontrar con la incorporación de

bombas eléctricas utilizadas en entornos automatizados, bombas manuales para trabajos precisos de presiones bajas y medias, así también como las neumáticas usadas en operaciones de alta presión y en entornos accesibles al aire comprimido.

- **Sistema hidrostático eléctrico**



Fig. 3. Sistema hidrostático eléctrico [12].

TABLA I

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO [12].

Especificaciones técnicas	
Material de la estructura	Acero al carbono ASTM A36 (perfil cuadrado de 1 in)
Material de componentes	Acero inoxidable 316
Dimensiones	(22 de largo x 14 de ancho x 14 de altura) in
Peso aproximado	70 lb
Tipo de bomba	Bomba eléctrica M12-1800
Alimentación	110/240 V
Potencia del Motor	2 HP
Frecuencia del Motor	50/60 Hz
Presión máxima de salida	2000 psi
Caudal máximo	15 L/min (4 gpm)
Precio	2980 $

- **Sistema hidrostático manual**



Fig. 4. Sistema hidrostático manual [13].

TABLA II

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA MANUAL [13].

Especificaciones técnicas	
Material de la estructura	Acero al carbono ASTM A36 (perfil cuadrado de 1 in)
Material de componentes	Acero inoxidable 316
Presión de aire	40 a 100 psi
Caudal de aire	12 a 18 scfm
Capacidad del tanque	12 L (3 gal)
Dimensiones	(17 de largo x 12 de alto x 16 de ancho) in
Peso aproximado	50 lb
Tipo de bomba	Bomba manual y neumática L3 REX
Relación de presión	1:65
Presión máxima de salida	7000 psi
Caudal máximo	0,13 L/min (0,45 gpm)
Precio	6080 $

- **Sistema hidrostático doble de alta y baja presión**



Fig. 5. Sistema hidrostático doble de alta y baja presión [14].

TABLA III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DOBLE [14].

Especificaciones técnicas		
Material de la estructura	Acero al carbono ASTM A36 (perfil cuadrado de 1 in)	
Material de componentes	Acero inoxidable 316	
Presión de aire	80 a 100 psi	
Caudal de aire	18 a 28 scfm	
Dimensiones	(26 de largo x 21 de ancho x 21 de altura) in	
Peso aproximado	90 lb	
Tipo de bomba	Bomba neumática 251 DL REX	Bomba neumática 603 DL REX
Relación de presión	1:240	1:55
Presión máxima de salida	24000 psi	6000 psi
Caudal máximo	1 L/min (0,3 gpm)	3 L/min (0,8 gpm)
Precio	8900 $	

- **Sistema hidrostático doble de tipo carretilla**



Fig. 6. Sistema hidrostático doble tipo carretilla [15].

TABLA IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO CARRETILLA [15].

Especificaciones técnicas		
Material de la estructura	Acero al carbono ASTM A36 (perfil cuadrado de 1 in)	
Material de componentes	Acero inoxidable 316	
Presión de aire	60 a 115 psi	
Caudal de aire	28 a 56 scfm	
Dimensiones	(24 de largo x 20 de ancho x 48 de altura) in	
Peso aproximado	120 lb	
Tipo de bomba	Bomba de doble diafragma Rouchneck Modelo 41763	Bomba neumática de pistón D2-603 REX
Relación de presión	1:1	1:55
Presión máxima de salida	115 psi	6000 psi
Caudal máximo	45,4 L/min (12 gpm)	3 L/min (0,8 gpm)
Precio	6980 $	

- **Sistema hidrostático tipo carreta**



Fig. 7. Sistema hidrostático tipo carreta [16].

TABLA V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO CARRETA [16].

Especificaciones técnicas	
Material de la estructura	Acero al carbono ASTM A36 (perfil cuadrado de 1 ½ in)
Material de componentes	Acero inoxidable 316
Presión de aire	90 a 120 psi
Caudal de aire	28 a 56 scfm
Capacidad del tanque	83 L (21,9 gal)
Dimensiones	(32 de largo x 24 de ancho x 33 de altura) in
Peso aproximado	180 lb
Tipo de bomba	Bomba neumática 603 REX
Relación de presión	1:55
Presión máxima de salida	6000 psi
Caudal máximo	6 L/min (1,6 gpm)
Precio	13540 $

- **Sistema hidrostático tipo maletín**



Fig. 8. Sistema hidrostático tipo maletín [17].

TABLA VI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TIPO MALETÍN [17].

Especificaciones técnicas	
Material de la estructura	Polímero Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
Material de componentes	Acero inoxidable 316
Presión de aire	80 a 100 psi
Caudal de aire	12 a 18 scfm
Dimensiones	(18 de largo x 14 de ancho x 8 de altura) in
Peso aproximado	30 lb
Tipo de bomba	Bomba neumática WR- 5600REX
Relación de presión	1:55
Presión máxima de salida	5600 psi
Caudal máximo	1 L/min (0,26 gpm)
Precio	3240 $

- **Sistema hidrostático digital**



Fig. 9. Sistema hidrostático digital [18].

TABLA VII

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DIGITAL [18].

Especificaciones técnicas	
Material de la estructura	Acero al carbono de 1 ¼ in
Material de componentes	Acero inoxidable 316
Presión de aire	60 a 100 psi
Caudal de aire	24 a 56 scfm
Dimensiones	(28 de largo x 20 de ancho x 26 de alto) in
Peso aproximado	125 lb
Tipo de bomba	Bomba neumática 10D-603 REX
Relación de presión	1:55
Presión máxima de salida	6000 psi
Caudal máximo	6 L/min (1,50 gpm)
Precio	12080 $

1.3.2.2 Componentes

A. Bombas de desplazamiento positivo

- **Bomba de engranes**

De acuerdo con [11], este tipo de bombas generan alrededor de 1500 psi a 4000 psi, dependiendo del tamaño y la velocidad de rotación del engrane que puede alcanzar hasta los 4000 rpm. En [19] estable que se clasifican por sus engranajes internos y externos.

– **Engranes internos:** Este sistema consiste en que posee un rotor internamente cortado para formar un engranaje, en el cual su interior se coloca un engrane externo y una pieza en forma de luna creciente para evitar el retorno del líquido succionado, como se muestra en la (Fig. 10).

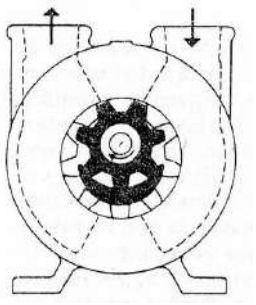


Fig. 10. Bomba de engranes internos [19].

– **Engranes externos:** Está compuesta por dos engranajes que giran en sentidos opuestos y encajan estrechamente con las paredes del interior de la armadura (Fig. 11), en el que por un lado de la bomba es succionado el fluido y es transportado entre los espacios de los dientes hasta la descarga con una mayor presión.

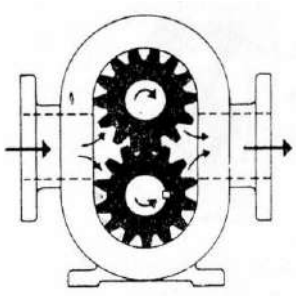


Fig. 11. Bomba de engranes externos [19].

- **Bomba de pistón**

En la (Fig. 12), se indica el esquema de una bomba de pistón axial, en el que, a diferencia de un sistema común de leva y pistón, en este se posee una placa oscilante giratoria que funcionará como leva dando la posibilidad de modificar su ángulo para obtener el máximo recorrido de los pistones y aprovechar el máximo suministro [11].

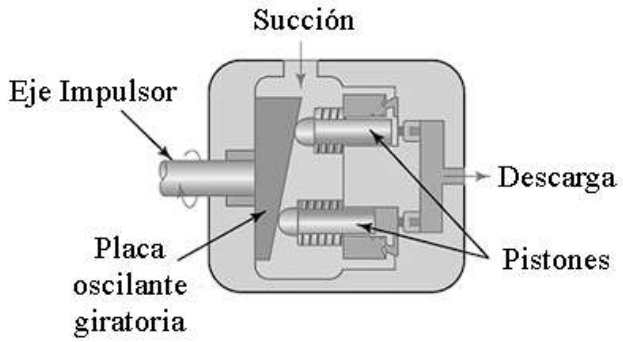


Fig. 12. Bomba de pistón con placa oscilante [11].

- **Bomba de paletas**

En esta bomba [11] y [19] describe que se tiene un rotor excéntrico conformada por varios álabes deslizantes que al girar dentro del armazón estos se contraen dentro de las ranuras, además posee un anillo de levas que mantiene la posición radial de los mismos (Fig. 13). El fluido es atrapado entre ambas paletas y es transportado de la succión a la descarga.

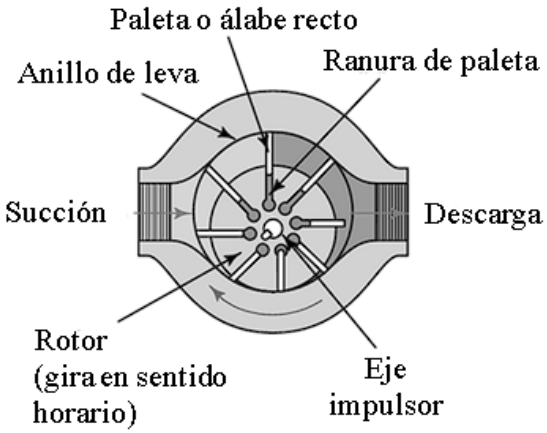


Fig. 13. Bomba de paletas o álabes [11].

- **Bomba de tornillos**

Este tipo de bombas desplaza el fluido axialmente con la ventaja de no poseer un flujo pulsante, es decir, que la descarga del fluido no se realiza por ciclos. Estas se clasifican por su número de tornillos [19].

– **Tornillo simple:** En la (Fig. 14) se muestra un sistema que posee un rotor espiral excéntrico de metal que rota con un estator en forma de hélice que suele ser de hule duro o blando.

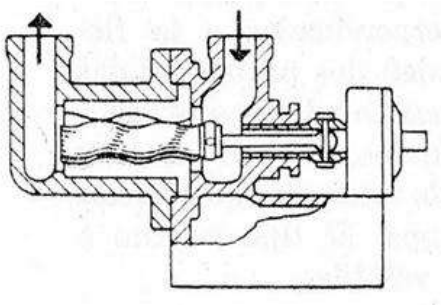


Fig. 14. Bomba de tornillo simple [19].

– **Tornillo múltiple:** Las bombas de tornillos múltiples se tiene un rotor principal de tipo roscado que se acoplan a uno o dos rotores tensores que actuarán como engranes locos (Fig. 15).

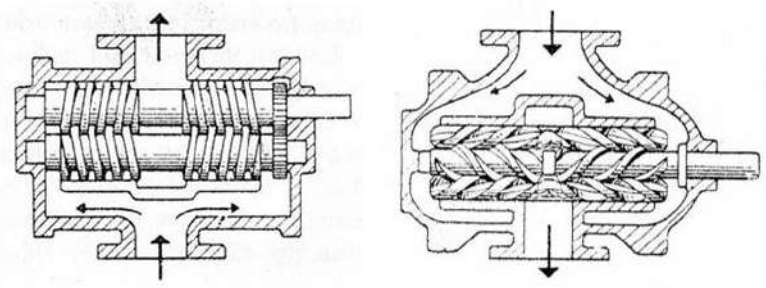


Fig. 15. Bomba de dos y tres tornillos [19].

- **Bomba de lóbulo**

El equipo de la (Fig. 16) también se la denomina bomba de levas, su funcionamiento es similar a la bomba de engranajes ya que ambos rotores se acoplan de forma exacta con la armadura y rotan en sentidos opuestos. Los rotores pueden poseer más de dos a más

lóbulos, que conduce el fluido con un flujo constante y uniforme, y la capacidad de bombear fluidos altamente viscosos [11].

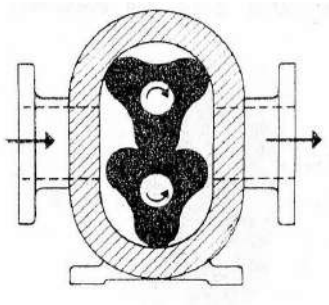


Fig. 16. Bomba de tres lóbulos [19].

- **Bomba de diafragma**

La bomba de la (Fig. 17) a partir de lo explicado en [11], se tiene un pistón con movimiento alternativo y dos diafragmas de caucho en donde el pistón se desplaza hacia la izquierda reduciendo el volumen de la cavidad que expulsará al fluido, mientras en el lado derecho el diafragma se estira y succiona, produciendo una descarga alternada. Asimismo, las válvulas de succión y descarga funcionan alternativamente. La mayor parte de bombas trabajan con aire comprimido y una válvula direccional. Su diseño lo hace fácil para el desmontaje en caso de mantenimiento y versátil con la gran variedad de fluidos en la industria.

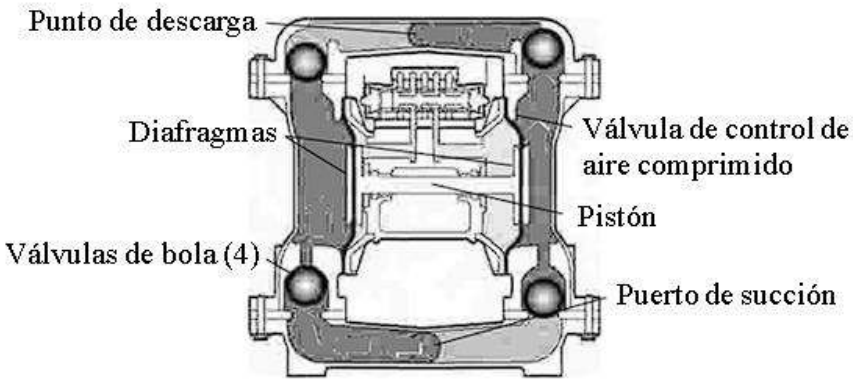


Fig. 17. Bomba de diafragma de doble pistón [11].

B. Válvulas

Las válvulas son dispositivos instalados junto a las bombas, tuberías y otros elementos que forman un sistema para controlar y regular el caudal o presión que fluyen en su interior. En el mercado existe una gran variedad con distintas funciones destinadas según a las necesidades requeridas de operación. En el libro [20], se clasifica en tres categorías orientado a la regulación de presión, reguladoras de caudal y por dirección.

- **Válvula de seguridad**

Esta válvula se usa para limitar la presión máxima a la que trabaja un sistema, por lo que su estado es normalmente cerrado para restringir el flujo en condiciones estándar. En este grupo se encuentra configuraciones directas y pilotadas. La (Fig. 18), es un mecanismo directo regulable, el cual permite manipular la fuerza que ejercerá el resorte.

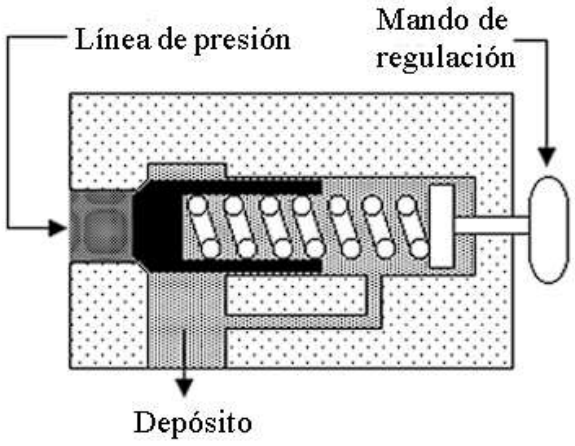


Fig. 18. Válvula de seguridad normalmente cerrada con mando de regulación [20].

- **Válvula de descarga**

La válvula de descarga normalmente cerrada como su nombre lo indica es para expulsar el caudal almacenado en una sección, utilizadas en bombas que a partir de una fuerza externa se abren para dirigir el flujo a un tanque de baja presión. De igual manera, estas válvulas son muy frecuentes en sistemas duales hidrostáticos, donde una de las bombas se centra en mantener un bajo caudal con alta presión mientras la otra descarga directo al tanque.

- **Válvula unidireccional antirretorno**

Es una válvula normalmente cerrada compuesto por un muelle anclado a un cono o bola, con el objetivo de dirigir el flujo en un solo sentido. Su funcionamiento se muestra en la (Fig. 19), el "paso libre" indica como el fluido empuja y supera la resistencia del resorte, y el "paso cerrado" ilustra como en caso del retorno del fluido bloquea el paso.

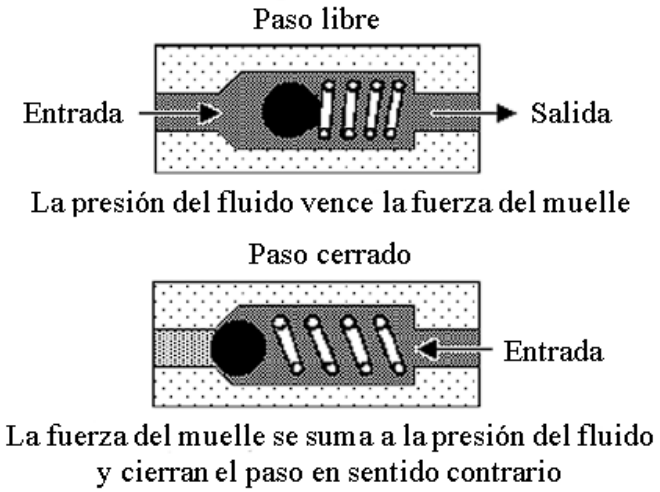


Fig. 19. Válvula unidireccional antirretorno con paso libre y paso cerrado [20].

En la industria son los componentes más utilizados por su fácil manipulación y durabilidad operativa, aunque pueden quedar obsoletas por rotura del resorte o desgaste de sus otros componentes internos. Por otro parte, estas válvulas existen de antirretorno activados por accionamiento externo (Fig. 20).

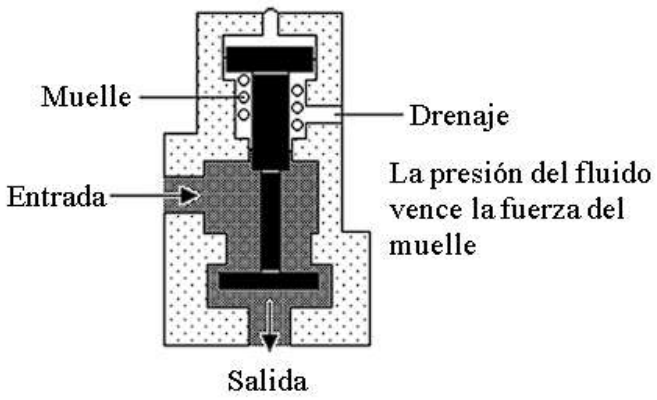


Fig. 20. Válvula de antirretorno con pilotaje [20].

- **Válvula direccional de dos o más vías**

Este grupo de válvulas se encuentran normalmente cerradas o abiertas en distintos modelos que pueden ser operados de forma manual, eléctrica e hidráulica. Uno de los tipos más conocidos es la llave de bola (Fig. 21), en su interior contiene una esfera perforada centralmente anclada a una palanca externa que al girar los orificios coincidirán con los del cuerpo y permitirá el flujo También, se posee válvulas con varias vías tal como se muestra en la (Fig. 22), facilitando la distribución del caudal a distintas zonas del sistema.

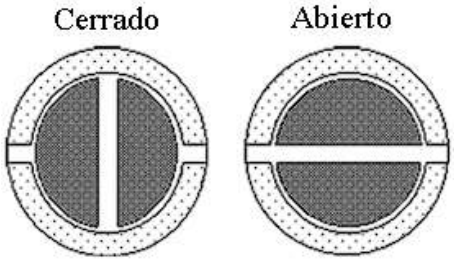


Fig. 21. Válvula de control direccional de dos vías y dos posiciones [20].

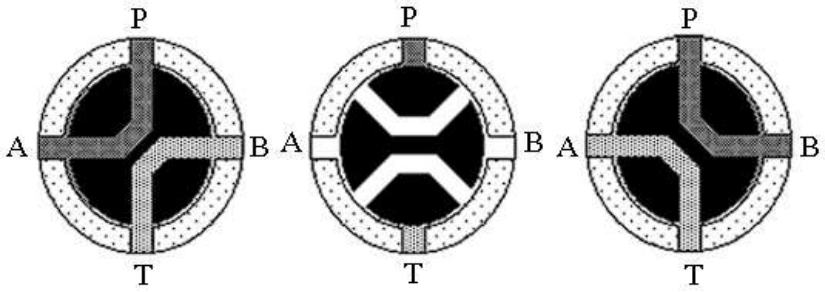


Fig. 22. Válvula de control direccional de cuatro vías y tres posiciones [20].

- **Válvula reguladora de caudal**

En la (Fig. 23), se tiene una válvula de aguja conformado por un cono conectado a una manilla que regula la posición de su asiento para abrir o cerrar, es decir, que mientras se va aflojando aumenta el caudal. El flujo volumétrico es proporcional a la presión del sistema, con el contra de que existirá una pérdida de carga mayor.

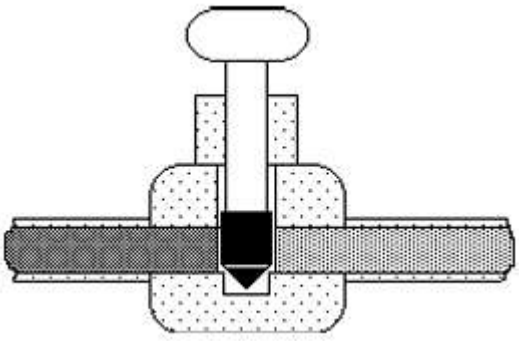


Fig. 23. Válvula regulación de caudal tipo aguja [20].

- **Válvula de cartucho**

El cuerpo de las válvulas de cartucho está formado por un pistón y muelle (que conforman un mini bloque) que se inserta dentro un cartucho y es cerrado con una tapa (Fig. 24). Son utilizadas para el control de flujos y actuación direccional, destacadas por su bajo costo, la fácil instalación en zonas poco accesible y la capacidad de manejar grandes caudales.

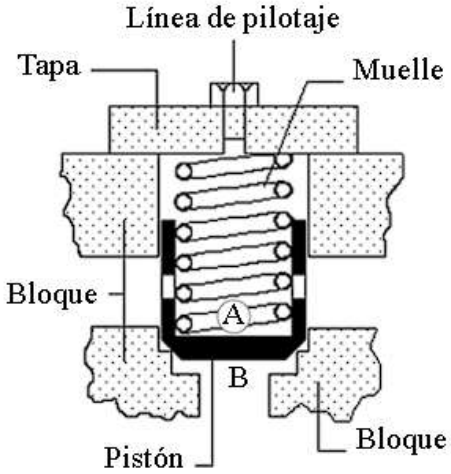


Fig. 24. Válvula tipo cartucho [20].

- **Otras válvulas**

– **Válvula purga de aire:** Se utilizan para expulsar el aire atrapado dentro del sistema

– **Válvula de paracaídas:** En parámetros normales funciona en ambos sentidos, pero en caso de una caída de presión se cierran.

– **Válvula de aislamiento de manómetro:** Es una válvula que se instala previo al manómetro ya que los sistemas con bombas generan pulsaciones que afectan al deterior de los componentes internos del medidor de presión.

C. Manómetros

Son instrumentos que permiten medir la presión de líquidos o gases en estado estático o dinámico dentro de conductos. Existen una gran variedad clasificados a partir de la magnitud física en que se rijan, tales como la gravedad, la deformación elástica, las propiedades de los gases, por salida eléctrica, y pinturas luminiscentes [6]. Estos instrumentos previamente a su utilización deben ser calibrados por unas balanzas especializadas.

no de los que se destaca es el manómetro de Bourdon que comúnmente se encuentra instalado en los sistemas de tubería, debido a su fácil adquisición y facilidad de lectura. Este pertenece al grupo de deformación elástica, ya que según la (Fig. 25), su funcionamiento se basa en un tubo curvado por donde ingresará la presión, produciendo una deflexión externa que transmitirá el movimiento a través de un mecanismo de ligaduras y engranajes que activarán la aguja indicadora.

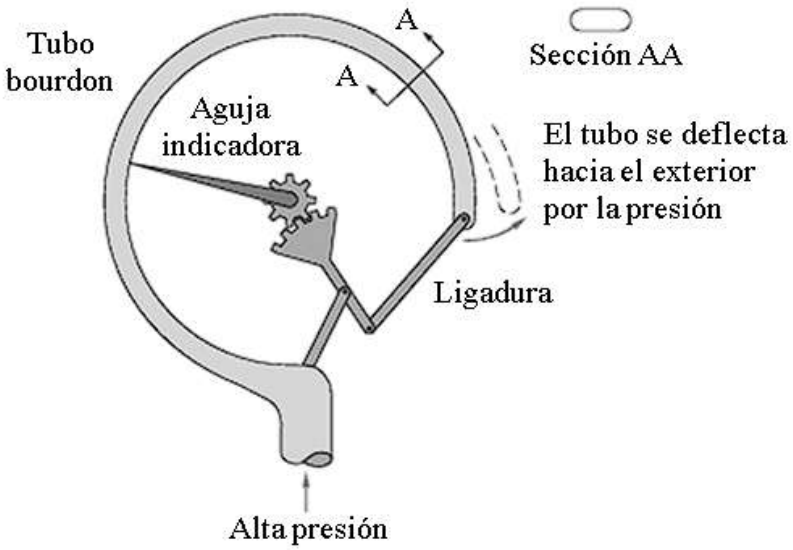


Fig. 25. Esquema del manómetro de Bourdon [6].

D. Tuberías

Son conductos que se utilizan en diferentes ámbitos industriales como de construcción, farmacéutico, alimenticio, petrolero, entre otros. Su utilización va desde transportar de un punto a otro, fluidos, cables eléctricos, productos sólidos, etc. Es así como de acuerdo con el tipo de fluido y el área de operación se fabrican en acero, plásticos, cerámicas u hormigón. Así pues, hay que considerar otras características que permite distinguir entre sí, tal como diámetro nominal (DN), espesor de pared, tipo de unión y la resistencia a la corrosión [1].

E. Otros componentes

- **Filtros**

Los filtros son elementos instalados en todo sistema hidráulico que se encargan de limpiar al fluido de contaminantes para que ingresen al sistema y se evite la obstrucción y deterioro prematuro de otros componentes como bombas, válvulas, entre otros [20].

- **Mangueras y racores**

Adicional a las tuberías se tiene componentes como mangueras y racores que enlazan diferentes partes del sistema para la circulación del fluido. Estos se instalan con juntas y retenes que evitan fugas del sistema [20].

1.3.3 Industria petrolera

La perforación de pozos según [21] comenzó desde las civilizaciones antiguas por los egipcio y chinos entre los años 1500 a 1100 a. C., quienes perforaban pozos rudimentariamente con pico, pala y algún sistema de extracción de tierra para obtener agua y sales. Las profundidades que lograron alcanzar hasta los 600 años a. C fueron de aproximadamente 30 metros, no fue hasta los siglos XVI que Leonardo da Vinci contribuyo con bosquejos de equipos de perforación y se empezaron a fabricar en principios y mediados del siglo XIX, para probarlos en el año 1854 perforando un pozo de 670 metros. Por otra parte, en 1859 el visionario coronel Drake en Pensilvania se propuso el objetivo de encontrar petróleo, logrando su acometido con una profundidad de

21 metros donde se instaló un revestimiento y se realizaron sus respectivos ensayos en el que fluía a 3 metros cúbicos por día.

El petróleo es un descubrimiento que afecto a nivel mundial con un crecimiento financiero en los siglos XIX y XX, junto al auge de la industria automotriz que impulso el consumo de los hidrocarburos como combustible. Asimismo, esto impacto en el ámbito energético en un 90 % ya que los recursos como carbón, petróleo y gas natural son fuentes de energía fósil útiles en las necesidades del mundo. Sin embargo, es un recurso no renovable que en algún futuro se agotará [21].

Las bases que contribuyeron a la perforación petrolera fueron la geología y petrofísica, ciencias que hasta el día de hoy se dedican al estudio preciso de la ubicación de yacimientos. Esta rama de ingeniería se destaca por su relación de diámetros a profundidad y su operación a ciegas de perforación, ya que todo proceso que ocurre en el subsuelo es recopilado por sensores y enviados a la superficie. La etapa de perforación de un pozo es una serie de etapas complejas y riesgosas, pero en si se basa en perforar el suelo hasta la presencia de hidrocarburos, con profundidades de hasta 12 mil metros y un tiempo de duración que puede variar desde tres días hasta un año dependiendo de las características del suelo de si es blando o rocoso [22].

1.3.3.1 Seguridad

La seguridad es un factor que se debe velar en el desarrollo de estas operaciones ya que no existe un trabajo rutinario o monótono. El peligro es impredecible en trabajos donde está presente la presión. Por ello, para reducir su impacto negativo se debe capacitar al personal de utilizar su Equipo de Protección Personal (EPP) y tener sus mantenimientos e inspecciones vigentes de los equipos a ser utilizado. Estas directrices es una responsabilidad del operador que debe cuidar su integridad y la de los demás para minimizar los riesgos presentes, como se refleja en [5], por lo que algunos puntos a considerar desde que se inicia y finaliza la operación son los siguientes:

– **Pre-salida:** Se debe verificar parámetros del pozo (presión y temperatura), los tipos de fluidos de producción, los aditivos de control (inhibidores), el estado mecánico del equipo (tuberías, adaptadores, bridas y herramientas de izaje). Además, se debe

seleccionar las conexiones compatibles y un equipo de presión mayor a 1.2 veces a la presión esperada en el pozo (el equipo a escoger se basa según el componente más débil a resistir que compone el sistema). También, revisar la disponibilidad de lubricador y de sus repuestos.

– **Pre-operación:** Se evalúa la secuencia de los pasos a seguir en la operación y los posibles riesgos a ocurrir. El operario debe dominar los procedimientos de activación/desactivación del pozo, y los protocolos a seguir en caso de algún accidente (incendios, fugas o fallas). Adicionalmente, se recuerda que al realizar una prueba de presión se debe descartar la opción de realizar una prueba hidroneumática y la presencia de combustible diesel.

– **Operación:** La operación en pozo se divide en dos secciones: el armado de la estructura básica del pozo que garantiza su estabilidad y seguridad de operación. Y su ensamble del pozo que se encarga de la instalación de equipos y herramentales para su producción.

La primera parte como directrices generales se debe mantener la zona de perforación libre de suciedad, descartar al personal no necesario y utilizar cuerdas en las alineaciones para comenzar adecuadamente con las preparaciones iniciales y pruebas de presión. Entonces, se inicia con conectar el adaptador del cabezal del pozo, el BOP, el retenedor herramental y su respectivo sistema de drenaje. Luego, se debe evaluar la hermeticidad del pozo a 1.2 veces a la que opera por 10 minutos con su respectivo fluido (agua o glicol). Por otro lado, en la conexión de válvulas de sondeo y maestra del pozo se debe etiquetar con el número de vueltas dadas, y en caso de manipulación se debe reportar.

La segunda parte indica que en caso de encontrarse con alguna conexión demasiado ajustada es señal de presencia de presión, por lo que se debe tomar las medidas adecuadas para liberarla y reducir el riesgo de explosión.

– **Post-operación:** Esta es la etapa final donde el personal es escaso y es en donde ocurre más accidentes, por lo que se debe procurar inspeccionar la presencia de fugas, conexiones bien cerradas y de dar el último mantenimiento si es necesario. También, el alza de herramientas o equipos se debe realizar entre dos a tres operarios para reducir el riesgo de lesiones.

1.3.4 Pruebas de presión

1.3.4.1 Pruebas hidrostáticas

En [23] presenta que las pruebas hidrostáticas evalúan la hermeticidad y resistencia de carcasas, tuberías, válvulas, recipientes y otros equipos industriales, considerando las condiciones de que en su exterior está sometido a la presión atmosférica e internamente es llenado a presión de un líquido incompresible (agua). Además, como directriz común el ensayo se debe realizar durante 30 minutos con una presión duplicada a la que normalmente opera.

Estas pruebas son desarrolladas bajo normativas de presiones ya que los equipos son fabricados con directrices especificas según al ámbito industrial. Por tanto, esto garantiza la fiabilidad de las operaciones, alarga el tiempo de vida del equipo y protege el entorno de trabajo tanto la infraestructura como a los operarios, disminuyendo el riesgo de explosiones y consecuencias mortales [24].

A. Tipos de pruebas

- **Pruebas hidrostáticas a calderos**

Los calderos son ocupados en la industria química, alimenticia, manufacturera, eléctrica y otros sectores, con el objetivo de calentar el agua para generar vapor a altas presiones y temperatura. Por ello, al trabajar con estos sistemas altamente riesgosos se debe reducir el número de fallas y defectos estructurales. Una de las catástrofes más significativas fue en Grover, Brockton del año 1905 en una fábrica de calzado, donde a causa de una explosión de caldero se empezaron a desarrollar las normas basadas en materiales, diseño, construcción, operación y mantenimiento [2].

Entre las directrices, el autor [25], recopilas tres pruebas hidrostáticas con distintos parámetros y condiciones a seguir:

a) Ensayos a presión de operación, realizadas después de una limpieza completa o mantenimiento de válvulas y tapas. También, cuando se necesita probar la estanqueidad de los componentes y accesorios.

b) Ensayos a 1.25 veces a la presión de operación, normalmente realizadas por inspectores que certifican equipos. Incluso, suelen ser ejecutadas tras el retiro o cambio de algún componente de presión.
c) Ensayos a 1.5 veces a la presión de operación, se desarrolla para probar la resistencia de los materiales tras reparaciones de sueldas y el cambio de tubos. Asimismo, por la normativa se debe realizar una prueba cada 5 años.

- **Pruebas hidrostáticas a tuberías**

Las pruebas de presión a tuberías son realizadas cuando son nuevas, modificadas o en caso de estar operando se muestre una deficiencia en el sistema. Habitualmente, se suelen presentar fugas en las zonas de conexiones y articulaciones. El procedimiento de estos ensayos depende de la capacidad de la bomba hidrostática según lo indicado en [2], ya que si existe una limitación en la tasa de presión y llenado no logrará abastecer a todo el sistema por lo que se deberá probar por secciones.

Igualmente, en [2] resalta el tiempo de duración de las pruebas que abarca alrededor de.8 horas con una presión de diseño mayor al 50 %. Por otro lado, en el trabajo [26] expone que la calidad del ensayo se considera eficiente si la relación de presión de ensayo sobre la presión de trabajo es mayor, ya que al probar una tubería permite validar la resistencia a altas presiones que suelen trabajar en la extracción de petróleo.

- **Pruebas hidrostáticas a otros contenedores de gas**

Los contenedores que almacenan gas comprimido a altas presiones de igual forma son regidos por un proceso de inspección. Inicialmente, al ingresar a una planta se inicia por una inspección visual externa e interna para detectar posibles acumulaciones de suciedad, grietas, corrosión, deformaciones y señales de arco eléctrico. Además, se incluye la evaluación de la válvula y la validación de la última prueba de presión realizada. Por consiguiente, se pasa a las pruebas de olor, sonido e hidrostática [27].

Los cilindros tienen la posibilidad de durar varios años, por lo que es fundamental validar la resistencia del material. En Ecuador la directriz en que se basan es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260:2015, en que establece realizar una prueba a 1.5 veces de la presión nominal durante 15 minutos para una correcta estabilización y registrar las

primeras lecturas [28]. Luego de alcanzar la presión requerida se pasa a operar manualmente las válvulas intermedias para comprobar su estanqueidad, en caso de no ser posible se aplica la búsqueda de fugas con un detector electrónico de gas o la técnica de burbujeo (agua con jabón).

B. Procedimiento estándar

Las pruebas hidrostáticas varían según el tipo de ensayo a realizar como en los calderos, tuberías y contenedores de gases. Incluso, si se utiliza un modelo de sistema hidrostático, el procedimiento puede diferenciarse y ser más específico con la incorporación de las diferentes bombas, válvulas y sensores. Algunos de los pasos descritos a continuación están basados en [1].

1) El operario debe utilizar el EPP y preparar el área de trabajo que esté libre de obstáculos.
2) Asegurarse que estén apretados los componentes del sistema hidrostático (válvulas, manómetros, tuberías, tapones, etc.) y verificar que los manómetros tengan su certificado de calibración vigente.
3) Ubicar el componente en el área de pruebas mientras se revisa si existen grietas o áreas débiles, asimismo se debe colocar de una forma visible al operario para observar fugas o deformaciones durante el llenado de agua.
4) Se inspecciona las líneas de tubería de agua y aire que estén libre de impurezas.
5) Conectar la red de agua al elemento a ensayar para iniciar con el llenado.
6) Abrir la válvula de venteo para purgar el aire atrapado y evitar la formación de burbujas.
7) Cambiar la red de agua por la red de aire al elemento de ensayo, y conectar los suministros de aire y agua al sistema hidrostático.
8) Empezar con la presurización del elemento, rotando gradualmente el regulador de aire con pausas de 3 a 5 minutos por cada 1000 psi para estabilizar el sistema.
9) Verificar la estabilidad de presión durante el tiempo requerido para la prueba.
10) Registrar los datos obtenidos de temperaturas y presiones en base al tiempo.

11) Para finalizar, se debe abrir la válvula de desfogue y reducir lentamente la presión, asegurándose que los manómetros lleguen a marcar nulo para proceder al desmontaje del elemento.

1.3.4.2 Pruebas hidroneumáticas

Los ensayos neumáticos cumplen la misma función que los hidrostáticos evalúan el estado estructural de componentes presurizados, solamente que en este caso se utiliza gases compresibles como el aire. De acuerdo con [23], indica que se utiliza sistemas hidroneumáticos a presiones menores de 100 psi, caso contrario para ensayos de presiones altas se usan los sistemas con bombas reciprocantes para evitar los riesgos que con lleva utilizar una sustancia expansible, como los golpes de ariete y explosiones.

1.3.5 Pruebas de BOP

En [29] detalla que uno de los mayores problemas a presenciar en el campo petrolero es un reventón del pozo, a causa del fallo de los sistemas de control de presión. Este error provoca una expulsión incontrolada del petróleo y/o gas natural, que recorre desde los yacimientos hasta la superficie provocando impactos perjudiciales en operarios, en lo económico y ambiental, con el riesgo de quedar inhabilitado el campo. De manera que, para precautelar, antes de iniciar la perforación se instala el BOP encima del cabezal del casing. Este equipo logra funcionar de forma manual e hidráulica con válvulas de alta presión que ayudan a cumplir las siguientes funciones mencionadas en [5] y [29]:

- En caso de un retorno imprevisto de los fluidos de formación (petróleo, gas, agua o mezclados), el pozo es cerrado.
- Sobre el yacimiento ayuda a colocar la contrapresión necesaria que necesite para prepararlo a nuevas operaciones o a su abandono.
- Ante la posibilidad de falla de la parte primaria de control de presión y fluidos, ayuda a ser recuperada.
- En el reemplazo o reparaciones de cables o risers (tuberías).
- Se detiene para desfogar al lubricador y poder cambiar los componentes de sellado del pozo (estoperos).

1.3.5.1 Tipos de BOP

A. BOP manual

La (Fig. 26) muestra un preventor manual de brazo sencillo con un ciclo de cierre lento que posee dos manijas con un eje roscado, que deben ser girados para aflojar o apretar la placa que se encuentra en un extremo que empujara un brazo que haga presión al cable. Este sistema tiene la condición de servicio de trabajar hasta 5000 psi, pero es recomendable que opere en rangos alrededores de 3000 psi [30].

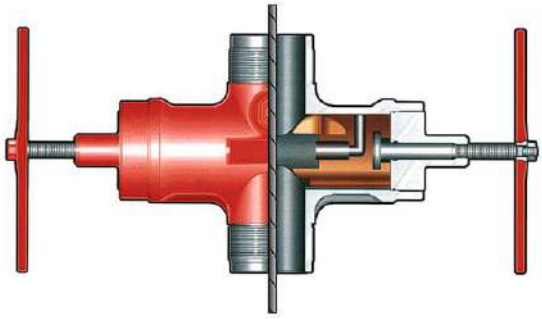


Fig. 26. BOP manual [30].

B. BOP hidráulico

En [30], nos presenta el diseño de los brazos con un sistema principal que son activados a presión hidráulica y conformados por un sistema secundario manual como segundo sello de seguridad, su condición de servicio es hasta presiones de 10000 psi. A partir de la (

Fig. 27), su funcionamiento se basa en que el fluido hidráulico es ingresado por la cámara derecha, mientras que el de la cámara izquierda retorna al tanque. Esta acción empuja el pistón contra el brazo y por consiguiente el operador ajusta las manijas como seguridad secundaria. Ahora bien, para su abertura se debe desenroscar las manijas y aplicar la presión hidráulica para retornar el pistón.

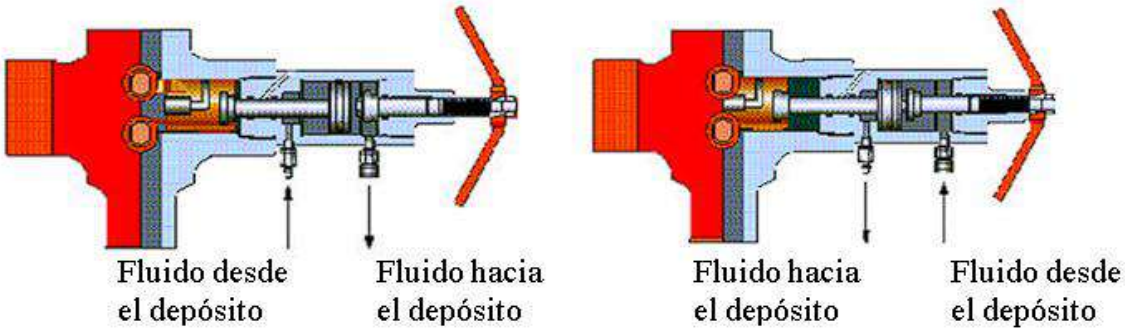


Fig. 27. BOP hidráulico y manual en configuración abierta y cerrada [30].

- **BOP con brazos dobles y triples**

El mecanismo de la (Fig. 28) de dos brazos está montado en serie, donde a la mitad de ellos tiene un orifico para la inyección de grasa a presión que evita el escape de gas a través de los espacios de cables o tuberías. Mientras, la (Fig. 29) indica el conjunto de triple sello que está conformado por dos brazos normales en el que si uno falla el otro opera de manera normal, y el tercer brazo que actúa como un sello invertido que proporciona una seguridad adicional en caso de fallar los otros brazos [30].

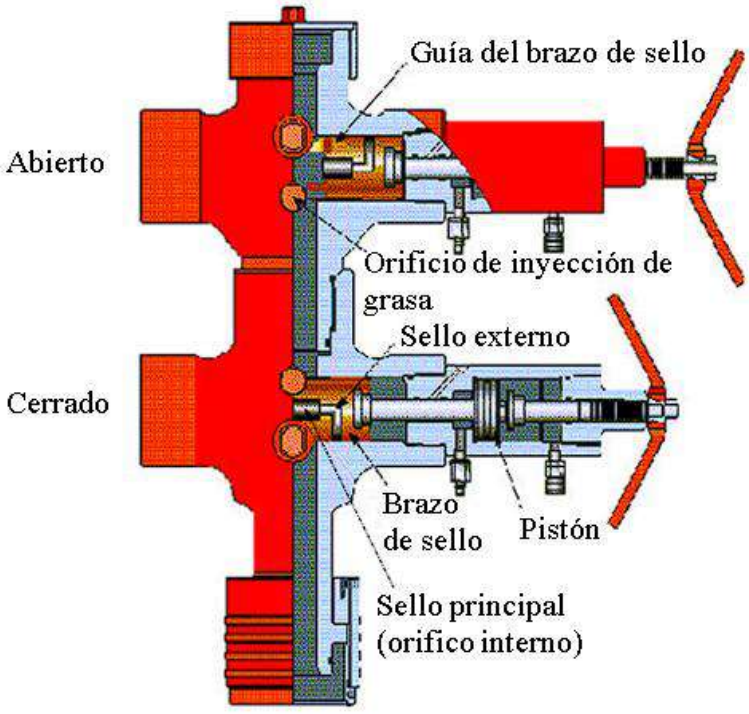


Fig. 28. BOP doble [30].

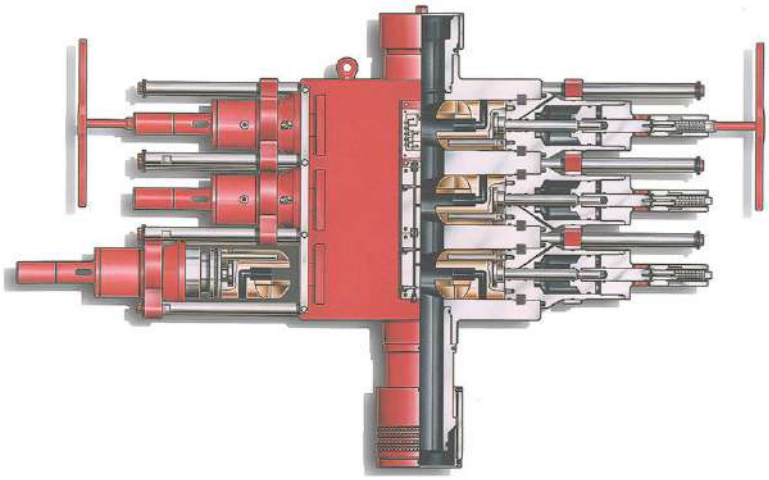


Fig. 29. BOP triple [30].

- **BOP anular y de ariete**

La instalación de los preventores dependerá de las características del pozo que se definen por profundidad y la categoría de riesgo, normalmente estos son instalados en serie comenzando por los de ariete y al último colocando el anular. El preventor anular tiene un componente fabricado de elastómero reforzado, que se acopla al pozo con sarta o sin esta, a las lastras barrenas y a la barra Kelly. De igual manera, se tiene el preventor de ariete con válvulas de acero conformado por componentes flexibles en los que podemos distinguir los siguientes tipos planteados en [29].

- El ariete de tubería que cierra solamente los canales de perforación.
- El ariete ciego que bloquea la salida de un pozo abierto.
- El ariete de cizallamiento que en caso de fallar los preventores previos corta la sarta de perforación.

Los preventores son accionados hidráulicamente a partir de un acumulador de presión que almacena gas de nitrógeno a 1500 a 3000 psi. En el caso de que se hayan activado, para reanudar la perforación se tiene los estranguladores (válvulas ajustables) que se abren completamente para expulsar el influjo y el lodo de perforación e ingresar el nuevo lodo con la densidad adecuada. El estrangulador mientras expulsa los influjos este se reduce parcialmente para mantener la presión adecuada del pozo y evitar la salida de los fluidos de formación [29].

1.3.5.2 Normativas API

El API es una organización de Estados Unidos destinado al estudio y elaboración de las especificaciones técnicas aplicadas en la industria del petróleo y el gas natural, indicando las reglas a seguir según el tipo de dispositivo y accesorios utilizado en tuberías, tanques, válvulas, entre otros. Además, estas reglas abordan soluciones a problemas locales, estatales, federales y regulaciones; que han sido adoptadas a nivel internacional con más de 500 estándares [31].

Los reglamentos API pueden ser utilizados por cualquier persona, sin embargo, deben tener en cuenta que la información proporcionada tiene una exclusión de responsabilidad hacia cualquier miembro asociado al instituto, es decir, si el operador decide aplicar lo descrito en las normas y surge algún problema, API no se responsabiliza. Así mismo, si se vulnera uso de patentes, derechos de autor, marcas y otros [32].

- **API SPEC 16A**

Este reglamento indica los distintos tipos de BOP y define los materiales y especificaciones que deben tener según las distintas características en las que se encuentre el pozo (presión, fluidos, temperatura, etc.). Además, indica las instrucciones de reparación y de ensayos destructivos y no destructivos que se deben realizar para validar su funcionamiento y alargarla la vida útil del equipo [33].

- **API SPEC 16C**

En esta directriz se centra en los materiales y parámetros de diseño que poseen los estranguladores que regulan el flujo de salida de un pozo, y del sistema de matado que previene los reventones. Cabe agregar, que en el punto 17.6.1 se centra en las especificaciones de la múltiple estrangulación (Choke Manifold), el conjunto de válvulas que regula el caudal de los fluidos de formación [34].

- **API SPEC 16D**

Esta normativa en la sección 5.1.3.2 hasta 5.1.3.6 se basa en los acumuladores hidráulicos que se usan en el accionamiento de los preventores en caso de emergencia. Estos apartados hablan sobre las condiciones de diseño, el tipo de acumulador a utilizar, las instrucciones

de instalación con las válvulas, la precarga del fluido que debe ser solamente nitrógeno y la presión de precarga que deberán tener según el tipo [32].

- **API 53**

En el punto 12.3.3 describe los tiempos de activación que rondan entre los 30 a 45 segundos según el diámetro que tengan. En el apartado 12.3.5 indica la presión de precarga a medir que debe tener el pozo previo a la instalación del BOP. También, tenemos los puntos 10.1.1 dedicados a las tuberías de alta presión y el 12.8 dirigido a las especificaciones de instalación de los paneles de control. Por último, se tiene desde 17.5.3 hasta 17.5.9 destinados a las reglas de ensamblaje de BOP [35].

- **API RP T6**

Son disposiciones destinadas al personal dedicado al control y perforación de pozos que complementa a las normativas anteriores. En estas igualmente se centra en las reglas de diseño, construcción, inspección, ensayos y mantenimiento de distritos equipos sometidos a presiones y temperaturas extremas [31].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

Diseñar y construir un sistema hidrostático para pruebas de BOP en pozos destinado a la empresa Equipetrol S.A.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Diseñar una estructura portátil del sistema hidrostático que incluya los componentes necesarios para las pruebas de BOP en pozo.
- Construir el equipo de presión según los planos y especificaciones del diseño para el desarrollo de las pruebas hidrostáticas.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema construido para la validación de su uso en presiones altas según las normativas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Aceros

- **Acero AISI 316**

El AISI 316 de acuerdo con [36] pertenece al grupo de aceros inoxidables austeníticos por destacar en su ductilidad, compatibilidad con entornos corrosivos, la deformabilidad en frio y caliente, su carencia magnética y su precio elevado por altos porcentajes de cromo y níquel. Sus aplicaciones se dan en varios entornos industriales e ideal para trabajos severos [37]. Las propiedades de la TABLA VIII son consideradas según la fabricación de los tubing que es a partir de una barra tubular de acero recocido que pasa varias veces por una matriz de estirado en frio hasta reducir su diámetro requerido.

TABLA VIII

PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL ACERO AISI 316 [37].

Propiedades mecánicas					
Resistencia a la fluencia	415 MPa		60200 psi		
Resistencia a la tensión	620 MPa		89900 psi		
Módulo de elasticidad	193 GPa		28000 ksi		
Elongación	45 %				
Dureza Rockwell B	91				
Propiedades químicas					
Carbono (C)	<= 0,080 %	**Cromo (Cr)**	16 – 18 %	**Hierro (Fe)**	61,8 – 72 %
Manganeso (Mn)	<= 2 %	**Molibdeno (Mo)**	2 – 3 %	**Níquel (Ni)**	10 – 14 %
Fósforo (P)	<= 0,045 %	**Silicio (Si)**	<= 1 %	**Azufre (S)**	<= 0,030 %

- **Acero AISI 1008**

El AISI 1008 es un acero al carbono de baja aleación utilizado en la industria en aplicaciones donde no requieran altas resistencias y destacable por su maleabilidad [38]. En [39] resalta su buena soldabilidad e indica las propiedades del material mostrados en la TABLA IX. Este acero se empleará en la construcción del bastidor y según el tipo proveedor tendrá algún recubrimiento para minimizar la corrosión

TABLA IX

PROPIEDADES MECÁNICAS Y QUÍMICAS DEL AISI 1008 [39].

Propiedades mecánicas					
Resistencia a la fluencia	180 - 240 MPa		26100 - 34800 psi		
Resistencia a la tensión	303 - 358 MPa		43900 - 51900 psi		
Módulo de elasticidad	200 GPa		29000 ksi		
Elongación	42 - 48 %				
Propiedades químicas					
Carbono (C)	<= 0,10 %	**Azufre (S)**	<= 0,050 %	**Hierro (Fe)**	99,3 – 99,7 %
Manganeso (Mn)	0,3 – 0,5 %	**Fósforo (P)**	<= 0,040 %		

2.1.2 Herramientas

TABLA X

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE APOYO

N.º	Elemento	Descripción	Imagen
Herramientas de medición y marcado			
1	Flexómetro	**Marca:** Stanley **Longitud:** 5 metros **Función:** Medir los perfiles y placa.	

N.º	Elemento	Descripción	Imagen
2	Calibrador pie de rey digital	**Marca:** Starrett **Longitud:** 12 pulgadas **Función:** Medir diámetros de conexiones.	
3	Escuadra metálica	**Marca:** Truper **Longitud:** 12 pulgadas **Función:** Verificar y trazar ángulos de 90°.	
4	Marcador para metal	**Marca:** Edding **Punta:** 2 milímetros **Función:** Trazar líneas como guía de corte y perforación.	
5	Tiza para metal	**Marca:** Yuanwovv **Material:** Piedra caliza **Función:** Trazar líneas como guía de corte y perforación.	
	Herramientas de corte y desbaste		
6	Tronzadora	**Marca:** DeWalt **Disco:** 14 pulgadas **Función:** Cortar los perfiles.	
7	Amoladora	**Marca:** DeWalt **Disco:** 4 ½ pulgadas **Función:** Cortar, desbastar y pulir la estructura.	

N.º	Elemento	Descripción	Imagen
8	Cortadora para tubo	**Marca:** RIDGID **Diámetros:** 1/8 a 1 pulgadas **Función:** Cortar limpiamente el tubo capilar.	
9	Lima para metal	**Marca:** Truper **Largo:** 6 pulgadas **Función:** Eliminar rebabas del corte de los perfiles.	
Herramientas de unión y ensamblaje			
10	Soldadora MIG	**Marca:** Soldamax **Peso:** 191 kilogramos **Función:** Unir piezas con gas inerte.	
11	Alambre de soldadura	**Marca:** Blue Box **Tamaño:** 1,2 mm **Aleación:** ER 705-6 **Función:** Unir piezas mediante soldadura.	
12	Teflón	**Marca:** Paolo **Longitud:** 15 metros **Función:** Sellar las roscas metálicas de conexiones.	

N.º	Elemento	Descripción	Imagen
		Herramientas de unión y ensamblaje	
13	Entenalla	**Marca:** Pony **Longitud:** 4 ½ pulgadas **Función:** Sujetar piezas para corte y doblado.	
14	Prensas tipo C	**Marca:** Stanley **Tamaño:** 8 pulgadas **Función:** Sujetar perfiles para soldar.	
15	Martillo	**Marca:** Stanley **Peso:** 160 onzas **Función:** Golpear y ajustar partes.	
16	Llaves inglesas	**Marca:** AB Tools **Tamaños:** 0,236 a 0,866 pulgadas **Función:** Ajustar conexiones y pernos.	
		Herramientas de conformado y mecanizado	
17	Taladro manual	**Marca:** Truper **Portabrocas:** ½ pulgada **Función:** Perforar los perfiles.	

N.º	Elemento	Descripción	Imagen
18	Dobladora de tubo manual	**Marca:** Swagelok **Diámetro exterior:** ½ pulgada **Radio de curva:** 1 ½ pulgadas **Función:** Doblar los tubos capilares.	
19	Dobladora de lámina	**Marca:** BYFOCNC **Espesores:** 1 a 3 milímetros **Función:** Doblar láminas a distintos ángulos.	
20	Fresadora	**Marca:** Tengzhou **Velocidad:** 30 a 1500 rpm **Función:** Perforar la placa metálica.	
21	Sierras copa para metal	**Marca:** Imehispa **Diámetro:** 22 a 115 milímetros **Función:** Cortar de forma circular la placa.	
		Equipos de apoyo	
22	Laptop	**Marca:** Lenovo Legion **Procesador:** Ryzen 7 **Función:** Realizar el diseño e informe.	

2.1.3 Softwares

- **SolidWorks**

Es un software de diseño asistido por computadora (CAD) muy utilizado en la ingeniería, que permitirá en este proyecto diseñar y ensamblar las piezas del sistema hidrostático. Así mismo, simular los esfuerzos y deformaciones a partir de sus extensiones como SolidWorks Simulation. Además, facilitará la generación de planos de dibujo en 2D y 3D.

- **Ftool**

Frame Tool es un programa de análisis estructural 2D muy utilizado en la ingeniería civil y mecánica, centrado en el análisis de estructuras isostáticas e hiperestáticas. Este software será empleado para el análisis de vigas sometidas a una carga constante, permitiendo comprobar sus diagramas de fuerza cortante y momento flector.

2.2 Métodos

2.2.1 Estrategias metodológicas

- **Bibliográfica**

Se investiga en distintas bibliografías técnicas como artículos científicos, conferencias, libros de ingeniería, normativas, manuales de fabricante, tesis y trabajos de investigación. Estas fuentes permitirán la recopilación de conceptos y teorías necesarias para entender el funcionamiento de un sistema hidrostático y la realización de las pruebas de presión a distintos equipos industriales.

- **Descriptiva**

Se describe la problemática que afronta la empresa, donde se indica los inconvenientes y limitaciones del sistema hidrostático actual. Además, este método documenta las fases del nuevo sistema desde su investigación, selección de componentes, diseño, construcción y validación, estableciendo los requerimientos del prototipo y evidenciando el cumplimiento de los objetivos planteados.

- **Comparativa**

Se implementa una comparación de diferentes alternativas del mercado que permitirá escoger distintas características para crear un diseño personal en base a los requerimientos de la empresa. Los distintos tipos son evaluados por un método de ponderación para la selección subjetiva a partir de ciertos criterios relacionados a la funcionalidad, gastos, portabilidad, compacidad, mantenimiento y comodidad de operación.

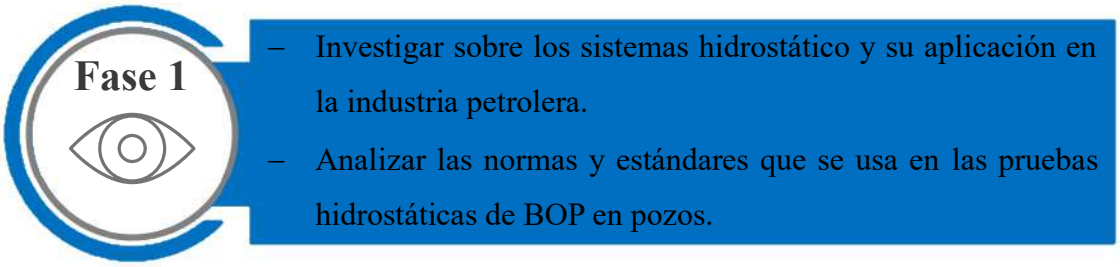
- **Analítica**

El estudio analítico descompone al sistema en secciones más simples para comprender el funcionamiento y los principios aplicables sobre los componentes evaluados desde una perspectiva técnica. Asimismo, se realiza sus respectivos cálculos técnicos de presiones, factores de seguridad, capacidad de carga estructural, entre otros que sean necesarios para sustentar la validación del equipo.

- **Experimental**

La experimentación con variables es fundamental como la presión, el cual, al construir el prototipo de un sistema hidrostático portátil, un equipo de presión será sometido a pruebas de hermeticidad que validarán su funcionamiento y resistencia de los distintos componentes, como: bombas neumáticas, válvulas, tuberías, medidores de presión y el soporte estructural. Esto permitirá determinar los parámetros y condiciones de operación óptimos para los ensayos.

2.2.2 Etapas de desarrollo





Fase 1

La primera fase se centra en la investigación de los conceptos y principios de la mecánica de fluidos (hidrostática e hidrodinámica), permitiendo diferenciar entre ellos y comprender el comportamiento de los gases y líquidos en los ensayos a presión. Asimismo, se incluye una recopilación de los distintos sistemas hidrostáticos disponibles en el mercado para facilitar en las siguientes fases el planteamiento del diseño, por lo que se identifica los distintos componentes principales y en cómo se dividen dando una explicación de su función. También, se introduce a la industria petrolera para entender

conceptos de pozos y perforación e identificar las directrices en que se basan las pruebas hidrostáticas y el equipo de BOP.

Fase 2

En la segunda fase se establece los requerimientos a cumplir que necesita el sistema hidrostático para la empresa Equipetrol S.A., como la presión operativa, la incorporación de dos bombas, su portabilidad y la comodidad del mantenimiento. Así pues, esta recopilación de información permitirá escoger los componentes necesarios y analizar el material adecuado según las condiciones de trabajo.

Fase 3

En la tercera fase se inicia con la incorporación de los Softwares de Diseño Asistido por Computadora (CAD). En el que a partir de una base planteada de los componentes que van a incorporarse en el sistema, se empieza a realizar el modelado 3D en el software SolidWorks con su respectiva estructura y circuitos hidráulicos. Igualmente, en el mismo software se realiza su respectiva simulación con los esfuerzos y presiones sometidas a la estructura como a las tuberías. Para finalizar, se realiza sus respectivos planos de construcción.

Fase 4

En la cuarta fase se realiza la adquisición de sus componentes a partir de una cotización con distintos proveedores para obtener el gasto mínimo y de calidad. Después de la compra, con la guía de los planos se inicia con la fabricación de la estructura donde se aplica procesos de corte, soldado y taladrado, por consiguiente, se instala las bombas, válvulas, manómetros, tuberías y otros accesorios.

Fase 5

En la quinta fase se valida el funcionamiento del sistema en condiciones reales donde se somete a una prueba hidrostática a un equipo de presión. Se presuriza con agua durante el tiempo que diga la normativa y se emite el reporte respectivo de que el herramental cumple con las condiciones de hermeticidad.

2.2.3 Flujogramas

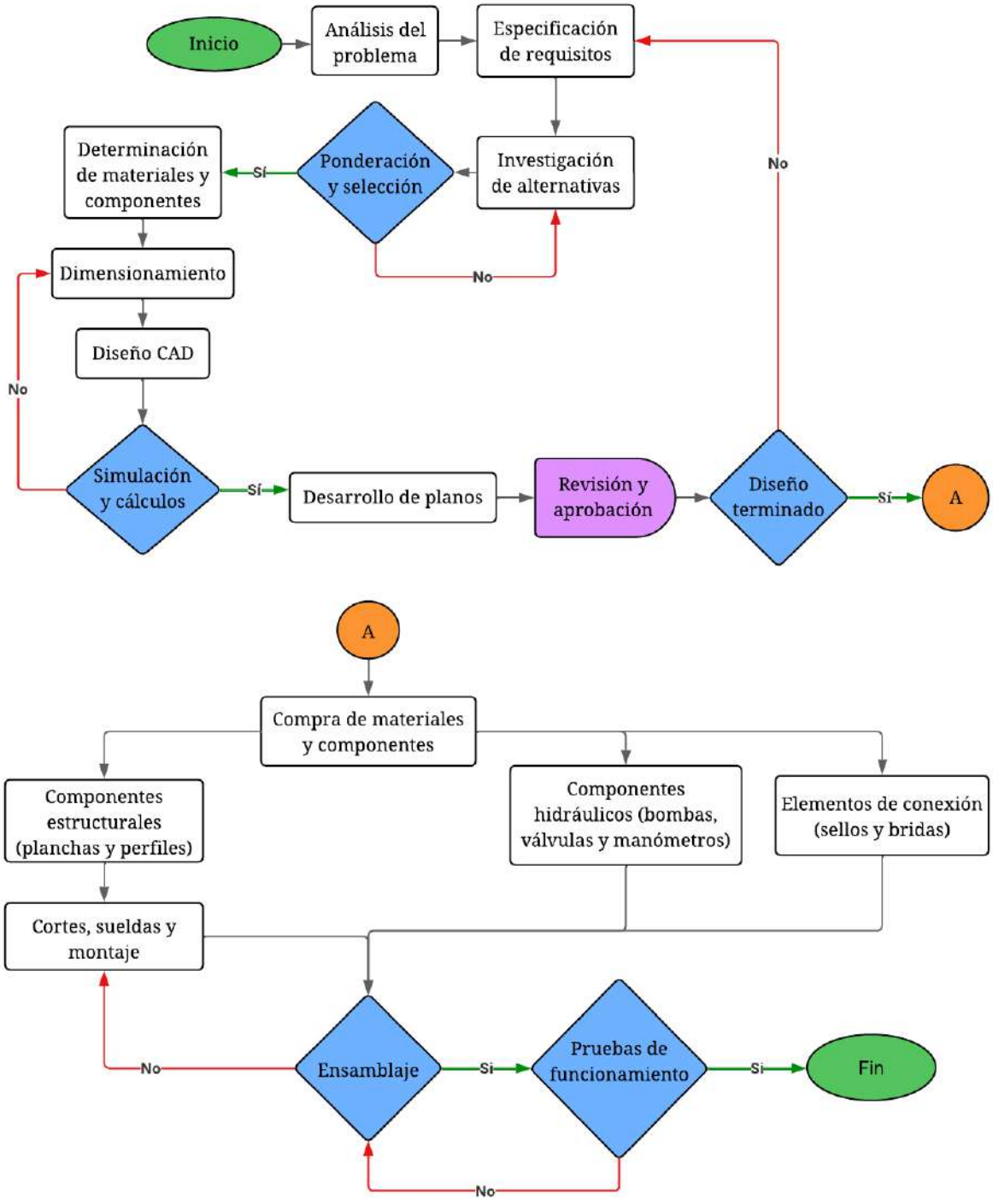


Fig. 30. Flujograma de la etapa de diseño y construcción del sistema hidrostático.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de alternativas

Se aplicará el método de ponderación de criterios o como se le denomina en [40], la matriz de preferencias que evalúa distintas alternativas en base a ciertos criterios que se califican en escala del 1 al 10, o del 0 al 1, considerando el valor límite inferior "muy malo" versus el superior "excelente desempeño". Los criterios son ponderados subjetivamente según la relevancia que adquiera en el sistema hasta que cumplan el 100 %, estos valores serán multiplicado por el puntaje dado a la alternativa y se sumará toda esa columna calculada para obtener una medida cuantitativa total que permitirá comparar con los otros modelos y escoger la mejor opción.

Entonces, entre las siete variantes de los equipos hidrostáticos mencionados en el Capítulo I se considera los siguientes puntos destacables de los modelos, como: el tipo de bomba, el tipo de estructura y los tipos de medidores de presión. Esto permite seleccionar las mejores características de cada sistema para acoplar a un diseño personalizado que se ajuste a las condiciones de la empresa. La identificación de cada modelo se les asigna las siguientes letras:

- Alternativa "A" = Sistema hidrostático eléctrico
- Alternativa "B" = Sistema hidrostático manual
- Alternativa "C" = Sistema hidrostático doble de alta y baja presión
- Alternativa "D" = Sistema hidrostático doble de tipo carretilla
- Alternativa "E" = Sistema hidrostático tipo carreta
- Alternativa "F" = Sistema hidrostático tipo maletín
- Alternativa "G" = Sistema hidrostático digital

3.1.1 Escala de valorización

La escala de valorización para las ponderaciones será del 0 al 1, ya que entre las características a evaluar existen muy pocas diferencias, por lo que su interpretación será rápida y sencilla.

- No cumple con el criterio = 0
- Cumple parcialmente con el criterio = 0.5
- Cumple completamente con el criterio = 1

3.1.2 Criterios por evaluar

Los criterios para evaluar según las necesidades operativas que requiere la empresa se indica a continuación con su justificación y porcentaje de ponderación.

a) Utilidad: Evalúa la capacidad de adaptarse a las condiciones de trabajo en campo y demostrar la efectividad y eficiencia en que se solventa los problemas presentados.

- **Ponderación:** 35 %
- **Bombas:** Se analiza la capacidad de alcanzar la presión deseada y de adaptarse al ensayo de otros equipos petroleros.
- **Estructuras:** Se califica el soporte y protección que brinda el sistema.
- **Medidores de presión:** Se valora la precisión, confiabilidad y visibilidad de las lecturas.

b) Inversión inicial: Indica la viabilidad que tendrá el proyecto a partir de un capital inicial asequible para la adquisición los materiales y componentes, y la ejecución de la mano de obra y los procesos de fabricación aplicados.

- **Ponderación:** 25 %
- **Bombas:** Se analiza el precio de adquisición.
- **Estructuras:** Se califica el precio de los materiales, procesos de fabricación y ensamblaje.
- **Medidores de presión:** Se valora el precio de los manómetros, sensores, pantallas y softwares.

c) **Mantenibilidad:** Examina la disponibilidad operativa del equipo, por lo que se considera el gasto mínimo a largo plazo y con mayor rentabilidad, además su diseño debe ser simple y asequible a herramientas comunes para el mantenimiento.

- **Ponderación:** 20 %
- **Bombas:** Se analiza la frecuencia de mantenimiento, el costo de reparación, la facilidad de desarmar, revisar y adquirir los componentes e insumos necesarios.
- **Estructuras:** Se califica la accesibilidad para inspección y reparación de componentes, también toma en cuenta el desgaste de uniones y ruedas.
- **Medidores de presión:** Se valora la facilidad de recalibrar o reemplazar los componentes por desgaste o falla.

d) **Ergonomía operativa:** Interpreta la capacidad del operador de trabajar intuitivamente y minimizar el desgaste físico posible con el sistema, garantizando su seguridad y comodidad ergonómica.

- **Ponderación:** 20 %
- **Bombas:** Se analiza la complejidad de manipulación de la bomba.
- **Estructuras:** Se califica la facilidad de transportar el sistema de la empresa al campo.
- **Medidores de presión:** Se valora la claridad y facilidad de interpretar las lecturas.

3.1.3 Ponderación

3.1.3.1 Bomba

En la TABLA XI se evalúa el sistema de bombeo de las distintas alternativas descritas a continuación:

- Alternativa “A” = Una bomba eléctrica
- Alternativa “B” = Una bomba neumática con accionamiento manual
- Alternativa “C” = Dos bombas neumáticas (alta y baja presión)
- Alternativa “D” = Dos bombas neumáticas (doble diafragma y pistón)
- Alternativa “E”, “F” y “G” = Una bomba neumática

TABLA XI

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE BOMBA

Criterios	Pond. (P) %	Alt. A		Alt. B		Alt. C		Alt. D		Alt. E, F y G	
		Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)
Utilidad	35	0,5	17,5	0	0	0,5	17,5	1	35	0,5	17,5
Inversión inicial	25	0	0	1	25	0,5	12,5	0,5	12,5	1	25
Mantenibilidad	20	0,5	10	1	20	0,5	10	0,5	10	0,5	10
Ergonomía operativa	20	1	20	0	0	1	20	1	20	1	20
TOTAL	**100**		**47,5**		**45**		**60**		**77,5**		**72,5**

A partir de la ponderación de las alternativas se concluye que la mejor opción es la alternativa “D” con un total de 77,5 ya que el propósito de tener dos bombas neumáticas es la disponibilidad del aire comprimido y la aceleración del tiempo de ensayo por lo que una bomba de diafragma proporciona mayor caudal, mientras que la bomba de pistón abastece con la presión necesaria.

3.1.3.2 Estructura

En la TABLA XII se evalúa el tipo de estructura en que se encuentra los siguientes tipos:

- Alternativa “A”, “B”, “C” y “G” = Estructura rectangular de acero
- Alternativa “D” = Estructura de acero en forma de carretilla a dos ruedas
- Alternativa “E” = Estructura de acero tipo carreta a cuatro ruedas
- Alternativa “F” = Estructura tipo maletín en polímero ABS

TABLA XII

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE ESTRUCTURA

Criterios	Pond. (P) %	Alt. A, B, C y G		Alt. D		Alt. E		Alt. F	
		Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)
Utilidad	35	1	35	0	0	1	35	1	35
Inversión inicial	25	0,5	12,5	1	25	0,5	12,5	0	0
Mantenibilidad	20	0,5	10	1	20	0,5	10	0,5	10
Ergonomía operativa	20	1	20	0,5	10	0,5	10	1	20
TOTAL	**100**		**77,5**		**55**		**67,5**		**65**

En este análisis ponderativo se concluye que las mejores alternativas son las “A, B, C y G” con un ponderado de 77,5 ya que al realizar una estructura rectangular compacta se identifica mayores ventajas, a pesar de que la carga seria entre dos operarios. Este diseño facilitaría el traslado en los compartimentos de los camiones o en el baúl de las camionetas, ocupando el menor espacio posible.

3.1.3.3 Medidores de presión

En la TABLA XIII se determina los tipos de medidores que poseen los distintos modelos:

- Alternativa “A”, “B”, “C”, “D”, “F” = Manómetros
- Alternativa “E” = Manómetros y registrador gráfico de presión en papel
- Alternativa “G” = Manómetros y transductor de presión ESI (digital)

TABLA XIII

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDORES DE PRESIÓN

Criterios	Pond. (P) %	Alt. A, B, C, D y F		Alt. E		Alt. G	
		Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)	Val. (V)	(P · V)
Utilidad	35	0,5	17,5	0,5	17,5	1	35
Inversión inicial	25	1	25	0,5	12,5	0	0
Mantenibilidad	20	1	20	0,5	10	1	20
Ergonomía operativa	20	0,5	10	0,5	10	1	20
TOTAL	**100**		**72,5**		**50**		**75**

Según el estudio de la matriz entre los diferentes medidores de presión se concluye que la mejor alternativa es la "G" con una ponderación del 75 donde se implementa manómetros y un transductor de presión digital, agilizando la interpretación de lecturas y la confiabilidad del ensayo a presión a comparación de las contrapartes.

3.2 Cálculos

3.2.1 Bombas

En la selección de las bombas se considera las siguientes condiciones de trabajo tanto para planta como en campo:

- El equipo debe ser capaz de realizar las pruebas hidrostáticas a los BOP como a otros equipos petroleros que trabajen hasta 3000 psi con pruebas de presión de 4500 psi según la normativa API SPEC16A [33].
- La unidad de aire comprimido que se tiene en los sitios de trabajo es de una presión máxima de 135 psi y una mínima de 90 psi con un caudal de 10,2 cfm (pies cúbicos por minuto).

– El líquido de trabajo es agua suministrado en un tanque a 1 atm (14,7 psi).

3.2.1.1 Bomba de diafragma

La primera bomba es una de doble diafragma que se encargará con la precarga al elemento a ensayar con un llenado rápido del fluido a una baja presión. Esta bomba es selecciona por su bajo precio a diferencia de una de pistón que es costosa de adquirir y de mantener ya que al mover grandes volúmenes consumen mayor potencia y sufren mayor desgaste.

A continuación, se muestra las especificaciones a considerar para la bomba, en el que se indica el rango de presión en que trabaja el compresor y un caudal de descarga asumido, basado en los tipos de bombas Rouchneck utilizados en los sistemas hidrostáticos que distribuye la empresa Hydrorex mostrado en los modelos del catálogo [15]. Se evita valores menores que causen un llenado lento, y valores mayores que provoquen sobrepresión y golpes de ariete. Además, el adquirir una bomba de potencia baja minimiza los costos de construcción.

– Presión de aire comprimido = 90 a 135 psi
– Caudal de descarga nominal = 12 a 24 gpm (54,5 a 109,1 L/min)

Así que por disponibilidad se identifica un modelo del catálogo Yamada [41]. La bomba NDP-15 que cumple con las condiciones requeridas que se muestra en el (Anexo A) con distintos modelos disponibles según el material fabricado de la carcasa, y en el (Anexo B) que indica las especificaciones de la bomba, los tipos de entrada, la temperatura máxima del líquido que soporta el diafragma, el diagrama de las curvas de rendimiento y la nomenclatura de composición.

El modelo final elegido es (NDP-15 BSC), que se descifra de la letra B la incorporación de válvulas de bola, la letra S el material del cuerpo que es en acero inoxidable 316, y la letra C el material de diafragma fabricado en neopreno. En la (Fig. 31) se presenta la bomba, y a continuación se nombra algunas de las especificaciones:



Fig. 31. Bomba de diafragma modelo NDP-15 BSC [41].

- Presión de aire comprimido = 20 a 100 psi
- Caudal de descarga máxima = 51,1 L/min (13,5 gpm)
- Volumen de descarga por ciclo = 128 cm^3 (0,0338 gal)
- Ciclo máximo por minuto = 400
- Tamaño máximo de sólidos = 1 mm (0,03125 in)
- Conexión de succión y descarga = ½ in hembra NPT
- Entrada de aire = ¼ in hembra NPT
- Escape de aire = 3/8 in hembra NPT

3.2.1.2 Bomba de pistón

La segunda bomba es de pistón que trabaja a alta presión con un caudal mínimo que continua la alimentación del elemento a ensayar tras ser cargado de líquido por la bomba de diafragma, esta se encarga de incrementar la presión del fluido en un corto tiempo. Se destaca por la conservación de presión al detener la entrada del flujo de aire, lo que le hace ideal para controlar pruebas prologadas.

Es importante señalar que la bomba a utilizar será de 10700 psi ya que fue adquirida por la empresa sin un previo estudio económico y técnico del sistema completo, destacando un sobredimensionamiento respecto a la presión de ensayo de 4500 psi. En consecuencia, para optimizar recursos disponibles y evitar gastos de un nuevo equipo se ha decidido utilizarla, ajustando los demás componentes a la condición de trabajo.

Entonces, en el catálogo de HYDROREX [42], se indica la serie de bombas neumáticas 10-5 (sin lubricación) y 10-5L (lubricadas) caracterizadas por su pistón de tamaño mediano. En el (Anexo C) se observa las dimensiones y las relaciones de presión según el tipo de bomba y las propiedades del émbolo, en el que se identifica el modelo elegido con una relación de 105. En la (Fig. 32) se especifica el modelo (10-5000W060), además que representa las curvas del volumen de líquido suministrado en función de la presión de salida.

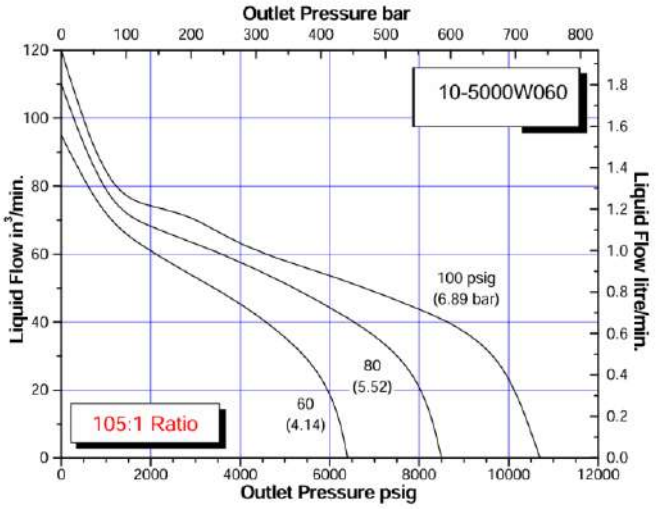


Fig. 32. Curvas de presión de salida versus el caudal [42].

La (Fig. 33) se presenta la bomba, y a continuación se redacta sus especificaciones:



Fig. 33. Bomba de pistón 10-5000W060 [42].

– Presión de aire comprimido = 10 a 100 psi

- Presión de descarga máxima = 10700 psi
- Caudal de descarga máxima = 1,9 L/min (0,48 gpm)
- Conexión de succión y descarga = ½ in hembra NPT
- Entrada de aire = ½ in hembra NPT
- Escape de aire = 3/4 in hembra NPT

Sin embargo, en caso de elegir un equipo nuevo se aplicaría la ecuación (6), que se define como la relación de presión máxima de trabajo sobre la presión de control que acciona el sistema.

$$r = \frac{P_{máx}}{P_{control}} \tag{6}$$

$$r = \frac{4500\ psi}{100\ psi} = 45 \approx 55$$

Al obtener el resultado de 45 se identifica en las tablas del (Anexo C) que la relación de presión próxima es de 55. Una bomba que trabaja a 5800 psi con un margen de seguridad de 1300 psi evitando el desgate prematuro y comprometer la seguridad del ensayo.

3.2.1.3 Potencias

El cálculo de la potencia hidráulica teórica de las bombas se realiza con la ecuación (7) indicada en [43], esta expresión no considera las pérdidas de carga y se define como el producto de la presión máxima a lograr en (psi) por el caudal (gpm) divido por la constante de 1714 para obtener el resultado en (HP).

$$N = \frac{P \cdot Q}{1714} \tag{7}$$

- Potencia Bomba de Diafragma

$$N = \frac{100\ psi \cdot 13{,}50\ gpm}{1714} = 0{,}787\ HP$$

- Potencia Bomba de Pistón

$$N = \frac{7500\ psi \cdot 0{,}211 gpm}{1714} = 0{,}925\ HP$$

3.2.2 Conectores y accesorios roscados

Durante la selección de estos conectores se presentó que en el inventario de la empresa se encontraban algunas piezas disponibles, por ende, para la optimización de recursos y evitar gastos innecesarios Con este fin, se utilizó los catálogos Swagelok de racores para tubo galgables y adaptadores [44] y accesorios roscados [45], para verificar las especificaciones operativas de las piezas disponibles y escoger los restantes. En el (Anexo D) se indica los elementos a ocupar en el montaje con sus respectivas dimensiones y códigos para su adquisición. Asimismo, se adjunta otros accesorios adquiridos de fabricantes como Dixon [46], Plastigama [47] y Parker [48].

3.2.3 Acoples rápidos

En la selección de los acoples rápidos de entrada y salida para las conexiones de agua se extrae del catálogo Parker [49], indicado en el (Anexo E), donde se consideró las condiciones de funcionamiento a las que estarán sometidas, como el caudal de agua proporcionada por la bomba de diafragma de 51,1 L/min eligiendo un acople hidráulico sin válvula de ½ in hembra NPT de la serie 1727 que trabaja con caudales de 51 L/min. Asimismo, para la conexión de entrada para el suministro de aire se considera el caudal entregado por el compresor de 10,2 cfm (288,83 L/min) en el cual se elige un acople neumático sin válvula de ½ in hembra NPT de la serie 24 que opera hasta 820 L/min.

Por otro lado, para las conexiones de salida del aire y el acople para el sensor se consideró la presión máxima a trabajar de 4500 psi, el cual se escoge un acople neumático de ¼ in hembra NPT de la serie 115 indicado en el catálogo CEJN [50].

3.2.4 Válvula de bola

La válvula de bola se instalará en la zona de suministro de aire para aislar las distintas líneas de conexión hacia las bombas en casos de operar independientemente. Entonces, del catálogo FITOK [51], se obtiene el (Anexo F) que indica las dimensiones de la válvula fabricada en acero inoxidable 316 de la serie BFSS-FL8 con entrada de tubing de ½ in y de dos vías. Este modelo tiene la capacidad de trabajar hasta 1500 psi mayor a lo necesario del sistema (135 psi), sin embargo, en la diferencia de ocupar una válvula de bola de

palanca este modelo da la posibilidad de instalarse en placas para ubicar todos los mandos de control a la vista del operador y facilitar su uso.

3.2.5 Válvula de aguja

La válvula de aguja regulará el caudal de las secciones sometidas a presiones de 4500 psi. En el (Anexo G) del catálogo FITOK [52], se extrae la válvula de la serie NB en el que se muestra el tipo de conexión y sus respectivas dimensiones. Así que, por disponibilidad y preferencia se trabajará con el modelo de nomenclatura NBSS-FL8-8 una válvula de dos vías con una capacidad de 6000 psi y conexiones de tubing de ½ in. Además, de estar fabricado en acero inoxidable 316.

3.2.6 Filtro / regulador de aire

El filtro / regulador de aire es escogido de tipo over-under, es decir que ambos componentes son instalados de forma vertical ocupando el menor espacio posible. Estos protegerán a los componentes por sobrecarga de presión y contaminación, prologando su vida útil y operación en condiciones óptimas. En la determinación del más adecuado se considera el caudal y presión del compresor de 10,2 cfm a 90 psi.

En el catálogo Wilkerson [53], se tiene el modelo de la serie B18 que se muestra en el (Anexo H), se elige con un diámetro de entrada de ½ in, una capacidad de flujo de 178 scfm, un rango de ajuste de presión de 0 a 250 psig y una capacidad máxima de 250 psig. El modelo será de metal y con drenaje manual. La codificación completa es B18-04-GKG0B, que en el (Anexo I) se indica de mejor manera su interpretación.

3.2.7 Manómetros

El manómetro debe contar con la posibilidad de instalarse en placas por lo que su conexión debe ser axial trasera. Se instalará manómetros de baja presión de 300 psi que midan el aire proveniente del compresor y el que se regula antes de suministrar a las bombas, asimismo se incorpora un manómetro de 8000 psi que monitoree la presión del equipo a ensayar.

En el catálogo DE WIT [54], se muestra los manómetros de Bourdon disponibles fabricados en acero inoxidable 304 y 316, ideal para los ambientes de trabajos

petroquímicos, golpes de ariete y vibración excesiva. Así que, se extrae el (Anexo J) mostrando el modelo 295V que funciona con glicerina y posee una entrada de ¼ in MNPT.

3.2.8 Mangueras

Las mangueras se utilizan para conectar diferentes partes de un sistema a baja, media y alta presión de un líquido o gas. Estas son usadas en varios ámbitos industriales por su flexibilidad tal que suelen encontrarse fabricados en materiales como termoplásticos hasta aceros inoxidables y suelen ser reforzadas con una capa de acero trenzada para soportar la presión del sistema.

En el caso del equipo se ocupará en las secciones donde el flujo de aire y de agua están sometidos a una presión de 135 psi. Entonces, de acuerdo con el catálogo Parker [48] se ocupará los conductos multipropósito indicados en el (Anexo K) fabricadas con el caucho sintético EPDM (etileno, propileno, dieno y monomero) que soporta presiones de 200 a 300 psi de la serie 7093 color negro, en el que para ensamblar se ocuparán de ¼ in y ½ in.

3.2.9 Tubing

El tubing cumple la misma función que la manguera que transporta aire comprimido, agua y el fluido presurizado desde las bombas a los diferentes accesorios, componentes y elemento a ensayar. Es utilizado en estos sistemas por su fácil portabilidad y adaptabilidad ya que al ser liviano y flexible agiliza el montaje, asimismo se destaca por minimizar las pérdidas de presión ya que reduce la fricción entre las paredes. Los materiales en que los podemos encontrar en el mercado según el catálogo [55] es de acero inoxidable 304 y 316.

En la selección del tubing una de las propiedades a destacar es el espesor de la tubería que se relaciona con la presión de trabajo, un factor importante a considerar para elegir el correcto según los esfuerzos permisibles que se generan en el interior del sistema de acuerdo con la norma ASME 31.3 [56]. El cálculo del espesor mínimo a utilizar en tuberías rectas sometidas a presiones internas se utiliza la ecuación (8).

$$t = \frac{D - 2c_0}{2} \cdot \left[1 - e^{\frac{-P}{S}}\right] \tag{8}$$

Sus variables se definen como "t" el espesor de diseño para presión interna (in), "D" el diámetro externo de la tubería (in), "c_0" es la suma de tolerancias en caso de mecanizados

(in), ¨$-P$¨ es la presión interna de diseño (psi), y ¨S¨ es el esfuerzo tensional del material (psi).

Así que, para su selección se extrae del catálogo BuTech [55] la (Fig. 34) que permite elegir la conexión de ½ pulgada que resiste hasta 7000 psi. Verificando, que este entre los rangos de presión para el ensayo y sea compatible con las válvulas y otras conexiones.

Catalog Number	Connection	O.D.	I.D.	MAWP
LP062-031-*	1/16" L/P	0.062" (1.6)	0.031" (0.8)	15,000 PSI 1030 bar
LP125-062-*	1/8" L/P	0.125" (3.2)	0.062" (1.6)	15,000 PSI 1030 bar
LP250-125-*	1/4" L/P	0.250" (6.4)	0.125" (3.2)	11,500 PSI 790 bar
LP375-250-*	3/8" L/P	0.375" (9.5)	0.250" (6.4)	7,500 PSI 520 bar
LP500-334-*	1/2" L/P	0.500" (12.7)	0.334" (8.5)	7,000 PSI 480 bar
LP500-375-*	1/2" L/P	0.500" (12.7)	0.375" (9.5)	5,500 PSI 380 bar

Fig. 34. Diámetros de tubing a baja presión [55].

Para realizar su debida comprobación se aplica la ecuación (8) considerando la presión de ensayo, él no se aplica mecanizados y la fluencia del acero inoxidable 316 es 60200 psi.

$$t = \frac{0{,}500\ in - 2(0\ in)}{2} \cdot \left(1 - e^{\frac{-4500\ psi}{60200\ psi}}\right) = 0{,}018\ in\ < 0{,}083\ in$$

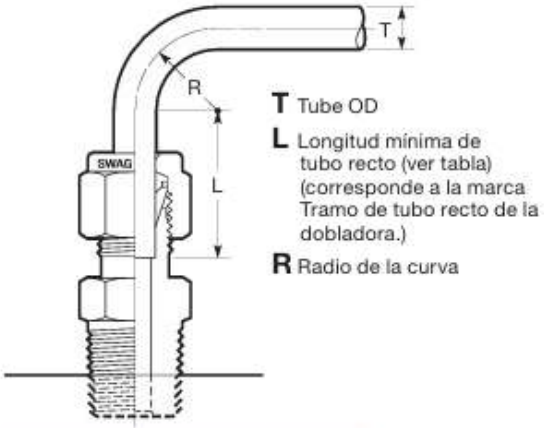
Dado que el cálculo del espesor no supera al grosor del tubing seleccionado, satisface la condición de diseño. Por tanto, se aplica la ecuación (9) para determinar el factor de seguridad que se define como la relación entre el factor real sobre el factor sometido [57], que validará la resistencia de la tubería en condiciones operativas.

$$\eta = \frac{Factor\ real}{Factor\ sometido} \tag{9}$$

$$\eta = \frac{0{,}083\ in}{0{,}018\ in} = 4{,}61$$

El doblado del tubing se realizará según lo indicado en el manual de uso [58], del que se extrae la (Fig. 35) que indica las medidas recomendadas para tubing de ½ in, el cual el

radio de curvatura es 1 ½ in (38,1 mm) y la longitud mínima para la instalación con el racor es de 1 3/16 in (30,1 mm).



Fraccional, pulg.		
T Ø ext. del tubo	R Radio de curvatura	L
1/8	9/16	23/32
1/4	9/16	13/16
	3/4	
5/16	15/16	7/8
3/8	15/16	15/16
1/2	1 1/2	1 3/16

Fig. 35. Medidas para el doblado e instalación del tubing [58].

3.2.10 Lámina

La lámina para la colocación de la instrumentación como manómetros, válvulas y regulador se elige a partir de la optimización de recurso de la empresa, el cual un sobrante de una plancha AISI 1008 cumple con las medidas y los requerimientos de diseño. En el (Anexo L) se puede observar las especificaciones y propiedades de la plancha adquirida de DIPAC [59].

3.2.11 Estructura

3.2.11.1 Especificación de medidas

Las dimensiones del bastidor mostradas en la (Fig. 36) están establecidas según las medidas de los componentes principales (bombas, manómetros y válvulas), que garanticen el espacio suficiente para la instalación y mantenimiento de estas. El diseño desde la perspectiva ergonómica no es lo ideal ya que si el operador debe hincarse para

manipularlo conllevaría a una postura forzada con mayor cansancio muscular. Sin embargo, la propuesta no se invalida ya que el trabajador se hinca por periodos cortos y no repetitivos, en este caso se sacrifica algo de ergonomía operativa por una portabilidad más ágil.

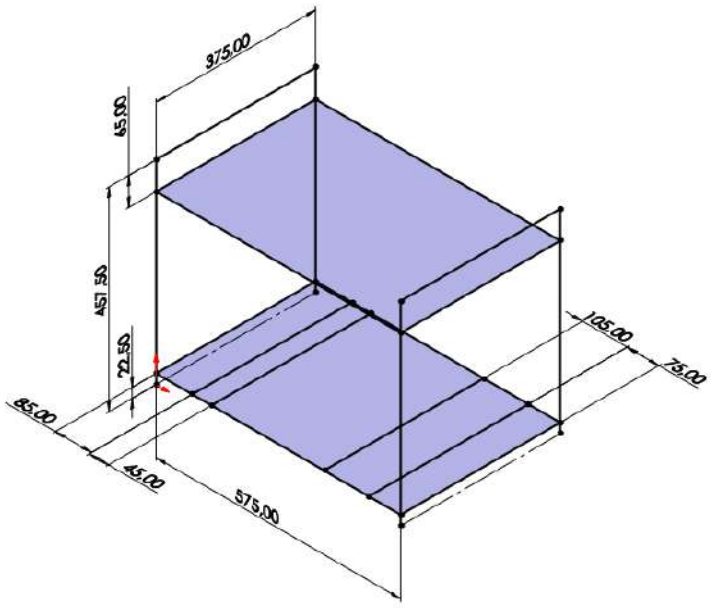


Fig. 36. Dimensiones del bastidor.

3.2.11.2 Evaluación de fuerzas

En la TABLA XIV se enlista los componentes del sistema con sus respectivos pesos para definir las fuerzas aplicables sobre las columnas y vigas, que permitirán realizar sus respectivos cálculos y simulaciones.

TABLA XIV

PESO DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO

Cantidad	Componente	Material	Masa neta unitaria (kg)	Masa total (kg)
	Bombas			
1	Bomba de diafragma	AISI 316	6,3	6,30

Cantidad	Componente	Material	Masa neta unitaria (kg)	Masa total (kg)
1	Bomba de pistón	AISI 316	6,8	6,80
Conexiones para tubing y accesorios roscados				
3	Codo ½ in macho NPT	AISI 316	0,3	0,9
3	Codo ½ in tubing	AISI 316	0,3	0,9
2	Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT	AISI 316	0,3	0,6
2	Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT	AISI 316	0,3	0,6
1	Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	AISI 316	0,3	0,3
1	Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	AISI 316	0,3	0,3
1	Cruz ½ in tubing	AISI 316	0,4	0,40
2	Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	AISI 316	0,2	0,4
1	Conector ½ in tubing x ½ macho NPT	AISI 316	0,2	0,2
1	Te ½ in tubing	AISI 316	0,3	0,3
1	Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT	AISI 316	0,4	0,4
6	Mango hexagonal ½ macho NPT	AISI 316	0,2	1,2
1	Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO	AISI 316	0,15	0,15

Cantidad	Componente	Material	Masa neta unitaria (kg)	Masa total (kg)
1	Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	AISI 316	0,2	0,2
3	Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralela	AISI 316	0,2	0,6
1	Te ½ in hembra NPT	ASTM B16	0,3	0,3
1	Neplo ½ in macho NPT x 10 cm	PP	0,08	0,08
1	Tapón ½ in hembra NPT	PP	0,05	0,05
	Conectores para mangueras			
3	Conector rígido ½ in hembra NTP x ½ in manguera hidráulica	AISI 316	0,2	0,6
1	Conector rígido ¼ in hembra NPT x ¼ in manguera hidráulica	AISI 316	0,15	0,15
1	Conector giratorio ½ in macho NPT x ½ in manguera hidráulica	AISI 316	0,2	0,2
2	Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	ASTM B16	0,15	0,3
1	Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	ASTM B16	0,15	0,15
	Acoples			
3	Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT	AISI 1018	0,3	0,9

Cantidad	Componente	Material	Masa neta unitaria (kg)	Masa total (kg)
1	Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT	AISI 1018	0,3	0,3
2	Acople neumático ¼ in hembra NPT	AISI 1045	0,2	0,40
	Válvulas			
2	Válvula de aguja ½ in tubing para 6000 psig	AISI 316	0,75	1,5
2	Válvula de bola ½ in tubing para 1500 psig	AISI 316	0,75	1,50
	Instrumentación			
1	Filtro / regulador	Aluminio 6061	0,62	0,62
1	Manómetro Bourdon de 8000 psi	AISI 316	0,5	0,50
2	Manómetro Bourdon de 300 psi	AISI 316	0,5	1,00
	Tubing y mangueras			
1	Manguera de ¼ in (L=560 mm)	EPDM	0,13	0,13
1	Manguera de ½ in (L=790 mm)	EPDM	0,33	0,33
2	Tubing ½ in (L=1710 mm)	AISI 316	0,35	0,70
	Estructura			
1	Lámina (570 mm x 370 mm x 3 mm)	AISI 1008	1,5	1,5
	Elementos de fijación			
6	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M8X45	AISI 316	0,05	0,3

Cantidad	Componente	Material	Masa neta unitaria (kg)	Masa total (kg)
6	Arandela de ajuste M8	AISI 316	0,01	0,06
4	Tuerca hexagonal M8	AISI 316	0,01	0,04
9	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M4X35	AISI 316	0,03	0,27
9	Arandela de ajuste M4	AISI 316	0,01	0,09
9	Tuerca hexagonal M4	AISI 316	0,01	0,09
			Total	32,61

El peso final del sistema hidrostático es en total 32,61 kg que al multiplicar con $9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$ se obtiene una fuerza de 319,90 N. Esta cantidad se considerará sometida a las vigas inferiores de la estructura que soporta todos los componentes, mientras que las superiores estarán sometidas a la mita del peso, es decir, 159,95 N.

3.2.11.3 Asignación de perfiles

A. Columnas

En la selección del perfil para las columnas se debe analizar la relación de esbeltez que evalúa la estabilidad de la estructura cuando se aplica una fuerza de compresión axial y llega a fallar por pandeo. Para ello, se utiliza la ecuación (10) que se define como la longitud efectiva (producto entre el factor de fijación de los extremos de la columna y la distancia real entre los apoyos) dividido para el radio de giro mínimo de la sección transversal a utilizar [60].

$$SR = \frac{L_e}{r} = \frac{K \cdot L}{r} \tag{10}$$

Según lo descrito, se define el factor K a partir de la (Fig. 37) considerando que los soportes del bastidor en los extremos inferiores están apoyados sobre el suelo se considera "rotación libre y traslación impedida", mientras en los extremos superiores al estar

soldados a sus vigas es un apoyo de “rotación y traslación impedida”. Así que, el valor de K es de 0,80 normalmente utilizado en la práctica de diseño.

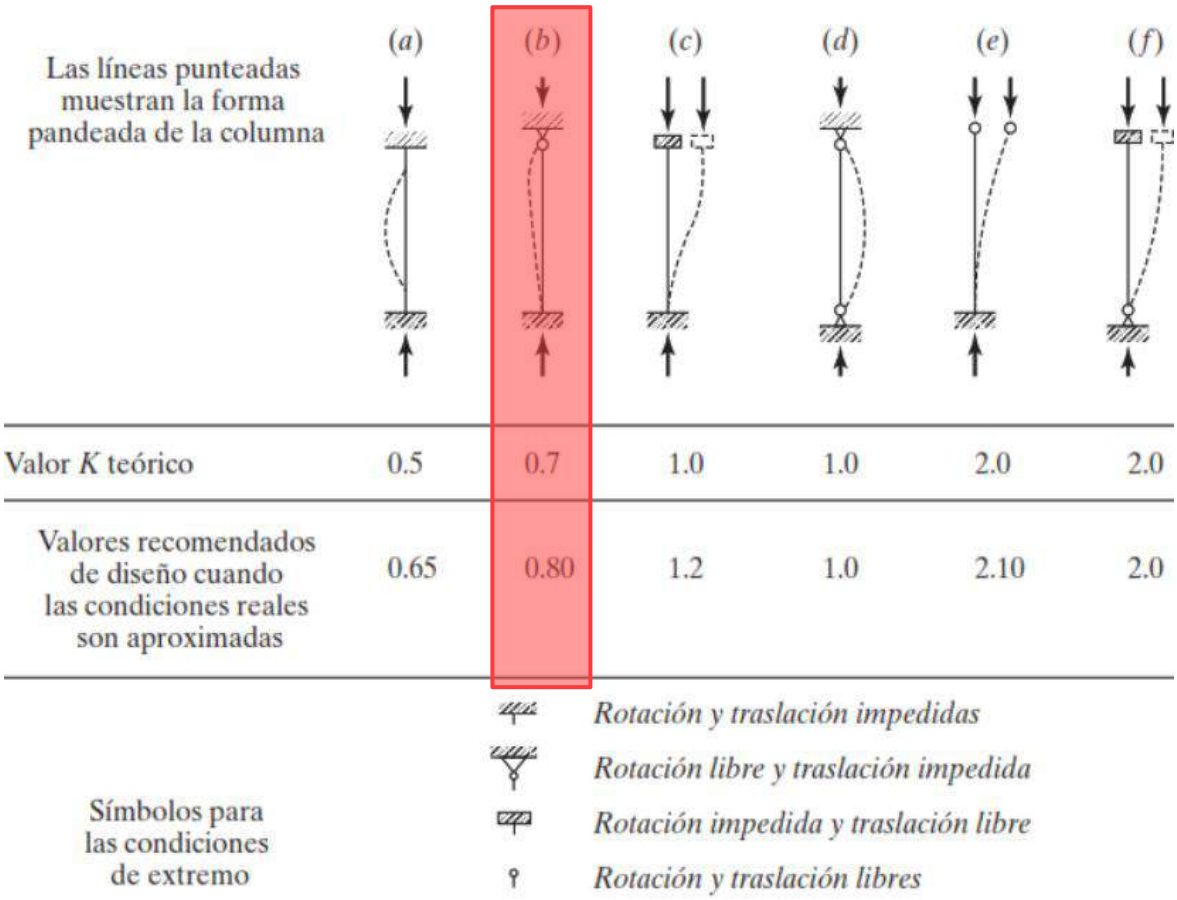


Fig. 37. Factor K de fijación de los extremos [61].

Luego, se define el perfil estructural a partir de la disponibilidad y facilidad de adquisición. En el catálogo de DIPAC [59], se elige un perfil de tubo estructural cuadrado de 25 milímetros de ancho con un espesor de 2 milímetros, mostrado en el (Anexo M) en el que además indica otras propiedades.

Estos datos del perfil permitirán calcular el radio de giro con la ecuación (11), que es la raíz cuadrada de la razón entre la inercia y el área [60]. En ocasiones, este valor no es necesario calcular ya que algunas tablas de perfiles estructurales proporcionan directamente.

$$r = \sqrt{I/A} \tag{11}$$

Ahora, se recopila la información y se procede a calcular la relación de esbeltez:

Datos:

$\mathrm{K} = 0{,}80$

$\mathrm{L} = 457{,}50\ \mathrm{mm}$

– Tubo estructural cuadrado 25 x 2 mm

$\mathrm{A} = 1{,}74\ \mathrm{cm}^2$ (Extraído del Anexo M)

$\mathrm{I} = 1{,}48\ \mathrm{cm}^4$ (Extraído del Anexo M)

– Material AISI 1008

$S_y = 26100\ psi = 180\ MPa$

$E = 29000\ ksi = 200\ GPa$

Cálculo:

– Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{1{,}48\ \mathrm{cm}^4}{1{,}74\ \mathrm{cm}^2}}$$

$$r = 9{,}223\ mm$$

– Relación de esbeltez:

$$SR = \frac{(0{,}8)(457{,}5\ \mathrm{mm})}{9{,}223\ mm}$$

$$SR = 39{,}68$$

Este valor obtenido se debe comparar con la constante de columna para diferenciar si es larga, intermedia o corta. Estos tres grupos se llegan a clasificar de esta manera por su modo de falla, específicamente según Pytel y Singer, “las columnas largas se rompen por

pandeo o flexión lateral; las intermedias, por una combinación de aplastamiento y pandeo, y los postes cortos, por aplastamiento" [62].

Por lo cual, para determinar la constante de columna se aplica la ecuación (12) indicada en [60]:

$$C_C = \sqrt{\frac{2\,\pi^2 E}{S_y}} \tag{12}$$

$$C_C = \sqrt{\frac{2\,\pi^2 (29\ x\ 10^6\ psi)}{26100\ psi}}$$

$$C_C = 148{,}1$$

Entonces, de acuerdo con [60], si $SR > C_C$ es una columna larga por lo que se aplica la fórmula de Euler, caso contrario si $SR < C_C$ se define como columna corta el cual se aplica la ecuación (13) de J. B. Johnson que calcula la carga critica. Sin embargo, en [62] resalta que una columna corta se considera cuando la razón entre la longitud del pilar y su dimensión más pequeña no excede el valor de 10. Por lo tanto, la ecuación (13) está destinada a columnas de mediana longitud y en el caso de un soporte corto para determinar la carga critica se estima con la fórmula de esfuerzo directo (presión sobre área) [60].

$$P_{cr} = A \cdot S_y \left(1 - \frac{S_y \cdot SR^2}{4\,\pi^2 E}\right) \tag{13}$$

Los resultados obtenidos de la rigidez y la constante de columna cumplen la condición de $33{,}80 < 125{,}57$, por ende, se identifica como una columna intermedia y se aplica la fórmula de J. B. Johnson.

$$P_{cr} = (1{,}74\ \text{cm}^2) \cdot (26100\ psi) \left(1 - \frac{(26100\ psi) \cdot (39{,}68)^2}{4\,\pi^2 (29\ x\ 10^6\ psi)}\right) \left(\frac{0{,}393\ in}{1\ cm}\right)^2$$

$$P_{cr} = 6786{,}46\ lbf\ \left(\frac{4{,}448\ N}{1\ lbf}\right)$$

$$P_{cr} = 30187{,}66\ N$$

Este valor se denomina carga crítica y es el máximo que puede llegar a soportar la estructura antes de fallar por aplastamiento y pandeo. Así pues, este resultado permitirá calcular la carga permisible dividiendo para un factor de seguridad asumido [60]. Pero, se resolverá con las ecuaciones (14) y (15) extraídas de [62] que permiten calcular respectivamente el factor de seguridad y esfuerzo permisible ya que cumplen con la condición de $SR < C_C$. Aunque, estas fórmulas se utilicen para columnas de extremos articulados, es correcto aplicarlas en columnas intermedias ya que estas no suelen estar perfectamente empotradas.

$$\eta = \frac{5}{3} + \frac{3\,SR}{8\,C_C} - \frac{SR^3}{8\,C_C^3} \tag{14}$$

$$\sigma_{perm} = \left(1 - \frac{SR^2}{2\,C_C}\right)\frac{S_y}{FS} \tag{15}$$

Se realiza sus respectivos cálculos:

$$\eta = \frac{5}{3} + \frac{3(39{,}68)}{8\,(148{,}1)} - \frac{(39{,}68)^3}{8\,(148{,}1)^3}$$

$$\eta = 1{,}76$$

$$\sigma_{perm} = \left(1 - \frac{(39{,}68)^2}{2\,(148{,}1)}\right)\frac{26100\ psi}{1{,}76}$$

$$\sigma_{perm} = 14258{,}64\ psi\ \left(\frac{1\ MPa}{145{,}04\ psi}\right)$$

$$\sigma_{perm} = 98{,}31\ MPa$$

Y al obtener los resultados, aplicamos la ecuación (16) dada en [62], en el que se despeja la carga que se aplica sobre la sección transversal del perfil, y el esfuerzo se considerará el permisible que se calculó.

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{16}$$

Despejando y reemplazando:

$$P = \sigma_{perm} \cdot A$$

$$P = \left(98{,}31 \frac{N}{mm^2}\right)(1{,}74\ cm^2)\left(\frac{10\ mm}{1\ cm}\right)^2$$

$$P = 17105{,}92\ N$$

Por lo tanto, esta es la carga axial máxima que resistirá el bastidor para que opere en un rango lejos de la carga critica., así que la fuerza aplicada debe ser menor a esta.

$$P_{aplicada} < P_{perm}$$

$$319{,}90\ \text{N} < 17105{,}92\ \ N$$

Al cumplir esta condición, el perfil es adecuado para la estructura.

B. Vigas

Al seleccionar la columna, se procura utilizar el mismo perfil en las vigas para abaratar costos de construcción, por lo tanto, se realizará su debida comprobación de resistencia. El primer análisis se realiza a la viga más larga de 575 mm, en el que se resta 12,5 mm por cada extremo ya que la colocación de las columnas en el software se da en la mitad del eje. Por ende, la medida de la viga queda de 550 mm como se indica en la (Fig. 38).

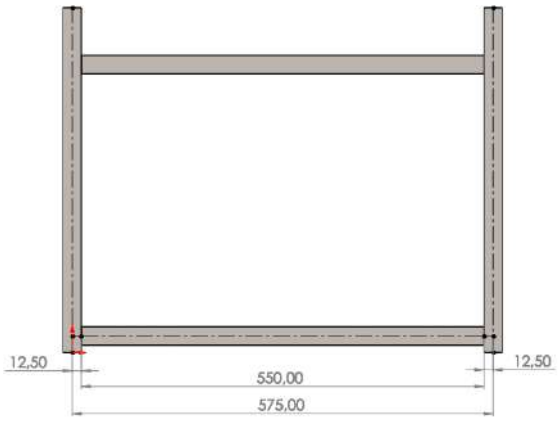


Fig. 38. Distancia de la viga entre columnas.

Así que, sobre esta se aplica una carga de 319,90 N como se visualiza en la (Fig. 39), en el que ambos extremos se consideran empotrados ya que están soldados a sus columnas. Posteriormente, se procede a realizar sus respectivos diagramas de fuerza cortante (Fig. 40) y momento flector (Fig. 41), con la ayuda del (Anexo N) [38], que indica sus respectivas ecuaciones para el cálculo de reacciones, momentos y deflexión.

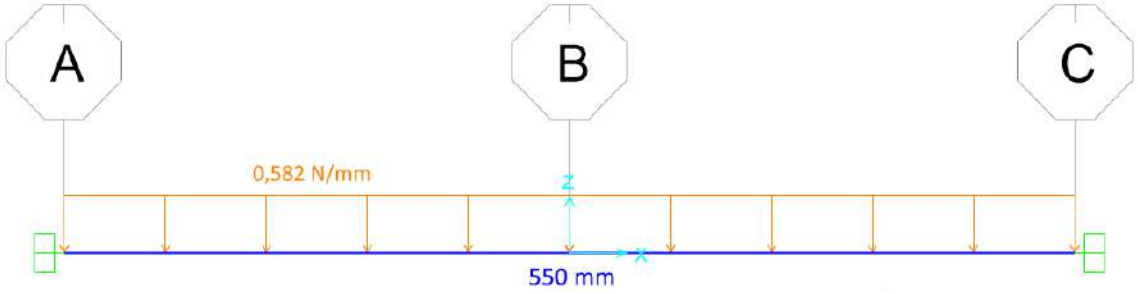


Fig. 39. Diagrama de cuerpo libre de la viga de 575 milímetros.

Datos:

$W = 319.90\ N$

$L = 550\ mm$

– Tubo estructural cuadrado 25 x 2 mm

$I = 1{,}48\ cm^4$ (Extraído del Anexo M)

$S = 0{,}92\ cm^3$ (Extraído del Anexo M)

– Material AISI 1008

$S_y = 26100\ psi = 180\ MPa$

$E = 29000\ ksi = 200\ GPa$

Cálculo:

– Carga distribuida

$$w = \frac{W}{L} = \frac{(319{,}90\ N)}{(550\ mm)} = 0{,}582\,\frac{N}{mm}$$

– Reacciones y momentos:

$$R_A = R_C = \frac{W}{2} = \frac{319.90\ N}{2} = 159{,}95\ N$$

$$M_A = M_C = \frac{-W \cdot L}{12} = \frac{-(319.90\ N)(550\ mm)}{12} = -14662{,}08\ N \cdot mm$$

$$M_B = \frac{W \cdot L}{24} = \frac{(319.90\ N)(550\ mm)}{24} = 7331{,}04\ N \cdot mm$$

– Deflexión máxima:

$$\gamma_B = \frac{-W \cdot L^3}{384\ E \cdot I} = \frac{-(319.90\ N) \cdot (550\ mm)^3}{384\ (200000\ N/mm)(1.48\ \text{cm}^4)} \left(\frac{1\ cm}{10\ mm}\right)^4 = -0{,}047\ mm$$

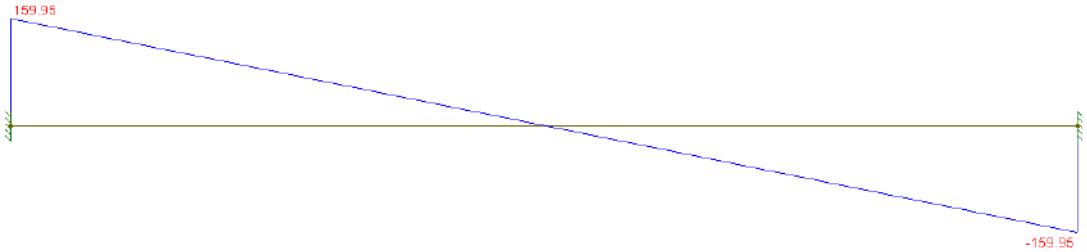


Fig. 40. Diagrama de fuerza cortante de la viga de 550 milímetros.

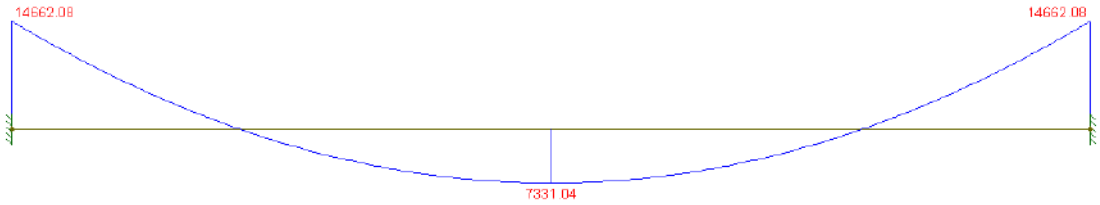


Fig. 41. Diagrama del momento flector de la viga de 550 milímetros.

A continuación, se procede aplicar el método A de diseño de vigas indicado en [60] ya que se tiene como registro las cargas aplicables y el material del perfil, en resumen, el procedimiento consiste en:

1) Graficar sus respectivos diagramas de fuerza y momento.
2) Identificar el procedimiento a seguir para el cálculo del esfuerzo de diseño indicado en la sección 7-7 de [60], y realizar su respectivo cálculo.

3) Aplicar la ecuación (17), despejando el módulo de sección (S), e igualando el esfuerzo máximo ($\sigma_{máx}$) por el esfuerzo de diseño (σ_d), permitiendo estimar el valor mínimo del módulo de sección a considerar del perfil y limitando el esfuerzo real.

$$\sigma_{máx} = \frac{M}{S} \tag{17}$$

4) Elegir el perfil estructural con un valor menor al módulo de sección calculado. Se debe tener en cuenta que el costo tiene una relación con el peso, por lo que se debe considerar el perfil más liviano disponible.

Al tener realizado el primer paso, se procede con el siguiente en el que el esfuerzo de diseño se determinará con la (Fig. 42), específicamente con la ecuación (18) ya que las cargas aplicadas en la estructura son estáticas, con un material dúctil (AISI 1008).

Patrón de carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_u/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_u/12$	$\sigma_d = s_u/15$

Fig. 42. Fórmulas para el esfuerzo de diseño según el material y tipo de carga [60].

$$\sigma_d = \frac{S_y}{2} \tag{18}$$

$$\sigma_d = \frac{180\ MPa}{2}$$

$$\sigma_d = 90\ MPa$$

Luego, se procede al tercer paso:

$$S = \frac{M_A}{\sigma_d}$$

$$S = \frac{14662{,}08\ N \cdot mm}{125\ MPa}$$

$$S = 162{,}91\ mm^3$$

Por último, se realiza el cuarto paso para verificar el perfil seleccionado, en el que se extrae el módulo de sección del (Anexo M) y debe cumplir que:

$$S_{calculado} < S_{tabla}$$

$$162{,}91\ mm^3 < 920\ mm^3$$

Al comprobar que cumple la condición, se aprueba el perfil.

3.3 Simulaciones

La simulación del tubing y la estructura es realizada en SolidWorks Simulation que facilita el análisis de un sistema estático de los esfuerzos, desplazamientos y el factor de seguridad, reemplazando los métodos de ensayos físicos que aumentarían el costo de fabricación. Para ello, en el software se define material, restricciones y las fuerzas que actuaran sobre el objeto de estudio.

3.3.1 Tubing

El estudio del tubing se realizará a una única pieza de la estructura considerando al más crítico por mayor longitud y dobleces. De esta manera, si este tramo cumple con los parámetros de seguridad estructural, se concluye que para los demás tubings se comportarán en condiciones similares o menos exigentes.

Restricciones:

- En “Fijaciones” se aplica la herramienta de “Fixed Geometry” en los extremos del tubing considerando que estos están conectados a otros accesorios ya que restringe traslaciones y rotaciones.

Cargas:

- Se aplica una presión interna de 4500 psi a la que se realizara la prueba de presión.

- **Esfuerzos**

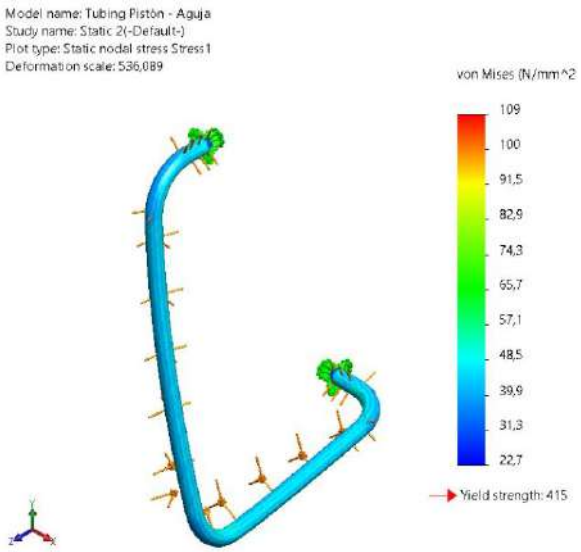


Fig. 43. Simulación de esfuerzos del tubing.

En la (Fig. 43) se representa el análisis de esfuerzo de Von Mises donde el valor máximo sometido es de 109 MPa en el interior del tubing debido al fluido presurizado a 4500 psi que genera una presión contra las paredes. El esfuerzo obtenido está por debajo del límite elástico del AISI 316 con 415 MPa, reduciendo el riesgo de falla.

- **Desplazamientos**



Fig. 44. Simulación del desplazamiento del tubing.

La simulación obtenida del desplazamiento (Fig. 44), es la deformación amplificada que presenta el software para su interpretación, en el que la deformación máxima se refleja en el doblez más alejado de sus conexiones con un valor de 0,0654 mm. Una cantidad despreciable, que no afecta a la integridad estructural.

- **Factor de Seguridad**

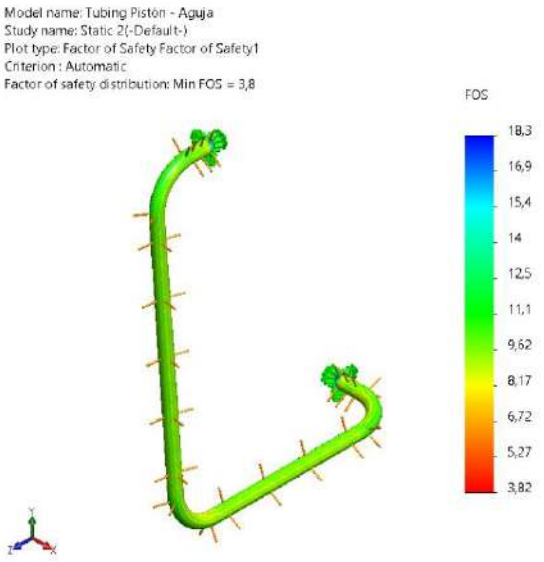


Fig. 45. Simulación del factor de seguridad del tubing.

El factor de seguridad se obtiene a partir del cociente del límite de fluencia del acero (415 MPa) sobre el esfuerzo máximo aplicado (109 MPa), obteniendo un valor de 3,80 tal como se muestra en la (Fig. 45). En el que según Mott, al utilizar materiales dúctiles y obtener un factor de seguridad entre 2,5 y 4 es aceptable para estructuras estáticas o partes dinámicas, con una precisión de datos incierta en cargas combinadas, parámetros del material, modelo de análisis y el entorno de trabajo [38].

3.3.2 Estructura

Restricciones:

– En “Fijaciones” se aplica la herramienta de “Fixed Geometry” en las cuatro columnas que están en contacto con el suelo ya que restringe traslaciones y rotaciones.

Cargas:

- Una carga distribuida de 319,90 Newtons en las vigas inferiores por carga el peso de todos los componentes y accesorios instalados.
- Una carga distribuida de 159,95 Newtons en las vigas superiores debido a que soportará la mitad del peso de los accesorios instalados con la placa.

- **Esfuerzos**

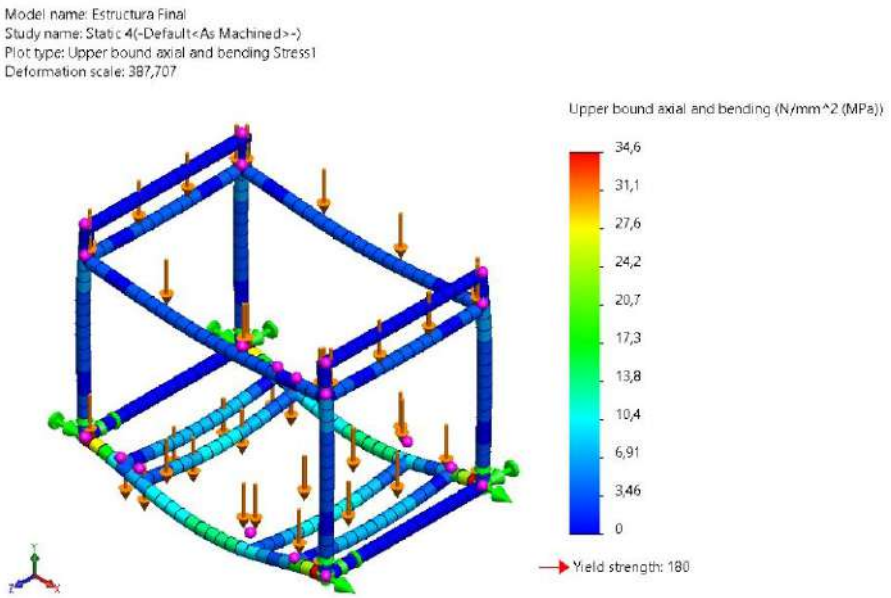


Fig. 46. Simulación de esfuerzos del bastidor.

En la (Fig. 46) se muestra el estudio de la estructura de esfuerzo combinado axial y de flexión en el que las zonas más representativas se visualizan en las vigas inferiores llegando alcanzar un valor máximo de 34,6 MPa que se ve reflejado en los nodos que unen las vigas con las columnas, un valor aceptable al no superar la resistencia de fluencia del material AISI 1008 con 180 MPa.

- **Desplazamientos**

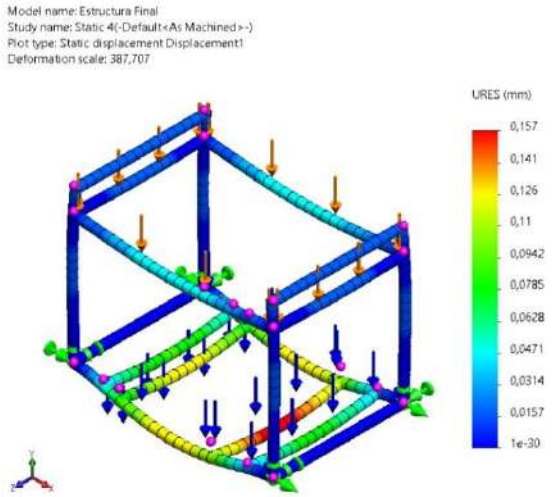


Fig. 47. Simulación del desplazamiento del bastidor.

El desplazamiento mostrado en la (Fig. 47) es la deformación exagerada que se llega alcanzar tras aplicar sus respectivas fuerzas. Se puede deducir que la deformación máxima se aplica en los puntos más alejados de los apoyos con color amarillo y rojo, llegando alcanzar un valor máximo de 0,157 mm. Esta cantidad al ser muy baja se considera despreciable, lo que le hace definir a la estructura como rígida y segura.

- **Factor de Seguridad**

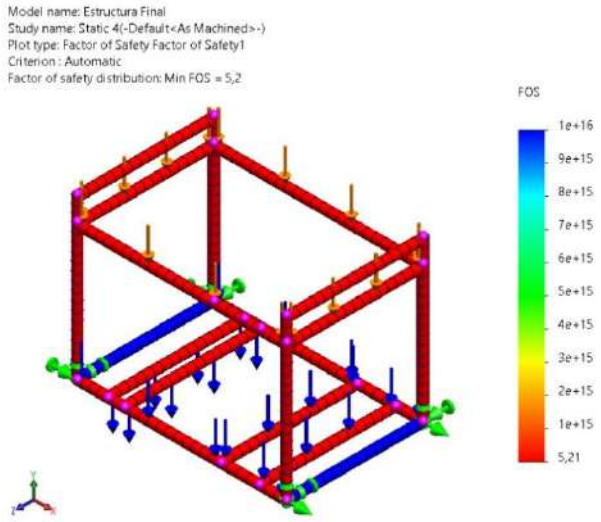


Fig. 48. Simulación del factor de seguridad del bastidor.

El factor de seguridad es la razón entre el límite de fluencia del material (180 MPa) sobre el esfuerzo máximo (34,6 MPa), dando 5,20 como se visualiza en la simulación de la (Fig. 48). Este se interpreta que el bastidor puede resistir un aproximado de 5 veces la carga aplicada, ideal para el tipo de trabajo aplicado donde el ambiente es severo y está expuesto a distintos impactos no previstos. Por otro lado, según Mott indica que el trabajar con materiales dúctiles y obtener un factor de seguridad de 4 o mayor es aceptable para estructuras estáticas o partes dinámicas, con una precisión de datos incierta en cargas combinadas, parámetros del material, modelo de análisis y el entorno de trabajo [38].

3.4 Fabricación y montaje

1) La fase de construcción se inició con la máquina cortadora de perfiles que como se muestra en la (Fig. 49) se mide y se corta el perfil tubular cuadrado de 25 x 2 mm, según las medidas indicadas en el plano de dibujo 04.



Fig. 49. Medición y corte del perfil tubular cuadrado.

2) Al concluir con 18 perfiles cortados entre columnas y vigas se procede a retirar con una lima gruesa las rebabas producidas por el corte (Fig. 50).



Fig. 50. Eliminación de rebabas.

3) Luego, se continua con la etapa de soldadura que se realizó en otro taller fuera de la base. El proceso empieza por soldar los pórticos laterales para posteriormente soldar las vigas de 550 mm que permitió conectar entre ambos (Fig. 51).



Fig. 51. Soldadura de la estructura.

Durante el procedimiento de soldadura se pudo destacar que para asegurar un correcto centrado entre los perfiles se utilizó pesos muerto, elementos temporales de alineación y prensas tipo C (Fig. 52). Además, que en ocasiones se utilizaba el martillo para golpear y corregir el centrado.



Fig. 52. Alineación y fijación de la estructura durante el soldado.

4) También, para terminar con la estructura se soldó y se taladro las vigas con agujeros de 8 mm que sostendrán a las bombas (Fig. 53).



Fig. 53. Soldadura y taladrado de agujeros de las vigas finales.

5) Y como etapa final de suelda se utilizó la pulidora para desbastar el cordón de soldadura y eliminar salpicaduras, entregando un mejor acabado superficial (Fig. 54).



Fig. 54. Esmerilada de la estructura.

6) Por consiguiente, se pasa a la fabricación de la lámina, el cual a partir de un sobrante de otro proyecto se traza las medidas indicadas en el plano de dibujo 05 para proceder primero con el cortado y doblado de la lámina. Realizado en otro taller, obteniendo el conformado mostrado en la (Fig. 55)



Fig. 55. Producto del corte y dolado de la lámina.

7) Luego, en la (Fig. 56) se muestra el corte de los agujeros con la ayuda de una fresadora y las herramientas de sierra copa.



Fig. 56. Taladrado de la lámina.

8) Por último, se suelda la placa a la estructura



Fig. 57. Lámina instalada con la estructura.

9) Al completar el montaje del bastidor, se procede con la ubicación de las bombas y los accesorios como manómetros, válvulas y el filtro/regulador (Fig. 58).



Fig. 58. Montaje de bombas e instrumentación.

10) Después se procede al doblado de los tubings según los planos de dibujo desde el 06 hasta el 10 (Fig. 59). Y el taladrado del Neplo de ½ in x 10 cm según el plano de dibujo 11, que se implementará en la bomba de pistón como un silenciador provisional



Fig. 59. Doblado del tubing.

11) Ypara concluir, se procede a ensamblar los racores con los tubings, los conectores con las mangueras y a conectar los accesorios entre si según el plano de dibujo 03.



Fig. 60. Ensamblaje de conectores, tubings y mangueras.

3.5 Pruebas de Funcionamiento

Al finalizar la etapa de construcción, se inició con la validación del sistema en el que se evaluó la correcta instalación de sus componentes, así como la capacidad de realizar los ensayos de presión, con el fin de buscar defectos antes de entrar en operación al campo.

En el ensamblaje se identificó que cumpla los siguientes puntos:

- Los acoples rápidos de entrada y salida encajen sin forzar, además de comprobar que no se desenganche accidentalmente por vibraciones o presión.
- El filtro/regulador ajuste la presión de entrada de aire.
- Las bombas funcionen sin ruidos anormales.
- Los manómetros y el transductor registren lecturas coherentes y estables.
- Las válvulas abran y cierren sin obstrucciones.
- Los circuitos estén libres de fugas.
- El sistema alcance y mantenga la presión requerida por el tiempo definido en norma.
- El drenaje del sistema se purgue completamente al final del ensayo.

En el desarrollo de las pruebas hidrostáticas se basará en las indicaciones de la normativa API 53 [35] y API SPEC 16A [33], extraídas del (Anexo O) y (Anexo P) en el que se considera tres pasos:

1) Todo equipo sometido a una presión del pozo debe probarse a la presión de ensayo indicada en la TABLA XV que se define por la presión de trabajo nominal del equipo. El ensayo dura entre 3 a 5 minutos.

2) Al concluir la primera prueba, se purga en su totalidad la presión del herramental o equipo ensayado.
3) Por segunda vez, se realiza la presurización por más de 15 minutos a la misma cantidad.

TABLA XV

PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA SEGÚN LA PRESIÓN NOMINAL DE TRABAJO DEL EQUIPO [33].

Presión nominal de trabajo		**Presión de prueba hidrostática**	
MPa	**(psi)**	**MPa**	**(psi)**
6,9	(1000)	10,34	(1500)
13,79	(2000)	20,68	(3000)
20,68	(3000)	31,02	(4500)
34,45	(5000)	51,72	(7500)
68,95	(10000)	103,4	(15000)
103,4	(15000)	155,1	(22500)
137,9	(20000)	206,8	(30000)
172,4	(25000)	258,8	(37500)

Así que, se procedió a realizar la prueba de funcionamiento siguiendo los pasos mencionados. El elemento ensayado fue monitoreado con el sensor digital mostrado en la (Fig. 61), instrumento que ya poseía la empresa. Esto permitió obtener dos gráficas en formato de la cartilla mostrada en el (Anexo Q).



Fig. 61. Transductor de presión digital Genspec GS4200-USB.

- **Primera prueba (6 minutos)**

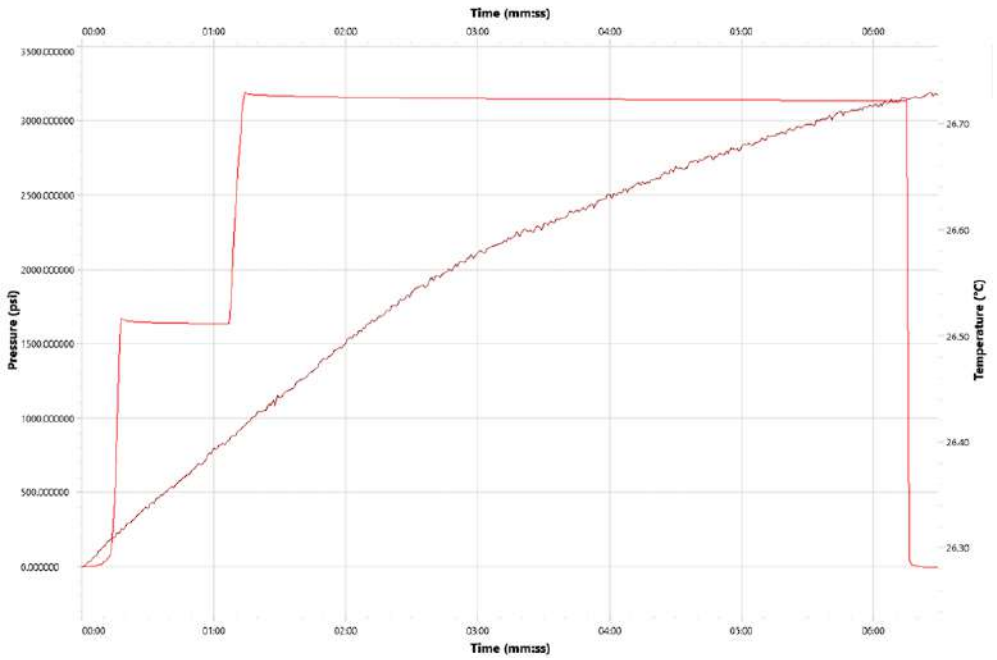


Fig. 62. Representación de la presión y temperatra del ensayo a 6 minutos.

En la (Fig. 62) se indica la gráfica del primer ensayo donde se refleja que:

- El eje vertical izquierdo indica la presión en psi.
- El eje vertical derecho presenta la temperatura en ℃.
- El eje horizontal refleja el tiempo en minutos con segundos.

- La línea roja clara graficada la presión.
- La línea roja obscura representa la temperatura.

En el primer análisis se evaluará la temperatura y las fases de cada cambio de presión indicada en la (Fig. 62):

- **Temperatura:** Se presenta un incremento mínimo entre 26,30 a 26,72 ℃, un cambio normal provocado por la transferencia de calor entre las moléculas de agua. Al no presentarse caídas o picos bruscos, se considera un ambiente controlado.
- **Primera fase de presión**: El sistema se inicia regulando hasta una presión aproximada de 1700 psi por 1 minuto y detectar fugas o fallas iniciales.
- **Segunda fase de presión:** Posteriormente, se eleva la presión hasta aproximadamente 3000 psi donde se estabiliza y se continúa observando alguna anomalía hasta completar más de 5 minutos.
- **Tercera fase de presión:** Se purga el sistema, indicando un descenso súbito de presión.

- **Segundo Prueba (18 minutos)**

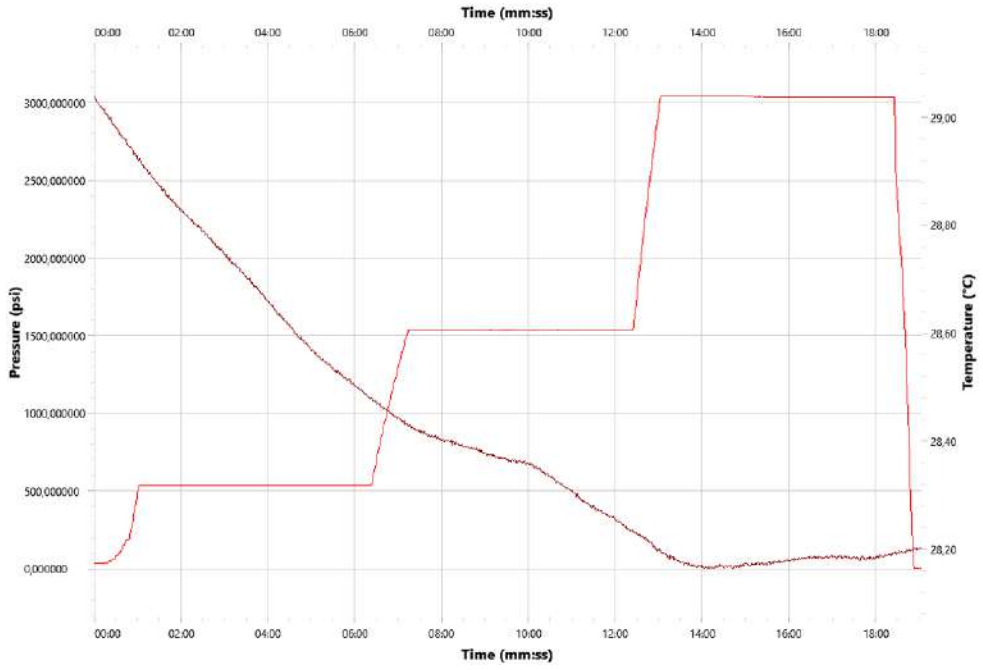


Fig. 63. Representación de la presión y temperatra del ensayo a 18 minutos.

En el segundo análisis se evaluará la temperatura y las fases de cada cambio de presión indicada en la (Fig. 63):

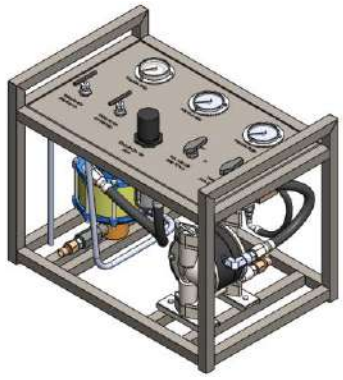
- **Temperatura:** Se presenta un descenso mínimo entre 29,20 a 28,20 ℃, un cambio causado por la expansión del fluido entre los tiempos de estabilización de presión, logrando a equilibrarse térmicamente con el ambiente. Al no graficarse caídas o picos bruscos, se considera un ambiente controlado.
- **Primera Fase**: El sistema se inicia regulando hasta una presión estimada de 500 psi para estabilizarlo por 6 minutos, y detectar fugas o fallas iniciales.
- **Segunda Fase:** Posteriormente, se eleva progresivamente la presión hasta 1500 psi por 6 minutos más, diagnosticando algún defecto.
- **Tercera Fase:** Por último, se aumenta la presión alrededor de 3000 psi hasta completar 18 minutos de prueba.
- **Cuarta Fase:** Se purga el sistema y se aprecia un descenso súbito de presión.

3.6 Manual de uso

3.6.1 Descripción del equipo

TABLA XVI

FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO CONSTRUIDO

EquiPetrol EQUIPO PETROLERO S.A.	**Equipetrol S.A.**			
	Taller de Completaciones			
	Ficha técnica			
Máquina		Equipo	X	Herramienta	
Sistema hidrostático				
		**Función:** Validar la integridad, resistencia y hermeticidad en equipos sometidos a presión.		

Especificaciones del sistema		
Código	SH-01-2025	
Marca	Tesis (HPP-FLEX)	
Material de la estructura	Acero AISI 1008 (perfil cuadrado de 1 in)	
Material de componentes	Acero AISI 316	
Presión suministro de aire	10 a 100 psi	
Caudal suministro de aire	10,2 cfm	
Presión máxima de salida	6000 psi	
Dimensiones	600 mm de largo	
	400 mm de ancho	
	470 mm de altura	
Peso	46,85 kg	
Especificaciones de las bombas		
Tipo de bomba	Doble Diafragma	Pistón
Relación de presión	1:1	1:105 psi
Presión máxima de salida	100 psi	10700 psi
Caudal máximo	51,1 L/min (13,5 gpm)	1,9 L/min (0,48 gpm)

3.6.2 Instrucciones para operar

- **Preparación**

1) Equiparse con el EPP que se conforma de gafas, guantes, casco, overol, botas de seguridad y protección auditiva.
2) Preparar el área de trabajo que esté libre de obstáculos.
3) Ubicar el componente a ensayar en el área de pruebas mientras se revisa la presencia de grietas o áreas débiles, en el que se coloca de una forma visible al operario para observar fugas o deformaciones durante el presurizado.
4) Se inspecciona las líneas de tuberías o mangueras de agua y aire que estén libre de impurezas.
5) Verificar que en el panel de instrumentación el regulador de aire, las válvulas de bola y aguja estén cerradas.
6) Acoplar la manguera de suministro de aire al sistema hidrostático según la entrada indicada en la (Fig. 64).

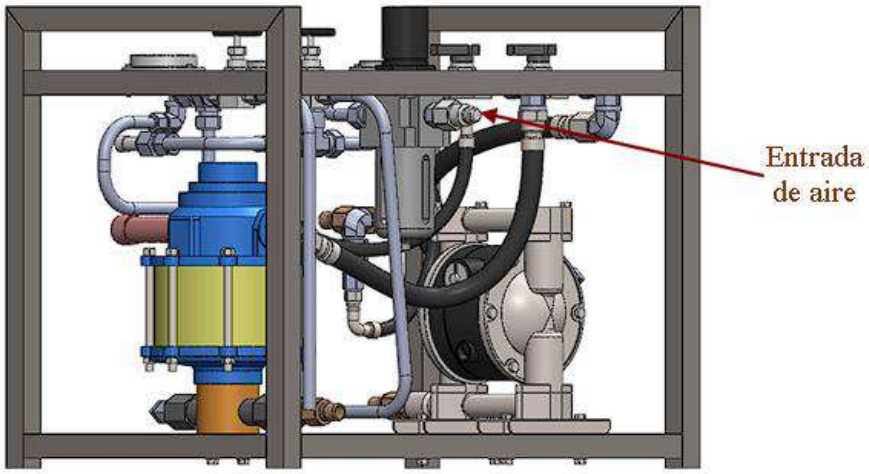


Fig. 64. Identificación de la entrada de aire del sistema hidrostático.

- **Llenado**

7) Unir la red de agua a la entrada de la bomba de diafragma y su salida hacia el elemento de ensayo según las conexiones mostradas en la (Fig. 65). En caso de estar ya llenado el sistema pasar a la etapa de presurización (paso 10).

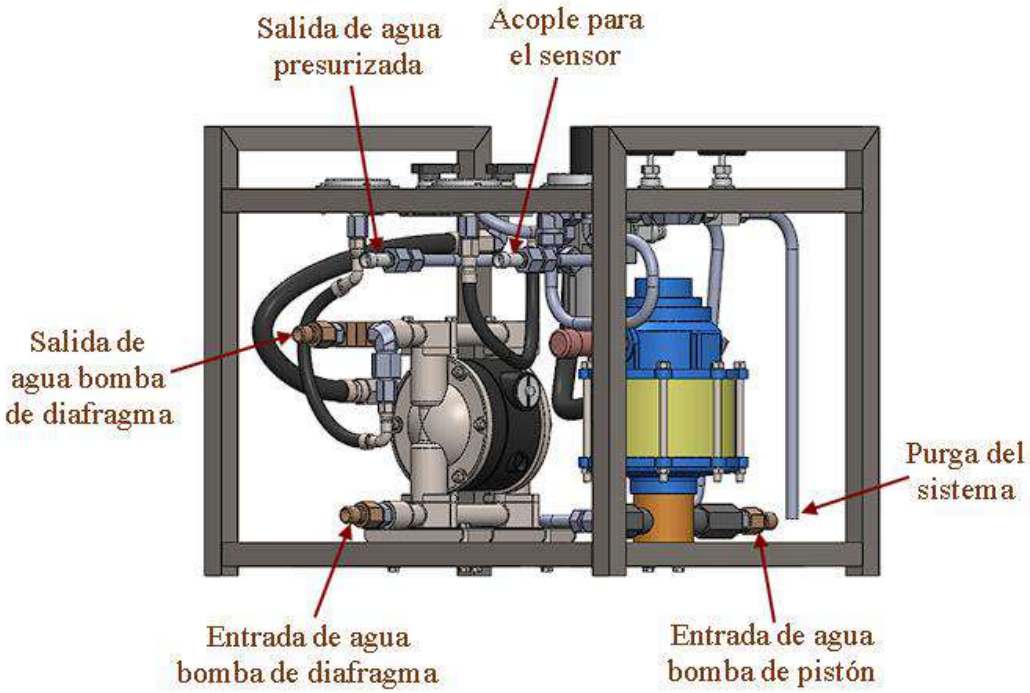


Fig. 65. Identificación de entradas, salidas y acoples del sistema hidrostático.

8) Para el llenado del sistema se debe abrir la válvula de aire de diafragma y regular gradualmente la entrada de aire controlando la presión con el manómetro de aire, y la presión del fluido con el manómetro de presión baja.

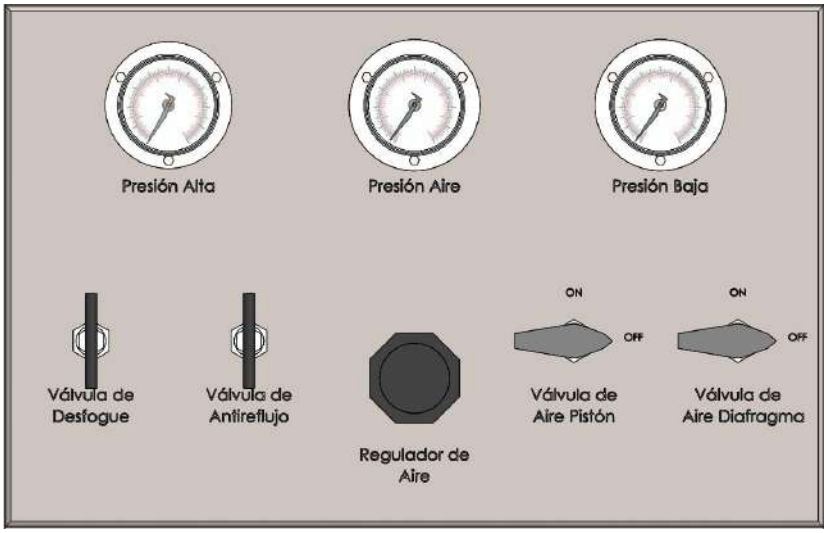


Fig. 66. Identificación de los instrumentos del panel de control.

9) Al finalizar el llenado, se cierra la válvula de bola de aire de diafragma y el regulador de aire.
10) Si es necesario intercambiar las mangueras de succión y descarga de agua de la bomba de diafragma a la bomba de pistón.

- **Presurización**

11) Al acoplar las mangueras de suministro de agua a la entrada y a la salida de la bomba de pistón con el elemento de ensayo. Se conecta el transductor de presión al sistema hidrostático y a la laptop.
12) En la portátil se abre el software ESI-USB y se guarda el archivo.
13) Para la presurización del sistema se comprueba que la válvula de antireflujo este abierta y la válvula de desfogue este cerrada.
14) En el programa darle en el botón start para que empiece a graficar.
15) Inmediatamente se abre completamente la válvula de aire de pistón y se regula el aire progresivamente controlándola desde el manómetro de alta presión o desde la pantalla de la laptop.

- **Ensayo**

16) Al alcanzar la presión deseada, se cierra progresivamente la válvula de aguja y se espera el tiempo de prueba requerido de 5 minutos para el primer ensayo o de 15 minutos para la segunda prueba.

- **Presencia de fuga**

17) En caso de pérdida de presión (liqueo), abrir la válvula de desfogue y la válvula de antireflujo. Y volver a realizar el procedimiento desde el paso 12.

- **Despresurización y finalizado**

18) Al garantizar la hermeticidad y resistencia del equipo, se abre la válvula de desfogue y la válvula de antireflujo hasta que los manómetros marquen una presión nula.

19) De igual manera, en el software debe graficarse un descenso de 0 psi, para presionar el botón stop y empezar a llenar la ficha técnica que nos lanza el software.

20) Por último, se desconectar las mangueras.

3.6.3 Precauciones

- Asegurarse que estén apretados y en buen estado los componentes del sistema hidrostático (válvulas, manómetros, tuberías, tapones, etc.)
- Comprobar que los manómetros y el transductor de presión tengan su certificado de calibración vigente.
- El área de trabajo debe estar limpia y libre de obstáculos.
- Se debe trabajar con presiones menores a 6000 psi.
- No dejar el sistema en funcionamiento sin supervisión.
- Evitar la manipulación del equipo por personal no capacitado.

3.6.4 Mantenimiento básico

TABLA XVII

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BÁSICO POR COMPONENTE Y FRECUENCIA

Componente	Mantenimiento
Bomba de doble diafragma y pistón	**Diario:** Revisar fugas. **Semanal:** Revisar ruidos anormales. **Mensual:** Revisar estado de sellos y diafragmas. **Trimestral:** Inspeccionar pistón, cámara interna y válvulas. **Semestral:** Sustituir juntas y diafragmas si es necesario. **Anual:** Desmontaje y mantenimiento general.
Válvulas de bola y aguja	**Diario:** Verificar cierre completo. **Semanal:** Limpiar el exterior. **Mensual:** Revisar desgaste de asientos. **Trimestral:** Verificar corrosión interna. **Semestral:** Sustituir sellos si se observa daño. **Anual:** Desmontaje y mantenimiento completo.
Filtro/regulador	**Diario:** Drenar partículas. **Semanal:** Revisar estado visual del filtro. **Mensual:** Reemplazar elemento filtrante si es necesario. **Trimestral:** Verificar calibración del regulador. **Semestral:** Sustituir filtros preventivamente. **Anual:** Mantenimiento total.
Mangueras y conexiones	**Diario:** Verificar fugas visibles. **Semanal:** Inspeccionar abrasiones. **Mensual:** Verificar flexibilidad y rigidez. **Trimestral:** Probar estanqueidad a presión. **Semestral:** Sustituir mangueras criticas si es necesario. **Anual:** Reemplazo preventivo de mangueras.

Manómetros	**Diario:** Revisar daño físico en vidrio o carcasa. **Semanal:** Revisar vibraciones o falsos contactos. **Mensual:** Revisar conexión roscada y sellos. **Trimestral:** Calibrar si es necesario. **Semestral:** Cambiar sellos o empaques. **Anual:** Calibración obligatoria.
Estructura	**Diario:** Limpiar exterior. **Semanal:** Verificar fijaciones y soldaduras. **Mensual:** Revisar nivelación. **Trimestral:** Aplicar recubrimientos anticorrosivos. **Semestral:** Reapretar pernos que sujetan a las bombas. **Anual:** Refuerzo de zonas dañadas.

3.6.5 Solución de problemas comunes

TABLA XVIII

CAUSAS Y SOLUCIONES PARA FALLOS COMUNES DEL SISTEMA HIDROSTÁTICO

Fallos	Causas	Solución
Presión no generada	- Fuga en mangueras y conexiones. - Filtro obstruido. - Baja presión de entrada.	- Apretar todas las conexiones. - Limpiar o reemplazar filtro. - Regular la presión de entrada.
Pérdida de presión durante el ensayo	- Fuga en equipo probado. - Fugas internas de bombas o válvulas. - Válvula de desfogue abierta.	- Inspeccionar y sellar el equipo. - Revisar juntas y empaques. - Cerrar la válvula aguja.

Fallos	Causas	Solución
Ruido excesivo de bombas	- Aire atrapado en el sistema. - Lubricación ineficiente. - Ingreso de aire contaminado.	- Purgar el sistema para eliminar el aire. - Realizar mantenimiento interno de la bomba. - Reemplazar filtro de aire.
Manómetro con lecturas incorrectas	- Dañado o descalibrado. - Obstrucción en las líneas del manómetro. - Fugas en su conexión.	- Reemplazar o calibrar. - Limpiar línea. - Apretar conexión o cambiar sellos.
Goteo en válvulas	- Asientos desgastados o sucios. - Sellos internos dañados.	- Limpiar internamente. - Sustituir sellos.

3.6.6 Parámetros técnicos y normas aplicables

TABLA XIX

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ESTÁNDARES APLICADOS A LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO

Componente	Material	Presión nominal máxima	Normas de presión de servicio	Normas de conexiones roscadas
Bombas				
Bomba de diafragma	AISI 316	100 psi	ASME B31.3	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Bomba de pistón		10700 psi		
Conexiones para tubing y accesorios roscados				
Codo ½ in macho NPT	AISI 316	7700 psi	ASME B31.3	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Codo ½ in tubing				N/A

Componente	Material	Presión nominal máxima	Normas de presión de servicio	Normas de conexiones roscadas
Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT		5900 psi (para tubing de espesor 0,083 in)		ASME B1.20.1 SAE AS71051
Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT				
Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT		5600 psi		
Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT		5900 psi (para tubing de espesor 0,083 in)		
Cruz ½ in tubing				N/A
Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT				ASME B1.20.1 SAE AS71051
Conector ½ in tubing x ½ macho NPT				
Te ½ in tubing				N/A
Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT				ASME B1.20.1 SAE AS71051
Mango hexagonal ½ macho NPT		7700 psi		
Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO		8000 psi		ASME B1.20.1 SAE AS71051 ISO 7 BS EN 10226-1 JIS B0203
Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT		4900 psi		ASME B1.20.1 SAE AS71051

Componente	Material	Presión nominal máxima	Normas de presión de servicio	Normas de conexiones roscadas
Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralela		5800 psi		ASME B1.20.1 SAE AS71051 ISO 228 JIS B0202
Te ½ in hembra NPT	ASTM B16	2500 psi	SAE J476	SAE 130438
Neplo ½ in macho NPT x 10 cm	PP	145 psi	NTE INEN 2955	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Tapón ½ in hembra NPT	PP			
Conectores para mangueras				
Conector rígido ½ in hembra NTP x ½ in manguera hidráulica	AISI 316	300 psi	ASME B31.3	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Conector rígido ¼ in hembra NPT x ¼ in manguera hidráulica	AISI 316			
Conector giratorio ½ in macho NPT x ½ in manguera hidráulica	AISI 316			
Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	ASTM B16			BS EN 10226-1 JIS B0203
Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	ASTM B16			

Componente	Material	Presión nominal máxima	Normas de presión de servicio	Normas de conexiones roscadas
Acoples				
Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT	AISI 1018	507 psi	ASME B31.3	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT	AISI 1018			
Acople neumático ¼ in hembra NPT	AISI 1045	14503 psi		
Válvulas				
Válvula de aguja ½ in tubing	AISI 316	6000 psi	ASME B31.3	N/A
Válvula de bola ½ in tubing	AISI 316	1500 psi		
Instrumentación				
Filtro / regulador	Aluminio 6061	250 psi	ASME B31.3	ASME B1.20.1 SAE AS71051
Manómetro Bourdon de 1/4 macho NPT	AISI 316	8000 psi		
Manómetro Bourdon de 1/4 macho NPT	AISI 316	300 psi		
Tubing y mangueras				
Manguera de ¼ in (L=560 mm)	EPDM	300 psi	ASME B31.3	N/A
Manguera de ½ in (L=790 mm)	EPDM			
Tubing ½ in (L=1710 mm)	AISI 316	7000 psi		

3.7 Costos

En el desarrollo del proyecto se adquirió distintos componentes y materia prima, en el que es importante mencionar que una parte minoritaria de los accesorios y materiales se obtuvo del inventario de la empresa, sin embargo, en la TABLA XX se ha considerado sus precios. Asimismo, en la TABLA XXI se recopila el gasto de la estructura del equipo que paso por distintos procesos de fabricación realizados en talleres especializados de la ciudad de Francisco de Orellana, con el propósito de reflejar el valor real de inversión del sistema y obtener una estimación precisa en caso de construir otro equipo similar o vender el producto u ofrecer el servicio a terceros.

3.7.1 Costo de materiales

TABLA XX

COSTOS DE COMPONETES Y MATERIA PRIMA

Cantidad	Componente	Marca y código	Unidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
		Bombas			
1	Bomba de diafragma	Yamada NDP-15 BSC	EA	780,00	780,00
1	Bomba de pistón	Hydrorex 10-5000W060	EA	1530,00	1530,00
		Conexiones para tubing y accesorios roscados			
3	Codo ½ in macho NPT	Swagelok -8-ME	EA	25,33	75,99
3	Codo ½ in tubing	Swagelok -810-9	EA	39,83	119,49
2	Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT	Swagelok -810-2-8	EA	37,69	75,38
2	Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT	Swagelok -810-8-8	EA	28,02	56,04

Cantidad	Componente	Marca y código	Unidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
1	Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	Swagelok -8-RSE-4	EA	28,53	28,53
1	Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	Swagelok -810-8-4	EA	30,67	30,67
1	Cruz ½ in tubing	Swagelok -810-4	EA	25,00	25,00
2	Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	Swagelok -810-7-4	EA	16,41	32,82
1	Conector ½ in tubing x ½ macho NPT	Swagelok -810-1-8	EA	11,07	11,07
1	Te ½ in tubing	Swagelok -810-3	EA	16,93	16,93
1	Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT	Swagelok -810-3-8TTF	EA	33,57	33,57
6	Mango hexagonal ½ macho NPT	Swagelok -8-HN	EA	2,99	17,94
1	Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO	Swagelok -4-HN-4RT	EA	2,39	2,39
1	Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	Swagelok -8-RA-4	EA	12,99	12,99
3	Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralela	Swagelok -4-A-4RS	EA	12,99	38,97

Cantidad	Componente	Marca y código	Unidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
1	Te ½ in hembra NPT	Dixon 3220808C	EA	13,64	13,64
1	Neplo ½ in macho NPT x 10 cm	Plastigama 91000905	EA	0,45	0,45
1	Tapón ½ in hembra NPT	Plastigama 991000939	EA	0,40	0,40
Conectores para mangueras					
3	Conector rígido ½ in hembra NTP x ½ in manguera hidráulica	Parker 10243-8-8	EA	17,51	52,53
1	Conector rígido ¼ in hembra NPT x ¼ in manguera hidráulica	Parker 10243-4-4	EA	12,83	12,83
1	Conector giratorio ½ in macho NPT x ½ in manguera hidráulica	Parker 11343-8-8	EA	21,72	21,72
2	Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	Parker 1B243-4-4	EA	39,98	79,96
1	Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	Parker 1B143-4-4	EA	46,16	46,16
Acoples					

Cantidad	Componente	Marca y código	Unidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
3	Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT	Parker 27SFIW21SXN	EA	4,99	14,97
1	Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT	Parker 23SFIW21SXN	EA	16,08	16,08
2	Acople neumático ¼ in hembra NPT	CEJN 101151402	EA	23,95	47,90
		Válvulas			
2	Válvula de aguja ½ in tubing para 6000 psig	FITOK NBSS-FL8-8	EA	134,71	269,42
2	Válvula de bola ½ in tubing para 1500 psig	FITOK BFSS-FL8	EA	89,60	179,20
		Instrumentación			
1	Filtro / regulador	Wilkerson B18-04-GKG0B	EA	44,97	44,97
1	Manómetro Bourdon de 8000 psi	DE WIT 295/63	EA	75,60	75,60
2	Manómetro Bourdon de 300 psi	DE WIT 295/63	EA	24,95	49,90
		Tubing y mangueras			
1	Manguera de ¼ in (L=560 mm)	Parker -25200	M	8,16	8,16
1	Manguera de ½ in (L=790 mm)	Parker -50250	M	9,47	9,47

Cantidad	Componente	Marca y código	Unidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
2	Tubing ½ in (L=1710 mm)	BuTech LP500-334-	M	15,00	30,00
		Estructura			
2	Tubo estructural cuadrado 25x25x2mm (6m)	DIPAC ECU252	EA	36,50	73,00
1	Lámina (1x2 m)	DIPAC PAI32BA8020	EA	39,54	39,54
		Elementos de fijación			
6	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M8X45	WASINORM 933-2-8X45	EA	0,83	4,98
6	Arandela de ajuste M8	WASINORM 988-2-8X14X1	EA	0,12	0,72
4	Tuerca hexagonal M8	WASINORM 934-2-8	EA	0,74	2,96
9	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M4X35	WASINORM 933-2-4X35	EA	0,75	6,75
9	Arandela de ajuste M4	WASINORM 988-2-4X8X0,5	EA	0,10	0,90
9	Tuerca hexagonal M4	WASINORM 934-2-4	EA	0,66	5,94
				Total	3995,93

3.7.2 Costo de fabricación

TABLA XXI

COSTOS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Proceso de fabricación	Máquina	h/máq.	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Estructura				
Cortado	Cortadora de perfiles	0,3	15	4,5
Soldadura	Soldadora MIG	6	12,5	75
Taladrado	Taladro manual	0,3	12	3,6
Pulido	Pulidora manual	0,4	10	4
Placa				
Cortado	Fresa	1,3	34,5	44,85
Doblado	Dobladora	0,3	20	6
Soldado	Soldadora MIG	0,3	12,5	3,75
			Total	141,7

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se planteó un diseño personalizado desde un análisis ponderativo, de las alternativas existentes en el mercado internacional, evaluando propiedades como las bombas, estructura y los métodos de lectura de presión, a partir de los criterios de utilidad, inversión, mantenimiento y ergonomía operativa. Esto definió una estructura rectangular, con dos bombas neumáticas (pistón y doble diafragma), y la implementación de manómetros con la opción de conectar un transductor de presión digital.
- Se estableció los requerimientos de la empresa con la capacidad de realizar pruebas hidrostáticas a 4500 psi según la norma API SPEC 16A, el cual fue la base para la selección de los conectores, acoples rápidos, válvulas de bola y aguja, filtro/regulador, manómetros, mangueras y tubing. Así pues, esto permitió diseñar y definir las dimensiones de la estructura, en el que se calculó un peso de 319,9 N.
- Se escogió el perfil tubular cuadrado de 25 x 2 mm, el cual se comprobó su resistencia con el método de selección de columnas de Mott en el que se utiliza la fórmula de J.B. Johnson para determinar la carga crítica y aplicar las ecuaciones de Pytel y Singer para obtener el esfuerzo y carga permisible, dando que el peso del sistema es menor a la fuerza permisible de 17105,82 N. De igual manera, se aplicó el método de diseño de vigas de Mott en el que se tiene como datos las cargas aplicables y el tipo de perfil, donde determina el esfuerzo de diseño para determinar el módulo de sección aceptable de 920 mm^3, menor al del perfil $162{,}91\ mm^3$. Al cumplir, ambas condiciones se aprobó definitivamente el perfil.
- Se simuló los esfuerzos, deformación y factor de seguridad al tubing más crítico y a la estructura. En el tubing fabricado de AISI 316 se aplicó una presión interna de 4500 psi dando como resultados máximos un esfuerzo de 109 MPa menor al esfuerzo de fluencia, una deformación despreciable de 0,0654 mm y un factor de seguridad de 3,8

aceptable para entornos de trabajo severos. También, se analiza para la estructura de AISI 1008 donde se aplicó el peso de los componentes a las vigas inferiores y a las superiores la mitad, consiguiendo valores máximos de 34,6 MPa de esfuerzo, 0,157 mm de deformación y 5,20 de fator de seguridad.

- Se construyó el sistema en base a los planos de dibujo pasando por sus respectivos procesos de fabricación como para la estructura el corte de perfil, limado, soldado por MIG, taladrado y pulido, mientras que para la lámina se utilizó el doblado y el corte de los agujeros con fresa. Al unificar estas dos partes, se ensamblo los demás componentes según la vista explosionada del plano.
- Se validó el equipo en base antes de pasar a operar en campo, realizando dos pruebas hidrostáticas a un herramental de pozo (camisa de circulación) de 6 y 18 minutos. En el que los pasos a seguir fueron tomados de las normativas API RP 53 y API SPEC 16A. Así que, se verificó que toda pieza este conectada correctamente, funcione sin errores y que no se presente fugas. Asimismo, se conectó el transductor de presión GS4200-USB para tener un control preciso y claro de su funcionamiento durante la presurización. Al finalizar cada prueba, se obtuvo sus respectivos reportes en donde el comportamiento de la presión y temperatura se encuentra en condiciones estables sin presenciar cambios exagerado que reflejarían un liqueo en el elemento a ensayar como en el equipo hidrostático.

4.2 Recomendaciones

- Pese a que la selección de los componentes fue seleccionada con una presión superior a la del ensayo para garantizar un factor de seguridad y evitar su desgaste prematuro, se aconseja implementar una válvula de alivio para altas presiones, ya que en caso de una mala manipulación del sistema y el uso constante puede provocar una sobrepresión
- Aunque en el diseño se ha realizado con una estructura sencilla y eficaz, se recomienda construir una tapa de protección para el panel de instrumentos ya que tras su traslado esta propenso a recibir golpes accidentales, o su utilización en campo a salpicaduras de fluidos que deteriorarían los mandos de operación.

- A pesar de que el sistema sea intuitivo de utilizar y se posee un manual de operación, se propone realizar capacitaciones hacia el personal técnico encargado del equipo, en el que se explique su funcionamiento del sistema como el del software, los métodos de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los protocolos a seguir en caso de un accidente laboral. Esto validaría la confianza y viabilidad del proyecto.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

[1] D. F. Arias, "Diseño y Simulación de un Banco de Pruebas Hidrostáticas hasta 30.000 psi para Sistemas Industriales", Tesis de Licenciatura, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017. Consultado: el 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17323

[2] H. Atahualpa y J. Delgado, "Construcción de un Módulo de Pruebas Hidrostáticas para Tuberías Metálicas", Tecnólogo en Mantenimiento Industrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010. Consultado: el 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1983

[3] J. F. Kiefner y W. A. Maxey, "The Benefits and Limitations of Hydrostatic Testing", en *API's 51st Annual Pipeline Conference & Cybernetics Symposium*, New Orleans Louisiana, abr. 2000. Consultado: el 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7512249543318e9895c6532da3f3263ec07a3fcc

[4] M. W. Anderson, J. Hilpert, M. Graziano, D. Zimpfer, S. Boegershausen, y C. Kirker, "Automated BOP Testing Technologies Provide Economic Benefits Along with Personal and Process Safety Improvements", en *IADC/SPE International Drilling Conference and Exhibition*, Galveston: SPE, feb. 2020. doi: 10.2118/199558-MS.

[5] A. de J. Rodríguez, "Sistemas de Control de Presión en Pozos Petroleros", Tesis Doctoral, Universidad Veracruzana, Veracruz, 2014. Consultado: el 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/46321503/LLLrodriguezhernandezariel.pdf

[6] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, Quinta Edición. Madrid: McGraw-Hill, 2003.

[7] B. R. Munson, T. H. Okiishi, W. W. Huebsch, y A. P. Rothmayer, *Fundamentals of Fluids Mechanics*, Seventh Edition. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

[8] M. A. Rivera, *Física II: dinámica, hidrostática, hidrodinámica, calor y termodinámica*, Cuarta Edición. Ciudad de México: Grupo Editorial Éxodo, 2018. Consultado: el 17 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://elibro-net.uta.lookproxy.com/es/ereader/uta/130175?page=146

[9] Y. A. Cengel y M. A. Boles, *Termodinámica*, Séptima Edición. Ciudad de México: McGraw-Hill, 2012.

[10] W. Kenneth y D. E. Richards, *Termodinámica*, Sexta Edición. Madrid: McGraw-Hill, 2001.

[11] R. L. Mott y J. A. Untener, *Mecánica de Fluidos*, Séptima Edición. Ciudad de México: Pearson Educación, 2015.

[12] *Electric Hydrostatic Pump | M12 Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hydrorex.com/wp-content/uploads/2024/12/M12-Catalog-Pumps.pdf

[13] *Hydrostatic & Calibration Pressure Pump | L3-REX Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://h4k7fa.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2023/12/L3-7000REX-datasheet.pdf

[14] *DUAL PRESSURE TEST UNIT | DL-REX SERIES*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hydrorex.com/wp-content/uploads/2023/03/DL-REX-CATALOG.pdf

[15] *Hydrostatic Test Cart | D2-REX Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hydrorex.com/wp-content/uploads/2025/06/D2-Series-Catalog.pdf

[16] *CUSTOM YOUR PRESSURE TEST CART | TC Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hydrorex.com/wp-content/uploads/2023/06/Hydrostatic-Pressure-Test-Cart.pdf

[17] *Mobil & Compact Hydrostatic Test Pump | WR-REX Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://h4k7fa.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2023/12/WR-5600REX-datasheet.pdf

[18] *Digital Hydrostatic Pressure Test Unit | 10D-REX Series*. HYDROREX. Consultado: el 10 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hydrorex.com/wp-content/uploads/2025/05/10D-603REX-datasheet.pdf

[19] T. G. Hicks, *Bombas su selección y aplicación*, Primera Edición. Ciudad de México: Editorial Continental, 1988.

[20] F. Roca, *Oleohidráulica básica. Diseño de circuitos*, Primera Edición. Alfaomega EDICIONS UPC, 1997.

[21] S. Ortuño, *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. Consultado: el 3 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://elibro-net.uta.lookproxy.com/es/ereader/uta/37620?page=18

[22] V. Casalotti, Ed., *Aspectos técnicos, económicos y estratégicos de la exploración y producción de hidrocarburos*, Primera Edición. Buenos Aires: IAPG - Instituto Argentino del Petróleo y Gas, 2011.

[23] M. V. Zubicaray, *Bombas: Teoría, Diseño y Aplicaciones*, Segunda Edición. Ciudad de México: Editorial Limusa, 2000.

[24] C. M. Ondetti, "Análisis de Riesgos Laborales presentes en el Proceso de Pruebas Hidrostáticas de Líneas de Alta de Presión en la Empresa Alpha Piper Service S.R.L", Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 2018. Consultado: el 16 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/11081

[25] V. J. Vidal, “Inspección y Mantenimiento de Calderas Marinas Auxiliares”, Tesis Doctoral, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2006. Consultado: el 16 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfciv649i/sources/bmfciv649i.pdf

[26] J. G. Pérez, “Manual de Pruebas Hidrostáticas a Tuberías Menores de 8 Pulgadas de Diámetro en Acero al Carbón para la Planta Agroindustria del Complejo Pajaritos, Coatzacoalcos Ver.”, Tesis de Licenciatura, Universidad de Sotavento A.C., Coatzacoalcos, 2016. Consultado: el 16 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000758737

[27] N. J. Ortega, “Trabajo Especial de Grado Estudio de Factibilidad Económica para la Instalación de un Equipo de Pruebas Hidrostáticas a Cilindros de Gas en la Empresa BOC Gases Distrito Puerto Ordaz”, Tesis Doctoral, Universidad Católica Andrés Bello, 2006. Consultado: el 16 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9060.pdf

[28] *Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos*. Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN), 2260, 2015.

[29] J. Herrera, *Ingeniería de la perforación de pozos de petróleo y gas. Vol. III: Sistemas básicos y procesos de los equipos de perforación*, Segunda Edición., vol. 3. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, 2020. doi: 10.20868/UPM.book.62720.

[30] *Escuela de Control de Presión 10K*. Elmar Services Limited, 1998.

[31] A. J. Daza y M. A. Garófalo, “Normativas para el Control de Operaciones de Perforación de Pozos de Petróleo en la Cuenca Oriente del Ecuador”, Tesis de Licenciatura, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013. Consultado: el 19 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9261/3/CD-6127.pdf

[32] *Specification for Control Systems for Drilling Well Control Equipment*. American Petroleum Institute (API), SPEC 16D, 1993.

[33] *Specification for Drill-through Equipment* . American Petroleum Institute (API), SPEC 16A, 2017.

[34] *Choke and Kill Equipment*. American Petroleum Institute (API), SPEC 16C, 2015.

[35] *Sistemas del equipo de prevención de reventones en la perforación de pozos*. American Petroleum Institute (API), 53, 2012.

[36] D. R. Askeland y W. J. Wright, *Ciencia e Ingeniería de Materiales*, Séptima Edición. Ciudad de México: CENGAGE Learning, 2017.

[37] "316 Stainless Steel, annealed and cold drawn bar", MatWeb. Consultado: el 15 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=3ed757f205d141e3b03a0c1e5c26227c&ckck=1

[38] R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, Cuarta Edición. Ciudad de México: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.

[39] "AISI 1008 Steel, CQ, DQ, and DQSK sheet, 1.6-5.8 mm thick", MatWeb. Consultado: el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=145867c159894de286d4803a0fc0fe0f

[40] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman, y M. K. Malhotra, *Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor*, Octava Edición. México: PEARSON Educación, 2008.

[41] *Yamada Product Specification Guide*. Yamada Corporation. Consultado: el 8 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.yamadapump.com/assets/literature/guides/Yamada_2018_US-ENG_Product_Guide.pdf

[42] *10-5 SERIES AIR OPERATED LIQUID PUMPS*. HYDROREX. Consultado: el 21 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://h4k7fa.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2023/05/SC-Hydraulic-Pumps-10-500-Series-PDF-Catalog.pdf

[43] *Industrial Hydraulics Manual*, Primera Edición. Sperry Vickers, 1970.

[44] *Racores para Tubo Galgables y Adaptadores*. Swagelok. Consultado: el 9 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/ms-01-140.pdf

[45] *Accesorios Roscados*. Swagelok. Consultado: el 9 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/ms-01-147.pdf

[46] *Dixon Brass Catalog 2022*. DIXON. Consultado: el 9 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://dixonvalve.com/sites/default/files/documents/Dixon-Brass-2022_complete.pdf

[47] *LINEA DORADA PLASTIGAMA*. Quito: PLASTIGAMA. Consultado: el 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://disensa.com.ec/wp-content/uploads/recursos/ficha_tecnica/91000970.pdf

[48] *HOSE, FITTINGS, AND EQUIPMENT - Catalog 4400*. Parker, 2025. Consultado: el 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.parker.com/content/dam/Parker-com/Literature/Hose-Products-Division/Catalog-4400-PDF-Files/HPD_4400_Catalog.pdf

[49] *Parker Legris Rectus Catálogo de Distribución: Soluciones para Baja Presión*. Parker. Consultado: el 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://cohiner.com/wp-content/uploads/2021/03/Parker-Legris-Rectus-General-Catalogue_compressed-1.pdf

[50] *70-300 MPa Hidráulica de alta presión*. CEJN. Consultado: el 8 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en:

https://www.cejn.com/globalassets/documents/brochures/ultra-high-pressure-hydraulics/hp-es.pdf

[51] *Ball Valves*. FITOK. Consultado: el 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://fitokgroup.com/tmp/file/Ball_Valves_EN.pdf

[52] *Needle Valves*. FITOK. Consultado: el 30 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.fitokgroup.com/tmp/file/Needle_Valves_EN.pdf

[53] *Catalog 9EM-TK-190-5*. Wilkerson Corporation, 2019. Consultado: el 9 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://wilkersoncorp.com/9EM-TK-190/9EM-TK-190-5_B%20FRL%20Products.pdf

[54] *DE WIT Manómetros / Termómetros*. DE WIT. Consultado: el 8 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.dewit.com.mx/dewit-mexico.com/pdf/Catalogo_De_Wit_Completo.pdf

[55] *Catálogo BuTech*. BuTech - Milton Roy. Consultado: el 21 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.flw.com/butech/pdf/butech-catalog.pdf

[56] *Tuberías de proceso*. The American Society of Mechanical Engineers (ASME), B31.3, 2010, p. 122.

[57] J. M. Gere y B. J. Goodno, *Mecánica de Materiales*, Octava Edición. Ciudad de México: CENGAGE Learning, 2016.

[58] *Dobladora de tubo manual*. Swagelok. Consultado: el 15 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/es/MS-13-43.PDF

[59] *Catálogo General de Productos*. DIPAC. Consultado: el 12 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf

[60] R. L. Mott, *Resistencia de Materiales*, Quinta Edición. Ciudad de México: Pearson Educación, 2009.

[61] J. C. McCormac y S. F. Csernak, *Diseño de Estructuras de Acero*, Quinta Edición. Ciudad de México: Alfaomega, 2013.

[62] A. Pytel y F. L. Singer, *Resistencia de Materiales - Introducción a la Mecánica de Sólidos*, Cuarta Edición. Ciudad de México: Alfaomega, 1994.

Anexos

Anexo A. Modelos de las bombas Yamada de la serie NDP-15.



Anexo B. Especificaciones de la bomba Yamada NDP-15.

Yamada® NDP-15 Series Specifications

Port Dimensions

Intake & discharge connection:	
Polypropylene (PPG) ■	1/2" Female NPT
Kynar® (PVDF) ◆	1/2" Female NPT
Aluminum (ADC-12) ▲	1/2" Female NPT
Stainless Steel (316) ▲	1/2" Female NPT
Air inlet (includes ball valve):	1/4" Female NPT
Air exhaust (internal silencer):	3/8" Female NPT

■ Polypropylene pumps may be fitted with ball or flat check valves. Ball-type check valves are recommended for flooded suction applications. Flat-type check valves are recommended for suction lift applications.

◆ Kynar® pumps are fitted with flat check valves only.

▲ Aluminum and Stainless Steel pumps are fitted with ball check valves only.

Maximum Liquid Temperature*

Diaphragm Material	*Temperature*
Buna N	180°F (82°C)
Neoprene	180°F (82°C)
Santoprene® (TPO)	180°F (82°C)
PTFE	212°F (100°C)
Hytrel® (TPEE)	248°F (120°C)
Viton® fluoroelastomer	248°F (120°C)

*The maximum liquid temperature for metal and Kynar® fitted pumps is determined by the elastomer (diaphragm material). Polypropylene pumps have a maximum liquid temperature of 180°F (82°C) regardless of diaphragm material.

Air Supply Pressure (All Models)
20–100 PSI (1.4–7 kgf/cm²)

Discharge Volume Per Cycle
0.0338 gallons (128 cc)

Maximum Cycles Per Minute
All diaphragms: 400

Maximum Size Solid: 1/32" (1 mm)

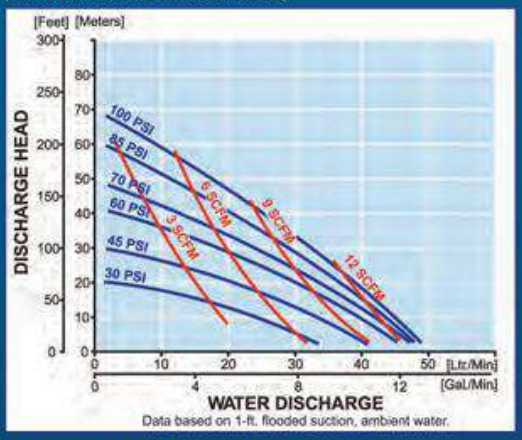
Maximum Dry Suction Lift
Flat-type check valve: 8-feet
Ball-type check valve: 5-feet

Pump Air Motor: Ryton® air motor standard

Notes: Hytrel® fitted pumps include Buna N wetted o-rings. Santoprene® fitted pumps include EPDM wetted o-rings.

All Diaphragm Materials

(both ball and flat check valves)



Model Number Nomenclature

NDP-15 x x x

Series:
NDP-15 Pump

Valve Type:
B = Ball
F = Flat*

Body Material:
P = Polypropylene
V = Kynar® (PVDF)
A = Aluminum
S = Stainless Steel

Diaphragm Material:
C = Neoprene (CR)
N = Buna N (NBR)
S = Santoprene® (TPO)
T = PTFE
V = Viton® (FKM)
H = Hytrel® (TPEE)

** Flat valves are available for plastic pumps only.*
NOTE: Additional options listed on page 32.

Split Manifold Pumps

By utilizing one pump, Yamada offers a design in which the inlet and outlet ports can be configured to multiple combinations; ideal for pumping or combining two similar specific gravity fluids.

Construction: Polypropylene, Aluminum, or Stainless Steel

Diaphragm: Choice of six elastomers

Modes of operation: Dual suction with dual or single discharge; single suction with dual discharge

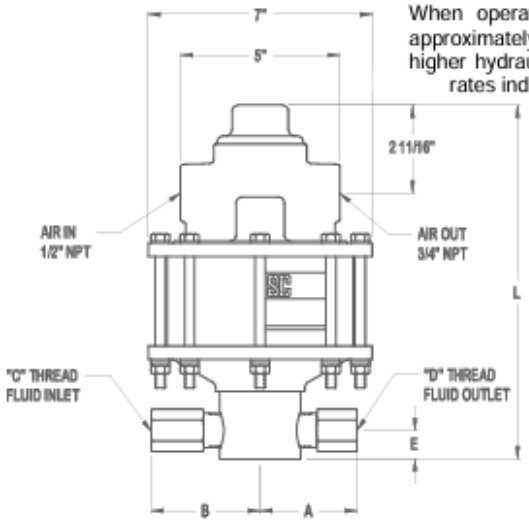
For details, contact Yamada.

Anexo C: Dimensiones y relaciones de presión de las bombas Hydrorex de la serie 10-5 y 10-5L.

10-5 & 10-5L SERIES

10-5 & 10-5L Series pumps have a 5 ½" diameter air piston and a 1 ¼" stroke. Sixteen models are available with pressures up to 55,000 psig.

When operating from 0 to rated hydraulic pressure, air consumption will be approximately 28 scfm of free air at 100 psi output. At lower air pressures and higher hydraulic pressures air consumption will be reduced proportionately to flow rates indicated.



Mounting may be in any position, vertical preferred. When mounting in an inverted position, a drain cock should be provided to drain off any liquid that may accumulate in the pilot valve air chamber.

The 10-5 series "Non lube" and 10-5L series "Lube" pumps are identical except the 10-5 series is pre-lubricated at factory and therefore does not require a lubricator in the air drive supply line. The 10-5L series "Lube" pump part number requires the addition of the letter "L" as a suffix to denote the pump requires a lubricator in the air drive supply line.

Mounting Dimensions in Inches

Pressure Ratio	10-5 & 10-5L Series Model	L	A	B	NPT/HF4 (Std)		SAE/HF4 (Optional)		E	F	G
					C Thread	D Thread	C Thread	D Thread			
5	-003	13.125	3.500	4.750	1"	1/2"	-	-10 SAE	1.125	2.375	3.125
10 thru 20	-005 thru -010	12.313	3.000	4.000	1"	1/2"	-	-10 SAE	1.000	1.750	2.500
25 thru 105	-015 thru -060	10.875	3.000	3.375	1/2"	1/2"	-10 SAE	-10 SAE	0.875	1.750	2.500
140 thru 440	-080 thru -250	11.250	2.500	2.313	3/8"	3/8"	-	9/16-18 *	0.875	1.750	2.500
555	-350	11.188	3.750	2.313	3/8"	9/16-18 *	-	-	.0875	1.750	2.500

*Coned and Threaded High Pressure Connection for ¼" O.D. Tubing

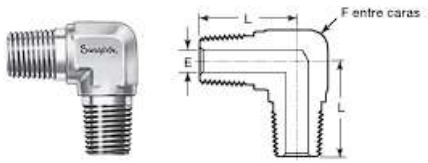
Measurements & Approximate Air to Hydraulic Pressure Ratios – Static Conditions

Pressure Ratio	10-5 & 10-5L Series Model	Hydraulic Piston Diameter (in)	Hydraulic Piston Area (in^2)	Volume per Stroke (in^3)	Air Pressure (PSI)									
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	-003	2.3750	4.430	5.540	30	75	130	175	220	270	320	370	415	465
10	-005	1.6250	2.070	2.590	80	180	285	385	490	590	690	795	900	1000
12	-007	1.5000	1.770	2.210	90	200	340	450	560	700	850	980	1100	1225
20	-010	1.1875	1.110	1.390	145	330	525	700	925	1100	1300	1500	1700	1900
25	-015	1.0000	0.785	0.981	200	475	750	1000	1300	1550	1800	2000	2350	2625
30	-018	0.9375	0.689	0.861	225	525	875	1150	1500	1775	2050	2350	2700	3075
35	-020	0.8750	0.601	0.751	250	600	1000	1400	1775	2125	2475	2825	3200	3625
55	-030	0.6875	0.371	0.464	400	1000	1700	2200	2900	3400	4000	4600	5200	5800
70	-040	0.6250	0.307	0.384	500	1175	1950	2600	3350	4100	4900	5600	6350	7000
85	-045	0.5625	0.248	0.310	800	1700	2600	3400	4400	5100	6000	6900	7800	8600
105	-060	0.5000	0.196	0.245	900	2000	3150	4200	5400	6400	7450	8500	9700	10700
140	-080	0.4375	0.150	0.188	1100	2400	3900	5400	6900	8300	9800	11200	12600	14000
195	-100	0.3750	0.110	0.138	1400	3250	5250	7250	9250	11250	13250	15000	17000	18750
280	-160	0.3125	0.077	0.096	2250	4000	7750	10500	13500	16250	18750	21500	24500	27500
440**	-250**	0.2500	0.049	0.061	5000	8000	12500	16500	21000	25500	30000	34000	38000	42500
555**	-350**	0.2187	0.038	0.048	6250	12500	18750	25000	31250	37500	43750	47500	51250	55000

** Recommended for continuous duty at pressures up to 30,000 psi. Intermittent duty above 30,000 psi.

Anexo D. Conexiones para tubing, accesorios roscados y conectores para mangueras.

Codo ½ in macho NPT (Swagelok)



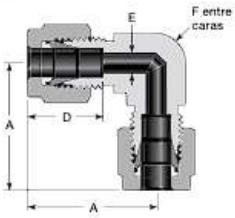
NPT macho

Tamaño NPT pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.)			Presión de servicio bar (psig)				
		E	L	F	Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/8	-2-ME	4,8 (0,19)	22,4 (0,88)	7/16	689 (10 000)	344 (5 000)	1 033 (15 000)	930 (13 500)	799 (11 600)
1/4	-4-ME	7,1 (0,28)	26,7 (1,05)	1/2	551 (8 000)	275 (4 000)	1 033 (15 000)	744 (10 800)	640 (9 300)
3/8	-6-ME	9,6 (0,38)	29,7 (1,17)	11/16	537 (7 800)	268 (3 900)	1 033 (15 000)	723 (10 500)	620 (9 000)
1/2	-8-ME	11,9 (0,47)	36,8 (1,45)	13/16	530 (7 700)	261 (3 800)	1 019 (14 800)	716 (10 400)	613 (8 900)

Codo ½ in tubing (Swagelok)

Codos de 90°

Uniones



Las conexiones a tubo son idénticas.

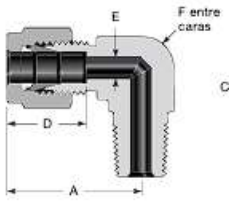
Ø Ext. Tubo	Referencia Básica	Dimensiones			
		A	D	E	F
Dimensiones, pulg.					
1/16	-100-9	0,70	0,34	0,05	3/8
1/8	-200-9	0,88	0,50	0,09	3/8
3/16	-300-9	1,00	0,54	0,12	1/2
1/4	-400-9	1,06	0,60	0,19	1/2
5/16	-500-9	1,13	0,64	0,25	9/16
3/8	-600-9	1,20	0,66	0,28	5/8
1/2	-810-9	1,42	0,90	0,41	13/16
5/8	-1010-9	1,50	0,96	0,50	15/16
3/4	-1210-9	1,57	0,96	0,62	1 1/16
7/8	-1410-9	1,76	1,02	0,72	1 3/8
1	-1610-9	1,93	1,23	0,88	1 3/8
1 1/8	B-1810-9	2,17	1,23	0,97	1 11/16
1 1/4	-2000-9	2,67	1,62	1,09	1 11/16
1 1/2	-2400-9	3,10	1,97	1,34	2
2	-3200-9	4,22	2,66	1,81	2 3/4

Ø Ext. Tubo	Referencia Básica	Dimensiones			
		A	D	E	F, pulg.
Dimensiones, mm					
3	-3M0-9	22,3	12,9	2,4	3/8
4	-4M0-9	25,4	13,7	2,4	1/2
6	-6M0-9	27,0	15,3	4,8	1/2
8	-8M0-9	28,8	16,2	6,4	9/16
10	-10M0-9	31,5	17,2	7,9	11/16
12	-12M0-9	36,0	22,8	9,5	13/16
14	-14M0-9	38,0	24,4	11,1	15/16
15	-15M0-9	38,0	24,4	11,9	15/16
16	-16M0-9	38,0	24,4	12,7	15/16
18	-18M0-9	39,8	24,4	15,1	1 1/16
20	-20M0-9	44,6	26,0	15,9	1 3/8
22	-22M0-9	44,6	26,0	18,3	1 3/8
25	-25M0-9	49,1	31,3	21,8	1 3/8
28	-28M0-9	64,0	36,6	21,8	41 mm
	B-28M0-9	55,4	31,6	24,6	1 11/16
30	-30M0-9	69,9	39,6	26,2	46 mm
32	-32M0-9	72,3	42,0	28,6	46 mm
38	-38M0-9	84,0	49,4	33,7	55 mm
50	-50M0-9	106	65,0	45,2	2 3/4

Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT (Swagelok)

Codos de 90°

Macho



Consulte la página 9 para especificaciones de rosca.

Rosca NPT

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E①	F
Dimensiones, pulg.						
1/16	1/16 1/8	-100-2-1 -100-2-2	0,75	0,34	0,05	7/16
1/8	1/16 1/8 1/4	-200-2-1 -200-2-2 -200-2-4	0,93 0,93 0,97	0,50	0,09	7/16 7/16 1/2
3/16	1/8 1/4	-300-2-2 -300-2-4	1,00	0,54	0,12	1/2
1/4	1/16 1/8 1/4 3/8 1/2	-400-2-1 -400-2-2 -400-2-4 -400-2-6 -400-2-8	1,06 1,06 1,06 1,17 1,25	0,60	0,12 0,19 0,19 0,19 0,19	1/2 1/2 1/2 11/16 13/16
5/16	1/8 1/4 3/8	-500-2-2 -500-2-4 -500-2-6	1,13 1,13 1,20	0,64	0,19 0,25 0,25	9/16 9/16 11/16
3/8	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4	-600-2-2 -600-2-4 -600-2-6 -600-2-8 -600-2-12	1,20 1,20 1,23 1,31 1,46	0,66	0,19 0,28 0,28 0,28 0,28	5/8 5/8 11/16 13/16 1 1/16
1/2	1/4 3/8 1/2 3/4	-810-2-4 -810-2-6 -810-2-8 -810-2-12	1,42 1,42 1,42 1,57	0,90	0,28 0,38 0,41 0,41	13/16 13/16 13/16 1 1/16
5/8	3/8 1/2 3/4	-1010-2-6 -1010-2-8 -1010-2-12	1,50 1,50 1,57	0,96	0,38 0,47 0,50	15/16 15/16 1 1/16
3/4	1/2 3/4	-1210-2-8 -1210-2-12	1,57	0,96	0,47 0,62	1 1/16
7/8	3/4	-1410-2-12	1,76	1,02	0,62	1 3/8
1	3/4 1	-1610-2-12 -1610-2-16	1,93	1,23	0,62 0,88	1 3/8
1 1/4	1 1/4	-2000-2-20	2,67	1,62	1,09	1 11/16
1 1/2	1 1/2	-2400-2-24	3,10	1,97	1,34	2
2	2	-3200-2-32	4,22	2,66	1,81	2 3/4

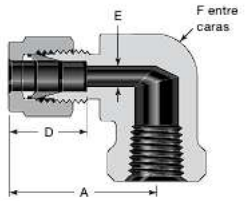
① La dimensión E es el paso mínimo. Estos racores pueden taladrarse a un diámetro interior mayor en la conexión roscada cónica o paralela.

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT pulg.	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E①	F, pulg.
Dimensiones, mm						
3	1/8 1/4	-3M0-2-2 -3M0-2-4	23,6 24,6	12,9	2,4	7/16 1/2
4	1/8 1/4	-4M0-2-2 -4M0-2-4	25,4	13,7	2,4	1/2
6	1/8 1/4 3/8 1/2	-6M0-2-2 -6M0-2-4 -6M0-2-6 -6M0-2-8	27,0 27,0 29,8 31,8	15,3	4,8	1/2 1/2 11/16 13/16
8	1/8 1/4 3/8 1/2	-8M0-2-2 -8M0-2-4 -8M0-2-6 -8M0-2-8	28,8 28,8 30,6 32,6	16,2	4,8 6,4 6,4 6,4	9/16 9/16 11/16 13/16
10	1/8 1/4 3/8 1/2	-10M0-2-2 -10M0-2-4 -10M0-2-6 -10M0-2-8	31,5 31,5 31,5 33,5	17,2	4,8 7,1 7,9 7,9	11/16 11/16 11/16 13/16
12	1/4 3/8 1/2 3/4	-12M0-2-4 -12M0-2-6 -12M0-2-8 -12M0-2-12	36,0 36,0 36,0 39,8	22,8	7,1 9,5 9,5 9,5	13/16 13/16 13/16 1 1/16
14	1/2	-14M0-2-8	38,0	24,4	11,1	15/16
15	1/2	-15M0-2-8	38,0	24,4	11,9	15/16
16	3/8 1/2 3/4	-16M0-2-6 -16M0-2-8 -16M0-2-12	38,0 38,0 39,8	24,4	9,5 11,9 12,7	15/16 15/16 1 1/16
18	1/2 3/4	-18M0-2-8 -18M0-2-12	39,8	24,4	11,9 15,1	1 1/16
20	1/2 3/4	-20M0-2-8 -20M0-2-12	44,6	26,0	11,9 15,9	1 3/8
22	3/4 1	-22M0-2-12 -22M0-2-16	44,6	26,0	15,9 18,3	1 3/8
25	3/4 1	-25M0-2-12 -25M0-2-16	49,1	31,3	15,9 21,8	1 3/8
30	1 1/4	-30M0-2-20	69,9	39,6	26,2	46 mm
32	1 1/4	-32M0-2-20	72,3	42,0	27,8	46 mm
38	1 1/2	-38M0-2-24	84,0	49,4	33,7	55 mm

① La dimensión E es el paso mínimo. Estos racores pueden taladrarse a un diámetro interior mayor en la conexión roscada cónica o paralela.

Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT // Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT (Swagelok)

Hembra



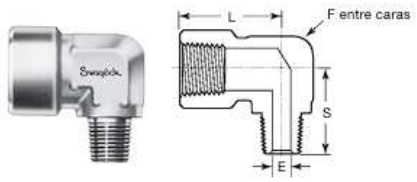
Rosca NPT

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT	Referencia Básica	Dimensiones A	D	E	F
		Dimensiones, pulg.				
1/8	1/8 1/4	-200-8-2 -200-8-4	0,97 1,08	0,50	0,09	1/2 11/16
3/16	1/8	-300-8-2	1,00	0,54	0,12	1/2
1/4	1/8 1/4 3/8 1/2	-400-8-2 -400-8-4 -400-8-6 -400-8-8	1,06 1,17 1,25 1,36	0,60	0,19	1/2 11/16 13/16 1
5/16	1/8 1/4	-500-8-2 -500-8-4	1,13 1,20	0,64	0,25	9/16 11/16
3/8	1/8 1/4 3/8 1/2	-600-8-2 -600-8-4 -600-8-6 -600-8-8	1,20 1,23 1,31 1,42	0,66	0,28	5/8 11/16 13/16 1
1/2	1/4 3/8 1/2	-810-8-4 -810-8-6 -810-8-8	1,42 1,42 1,53	0,90	0,41	13/16 13/16 1
5/8	3/8 1/2	-1010-8-6 -1010-8-8	1,50 1,57	0,96	0,50	15/16 1 1/16
3/4	1/2 3/4	-1210-8-8 -1210-8-12	1,57 1,76	0,96	0,62	1 1/16 1 3/8
7/8	3/4	-1410-8-12	1,76	1,02	0,72	1 3/8
1	3/4 1	-1610-8-12 -1610-8-16	1,93 2,11	1,23	0,88	1 3/8 1 11/16

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT pulg.	Referencia Básica	Dimensiones A	D	E	F, pulg.
		Dimensiones, mm				
6	1/8 1/4 1/2	-6M0-8-2 -6M0-8-4 -6M0-8-8	27,0 29,8 34,6	15,3	4,8	1/2 11/16 1
8	1/4	-8M0-8-4	30,6	16,2	6,4	11/16
10	1/8 1/4	-10M0-8-2 -10M0-8-4	31,5 33,5	17,2	7,9	11/16 13/16
12	1/4 1/2	-12M0-8-4 -12M0-8-8	36,0 38,8	22,8	9,5	13/16 1
16	1/2	-16M0-8-8	39,5	24,4	12,7	1 1/16

Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT (Swagelok)

Codo macho hembra reductor



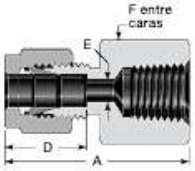
NPT hembra a NPT macho

Tamaño NPT hembra pulg.	Tamaño NPT macho pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.) E	L	S	F	Presión de servicio bar (psig) Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/8	1/16	-2-RSE-1	3,0 (0,12)	26,4 (1,04)	22,1 (0,87)	1/2	447 (6 500)	220 (3 200)	861 (12 500)	606 (8 800)	516 (7 500)
1/4	1/8	-4-RSE-2	4,8 (0,19)	29,7 (1,17)	25,4 (1,00)	11/16	496 (7 200)	248 (3 600)	957 (13 900)	668 (9 700)	571 (8 300)
3/8	1/4	-6-RSE-4	7,1 (0,28)	36,1 (1,42)	32,0 (1,26)	13/16	385 (5 600)	192 (2 800)	744 (10 800)	516 (7 500)	447 (6 500)
1/2	1/4	-8-RSE-4	7,1 (0,28)	39,6 (1,56)	35,1 (1,38)	1	385 (5 600)	192 (2 800)	744 (10 800)	516 (7 500)	447 (6 500)
	3/8	-8-RSE-6	9,6 (0,38)	39,6 (1,56)	35,1 (1,38)	1	385 (5 600)	192 (2 800)	744 (10 800)	516 (7 500)	447 (6 500)

Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT (Swagelok)

Racores rectos

Conectores hembra



Rosca NPT

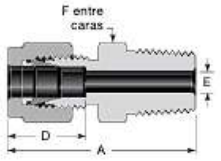
Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E	F
		Dimensiones, pulg.				
1/16	1/16 1/8	-100-7-1 -100-7-2	0,93 0,96	0,34	0,05	7/16 9/16
1/8	1/8 1/4	-200-7-2 -200-7-4	1,13 1,32	0,50	0,09	9/16 3/4
3/16	1/8	-300-7-2	1,17	0,54	0,12	9/16
1/4	1/8 1/4 3/8 1/2	-400-7-2 -400-7-4 -400-7-6 -400-7-8	1,23 1,41 1,48 1,67	0,60	0,19	9/16 3/4 7/8 1 1/16
5/16	1/8 1/4	-500-7-2 -500-7-4	1,26 1,45	0,64	0,25	9/16 3/4
3/8	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4	-600-7-2 -600-7-4 -600-7-6 -600-7-8 -600-7-12	1,29 1,48 1,54 1,73 1,88	0,66	0,28	5/8 3/4 7/8 1 1/16 1 5/16
1/2	1/4 3/8 1/2 3/4	-810-7-4 -810-7-6 -810-7-8 -810-7-12	1,59 1,65 1,84 1,90	0,90	0,41	13/16 7/8 1 1/16 1 5/16
5/8	3/8 1/2 3/4	-1010-7-6 -1010-7-8 -1010-7-12	1,65 1,84 1,90	0,96	0,50	15/16 1 1/16 1 5/16
3/4	1/2 3/4	-1210-7-8 -1210-7-12	1,84 1,90	0,96	0,62	1 1/16 1 5/16
7/8	3/4	-1410-7-12	1,96	1,02	0,72	1 5/16
1	3/4 1	-1610-7-12 -1610-7-16	2,10 2,45	1,23	0,88	1 3/8 1 5/8
1 1/4	1 1/4	-2000-7-20	2,94	1,62	1,09	2 1/8
1 1/2	1 1/2	-2400-7-24	3,28	1,97	1,34	2 3/8
2	2	-3200-7-32	4,00	2,66	1,81	2 7/8

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT pulg.	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E	F
		Dimensiones, mm				
3	1/8 1/4	-3M0-7-2 -3M0-7-4	28,7 33,5	12,9	2,4	14 19
4	1/8	-4M0-7-2	29,7	13,7	2,4	14
6	1/8 1/4 3/8 1/2	-6M0-7-2 -6M0-7-4 -6M0-7-6 -6M0-7-8	31,3 35,8 37,6 42,5	15,3	4,8	14 19 22 27
8	1/8 1/4 3/8 1/2	-8M0-7-2 -8M0-7-4 -8M0-7-6 -8M0-7-8	32,1 37,0 38,5 43,3	16,2	6,4	15 19 22 27
10	1/4 3/8 1/2	-10M0-7-4 -10M0-7-6 -10M0-7-8	37,8 39,4 44,2	17,2	7,9	19 22 27
12	1/4 3/8 1/2	-12M0-7-4 -12M0-7-6 -12M0-7-8	40,3 41,9 46,7	22,8	9,5	22 22 27
15	1/2	-15M0-7-8	46,7	24,4	11,9	27
16	1/2	-16M0-7-8	46,9	24,4	12,7	27
20	1/2 3/4	-20M0-7-8 -20M0-7-12	47,9 49,7	26,0	15,9	30 35
22	3/4 1	-22M0-7-12 -22M0-7-16	49,7 57,9	26,0	18,3	35 41
25	3/4 1	-25M0-7-12 -25M0-7-16	53,4 62,3	31,3	21,8	35 41

Conector ½ in tubing x ½ macho NPT (Swagelok)

Racores rectos

Conectores macho



NPT

Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E①	F
		Dimensiones, pulg.				
1/16	1/16 1/8 1/4	-100-1-1 -100-1-2 -100-1-4	0,94 1,03 1,22	0,34	0,05	5/16 7/16 9/16
1/8	1/16 1/8 1/4 3/8 1/2	-200-1-1 -200-1-2 -200-1-4 -200-1-6 -200-1-8	1,17 1,20 1,40 1,41 1,66	0,50	0,09	7/16 7/16 9/16 11/16 7/8
3/16	1/8 1/4	-300-1-2 -300-1-4	1,23 1,43	0,54	0,12	7/16 9/16
1/4	1/16 1/8 1/4 3/8 1/2 3/4	-400-1-1 -400-1-2 -400-1-4 -400-1-6 -400-1-8 -400-1-12	1,29 1,29 1,49 1,51 1,76 1,82	0,60	0,12 0,19 0,19 0,19 0,19 0,19	1/2 1/2 9/16 11/16 7/8 1 1/16
5/16	1/8 1/4 3/8	-500-1-2 -500-1-4 -500-1-6	1,34 1,52 1,54	0,64	0,19 0,25 0,25	9/16 9/16 11/16
3/8	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4 1	-600-1-2 -600-1-4 -600-1-6 -600-1-8 -600-1-12 -600-1-16	1,39 1,57 1,57 1,82 1,88 2,14	0,66	0,19 0,28 0,28 0,28 0,28 0,28	5/8 5/8 11/16 7/8 1 1/16 1 3/8
1/2	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4 1	-810-1-2 -810-1-4 -810-1-6 -810-1-8 -810-1-12 -810-1-16	1,53 1,71 1,71 1,93 1,99 2,25	0,90	0,19 0,28 0,38 0,41 0,41 0,41	13/16 13/16 13/16 7/8 1 1/16 1 3/8
5/8	1/4 3/8 1/2 3/4	-1010-1-4 -1010-1-6 -1010-1-8 -1010-1-12	1,74 1,74 1,93 1,99	0,96	0,28 0,38 0,47 0,50	15/16 15/16 15/16 1 1/16
3/4	3/8 1/2 3/4 1	-1210-1-6 -1210-1-8 -1210-1-12 -1210-1-16	1,80 1,99 1,99 2,25	0,96	0,41 0,47 0,62 0,62	1 1/16 1 1/16 1 1/16 1 3/8
7/8	1/2 3/4 1	-1410-1-8 -1410-1-12 -1410-1-16	1,99 1,99 2,25	1,02	0,47 0,62 0,72	1 3/16 1 3/16 1 3/8
1	1/2 3/4 1	-1610-1-8 -1610-1-12 -1610-1-16	2,26 2,26 2,45	1,23	0,47 0,62 0,88	1 3/8
1 1/8	1	B-1810-1-16	2,45	1,23	0,88	1 5/8
1 1/4	1 1 1/4	-2000-1-16 -2000-1-20	3,04	1,62	0,88 1,09	1 3/4
1 1/2	1 1/2	-2400-1-24	3,50	1,97	1,34	2 1/8
2	2	-3200-1-32	4,47	2,66	1,81	2 3/4

① La dimensión E es el paso mínimo. Estos racores pueden taladrarse a un diámetro interior mayor en la conexión roscada cónica o paralela.

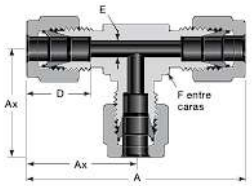
Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT pulg.	Referencia Básica	Dimensiones			
			A	D	E①	F
		Dimensiones, mm				
2	1/8	-2M0-1-2	30,5	12,9	1,7	12
3	1/8 1/4	-3M0-1-2 -3M0-1-4	30,5 35,6	12,9	2,4	12 14
4	1/8 1/4	-4M0-1-2 -4M0-1-4	31,2 36,3	13,7	2,4	12 14
6	1/8 1/4 3/8 1/2	-6M0-1-2 -6M0-1-4 -6M0-1-6 -6M0-1-8	32,8 37,9 38,4 44,7	15,3	4,8	14 14 18 22
8	1/8 1/4 3/8 1/2	-8M0-1-2 -8M0-1-4 -8M0-1-6 -8M0-1-8	34,2 38,7 39,3 45,6	16,2	4,8 6,4 6,4 6,4	15 15 18 22
10	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4	-10M0-1-2 -10M0-1-4 -10M0-1-6 -10M0-1-8 -10M0-1-12	36,3 40,9 40,9 46,5 48,0	17,2	4,8 7,1 7,9 7,9 7,9	18 18 18 22 27
12	1/8 1/4 3/8 1/2 3/4	-12M0-1-2 -12M0-1-4 -12M0-1-6 -12M0-1-8 -12M0-1-12	38,8 43,4 43,4 49,0 50,5	22,8	4,8 7,1 9,5 9,5 9,5	22 22 22 22 27
14	1/4 3/8 1/2	-14M0-1-4 -14M0-1-6 -14M0-1-8	44,1 44,1 49,0	24,4	7,1 9,5 11,1	24
15	1/2	-15M0-1-8	49,0	24,4	11,9	24
16	3/8 1/2 3/4	-16M0-1-6 -16M0-1-8 -16M0-1-12	44,1 49,0 50,5	24,4	9,5 11,9 12,7	24 24 27
18	1/2 3/4	-18M0-1-8 -18M0-1-12	50,5	24,4	11,9 15,1	27
20	1/2 3/4	-20M0-1-8 -20M0-1-12	52,3	26,0	11,9 15,9	30
22	3/4 1	-22M0-1-12 -22M0-1-16	52,3 57,1	26,0	15,9 18,3	30 35
25	1/2 3/4 1	-25M0-1-8 -25M0-1-12 -25M0-1-16	57,5 57,5 62,3	31,3	11,9 15,9 21,8	35
28	1 1 1/4	-28M0-1-16 -28M0-1-20	72,4 73,1	36,6	21,8	41 46
	1 1 1/4	B-28M0-1-16 B-28M0-1-20	75,0 77,3	31,6	24,6	41 46
30	1 1/4	-30M0-1-20	77,2	39,6	26,2	46
32	1 1/4	-32M0-1-20	79,6	42,0	28,6	46
38	1 1/2	-38M0-1-24	91,6	49,4	33,7	55

① La dimensión E es el paso mínimo. Estos racores pueden taladrarse a un diámetro interior mayor en la conexión roscada cónica o paralela.

Te ½ in tubing (Swagelok)

Tes

Uniones



Unión

Ø Ext. Tubo	Referencia Básica	Dimensiones				
		A	Ax	D	E	F
Dimensiones, pulg.						
1/16	-100-3	1,40	0,70	0,34	0,05	3/8
1/8	-200-3	1,76	0,88	0,50	0,09	3/8
3/16	-300-3	1,92	0,96	0,54	0,12	7/16
1/4	-400-3	2,12	1,06	0,60	0,19	1/2
5/16	-500-3	2,34	1,17	0,64	0,25	5/8
3/8	-600-3	2,40	1,20	0,66	0,28	5/8
1/2	-810-3	2,84	1,42	0,90	0,41	13/16
5/8	-1010-3	3,06	1,53	0,96	0,50	1
3/4	-1210-3	3,14	1,57	0,96	0,62	1 1/16
7/8	-1410-3	3,52	1,76	1,02	0,72	1 3/8
1	-1610-3	3,86	1,93	1,23	0,88	1 3/8
1 1/8	B-1810-3	4,34	2,17	1,23	0,97	1 11/16
1 1/4	-2000-3	5,34	2,67	1,62	1,09	1 11/16
1 1/2	-2400-3	6,20	3,10	1,97	1,34	2
2	-3200-3	8,44	4,22	2,66	1,81	2 3/4

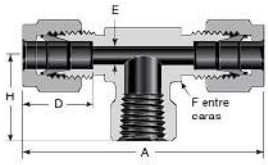
Ø Ext. Tubo	Referencia Básica	Dimensiones				
		A	Ax	D	E	F, pulg.
Dimensiones, mm						
2	-2M0-3	44,7	22,3	12,9	1,7	3/8
3	-3M0-3	44,7	22,3	12,9	2,4	3/8
4	-4M0-3	50,8	25,4	13,7	2,4	1/2
6	-6M0-3	53,9	27,0	15,3	4,8	1/2
8	-8M0-3	59,7	29,9	16,2	6,4	5/8
10	-10M0-3	63,0	31,5	17,2	7,9	11/16
12	-12M0-3	72,0	36,0	22,8	9,5	13/16
14	-14M0-3	77,6	38,8	24,4	11,1	1
15	-15M0-3	77,6	38,8	24,4	11,9	1
16	-16M0-3	77,6	38,8	24,4	12,7	1
18	-18M0-3	79,6	39,8	24,4	15,1	1 1/16
20	-20M0-3	89,3	44,6	26,0	15,9	1 3/8
22	-22M0-3	89,3	44,6	26,0	18,3	1 3/8
25	-25M0-3	98,3	49,1	31,3	21,8	1 3/8
28	-28M0-3	128	64,0	36,6	21,8	41 mm
	B-28M0-3	103	51,4	31,6	24,6	1 11/16
30	-30M0-3	140	69,9	39,6	26,2	46 mm
32	-32M0-3	145	72,3	42,0	28,6	46 mm
38	-38M0-3	168	84,0	49,4	33,7	55 mm
50	-50M0-3	211	106	65,0	45,2	2 3/4

Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT (Swagelok)

Tes

Hembra

Lateral, Rosca NPT (TTF)



Ø Ext. Tubo	Tamaño NPT pulg.	Referencia Básica	Dimensiones				
			A	D	E	F, pulg.	H
Dimensiones, pulg.							
1/8	1/8	-200-3TTF	1,94	0,50	0,09	1/2	0,75
1/4	1/8 1/4	-400-3TTF -400-3-4TTF	2,12 2,34	0,60	0,19	1/2 11/16	0,75 0,88
3/8	1/4 3/8 1/2	-600-3TTF -600-3-6TTF -600-3-8TTF	2,46 2,62 2,84	0,66	0,28	11/16 13/16 1	0,88 0,88 1,12
1/2	1/4 3/8 1/2	-810-3-4TTF -810-3TTF -810-3-8TTF	2,84 2,84 3,06	0,90	0,41	13/16 13/16 1	0,88 0,88 1,12
5/8	1/2	-1010-3TTF	3,06	0,96	0,50	1	1,12
3/4	3/4	-1210-3TTF	3,52	0,96	0,62	1 3/8	1,25
1	3/4 1	-1610-3-12TTF -1610-3TTF	3,86 4,22	1,23	0,88	1 3/8 1 11/16	1,25 1,50
Dimensiones, mm							
6	1/8 1/4	-6M0-3TTF -6M0-3-4TTF	53,9 59,5	15,3	4,8	1/2 11/16	19,0 22,4
8	1/8 1/4	-8M0-3TTF -8M0-3-4TTF	59,7 61,2	16,2	6,4	5/8 11/16	19,0 22,4
10	1/4	-10M0-3TTF	67,0	17,2	7,9	13/16	22,4
12	1/4 3/8 1/2	-12M0-3-4TTF -12M0-3TTF -12M0-3-8TTF	72,0 72,0 77,7	22,8	9,5	13/16 13/16 1	22,4 22,4 28,4
16	1/2	-16M0-3TTF	77,6	24,4	12,7	1	28,4

Mango hexagonal ½ macho NPT (Swagelok)

Manguito hexagonal



NPT macho

Tamaño NPT pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.)			Presión de servicio bar (psig)				
		A	E	F	Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/16	-1-HN	25,6 (1,01)	3,0 (0,12)	5/16	757 (11 000)	378 (5 500)	1 033 (15 000)	1 026 (14 900)	881 (12 800)
1/8	-2-HN	25,6 (1,01)	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5 000)	1 033 (15 000)	930 (13 500)	799 (11 600)
1/4	-4-HN	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4 000)	1 033 (15 000)	744 (10 800)	640 (9 300)
3/8	-6-HN	36,3 (1,43)	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3 900)	1 033 (15 000)	723 (10 500)	620 (9 000)
1/2	-8-HN	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3 800)	1 019 (14 800)	716 (10 400)	613 (8 900)
3/4	-12-HN	46,7 (1,84)	15,7 (0,62)	1 1/16	502 (7 300)	248 (3 600)	689 (10 000)	675 (9 800)	585 (8 500)
1	-16-HN	58,9 (2,32)	22,4 (0,88)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2 600)	689 (10 000)	489 (7 100)	420 (6 100)
NPT Macho de Pared Gruesa									
1/4	SS-4-HN-10K	35,6 (1,40)	5,8 (0,23)	9/16	689 (10 000)	—	—	—	—
1/2	SS-8-HN-10K	46,7 (1,84)	9,9 (0,39)	7/8	689 (10 000)				

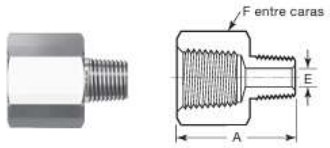
Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO (Swagelok)

Rosca NPT macho a Macho ISO/BSP cónica (RT)

Tamaño NPT pulg.	Tamaño rosca ISO pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.)			Presión de servicio bar (psig)				
			A	E	F	Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/8	1/8	-2-HN-2RT	25,6 (1,01)	4,8 (0,19)	7/16	689 (10 000)	344 (5 000)	1 033 (15 000)	930 (13 500)	799 (11 600)
1/4	1/4	-4-HN-4RT	35,6 (1,40)	7,1 (0,28)	9/16	551 (8 000)	275 (4 000)	1 033 (15 000)	744 (10 800)	640 (9 300)
3/8	3/8	-6-HN-6RT	36,3 (1,43)	9,6 (0,38)	11/16	537 (7 800)	268 (3 900)	1 033 (15 000)	723 (10 500)	620 (9 000)
1/2	1/2	-8-HN-8RT	46,7 (1,84)	11,9 (0,47)	7/8	530 (7 700)	261 (3 800)	1 019 (14 800)	716 (10 400)	613 (8 900)
3/4	3/4	-12-HN-12RT	46,7 (1,84)	15,7 (0,62)	1 1/16	502 (7 300)	248 (3 600)	689 (10 000)	675 (9 800)	585 (8 500)
1	1	-16-HN-16RT	58,9 (2,32)	22,4 (0,88)	1 3/8	365 (5 300)	179 (2 600)	689 (10 000)	489 (7 100)	420 (6 100)

Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT (Swagelok)

Adaptador reductor



NPT hembra a NPT macho

Tamaño NPT hembra pulg.	Tamaño NPT macho pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.) A	E	F	Presión de servicio bar (psig) Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/8	1/16	-2-RA-1	27,7 (1,09)	0,12 (3,0)	9/16	447 (6 500)	220 (3200)	861 (12 500)	606 (8800)	516 (7500)
1/4	1/8	-4-RA-2	32,0 (1,26)	0,19 (4,8)	3/4	454 (6 600)	227 (3300)	875 (12 700)	613 (8900)	523 (7600)
3/8	1/8	-6-RA-2	33,8 (1,33)	0,19 (4,8)	7/8	365 (5 300)	179 (2600)	702 (10 200)	489 (7100)	420 (6100)
	1/4	-6-RA-4	38,1 (1,50)	0,28 (7,1)		365 (5 300)	179 (2600)	702 (10 200)	489 (7100)	420 (6100)
	1/8	-8-RA-2	40,1 (1,58)	0,19 (4,8)		337 (4 900)	165 (2400)	647 (9 400)	454 (6600)	392 (5700)
1/2	1/4	-8-RA-4	44,7 (1,76)	0,28 (7,1)	1 1/16	337 (4 900)	165 (2400)	647 (9 400)	454 (6600)	392 (5700)
	3/8	-8-RA-6	44,4 (1,75)	0,38 (9,6)		337 (4 900)	165 (2400)	647 (9 400)	454 (6600)	392 (5700)
3/4	1/4	-12-RA-4	47,0 (1,85)	0,28 (7,1)	1 5/16	316 (4 600)	158 (2300)	613 (8 900)	427 (6200)	365 (5300)
	3/8	-12-RA-6	46,2 (1,82)	0,38 (9,6)		316 (4 600)	158 (2300)	613 (8 900)	427 (6200)	365 (5300)
	1/2	-12-RA-8	51,3 (2,02)	0,47 (11,9)		316 (4 600)	158 (2300)	613 (8 900)	427 (6200)	365 (5300)
1	1/4	-16-RA-4	49,8 (1,96)	0,28 (7,1)	1 5/8	303 (4 400)	151 (2200)	585 (8 500)	406 (5900)	351 (5100)
	1/2	-16-RA-8	54,9 (2,16)	0,47 (11,9)		303 (4 400)	151 (2200)	585 (8 500)	406 (5900)	351 (5100)
	3/4	-16-RA-12	55,1 (2,17)	0,62 (15,7)		303 (4 400)	151 (2200)	585 (8 500)	406 (5900)	351 (5100)
NPT Macho de Pared Gruesa										
1/2	1/4	SS-8-RA-4-10K	46,0 (1,81)	5,8 (0,23)	1 1/2	689 (10 000)	—	—	—	—

Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralela (Swagelok)

Adaptadores



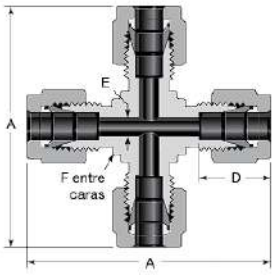
Rosca NPT Hembra a Macho ISO/BSP paralela (RS)

Tamaño NPT pulg.	Tamaño rosca ISO pulg.	Referencia básica	Dimensiones mm (pulg.) A	B	C	E	F	Presión de servicio bar (psig) Acero inox. 316 y Acero al carbono	Latón	Aleación 2507, Aleación 625	6-Moly	Aleación 825
1/8	1/8	-2-A-2RS	25,1 (0,99)	8,1 (0,32)	13,7 (0,54)	4,1 (0,16)	9/16	400 (5800)	200 (2900)	400 (5800)	400 (5800)	400 (5800)
1/4	1/4	-4-A-4RS	33,5 (1,32)	11,9 (0,47)	17,8 (0,70)	5,8 (0,23)	3/4	400 (5800)	200 (2900)	400 (5800)	400 (5800)	400 (5800)
3/8	3/8	-6-A-6RS	35,8 (1,41)	11,9 (0,47)	21,8 (0,86)	7,9 (0,31)	7/8	400 (5800)	200 (2900)	400 (5800)	400 (5800)	400 (5800)
1/2	1/2	-8-A-8RS	44,2 (1,74)	14,0 (0,55)	25,9 (1,02)	11,9 (0,47)	1 1/16	324 (4700)	162 (2350)	324 (4700)	324 (4700)	324 (4700)
3/4	3/4	-12-A-12RS	48,0 (1,89)	16,0 (0,63)	31,8 (1,25)	15,7 (0,62)	1 5/16	250 (3620)	125 (1810)	250 (3620)	250 (3620)	250 (3620)
1	1	-16-A-16RS	53,3 (2,10)	18,0 (0,71)	38,9 (1,53)	19,8 (0,78)	1 5/8	250 (3620)	125 (1810)	250 (3620)	250 (3620)	250 (3620)

Cruz ½ in tubing (Swagelok)

Cruz

Unión



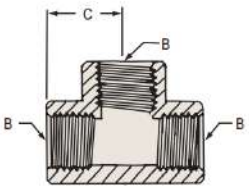
Ø Ext. Tubo	Referencia Básica	Dimensiones			
		A	D	E	F, pulg.
Dimensiones, pulg.					
1/8	-200-4	1,76	0,50	0,09	3/8
1/4	-400-4	2,12	0,60	0,19	1/2
5/16	-500-4	2,34	0,64	0,25	5/8
3/8	-600-4	2,40	0,66	0,28	5/8
1/2	-810-4	2,84	0,90	0,41	13/16
3/4	-1210-4	3,14	0,96	0,62	1 1/16
1	-1610-4	3,86	1,23	0,88	1 3/8
Dimensiones, mm					
3	-3M0-4	44,7	12,9	2,4	3/8
6	-6M0-4	53,9	15,3	4,8	1/2
8	-8M0-4	59,7	16,2	6,4	5/8
10	-10M0-4	67,0	17,2	7,9	13/16
12	-12M0-4	72,0	22,8	9,5	13/16
16	-16M0-4	74,0	24,4	12,7	15/16
18	-18M0-4	76,6	24,4	15,1	1 1/16
20	-20M0-4	89,3	26,0	15,9	1 3/8
22	-22M0-4	89,4	26,0	18,3	5/8
25	-25M0-4	98,3	31,3	21,8	1 3/8

Te ½ in hembra NPT (Dixon)

Brass Pipe Fittings

322-Series





Female Pipe Tee-Extruded NPTF-Dryseal Ref. SAE 130438

Part #	NPTF Thread B	C	Std. Pkg.	Lbs. per 100 pcs.
3220202C	1/8"-27	.55"	25	7.9
3220404C	1/4"-18	.78"	25	16.4
3220606C	3/8"-18	.84"	25	20.0
3220808C	1/2"-14	1.09"	25	45.0
3221212C	3/4"-14	1.16"	10	66.5

Neplo ½ in macho NPT x 10 cm // Tapón ½ in hembra NPT (Plastigama)



Neplo 10 Cm



plg
½"
¾"
1"
1¼"
1½"
2"

Tapón Hembra



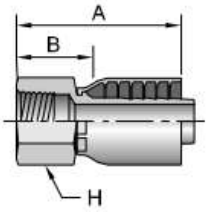
plg
½"
¾"
1"

Condiciones de servicio

Temp. °C	Tiempo de servicio continuo (años)	PRESION NOMINAL 1 MPa Presión permisible de trabajo o servicio	
		MPa	lb/pulg2
20	50	1.0	145.0
40	25	0.70	101.5
	50	0.65	94.3
60	25	0.35	50.8
	50	0.30	43.5
80	10	0.20	29.0
	20	0.15	21.8

Condiciones tomadas de la Tabla 2 "Relaciones entre la presión nominal y la presión de servicio en función de la temperatura y el tiempo de servicio continuo" NTE INEN 2955.

Conector rígido ¼ in hembra NPTF x ¼ in manguera hidráulica // Conector rígido ½ in hembra NTPF x ½ in manguera hidráulica (Parker)



10243

Female NPTF Pipe - Rigid

# Part Number	Thread inch	Hose I.D. inch	A inch	A mm	H inch	B inch	B mm
10243-2-4	1/8x27	1/4	1.68	43	5/8	0.93	24
10243-4-4	1/4x18	1/4	1.78	45	11/16	1.03	26
10243-4-6	1/4x18	3/8	2.05	52	3/4	1.02	26
10243-6-4	3/8x18	1/4	2.05	52	7/8	1.30	33
10243-6-6	3/8x18	3/8	2.32	59	7/8	1.29	33
10243-8-6	1/2x14	3/8	2.40	61	1-1/8	1.37	35
10243-8-8	1/2x14	1/2	2.62	67	1-1/8	1.36	35
10243-12-12	3/4x14	3/4	2.72	69	1-1/4	1.28	33

Conector giratorio ½ in macho NPTF x ½ in manguera hidráulica (Parker)

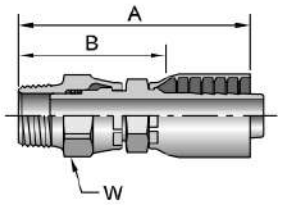
11343

Male NPTF Pipe - Swivel

# Part Number	Thread inch	Hose I.D. inch	A inch	A mm	W inch	B inch	B mm
11343-2-4	1/8x27	1/4	2.94	75	5/8	2.19	56
11343-4-4	1/4x18	1/4	2.68	68	5/8	1.93	49
11343-4-6	1/4x18	3/8	3.01	76	5/8	1.98	50
11343-6-4	3/8x18	1/4	2.81	71	3/4	2.06	52
11343-6-6	3/8x18	3/8	3.08	78	3/4	2.05	52
11343-6-8	3/8x18	1/2	3.30	84	3/4	2.04	52
11343-8-6	1/2x14	3/8	3.30	84	7/8	2.27	58
11343-8-8	1/2x14	1/2	3.52	89	7/8	2.26	57
11343-12-12	3/4x14	3/4	3.93	100	1-1/4	2.49	63
11343-16-16	1x11-1/2	1	4.52	115	1-1/2	2.90	74

O-Ring not compatible with Phosphate Ester fluids.

Fitting allows minor movement under pressure to relieve stress on hose but is not to be used on continuous or extensive swiveling.



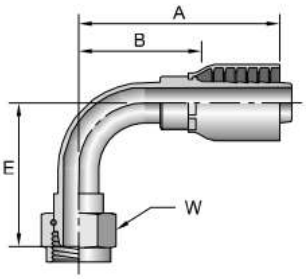
Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica (Parker)

1B243

Female BSP Parallel Pipe - Swivel - 90° Elbow - (60° Cone)
ISO 12151-6

# Part Number	Thread inch	Hose I.D. inch	A inch	A mm	E inch	E mm	W mm	B inch	B mm
1B243-2-4	1/8x28	1/4	1.97	50	1.10	28	14	1.02	26
1B243-4-4	1/4x19	1/4	1.83	46	1.12	28	19	1.08	27
1B243-6-6	3/8x19	3/8	2.32	59	1.46	37	22	1.32	34
1B243-8-8	1/2x14	1/2	2.95	75	1.57	40	27	1.57	40
1B243-10-8	5/8x14	1/2	2.91	74	1.57	40	30	1.54	39
1B243-10-10	5/8x14	5/8	3.13	80	1.57	40	30	1.72	44
1B243-12-10	3/4x14	5/8	3.62	92	2.32	59	32	2.05	52
1B243-12-12	3/4x14	3/4	3.58	91	2.32	59	32	2.00	51
1B243-16-16	1x11	1	4.33	110	2.48	63	41	2.56	65
1B243-20-20	1-1/4x11	1-1/4	4.72	120	2.99	76	50	2.87	73

Metric S: Mates with EO "S" Series Fittings.
When measuring overall length to the end of the nut, B+C dimensions must be used to calculate cut-off allowance.

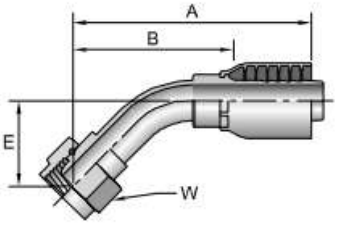


Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica (Parker)

1B143

Female BSP Parallel Pipe - Swivel - 45° Elbow - (60° Cone)
ISO 12151-6

# Part Number	Thread inch	Hose I.D. inch	A inch	A mm	E inch	E mm	W mm	B inch	B mm
1B143-4-4	1/4x19	1/4	2.26	57	0.61	15	19	1.51	38
1B143-6-6	3/8x19	3/8	2.61	66	0.67	17	22	1.59	40
1B143-8-8	1/2x14	1/2	3.10	78	0.79	20	27	1.85	46
1B143-10-10	5/8x14	5/8	3.53	89	0.91	23	30	2.08	52
1B143-12-10	3/4x14	5/8	3.47	88	0.87	22	32	2.02	51
1B143-12-12	3/4x14	3/4	3.77	95	0.98	24	32	2.34	59
1B143-16-16	1x11	1	4.72	119	1.22	30	41	3.10	78



Anexo E. Acoplamientos automáticos hidráulicos y neumáticos.

Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT de la serie 1727 (Parker)

Series 1727 - Latón / Acero

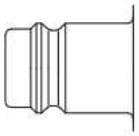
Diámetro nominal
10 = 80 mm²



energy saver

Enchufe automático industrial premium de 1/2" con perfil europeo estándar. Adecuado para aplicaciones de aire comprimido con un consumo de aire superior a la media. Valores de flujo superiores a la media en comparación con los productos estándar del mercado. Sistema de acoplamiento con manejo con una sola mano. Válvula de caudal ultra alto para un flujo óptimo y una baja caída de presión. Manguito de plástico de 2 componentes extremadamente robusto y de forma ergonómica.

- Disponible a petición:
  - con conexiones finales adicionales
  - otras juntas para diferentes rangos de temperatura y fluidos



Perfil de Euro

Protecciones contra el polvo (P. 357)
para acoplar la pieza-No. SK27S
para enchufe la pieza-No. SK16S

KA Simple obturación

Presión de trabajo*:
hasta 35 bar

Material:
- **Enchufe:** Latón niquelado, acero tratado con QPQ, PA6+TPE
- **Acoplador:** Acero niquelado
- **Junta:** NBR

Temperatura de trabajo:
-20°C hasta +40°C (NBR)

Caudal de aire:
3.500 l/min.
presión de entrada 6 bar, caída de presión 0,5 bar

Caudal de agua:
51 l/min.
caída de presión de 0,5 bar

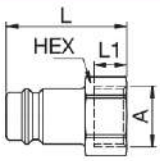
* máxima presión estática de trabajo con un factor de diseño de 4 a 1.

02 // Enchufes automáticos

27SFIW Acoplador sin válvula, rosca hembra

Acero niquelado





A			HEX	L	L1
G1/4	27SFIW13SXN		17	33	9
G3/8	27SFIW17SXN	9086 27 17	19	33	9
G1/2	27SFIW21SXN	9086 27 21	24	37	12
G3/4	27SFIW26SXN	9086 27 27	32	42	16

Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT de la serie 24 (Parker)

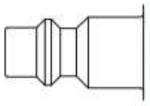
Serie 24 - Latón / Acero

Diámetro nominal
5,5 = 25 mm²



Enchufe automático de latón industrial de 1/4" según ISO 6150 B y US MIL-SPEC 4109. Sistema de enchufe automático con operación a una sola mano, que se destaca por su diseño de latón macizo y su correspondiente diseño de manguito. El enchufe de acero endurecido contrarresta las vibraciones y los efectos de las fuerzas externas.

- Disponible a petición:
  - con conexiones finales adicionales
  - otras juntas para diferentes rangos de temperatura y fluidos



Perfil ISO 6150 B

02 // Enchufes automáticos

KA Simple obturación

Presión de trabajo*:
hasta 35 bar

Material:
- **Enchufe:** Latón
- **Acoplador:** Acero niquelado o de latón
- **Junta:** NBR

Temperatura de trabajo:
-20°C hasta +100°C (NBR)

Caudal de aire:
820 l/min.
presión de entrada 6 bar, caída de presión 0,5 bar

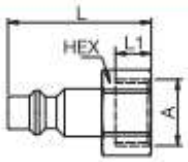
Caudal de agua:
7,4 l/min.
caída de presión de 0,5 bar

* máxima presión estática de trabajo con un factor de diseño de 4 a 1.

23SFIW Acoplador sin válvula, rosca hembra

Acero niquelado





A			HEX	L	L1
G1/8	23SFIW10SXN	9086 23 10	14	36	9
G1/4	23SFIW13SXN	9086 23 13	17	36	9
G3/8	23SFIW17SXN	9086 23 17	19	36	9
G1/2	23SFIW21SXN	9086 23 21	24	39	12

Acople neumático ¼ in hembra NPT de la serie 115 (CEJN)

Serie 115 – *100 MPa*

- *Diseño compacto*
- *Diseño de junta único*
- *Sin fugas en la conexión y desconexión*
- *Incluyen tapones anti-polvo*
- *Disponible espiga con válvula de cierre automático*
- *Disponible acoplamiento con seguridad adicional para equipos de rescate*



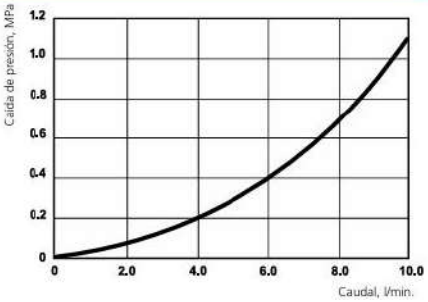
La serie 115 está disponible en las versiones estándar y Cara-Plana. Se trata en ambos casos de un diseño original CEJN, de reducidas dimensiones exteriores. Las operaciones de conexión y desconexión en la gama CEJN de alta presión carecen de fugas. Todas las piezas exteriores están fabricadas en acero cincado y, a fin de evitar desconexiones involutarias, disponemos también de acomplamientos con casquillo de cierre de seguridad. El acoplamiento y la espiga incorporan de forma estándar tapones anti-polvo de plástico (el tapón anti-polvo de aluminio puede solicitarse por separado). La gama también incluye un modelo de espiga con válvula especial de seguridad incorporada que se cierra en caso de rotura de la manguera. De este modo se evita el vaciado de aceite del sistema, lo que podría acarrear serias consecuencias tanto para la producción como para el medio ambiente.

DATOS TÉCNICOS

Diámetro nominal de paso ..... 2.5 mm
Caudal ..... 6.0 l/min
Presión máx de trabajo ..... 100.0 MPa (1000 bar)
Presión de rotura mín ..... 260.0 MPa (2600 bar)
Rango de temperatura ..... -30°C – +100°C
Material del acoplamiento ..... Acero endurecido cincado
Material de la espiga ..... Acero endurecido cincado
Material de la junta ..... Nitrilo (NBR), otros tipos de junta bajo pedido

Capacidad de caudal medida con una caída de presión de 0.4 Mpa

CAUDAL DE ACEITE



Más información sobre Tapones en la página 41

http://www.cejn.com/Products/High-Pressure-Hydraulics/Couplings--Nipples/Series-115-100-MPa/

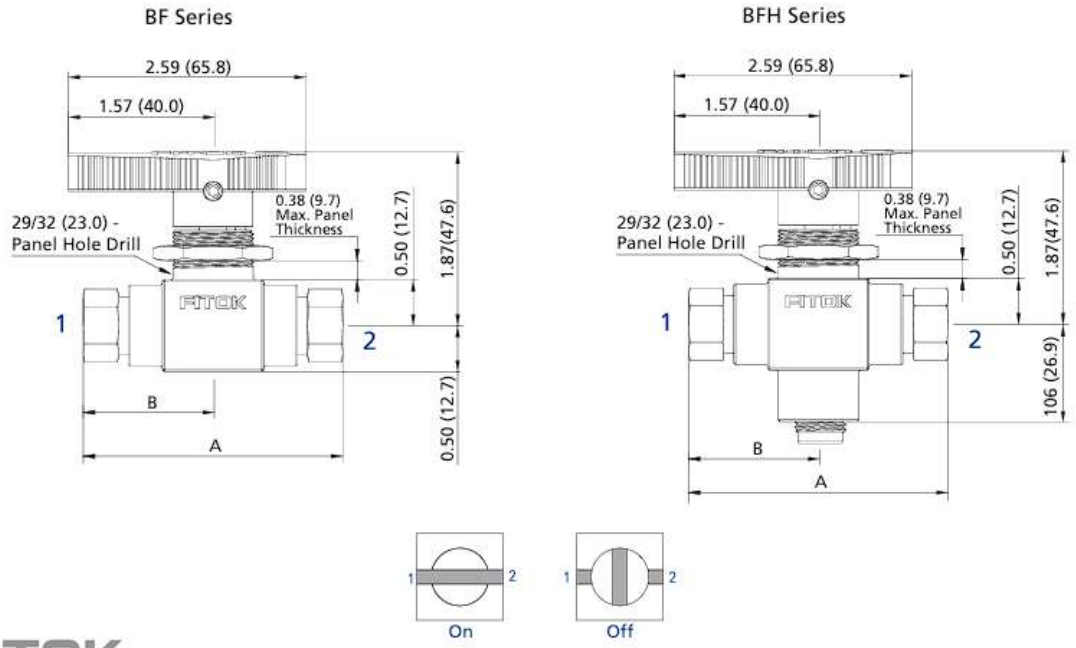
		Referencia	Observación	Conexión	Longitud	Diámetro	Hexágono	Par de apriete recomendado (Nm)	Tipo de junta recomendada
ACOPLAMIENTOS	Rosca Hembra	101151102	-	Rc 1/4"	59.3	28	24	50-60	-
		101151104	-	Rc 3/8"	60.8	28	24	70-80	-
		101151201	-	G 1/8"	53.8	28	24	40-50	T1*
		101151202	-	G 1/4"	63.3	28	24	40-50	CMS*
		101151204	-	G 3/8"	63.3	28	24	70-80	T3*
		101151401	-	1/8" NPT	53.8	28	24	40-50	-
		101151402	-	1/4" NPT	58.3	28	24	50-60	-
		101151404	-	3/8" NPT	60.3	28	24	70-80	-
	Rosca Macho	101151252	-	G 1/4"	61.3	28	24	40-50	T2*
		101151254	-	G 3/8"	60.8	28	24	70-80	T3*
		101151452	-	1/4" NPT	61.8	28	24	50-60	-
		101151454	-	3/8" NPT	62.3	28	24	70-80	-
ACOPLAMIENTOS CON CIERRE DE SEGURIDAD	Rosca Hembra	101151222	-	G 1/4"	61.3	28	24	40-50	CMS*
		101151422	-	1/4" NPT	58.3	28	24	50-60	-
ESPIGAS	Rosca Hembra	101156102	-	Rc 1/4"	36.7	25.4	22	30-40	-
		101156104	-	Rc 3/8"	38	27.7	24	40-50	-
		101156201	-	G 1/8"	33.3	19.6	17	40-50	T1*
		101156202	-	G 1/4"	38	25.4	22	40-50	CMS*
		101156204	-	G 3/8"	39.5	27.7	24	70-80	T3*
		101156401	-	1/8" NPT	33.3	19.6	17	20-25	-
		101156402	-	1/4" NPT	35.7	25.4	22	30-40	-
		101156404	-	3/8" NPT	37	27.7	24	40-50	-
	Rosca Macho	101156152	-	R 1/4"	62.5	25.4	22	50-60	-
		101156154	-	R 3/8"	63	25.4	22	70-80	-
		101156212	-	G 1/4"	50.3	25.4	22	40-50	T2*
		101156254	-	G 3/8"	62	25.4	22	70-80	-
		101156451	-	1/8" NPT	50.8	19.6	17	40-50	-
		101156452	-	1/4" NPT	61.5	25.4	22	50-60	
		101156454	-	3/8" NPT	62.1	25.4	22	70-80	-
		101156272	Válvula de seguridad que cierra a los 13 l/min (2.9 GMP uk)	G 1/4"	52	25.4	22	40-50	T2*
ADAPTADORES	Giratorio	199501650	Adaptador Giratorio	G 1/4"	44	50.5	22	40-50	CMS*

*CMS= Junta metal Cejn cono 120º (Cejn metal seal), T1= Junta metal-buna (19 950 0061), T2= Junta metal-buna (19 950 0062), T3= Junta metal-buna (19 950 0064), T4= Junta metal-buna altamente resistente (19 950 0083), W= Junta de cobre (09 950 4600). Roscas especificadas según norma ISO. Medidas en mm. Consulte disponibilidad y precios con un distribuidor autorizado de CEJN. Consulte nuestra página web www.cejn.es sobre consejos de mantenimiento.

Anexo F. Válvulas de bola de 2 vías FITOK de 1500 psi (103 bar) de la marca FITOK.

Dimensions

2-way Valves



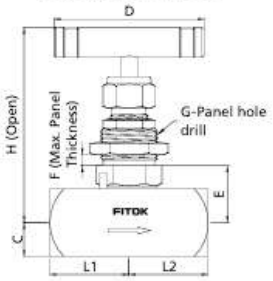
FITOK

Basic Ordering Number		Connection Type and Size	Orifice in. (mm)	Cv	Dimensions, in. (mm)	
BF Series	BFH Series	Connection 1/2			A	B
BF□□-FNS2	BFH□□-FNS2-P	1/8 Female NPT	0.19 (4.8)	1.2	2.94 (74.7)	1.47 (37.3)
BF□□-FNS4	———	1/4 Female NPT		1.0		
———	BFH□□-FNS4-P				3.93 (99.8)	1.97 (50.0)
BF□□-FNS8	———	1/2 Female NPT		1.2	4.25 (108.0)	2.13 (54.1)
BF□□-FL4	BFH□□-FL4-P	1/4" FITOK		1.6	4.14 (105.2)	2.07 (52.6)
BF□□-FL6	BFH□□-FL6-P	3/8" FITOK		1.4	4.39 (111.5)	2.19 (55.6)
BF□□-FL8	BFH□□-FL8-P	1/2" FITOK		1.0	4.60 (116.8)	2.30 (58.4)
BF□□-ML6	BFH□□-ML6-P	6 mm FITOK		1.6	4.14 (105.2)	2.07 (52.6)
BF□□-ML8	BFH□□-ML8-P	8 mm FITOK		1.5	4.15 (105.4)	
BF□□-ML10	BFH□□-ML10-P	10 mm FITOK		1.3	4.41 (112.0)	2.20 (55.9)
BF□□-ML12	BFH□□-ML12-P	12 mm FITOK		1.0	4.60 (116.8)	2.30 (58.4)

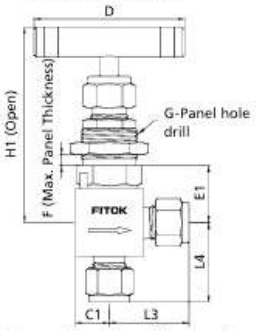
Anexo G. Válvulas de aguja FITOK para 6000 psi (414 bar).

Dimensions

Straight Pattern



Angle Pattern



NB Series Needle Valves are standard without panel mounting. To order needle valves with panel mounting as illustrated, add -Y to the ordering number. Example: NBSS-FNS2-7-Y

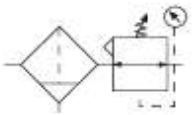
Dimensions of NB Series

Basic Ordering Number	Connection Type and Size	Connection Pressure at 100°F (38°C) psig (bar)	Orifice in.(mm)	Cv	Dimensions, in.(mm)												
	Inlet/Outlet	316 SS			L1	L2	L3	L4	C	C1	D	E	E1	F	G	H	H1
NB□□-FNS2-7	1/8 Female NPT	6000 (414)	0.16 (4.0)	0.35	1.00 (25.4)	1.00 (25.4)	1.00 (25.4)	0.56 (14.3)	0.50 (12.7)	0.50 (12.7)	2.17 (55)	0.84 (21.4)	0.82 (20.9)	0.25 (6.4)	0.77 (19.6)	2.86 (72.7)	2.86 (72.7)
NB□□-FNS4-7	1/4 Female NPT				1.06 (26.9)	1.06 (26.9)											
NB□□-NS4-7	1/4 Male NPT				1.03 (26.2)	1.03 (26.2)	1.06 (26.9)	1.06 (26.9)									
NB□□-NS6-7	3/8 Male NPT				1.19 (30.2)	1.19 (30.2)											
NB□□-FL4-7	1/4" FITOK				1.20 (30.5)	1.20 (30.5)	1.20 (30.5)	1.20 (30.5)									
NB□□-ML6-7	6 mm FITOK																
NB□□-ML8-7	8 mm FITOK																
NB□□-FNS4-8	1/4 Female NPT		0.25 (6.4)	0.85	1.12 (28.6)	1.12 (28.6)	1.12 (28.6)	0.63 (15.9)	0.56 (14.3)	0.56 (14.3)	2.50 (63.5)	0.89 (22.5)	0.89 (22.5)	0.38 (9.7)	0.96 (24.4)	3.50 (88.9)	3.50 (88.9)
NB□□-FNS6-8	3/8 Female NPT																
NB□□-NS6-8	3/8 Male NPT							1.12 (28.6)									
NB□□-FL6-8	3/8" FITOK				1.41 (35.8)	1.41 (35.8)	1.32 (33.6)	1.32 (33.6)									
NB□□-FL8-8	1/2" FITOK				1.52 (38.6)	1.52 (38.6)	1.42 (36.1)	1.42 (36.1)									

FITOK

Anexo H. Especificaciones del Filtro / Regulador Wilkerson de la serie B18.

Filter / Regulator B18



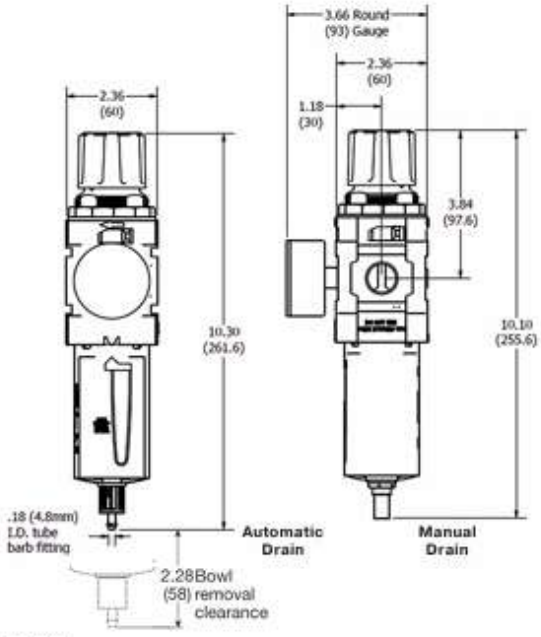


Features

- 5 Micron Filtration
- Balanced Valve Design
- Spring Loaded Diaphragm
- 1/2" NPT / BSPP-G Over-Ported
- Quick-Disconnect Bowl / Bowl Guard
- Light Weight
- High Flow Capacities

⚠ WARNING

Product rupture can cause serious injury.
Do not connect regulator to bottled gas.
Do not exceed maximum primary pressure rating.



Inches (mm)

Specifications

Flow Capacity*	1/4	166 SCFM (78 dm^3/s, ANR)
	3/8, 1/2	178 SCFM (84 dm^3/s, ANR)
Adjusting Range Pressure		0 to 30 PSIG (0 to 2 bar) 0 to 60 PSIG (0 to 4 bar) 0 to 125 PSIG (0 to 8 bar) 0 to 250 PSIG (0 to 17 bar)
Gauge Port (2)	NPT / BSPP-G	1/4
Maximum Supply Pressure	Plastic Bowl	150 PSIG (10.3 bar)
	Metal Bowl	250 PSIG (17.2 bar)
Operating Temperature	Plastic Bowl	-13° to 125°F (-25° to 52°C)
	Metal Bowl	-13° to 150°F (-25° to 65.5°C)
Port Size	NPT / BSPP-G	1/4, 3/8, 1/2
Bowl Capacity		1.72 oz
Standard Filtration		5 Micron
Weight		1.37 lb. (0.62 kg)

* Inlet pressure 145 psig (10 bar). Secondary pressure 80 psig (5.5 bar).

"F" Series Filters, Type "A" 5 micron elements: All Wilkerson Type "A" 5 micron elements **meet or exceed ISO** Class 3 for maximum particle size and concentration of solid contaminants.

Air quality: Within ISO 8573-1: 1991 Class 3 (Particulates)
Within ISO 8573-1: 2001 Class 6 (Particulates)

Materials of Construction

Adjustment Knob		Acetal
Body		Aluminum
Body Cap		ABS
Bowl	Plastic Bowl	Polycarbonate
	Metal Bowl	Aluminum
Bowl Guard		Nylon
Diaphragm Assembly		Nitrile / Stainless Steel
Element Retainer / Baffle		Acetal
Filter Element		Sintered Polyethylene
Panel Nut		Acetal
Seals	Plastic Bowl	Nitrile
	Metal Bowl	Nitrile
Sight Gauge	Metal Bowl	Polyamide (Nylon)
Springs	Main Regulating / Valve	Steel / S.S.
Valve Assembly		Acetal / Nitrile

CAUTION:

REGULATOR PRESSURE ADJUSTMENT – The working range of knob adjustment is designed to permit outlet pressures within their full range. Pressure adjustment beyond this range is also possible because the knob is not a limiting device. This is a common characteristic of most industrial regulators, and limiting devices may be obtained only by special design.

For best performance, regulated pressure should always be set by increasing the pressure up to the desired setting.

Anexo I. Codificación de los filtros / reguladores Wilkerson.

Filter / Regulator Numbering System

= "Most Popular"

Unit Function	Family		Thread Type	Pipe Size		Filter / Regulator Combo	Bowls / Drains	Options	Options	Level
B	1	8	- 0	3	-	F	K	G	0	B

Unit Function

B	Filter / Regulator Combination

Family

08	Miniature
18	Compact
28	Standard

Thread Type

0	NPT
C	BSPP [1]

Code	Pipe Size	Series 08	Series 18	Series 28
2	1/4"	X	X	
3	3/8"		X	X
4	1/2"		X	X
6	3/4"			X

Options

0	None
G	Round Pressure Gauge (18, 28) Square Pressure Gauge (08) [3]

Options

0	None

Code	Series
B	08, 18, 28

Drains	Bowls: Plastic w / Guard	Bowls: Metal w/ No Sight Gauge	Bowls: Metal w/ Sight Gauge [2]
1/8 NPT Female (28 Only)	E	U	F
Automatic Drain (18, 28 Only)	G	A	H
Manual Drain (Sight gauge on 18, 28 Only)	K	M	L
Piston Drain (08 Only)	R	S	—

Diaphragm Function	Fluorocarbon (28 Series Only)	Spring Range: 0 to 30 PSIG (0 to 2 bar)	0 to 60 PSIG (0 to 4 bar)	0 to 125 PSIG (0 to 8 bar)	0 to 250 PSIG [4] (0 to 17 bar)
Relieving	No	C	D	F	G
	Yes	J	K	L	M
Non-relieving	No	P	W	R	S
	Yes	V	X	Y	Z

1 ISO, R228 (G Series)
2 B08 Filter / Regulator has an all metal bowl (no sight gauge)
3 Square gauge included with B08
4 B08 series operating range 0 to 232 PSIG (1 to 16 bar)

NOTE: When selecting from the options columns, please enter letters in alphabetical order, for positions 7, 8, 9. For example:

B 18-03-F K 0 0 B

"F" Series Filters, Type "A" 5 micron elements: All Wilkerson Type "A" 5 micron elements **meet or exceed ISO** Class 3 for maximum particle size and concentration of solid contaminants.

NOTE: All classes above refer to International Standards Organization (ISO) standard 8573-1, pertaining to maximum particle size and concentration of solid contaminants, and maximum oil content.

Anexo J. Manómetro Bourdon lleno de glicerina modelo DE WIT 291V – 295V.

Elemento: Bourdon de Acero Inoxidable 316
Conexión: Acero Inoxidable 316
Caja: Acero inoxidable 304

Manómetro Lleno de Glicerina

DE WIT

Modelo 291V y 295V



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Exactitud:	+/- 2% del total de la escala
Elemento:	Tubo bourdon de Acero Inoxidable 316
Conexión:	Acero Inoxidable 316 1/4" N.P.T. Inf. o Posterior
Mecanismo:	Acero Inoxidable 304
Caja y Bisel:	Acero Inoxidable 304
Ventana:	Acrílico
Carátula:	Aluminio fondo blanco, números negros/rojos
Aguja:	Aluminio esmaltado negro
Tamaños:	ø 63 mm (2 1/2")
Rangos:	Doble escala, kg/cm² + psi max. 700 kg/cm²

APLICACIONES

Manómetro lleno de glicerina con caja de acero inoxidable diseñado para ser instalado en ambientes donde existan agentes corrosivos, gran cantidad de polvo, vibración excesiva o la presión de la línea tenga severa pulsación o golpes de ariete causados por cambios bruscos de presión, como bombas, prensas, plantas cementeras, etc.

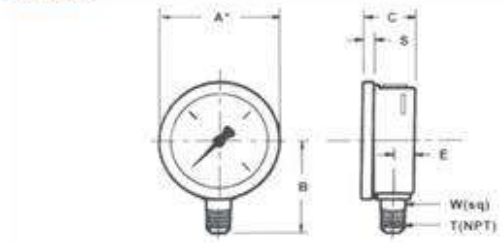
COMO ORDENAR

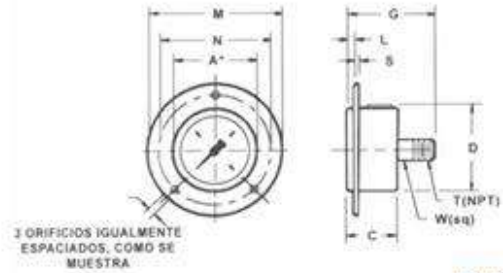
	Cantidad	Modelo	Tamaño (mm)	Rango	Conexión
Ejem.	30 pzas.	291V	63	70 kg/cm²	inf.1/4" N.P.T.

PRECAUCIÓN: No use manómetros llenos de glicerina en ninguna aplicación que incluya agentes altamente oxidantes, como cloro, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, etc., porque esta combinación puede causar una explosión.

Dimensiones en mm

Mod 291 V





Mod 295 V

MODELO	A	B	C	D	E	G	J	L	M	N	S	T
291/63	68	57	30	63	12	—	—	—	—	—	7	1/4"NPT
295/63	68	—	30	63	—	59	3	7	88	74	3	1/4"NPT

RANGOS ESTÁNDAR

PRESIÓN	
Kgf/cm²	Psi
0 - 1	0 - 15
0 - 2	0 - 30
0 - 4	0 - 60
0 - 7	0 - 100
0 - 11	0 - 150
0 - 14	0 - 200
0 - 21	0 - 300
0 - 28	0 - 400
0 - 42	0 - 600
0 - 70	0 - 1000
0 - 105	0 - 1500
0 - 140	0 - 2000
0 - 210	0 - 3000
0 - 280	0 - 4000
0 - 350	0 - 5000
0 - 560	0 - 8000
0 - 700	0 - 10000
VACIO	-76 CmHg-

Anexo K. Manguera multipropósito Parker 821.

GST® II

General Service Hose

Series 7031(R) (Green),
Series 7057 (Blue), Series 7092 (Red),
Series 7093 (Black), and Series 7096 (Yellow)



view on web page

GST® II hose is a versatile general purpose hose designed to handle air, mild chemicals and water. The hose construction incorporates a tube that is compatible with light oil mists found in air tool lubricating systems, and the multiple plies of textile reinforcement provide flexibility. The cover is resistant to abrasion, heat and ozone, and is available in multiple standard colors for color-coded identification.

NOTE: Do not use in welding hose and/or welding gas delivery applications.

Other cover colors available:

7031(R) (Green)
7057 (Blue)
7096 (Yellow)
7092 (Red)

Series 7093 (Black)

Crimp Specifications
For currently qualified crimp specifications including coupling designation, refer to CrimpSource at www.parker.com/crimpsource.

# Part Number	ID (in)	ID (mm)	Reinf Layers	OD (in)	OD (mm)	Approx Wt (lbs/ft)	Approx Wt (kg/m)	Min Bend Rad (in)	Min Bend Rad (mm)	Max WP (psi)	Max WP (bar)	Perm Cplg Rec *	Nom Std Pack Qty (ft)	Pkg Type
-19200	3/16	4.8	2	0.4	11.1	0.07	0.10	2	51	200	14	*	800	Reel
-25200	1/4	6.4	2	0.5	12.7	0.09	0.13	3	64	200	14	HY	800	Reel
-25250	1/4	6.4	2	0.5	12.9	0.10	0.15	3	76	250	17	HY	800	Reel
-25300	1/4	6.4	2	0.6	14.0	0.12	0.18	3	84	300	21	HY	800	Reel

Factory Assemblies: Air, Service Station Air, Jackhammer and Sledgehammer hose assemblies are available from stock in popular configurations and appear at the end of this section.

WARNING: The products described in this catalog can expose you to chemicals, including Lead, which is known to the State of California to cause cancer and birth defects or other reproductive harm. For more information go to www.p65warnings.ca.gov.

UNDER NO CIRCUMSTANCES IS THE GSTII FAMILY OF HOSES OR ANY OTHER EPDM HOSE TO BE USED IN A WELDING HOSE AND OR WELDING GAS DELIVERY APPLICATION UNLESS THE PARKER CATALOG, LITERATURE, AND PRODUCT MARKING EXPLICITLY STATES THAT THE PRODUCT IS APPROVED FOR WELDING HOSE FUEL GAS APPLICATIONS.

Tube: Black EPDM; ARPM Class C oil resistance
Reinforcement: Multiple textile plies
Cover: Black, blue, green, red, yellow EPDM; smooth finish
Temp. Range: -40°F to +212°F (-40°C to +100°C)
Brand Method: White ink on black, blue, green, red hose; black ink on yellow hose
Brand Example: PARKER (SERIES) GST® II (ID) XXX PSI MAX WP
Design Factor: 4:1

Industry Standards: None Applicable
Applications:
- Air (including oil mist), mild chemicals, water
- Agriculture, construction, general industrial

Vacuum: Not recommended
Compare to: Boston Bosflex A/W; ContiTech FrontierGeneral Purpose; Gates Adapta Flex; Thermoid Valuflex GS

(Continued on the following page)

Series 7031(R), Series 7057, Series 7092, Series 7093, and Series 7096 – GST® II General Service Air & Water Hose *(Continued)*

Series 7093 (Black) *(Continued)*

Part Number	ID (in)	ID (mm)	Reinf Layers	OD (in)	OD (mm)	Approx Wt (lbs/ft)	Approx Wt (kg/m)	Min Bend Rad (in)	Min Bend Rad (mm)	Max WP (psi)	Max WP (bar)	Perm Cplg Rec *	Nom Std Pack Qty (ft)	Pkg Type
-31200	5/16	7.9	2	0.6	15.1	0.12	0.18	3	84	200	14		750	Reel
-31300	5/16	7.9	2	0.6	15.9	0.14	0.21	4	89	300	21	HY	750	Reel
-38200	3/8	9.5	2	0.7	16.7	0.14	0.21	4	89	200	14	HY	700	Reel
-38300	3/8	9.5	2	0.7	17.5	0.16	0.24	4	102	300	21	HY	700	Reel
-50200	1/2	12.7	2	0.8	20.7	0.20	0.30	5	114	200	14	HY	550	Reel
-50250	1/2	12.7	2	0.8	21.4	0.22	0.33	5	114	250	17	HY	550	Reel
-50304	1/2	12.7	4	0.9	22.2	0.24	0.36	5	127	300	21	HY	500	Reel
-63200	5/8	15.9	2	1.0	24.6	0.24	0.36	6	140	200	14	HY	450	Reel
-63304	5/8	15.9	4	1.1	27.0	0.35	0.52	6	140	300	21	HY	450	Reel
-75200	3/4	19.1	2	1.1	28.2	0.32	0.48	6	152	200	14	HY	400	Reel
-7520050												HY	50	Carton
-75304	3/4	19.1	4	1.2	29.4	0.37	0.55	6	152	300	21	HY	400	Reel
-100200	1	25.4	2	1.4	35.7	0.47	0.70	7	178	200	14	HY	300	Reel
-100304	1	25.4	4	1.4	36.5	0.51	0.76	8	203	300	21	HY	300	Reel
-125204	1-1/4	31.8	4	1.8	45.2	0.77	1.15	9	229	200	14	HY	250	Reel
-150204	1-1/2	38.1	4	2.0	51.6	0.84	1.25	10	254	200	14	43	200	Reel
-200154	2	50.8	4	2.6	64.8	1.13	1.68	14	356	200	14	43	250	Reel

Factory Assemblies: Air, Service Station Air, Jackhammer and Sledgehammer hose assemblies are available from stock in popular configurations and appear at the end of this section.

UNDER NO CIRCUMSTANCES IS THE GSTII FAMILY OF HOSES OR ANY OTHER EPDM HOSE TO BE USED IN A WELDING HOSE AND OR WELDING GAS DELIVERY APPLICATION UNLESS THE PARKER CATALOG, LITERATURE, AND PRODUCT MARKING EXPLICITLY STATES THAT THE PRODUCT IS APPROVED FOR WELDING HOSE FUEL GAS APPLICATIONS.

Anexo L. Especificaciones y propiedades de planchas laminadas en caliente de DIPAC.

PLANCHAS
LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro



Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas			
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

Calidad Estructural

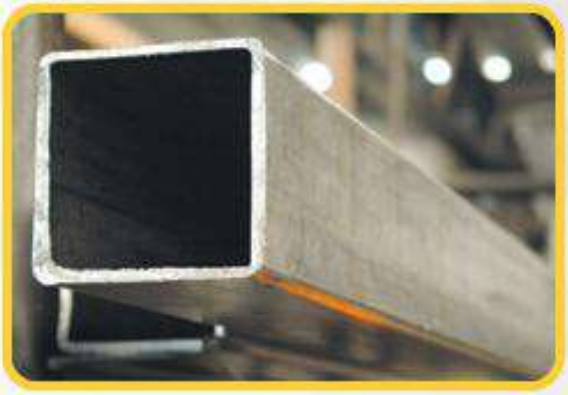
Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas				
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga-miento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		206 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

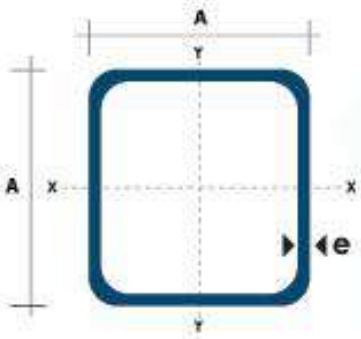
Anexo M. Especificaciones y dimensiones del tubo estructural cuadrado de DIPAC.

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

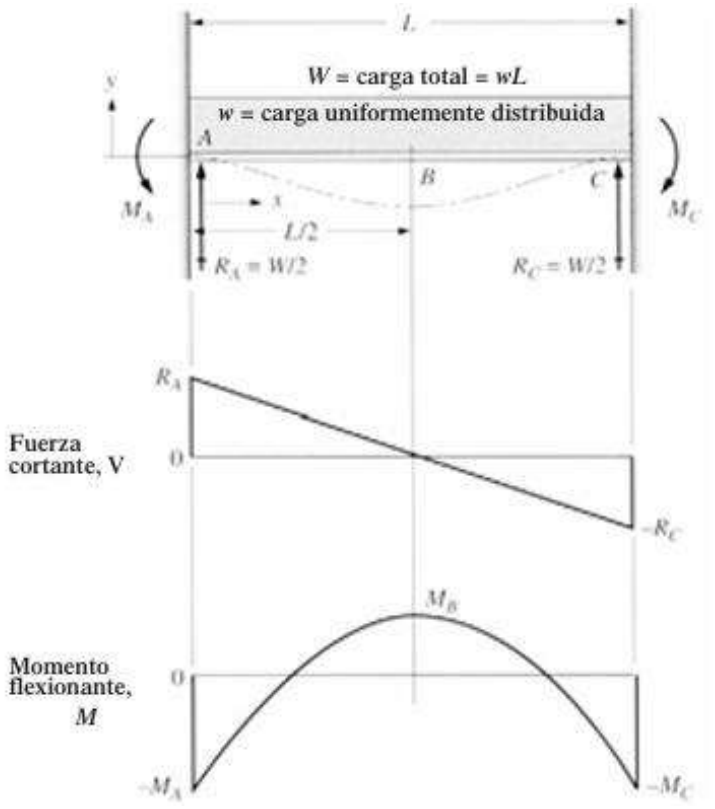
Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5.00mm





Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm2	I cm4	W cm3	i cm3
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Anexo N. Diagramas y ecuaciones para viga hiperestática.



Momentos

$$M_A = M_C = \frac{-WL}{12}$$

$$M_B = \frac{WL}{24}$$

Deflexiones

En el centro B:

$$y_B = y_{máx} = \frac{-WL^3}{384EI}$$

Entre A y C:

$$y = \frac{-wx^2}{24EI}(L - x)^2$$

Anexo O. Instrucciones de pruebas de presión de la norma API 53 para sistemas de BOP en la perforación de pozos.

- cilindros de operación de la BOP y conjuntos externos; y

- actuadores de válvulas hidráulicas, etc.

6.5.2.6 Cuadrillas de los Taladros

La competencia con la que equipos de perforación operan el equipo de control de pozo es tan importante como la condición de funcionamiento del equipo. Ver norma API 59 para más información sobre las cuadrillas de los taladros y las prácticas de control de pozo de los equipos de perforación.

6.5.2.7 Competencia del personal

El mantenimiento y pruebas serán realizadas o supervisadas por una persona (s) competente.

6.5.3 Criterios de prueba

6.5.3.1 Pruebas de Funcionamiento

6.5.3.1.1 A medida que las operaciones lo permiten, todos los componentes operacionales de los sistemas de equipos de la BOP serán puestos a prueba al menos una vez por semana para verificar el funcionamiento de cada componente. Las pruebas de funcionamiento pueden o no incluir pruebas de presión.

6.5.3.1.2 Las pruebas de presión califican como pruebas de funcionamiento.

6.5.3.1.3 Las pruebas de funcionamiento deben realizarse semanalmente, alternando desde el panel del perforador, paneles remotos o estaciones de control, donde se incluyen todas las funciones de la BOP (ver las hojas de trabajo de muestra en el anexo A).

6.5.3.1.4 Los paneles remotos donde todas las funciones de la BOP no están incluidos (por ejemplo, paneles de barco salvavidas), deben probarse en los ensayos iniciales de la BOP y después mensualmente.

6.5.3.1.5 Loa tiempos de accionamiento se registrarán en una base de datos para la evaluación de tendencias (ver hojas de trabajo de ejemplo en Anexo A).

6.5.3.1.6 Una prueba del funcionamiento del sistema de control de la BOP se realizará después de la desconexión o reparación, limitado al componente afectado.

6.5.3.2 Pruebas de presión

6.5.3.2.1 Todos los componentes de la BOP que pueden ser expuestos a la presión del pozo deberán probarse primero a una presión baja entre 250 psi a 350 psi (1,72 MPa a 2,41 MPa) y luego a una alta presión.

6.5.3.2.2 Al realizar la prueba de baja presión, no aplique una presión más alta y descargue hasta la presión de prueba baja. Una presión más alta puede iniciar un sello que puede continuar después de que la presión se reduzca, por lo tanto, mostrando una condición de baja presión errónea.

6.5.3.2.3 Una presión de prueba baja y alta estabilizada, se debe mantener durante al menos 5 minutos, sin fugas visible.

6.5.3.2.4 Las pruebas iniciales de presión son aquellas pruebas que se realizan en el lugar antes de que el equipo se ponga en servicio operacional.

6.5.3.2.5 La prueba inicial de alta presión en todos los componentes que pueden ser expuestos a la presión de pozo (por ejemplo, BOP, manifolds, líneas y válvulas, IBOP, válvulas de la Kelly y mangueras, etc.) se someterán a ensayo de acuerdo con la Tabla 2.

6.5.3.2.6 Puede haber casos en los que la BOP disponible y / o la cabeza del pozo tienen mayores presiones de trabajo de las que son necesarias para las condiciones de pozo específicas debido a la

Anexo P. Instrucciones de las pruebas de presión de ña norma API SPEC 16A para equipos de perforación.

7.5.7.4.2 Acceptance

For annular BOPs, the drift mandrel shall pass through the bore within 30 minutes after the pressure has been removed from a rated working pressure test with no external force being applied to the drift.

For ram BOPs, hydraulic connectors, drilling spools, and adapters, the drift mandrel shall pass through the bore with no external force being applied to the drift.

7.5.7.5 Pressure Test Equipment

A data acquisition system shall be used on all hydrostatic tests and on hydraulic control system tests. Pressure gauges used shall be as described in 7.2. The record shall identify the recording device, and shall be dated and signed.

7.5.7.6 Hydrostatic Proof Testing

7.5.7.6.1 General

All drill-through equipment shall be subjected to a hydrostatic proof test prior to shipment from the manufacturer's facility. Water, water with additives, or dielectric fluid shall be used as the testing fluid. Any additives shall be documented in the test records.

7.5.7.6.2 In-plant Hydrostatic Proof Test

Drill-through equipment shall be tested with its sealing mechanisms in the open position, if applicable.

The hydrostatic proof or shell test pressure shall be determined by the rated working pressure for the equipment. Hydrostatic proof test pressures shall be as shown in Table 39. For equipment with end or outlet connections having different working pressures, the lowest-rated working pressure shall be used to determine the hydrostatic proof test pressure.

Hydrostatic proof tests shall include the ring gasket areas on each end of the body.

Table 39—Hydrostatic Test Pressures

Rated Working Pressure		Hydrostatic Test Pressure	
MPa	(psi)	MPa	(psi)
6.9	(1,000)	10.34	(1,500)
13.79	(2,000)	20.68	(3,000)
20.68	(3,000)	31.02	(4,500)
34.45	(5,000)	51.72	(7,500)
68.95	(10,000)	103.4	(15,000)
103.4	(15,000)	155.1	(22,500)
137.9	(20,000)	206.8	(30,000)
172.4	(25,000)	258.8	(37,500)

7.5.7.6.3 Hydraulic Operating-chamber Test

The hydraulic operating system test shall be administered on each assembled blowout preventer and hydraulic connector. This includes any hydraulic locking chamber(s).

The hydraulic operating chamber shall be tested at a minimum test pressure equal to 1.5 times the operating chamber's rated working pressure.

7.5.7.6.4 Hydrostatic Proof and Hydraulic Operating Chamber Tests

The hydrostatic proof test and the hydraulic operating chamber test shall consist of three steps:

a) an initial pressure-holding period of not less than 3 minutes;

b) reduction of the pressure to zero;

c) a second pressure-holding period of not less than 15 minutes.

The timing of the test shall not start until the test pressure has been stabilized within the manufacturer's specified range and the external surfaces have been thoroughly dried.

The acceptance criterion shall be no visible leakage.

7.5.7.7 Closed-preventer Test

7.5.7.7.1 General

7.5.7.7.1.1 Test Conditions

Each ram and annular blowout preventer shall be subjected to a closed-preventer test after the hydrostatic proof test. The hydraulic operating system pressure used shall be equal to or less than the manufacturer's specified operating pressure. The test fluids used for all closed-preventer tests shall meet the requirements of 7.5.7.6.1.

The timing of all closed-preventer tests shall not start until the test pressure has stabilized.

Closed-preventer tests shall be performed at low and high pressures, with the low-pressure test always preceding the high-pressure test.

7.5.7.7.1.2 Low-pressure Test

A pressure of 1.4 MPa to 2.1 MPa (200 psi to 300 psi) shall be applied and held below the closed ram or annular packing unit for not less than 10 minutes after stabilization.

7.5.7.7.1.3 High-pressure Test

A pressure at least equal to the rated working pressure of the preventer shall be applied and held below the closed ram or annular packing unit for not less than 10 minutes after stabilization (see exception for annular packing units in 7.5.7.7.2).

7.5.7.7.1.4 Acceptance Criterion

There shall be no visible leakage.

7.5.7.7.2 Annular Packing Unit Tests

Annular packing units shall be tested in two stages.

The stage-one test shall require pressure testing on the appropriate size drill pipe in accordance with Table 40.

Table 40—Pipe Size Requirements

Bore Size		Pipe Diameter	
mm	(in)	mm	(in)
179 and 228	(7 1/16 and 9)	88.9	(3 1/2)
279 and larger	(11 and larger)	127.0	(5)

The stage-two test shall require pressure testing without a drill pipe in the preventer (i.e. on the open hole). The high-pressure test for this stage shall be as specified in 7.5.7.7.1.3, except at a minimum it

Anexo Q. Certificados de pruebas de presión a camisa de circulación de 6 y 18 minutos.

EquiPetrol	GESTIÓN COMPLETACIONES	
CERTIFICADO PRUEBAS PRESION HIDROSTATICA	Código:	EQE-CPS-FOR-015
	Versión:	1
	Pagina:	1 de 1

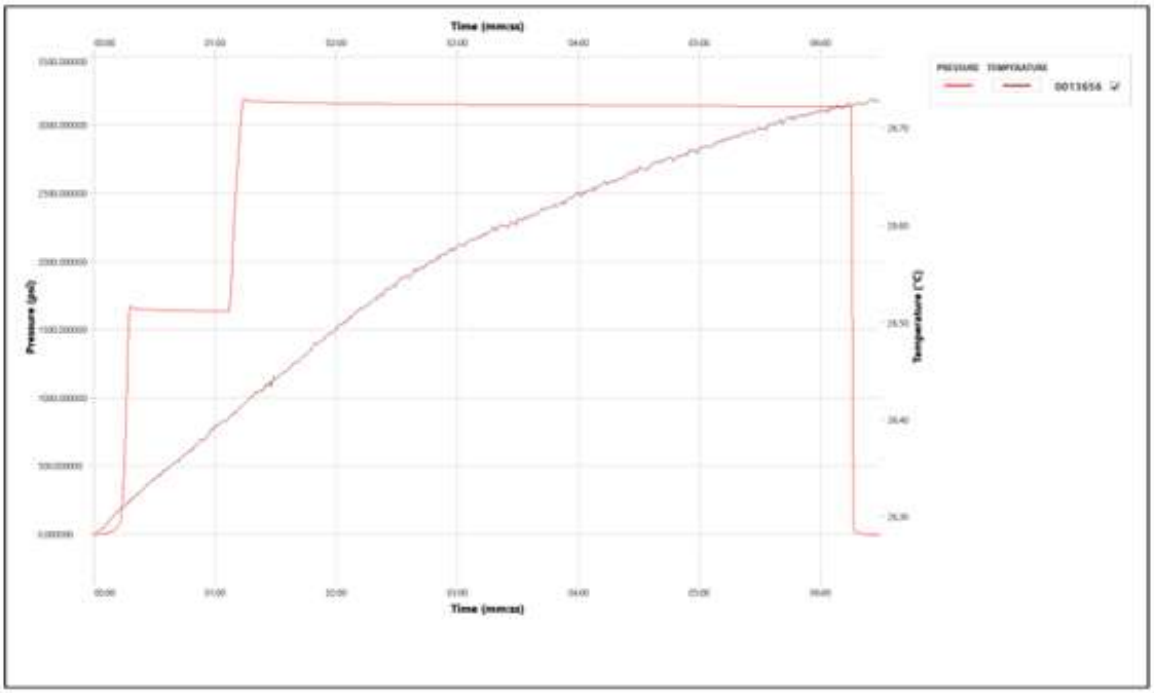
Test Object Identification

Test Object: PRUEBA DE PRESION CAMISA DE CIRCULACION 2-7/8" EUE BOX X PIN PERFIL 1.87" L

Customer:	EQUIPETROL	**Supervisor CPS:**	LUIS TOBAR
Customer representative:	INTERNO	**Part No:**	1875GL0348
Pozo:	BASE	**Serial No:**	#001

Certification Information

Used Cal. Device:	ESI-USB	Cal of ESI-USB:	06/11/2020 03:45:40
Serial No:	0013656	Test Date:	16/06/2025 16:10:56
Manufacturer:	ESI Technology Ltd	Test Engineer:	LUDWING CALVA



Test Engineer:	LUDWING CALVA	Signature:_____
Supervisor CPS:	LUIS TOBAR	Signature:_____
Customer representative:	INTERNO	Signature:_____

EquiPetrol	GESTIÓN COMPLETACIONES	
CERTIFICADO PRUEBAS PRESION HIDROSTATICA	Código:	EQE-CPS-FOR-007
	Versión:	1
	Pagina:	1 de 1

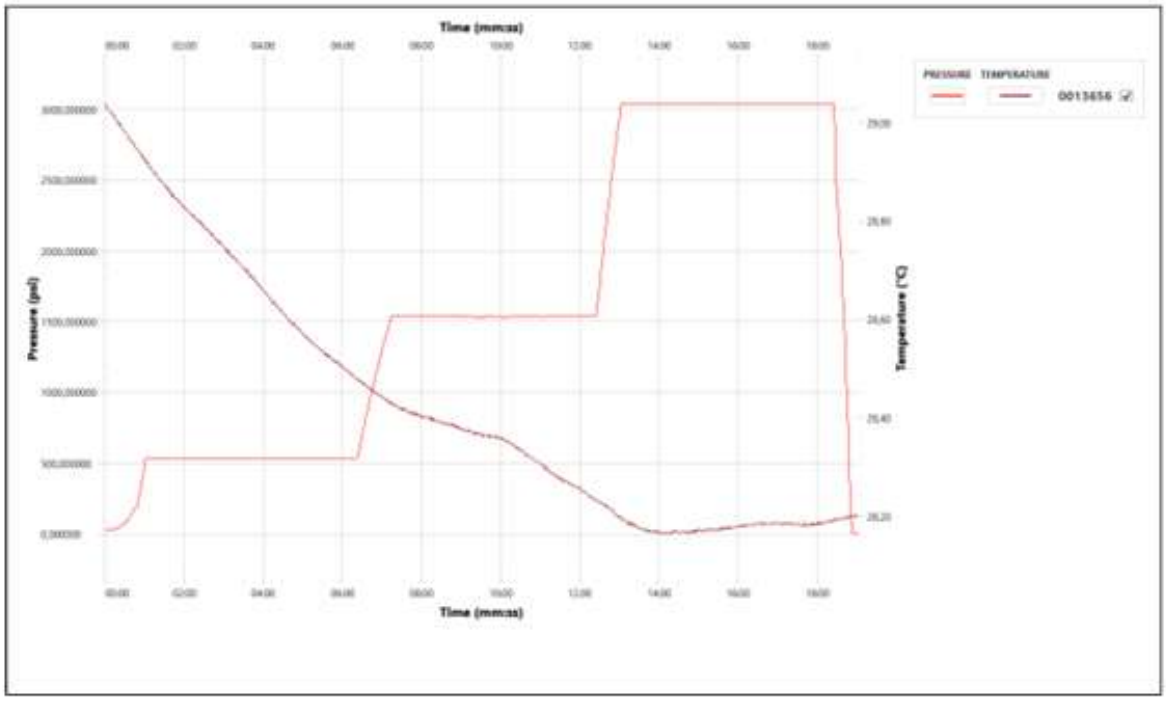
Test Object Identification

Test Object: PRUEBA DE PRESION CAMISA DE CIRCULACION 2-7/8" EUE BOX X PIN PERFIL 1.87" L

Customer:	EQUIPETROL	**Supervisor CPS:**	LUIS TOBAR
Customer representative:	INTERNO	**Part No:**	1875GL0348
Pozo:	BASE	**Serial No:**	#001

Certification Information

Used Cal. Device:	ESI-USB	Cal of ESI-USB:	06/11/2020 03:45:40
Serial No:	0013656	Test Date:	16/06/2025 16:22:56
Manufacturer:	ESI Technology Ltd	Test Engineer:	LUDWING CALVA



Test Engineer:	LUDWING CALVA	Signature:_____
Supervisor CPS:	LUIS TOBAR	Signature:_____
Customer representative:	INTERNO	Signature:_____

	1	2	3	4
30	2	Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	Swagelok (-810-7-4)	Adquirido
29	2	Acople neumático ¼ in hembra NPT	CEJN (101151402)	Adquirido
28	1	Tubing 3 (⌀=1/2 in; L=160,1 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
27	2	Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT	Swagelok (-810-8-8)	Adquirido
26	3	Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralela	Swagelok (-4-A-4RS)	Adquirido
25	1	Conector rígido ¼ in hembra NPTF x ¼ in manguera hidráulica	Parker (10243-4-4)	Adquirido
24	1	Manguera flexible 4 (⌀=1/4 in; L=344,62 mm)	Parker (-25200)	Adquirido
23	2	Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	Parker (1B243-4-4)	Adquirido
22	2	Manómetro Bourdon de 300 psi	DE WIT (295/63)	Adquirido
21	1	Te ½ in tubing	Swagelok (-810-3)	Adquirido
20	1	Tubing 2 (⌀=1/2 in; L=35,12 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
19	1	Te ½ in hembra NPT	Dixon (3220808C)	Adquirido
18	1	Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica	Parker (1B143-4-4)	Adquirido
17	1	Manguera flexible 3 (⌀=1/4 in; L=226,56 mm)	Parker (-25200)	Adquirido
16	1	Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	Swagelok (-8-RA-4)	Adquirido
15	1	Tubing 1 (⌀=1/2 in; L=37,26 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
14	2	Válvula de bola ½ in tubing para 1500 psig	FITOK (BFSS-FL8)	Adquirido
13	1	Manguera flexible 2 (⌀=1/2 in; L=422,30 mm)	Parker (-50250)	Adquirido
12	3	Conector rígido ½ in hembra NTPF x ½ in manguera hidráulica	Parker (10243-8-8)	Adquirido
11	1	Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT	Swagelok (-8-RSE-4)	Adquirido
10	3	Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT	Parker (27SFIW21SXN)	Adquirido
9	6	Mango hexagonal ½ macho NPT	Swagelok (-8-HN)	Adquirido
8	1	Bomba de diafragma	Yamada (NDP-15 BSC)	Adquirido
7	6	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M8X45	WASINORM (933-2-8X45)	Adquirido
6	4	Tuerca hexagonal M8	WASINORM (934-2-8)	Adquirido
5	6	Arandela de ajuste M8	WASINORM (988-2-8X14X1)	Adquirido
4	1	Conector giratorio ½ in macho NPTF x ½ in manguera hidráulica	Parker (11343-8-8)	Adquirido
3	1	Manguera flexible 1 (⌀=1/2 in; L=367,53 mm)	Parker (-25200)	Adquirido
2	1	Placa de instrumentación	DIPAC (PAI32BA8020)	Construido
1	1	Estructura	DIPAC (ECU252)	Construido
No. de orden	No. de pieza	Denominación	No. del modelo/semiproducto	Observaciones

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.

Tolerancia: N/A

Peso: N/A

Materiales: Varios

	Fecha	Nombre
Dib.	24/05/25	Castillo X.
Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.

Organización: Universidad Técnica de Ambato

Denominación: Lista de materiales

Escala: 1:1

Número de dibujo: 01/11

Registro

Sustitución

No. de orden	No. de pieza	Denominación	No. del modelo/semiproducto	Observaciones
53	1	Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO	Swagelok (-4-HN-4RT)	Adquirido
52	3	Codo ½ in macho NPT	Swagelok (-810-9)	Adquirido
50	1	Bomba de pistón	Hydrorex (10-5000W060)	Adquirido
51	1	Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT	Parker (23SFIW21SXN)	Adquirido
49	1	Neplo ½ in macho NPT x 10 cm	Plastigama (91000905)	Construido
48	1	Tapón ½ in hembra NPT	Plastigama (991000939)	Adquirido
47	1	Filtro/regulador	Wilkerson (B18-04-GKG0B)	Adquirido
46	1	Tubing 8 (⌀=1/2 in; L=656,2 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
45	2	Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT	Swagelok (-810-2-8)	Adquirido
44	1	Tubing 7 (⌀=1/2 in; L=373,7 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
43	2	Válvula de aguja ½ in tubing para 6000 psig	FITOK (NBSS-FL8-8)	Adquirido
42	3	Codo ½ in tubing	Swagelok (-810-9)	Adquirido
41	1	Tubing 6 (⌀=1/2 in; L=37,26 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
40	1	Cruz ½ in tubing	Swagelok (-810-4)	Adquirido
39	1	Tubing 5 (⌀=1/2 in; L=349,57 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido
38	1	Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT	Swagelok (-810-8-4)	Adquirido
37	1	Manómetro Bourdon de 8000 psi	DE WIT (295/63)	Adquirido
36	9	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M4X35	WASINORM (933-2-4X35)	Adquirido
35	9	Arandela de ajuste M4	WASINORM (988-2-4X8X0,5)	Adquirido
34	9	Tuerca hexagonal M4	WASINORM (934-2-4)	Adquirido
33	1	Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT	Swagelok (-810-3-8TTF)	Adquirido
32	1	Conector ½ in tubing x ½ macho NPT	Swagelok (-810-1-8)	Adquirido
31	2	Tubing 4 (⌀=1/2 in; L=152 mm)	BuTech (LP500-334-)	Construido

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.

Tolerancia: N/A

Peso: N/A

Materiales: Varios

	Fecha	Nombre
Dib.	24/05/25	Castillo X.
Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.

Universidad Técnica de Ambato

Organización

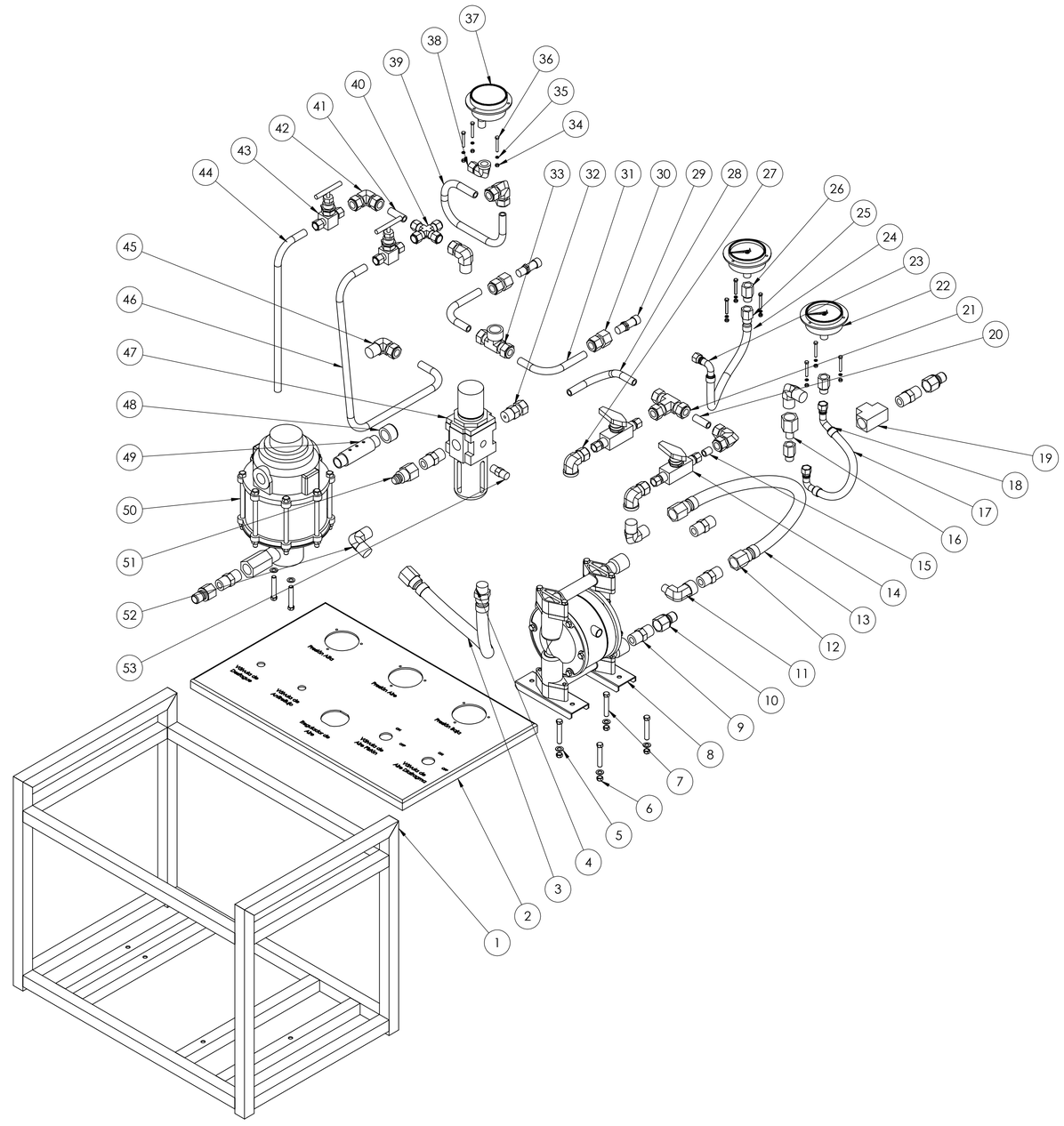
Denominación: Lista de materiales

Escala: 1:1

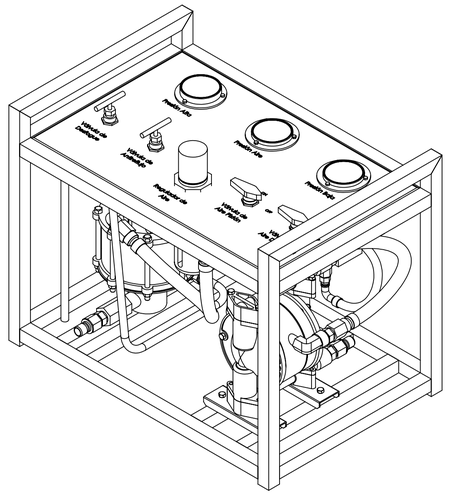
Número de dibujo: 02/11

Registro

Sustitución



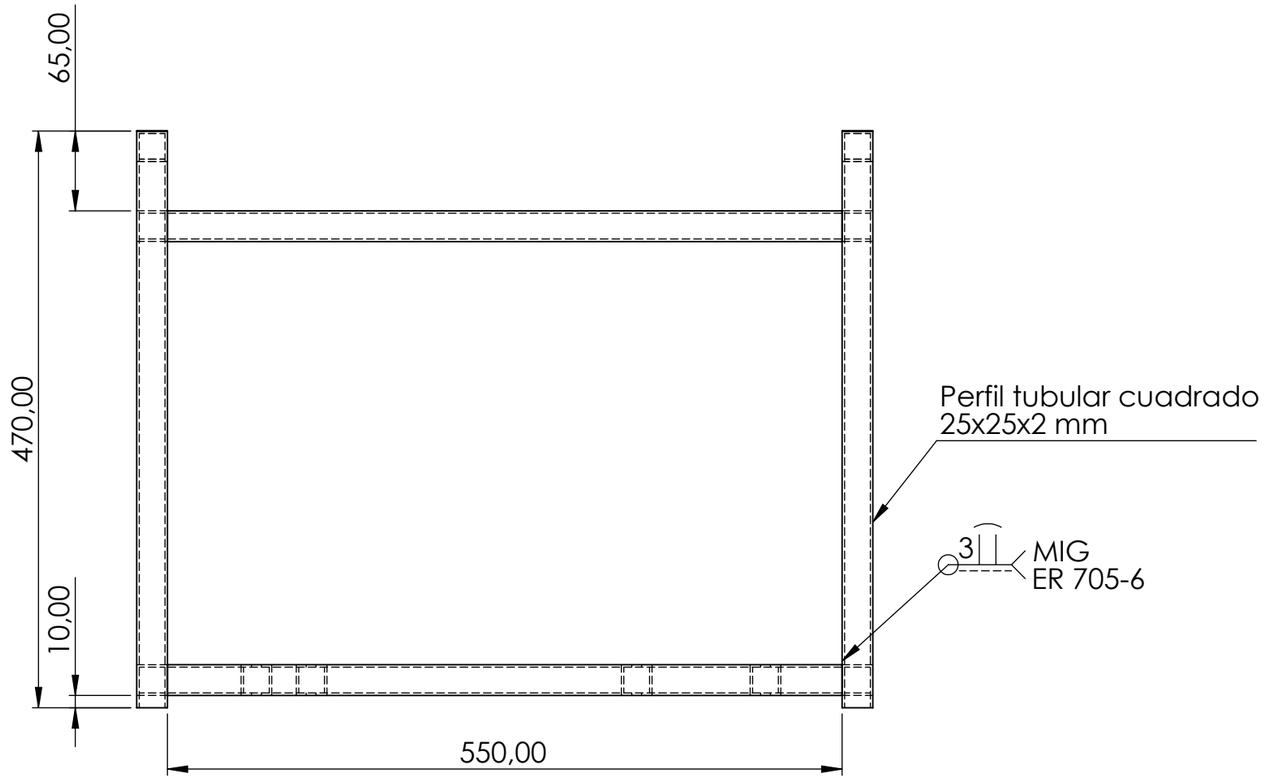
Vista isométrica
Escala 1:5

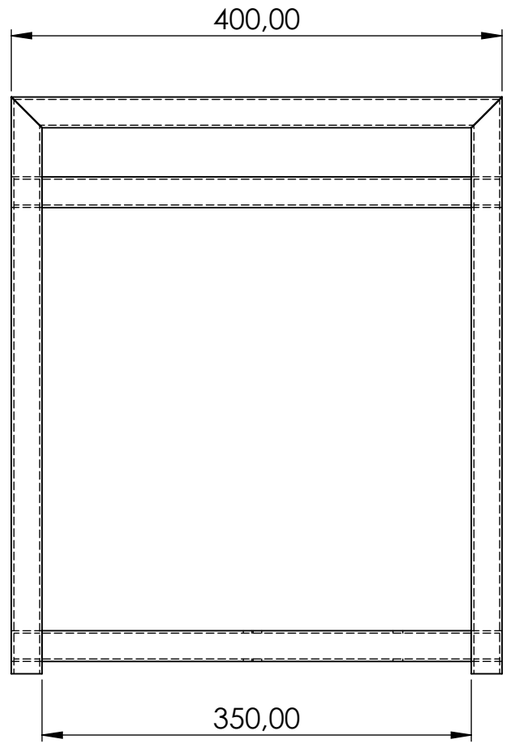


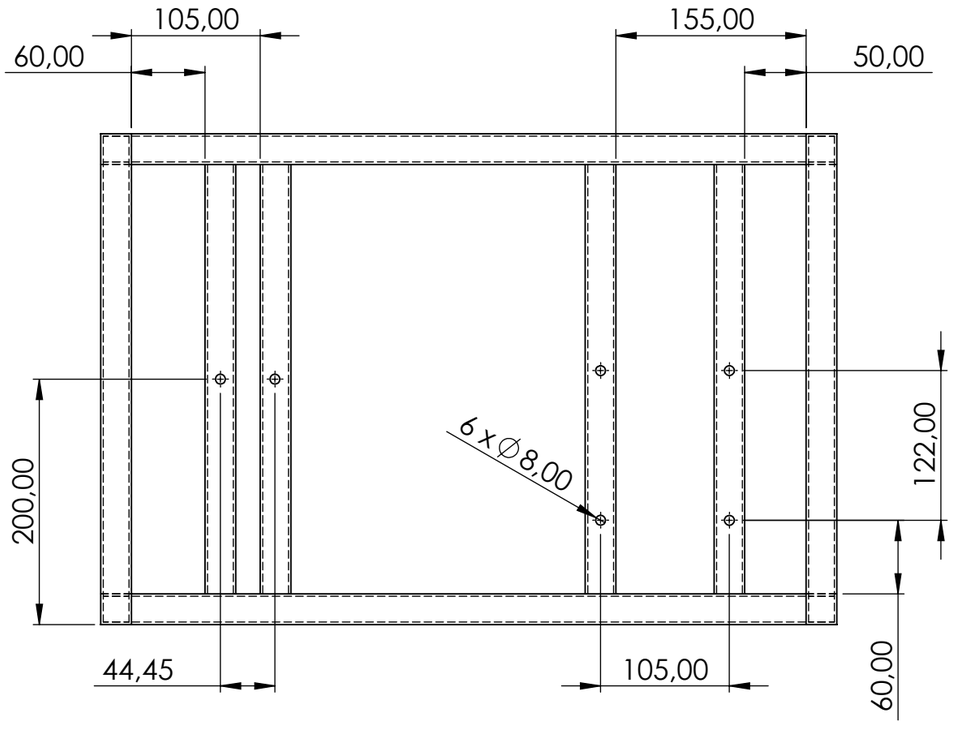
No. de piezas	Denominación	No. de norma/dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
1	Mango hexagonal ¼ in macho NPT a ¼ in macho ISO		AISI 316	53	Swagelok (-4-HN-4RT)	0,15	Adquirido
3	Codo ½ in macho NPT		AISI 316	52	Swagelok (-810-9)	0,3	Adquirido
1	Bomba de pistón		AISI 316	50	Hydrorex (10-5000W060)	6,8	Adquirido
1	Acople neumático sin válvula ½ in hembra NPT		AISI 1018	51	Parker (23SFIW21SXN)	0,3	Adquirido
1	Neplo ½ in macho NPT x 10 cm	11	PP	49	Plastigama (91000905)	0,08	Construido
1	Tapón ½ in hembra NPT		PP	48	Plastigama (991000939)	0,05	Adquirido
1	Filtro/regulador		Aluminio 6061	47	Wilkerson (B18-04-GKG0B)	0,62	Adquirido
1	**Tubing 8 (ø=1/2 in; L=656,2 mm)**	10	AISI 316	46	BuTech (LP500-334-)	0,229	Construido
2	Codo ½ in tubing x ½ in macho NPT		AISI 316	45	Swagelok (-810-2-8)	0,3	Adquirido
1	**Tubing 7 (ø=1/2 in; L=373,7 mm)**	09	AISI 316	44	BuTech (LP500-334-)	0,131	Construido
2	Válvula de aguja ½ in tubing para 6000 psig		AISI 316	43	FITOK (NBSS-FL8-8)	0,75	Adquirido
3	Codo ½ in tubing		AISI 316	42	Swagelok (-810-9)	0,3	Adquirido
1	**Tubing 6 (ø=1/2 in; L=37,26 mm)**		AISI 316	41	BuTech (LP500-334-)	0,013	Construido
1	Cruz ½ in tubing		AISI 316	40	Swagelok (-810-4)	0,4	Adquirido
1	**Tubing 5 (ø=1/2 in; L=349,57 mm)**	08	AISI 316	39	BuTech (LP500-334-)	0,122	Construido
1	Codo ½ in tubing x ¼ in hembra NPT		AISI 316	38	Swagelok (-810-8-4)	0,3	Adquirido
1	Manómetro Bourdon de 8000 psi		AISI 316	37	DE WIT (295/63)	0,5	Adquirido
9	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M4X35		AISI 316	36	WASINORM (933-2-4X35)	0,03	Adquirido
9	Arandela de ajuste M4		AISI 316	35	WASINORM (988-2-4X8X0,5)	0,01	Adquirido
9	Tuerca hexagonal M4		AISI 316	34	WASINORM (934-2-4)	0,01	Adquirido
1	Te ½ in tubing lateral x ½ in hembra NPT		AISI 316	33	Swagelok (-810-3-8TTF)	0,4	Adquirido
1	Conector ½ in tubing x ½ macho NPT		AISI 316	32	Swagelok (-810-1-8)	0,2	Adquirido
2	**Tubing 4 (ø=1/2 in; L=152 mm)**	07	AISI 316	31	BuTech (LP500-334-)	0,053	Construido
2	Conector ½ in tubing x ¼ in hembra NPT		AISI 316	30	Swagelok (-810-7-4)	0,2	Adquirido
2	Acople neumático ¼ in hembra NPT		AISI 1045	29	CEJN (101151402)	0,2	Adquirido
1	**Tubing 3 (ø=1/2 in; L=160,1 mm)**	06	AISI 316	28	BuTech (LP500-334-)	0,056	Construido
2	Codo ½ in tubing x ½ in hembra NPT		AISI 316	27	Swagelok (-810-8-8)	0,3	Adquirido
3	Adaptador ¼ in hembra NPT x ¼ in macho ISO/BSP paralelo		AISI 316	26	Swagelok (-4-A-4RS)	0,2	Adquirido
1	Conector rígido ¼ in hembra NPTF x ¼ in manguera hidráulica		AISI 316	25	Parker (10243-4-4)	0,15	Adquirido
1	**Manguera flexible 4 (ø=1/4 in;** L=344,62 mm)		EPDM	24	Parker (-25200)	0,045	Adquirido
2	Conector giratorio codo 90° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica		ASTM B16	23	Parker (1B243-4-4)	0,15	Adquirido
2	Manómetro Bourdon de 300 psi		AISI 316	22	DE WIT (295/63)	0,5	Adquirido
1	Te ½ in tubing		AISI 316	21	Swagelok (-810-3)	0,3	Adquirido
1	**Tubing 2 (ø=1/2 in; L=35,12 mm)**		AISI 316	20	BuTech (LP500-334-)	0,012	Construido
1	Te ½ in hembra NPT		ASTM B16	19	Dixon (3220808C)	0,3	Adquirido
1	Conector giratorio codo 45° ¼ hembra BSP paralelo (60° cono) x ¼ in manguera hidráulica		ASTM B16	18	Parker (1B143-4-4)	0,15	Adquirido
1	**Manguera flexible 3 (ø=1/4 in;** L=226,56 mm)		AISI 316	17	Parker (-25200)	0,029	Adquirido
1	Adaptador reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT		AISI 316	16	Swagelok (-8-RA-4)	0,2	Adquirido
1	**Tubing 1 (ø=1/2 in; L=37,26 mm)**		AISI 316	15	BuTech (LP500-334-)	0,013	Construido
2	Válvula de bola ½ in tubing para 1500 psig		AISI 316	14	FITOK (BFSS-FL8)	0,75	Adquirido
1	**Manguera flexible 2 (ø=1/2 in;** L=422,30 mm)		AISI 316	13	Parker (-50250)	0,15	Adquirido
3	Conector rígido ½ in hembra NTPF x ½ in manguera hidráulica		AISI 316	12	Parker (10243-8-8)	0,15	Adquirido
1	Codo reductor ½ in hembra NPT x ¼ in macho NPT		AISI 316	11	Swagelok (-8-RSE-4)	0,3	Adquirido
3	Acople hidráulico sin válvula ½ in hembra NPT		AISI 1018	10	Parker (27SFIW21SXN)	0,3	Adquirido
6	Mango hexagonal ½ macho NPT		AISI 316	9	Swagelok (-8-HN)	0,2	Adquirido
1	Bomba de diafragma		AISI 316	8	Yamada (NDP-15 BSC)	6,3	Adquirido
6	Tornillo de cabeza hexagonal rosca completa M8X45		AISI 316	7	WASINORM (933-2-8X45)	0,05	Adquirido
4	Tuerca hexagonal M8		AISI 316	6	WASINORM (934-2-8)	0,01	Adquirido
6	Arandela de ajuste M8		AISI 316	5	WASINORM (988-2-8X14X1)	0,01	Adquirido
1	Conector giratorio ½ in macho NPTF x ½ in manguera hidráulica		AISI 316	4	Parker (11343-8-8)	0,2	Adquirido
1	**Manguera flexible 1 (ø=1/2 in;** L=367,53 mm)		EPDM	3	Parker (-25200)	0,12	Adquirido
1	Placa de instrumentación	05	ASTM A36	2	DIPAC (PAI32BA8020)	1,5	Construido
1	Estructura	04	ASTM A36	1	DIPAC (ECU252)	14,24	Construido

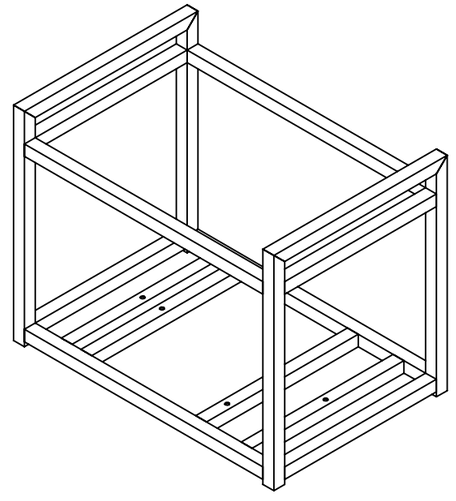
					Tolerancia	Peso	Materiales
					± 0,1	46,85 kg	AISI 316
						Fecha	Nombre
					Dib.	24/05/25	Castillo X.
					Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
					Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.		Universidad Técnica de Ambato		Organización

Denominación: Sistema hidrostático portátil
Escala: 1:5
Número de dibujo: 03/11
Registro
Sustitución







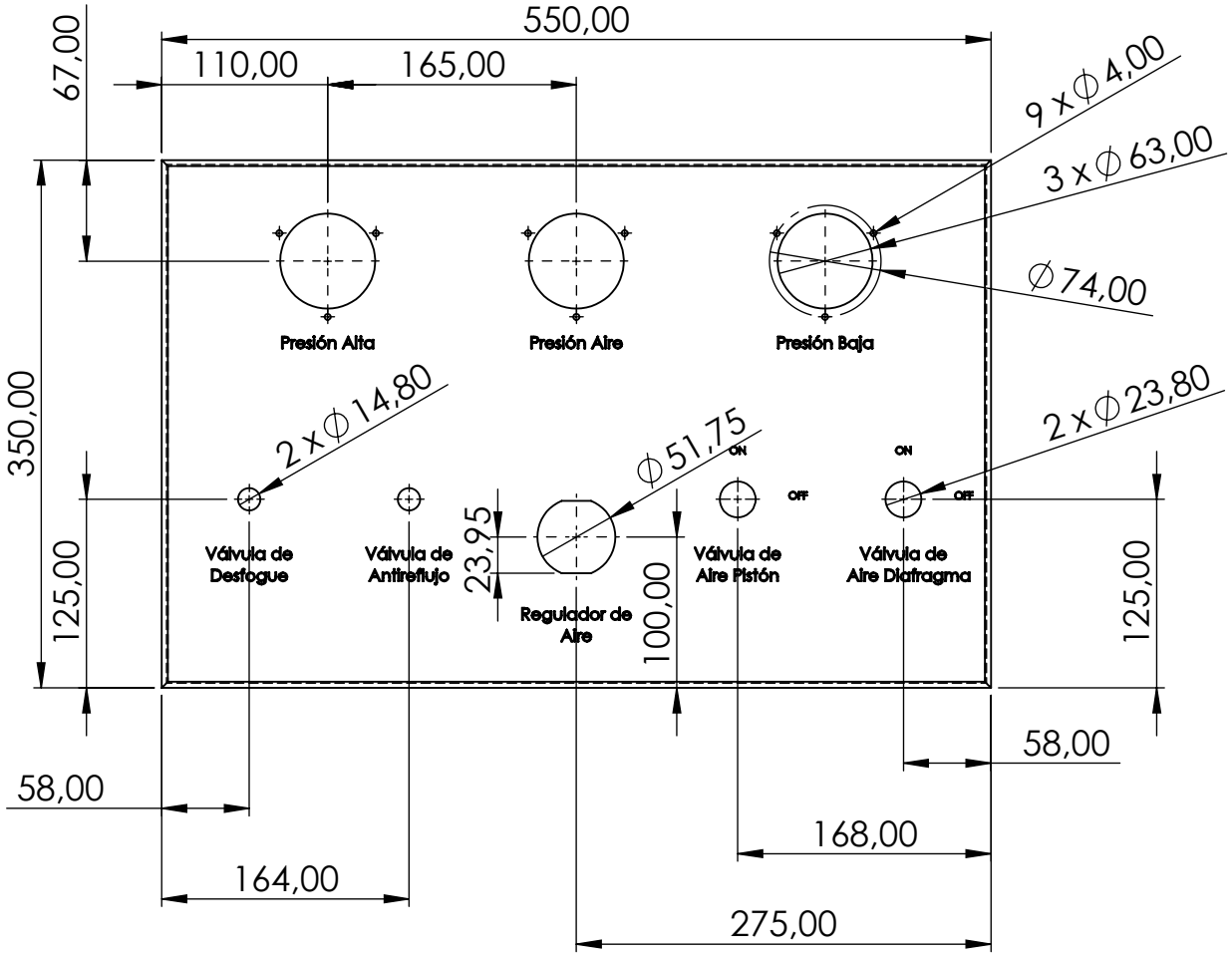


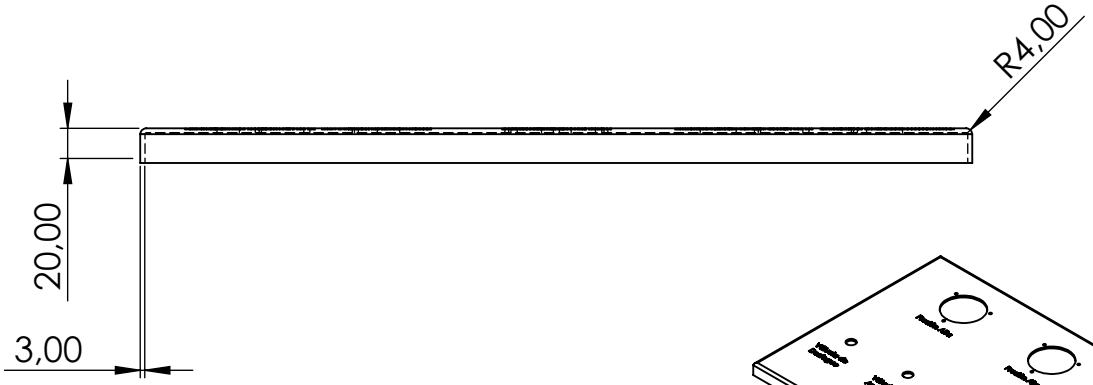
Vista isométrica
Escala 1:10

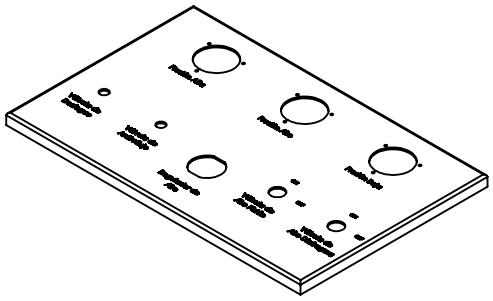
Nota:
- El perfil y soldadura es aplicable para toda la estructura.

				Tolerancia	Peso	Materiales
				±1	14,24 kg	AISI 1008
					Fecha	Nombre
				Dib.	24/05/25	Castillo X.
				Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
				Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Universidad Técnica de Ambato		Organización

Denominación	Escala
Estructura	1:5
Número de dibujo: 04/11	Registro
Sustitución	





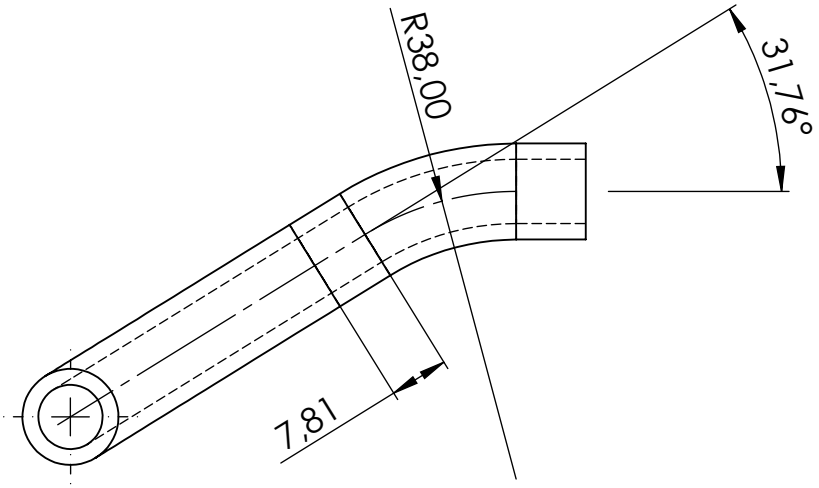


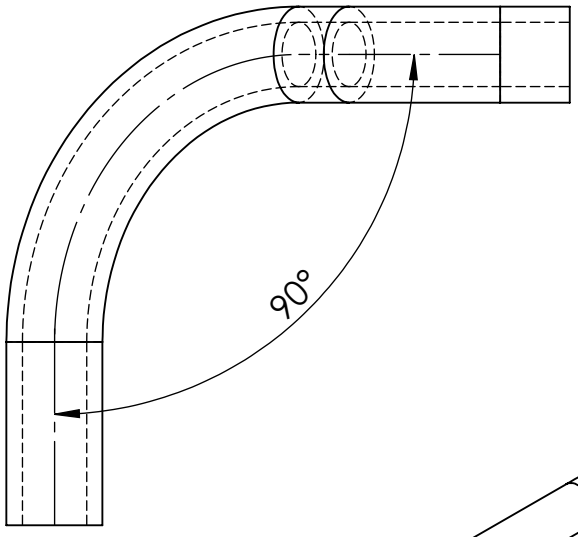
Vista isométrica
Escala 1:5

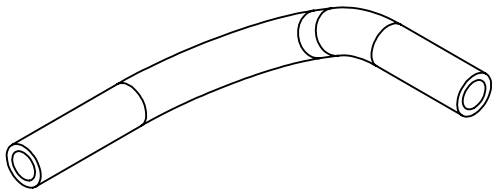
				Tolerancia	Peso	Materiales	
				± 0,1	1,5 kg	AISI 1008	
					Fecha	Nombre	Denominación / Escala
				Dib.	24/05/25	Castillo X.	Placa de instrumentación / 1:5
				Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.	
				Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.	
				Universidad Técnica de Ambato			Número de dibujo: 05/11 / Registro
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Organización			Sustitución

Nota:

- Antes de empezar a doblar se debe señalar las respectivas distancias.
- Un tubing de longitud de 122 mm doblar a una distancia de 24,26 mm (punto A) hasta 83,95 mm (punto B) a 90 grados con radio de 38 mm, en el que mirado desde la vista frontal se debe inclinar 31,76 grados. Luego, doblar a una distancia de 91,76 mm (punto C) hasta 112,82 mm (punto D) a 31,76 grados cpn radio de 38 mm.







Vista isométrica
Escala 1:2

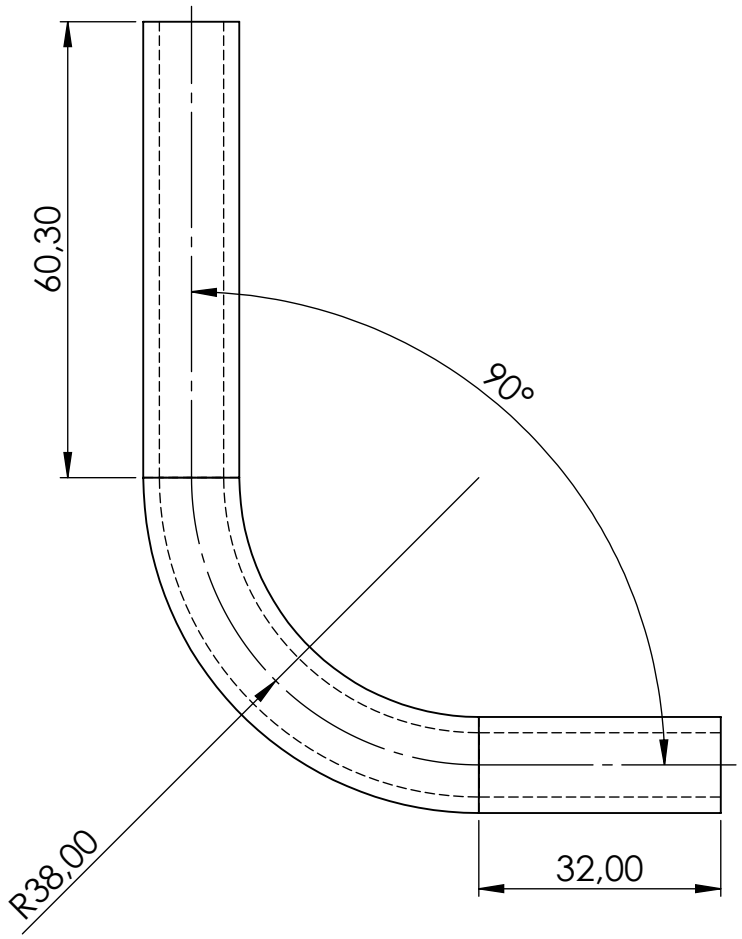
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia	Peso	Materiales
				± 0,1	0,143 kg	AISI 316

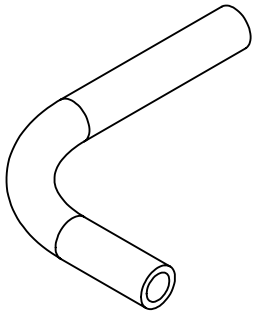
	Fecha	Nombre	Denominación	Escala
Dib.	24/05/25	Castillo X.	Tubing 3 (∅=1/2 in; L=122 mm)	1:1
Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.		
Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.		

Organización	Número de dibujo	Registro
Universidad Técnica de Ambato	06/11	
	Sustitución	

Nota:

- Un tubing de longitud de 152 mm doblar a una distancia de 60,30 mm (punto A)hasta 120 mm (punto B) a 90 grados con radio de 38 mm.



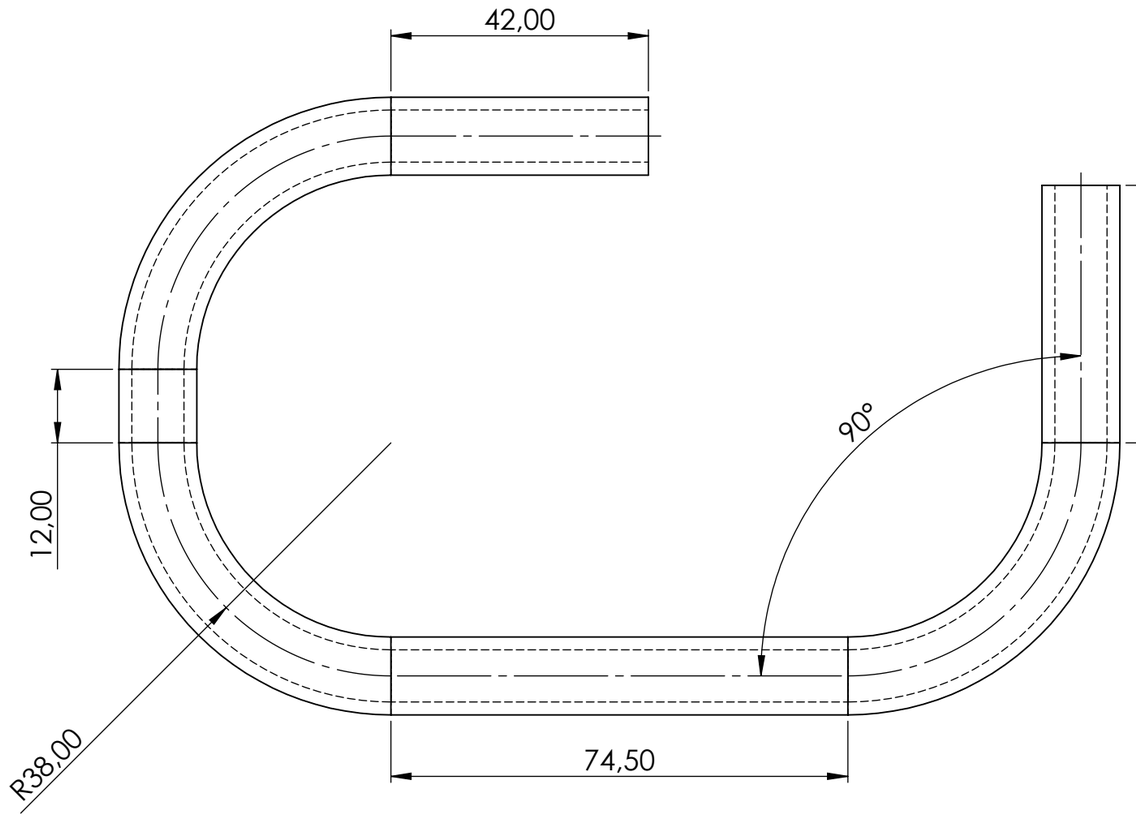


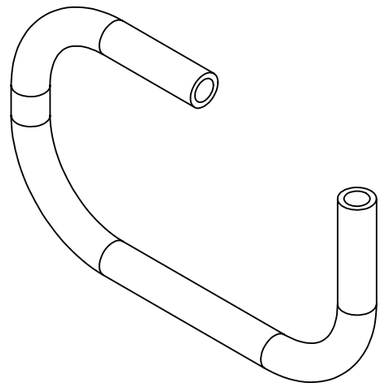
Vista isométrica
Escala 1:2

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia: ± 0,1	Peso: 0,053 kg	Materiales: AISI 316	
					Fecha / Nombre	Denominación: Tubing 4 (∅=1/2 in; L=152 mm)	Escala: 1:1
				Dib.	24/05/25 Castillo X.		
				Rev.	24/05/25 Ing. Castro C.		
				Apro.	24/05/25 Ing. Castro C.		
				Universidad Técnica de Ambato (Organización)		Número de dibujo: 07/11	Registro
						Sustitución	

Nota:

- Antes de empezar a doblar se debe señalar las respectivas distancias.
- Todo doblez será de 90 grados con radio de 38 mm.
- Un tubing de longitud de 349,57 mm, doblar a una distancia de 42 mm (punto A) hasta 101,69 mm (punto B). Luego, doblar a una distancia de 113,69 mm (punto C) hasta 173,38 mm (punto D). Asimismo, doblar a una distancia de 247,88 mm (punto E) hasta 307,57 mm (punto F).





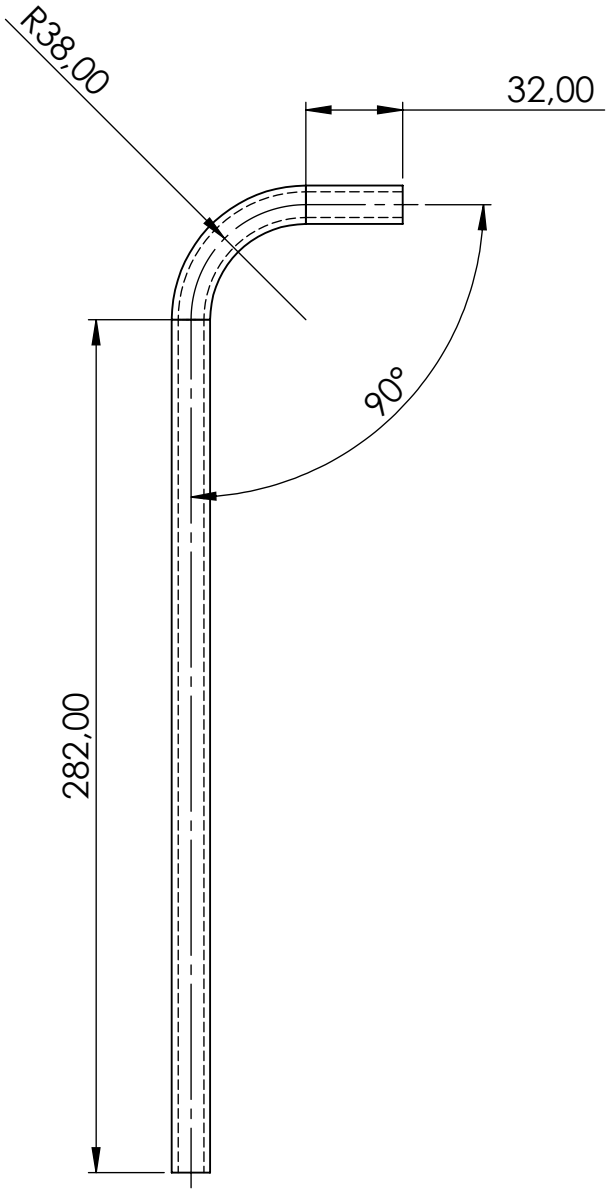
Vista isométrica
Escala 1:2

				Tolerancia	Peso	Materiales
				± 0,1	0,122 kg	AISI 316
					Fecha	Nombre
				Dib.	24/05/25	Castillo X.
				Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
				Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Universidad Técnica de Ambato		Organización

Denominación	Escala
Tubing 5 (∅=1/2 in; L=349,57 mm)	1:1
Número de dibujo: 08/11	Registro
Sustitución	

Nota:

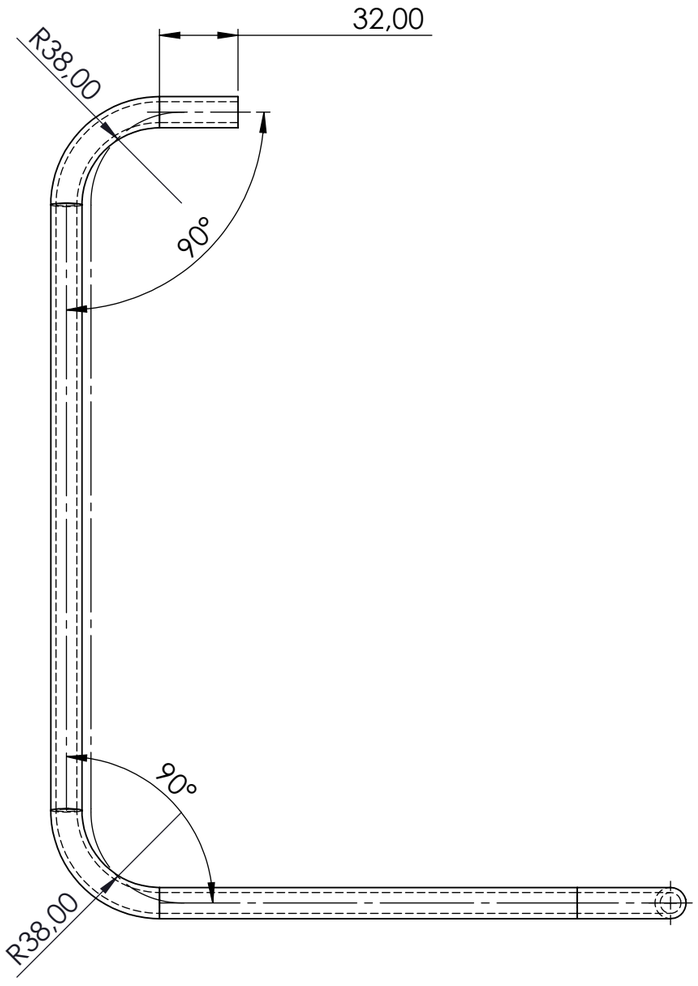
- Un tubing de longitud de 373,7 mm doblar a una distancia de 32 mm (punto A) hasta 91,7 mm (punto B) a 90 grados con radio de 38 mm.

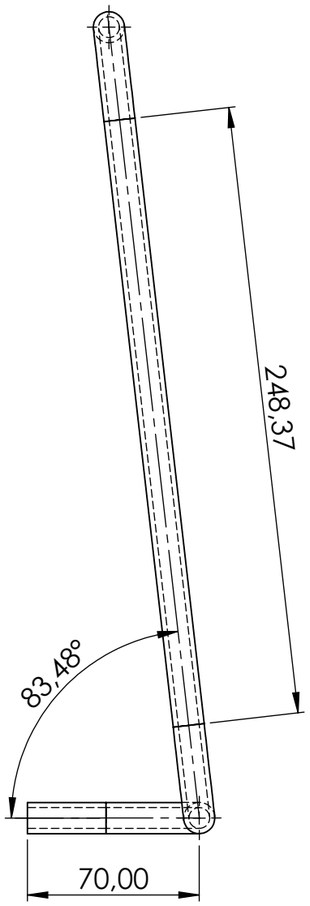


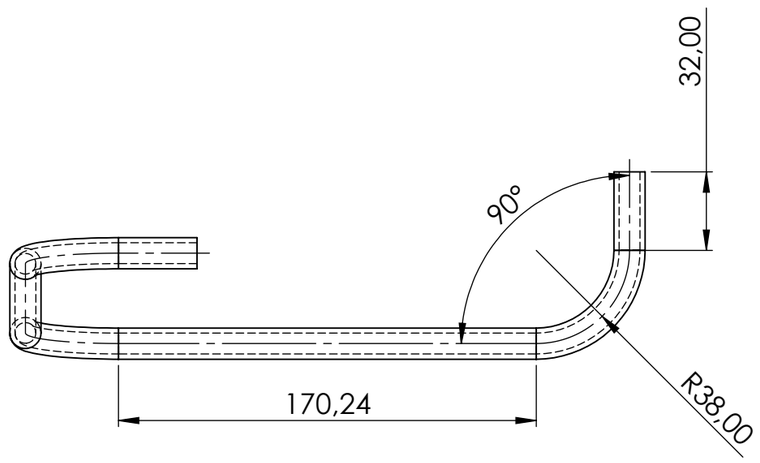


Vista Isométrica
Escala 1:5

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia: ± 0,1	Peso: 0,131 kg	Materiales: AISI 316	
					Fecha	Nombre	Denominación: Tubing 7 (∅=1/2 in; L=373,7 mm) — Escala: 1:2.5
				Dib.	24/05/25	Castillo X.	
				Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.	
				Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.	
				Universidad Técnica de Ambato — Organización			Número de dibujo: 09/11 — Registro
							Sustitución

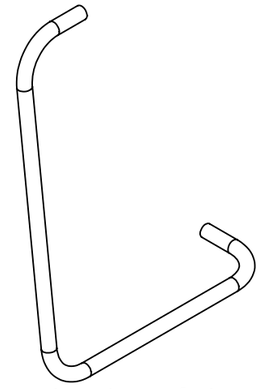






Nota:

- Antes de empezar a doblar se debe señalar las respectivas distancias.
- Todo doblez será de 90 grados con radio de 38 mm.
- Un tubing de longitud 656,2 mm doblar a una distancia de 32 mm (punto A) hasta 91,7 mm (punto B). A partir del último punto, medir 248,4 mm (punto C) para doblar hasta una distancia de 308,1 mm (punto D), en el que mirado desde la vista lateral izquierda se debe inclinar a 85,24 grados. Asimismo, desde el último punto, medir una distancia de 170,24 mm (Punto E) para doblar hasta una distancia de 229,9 mm (punto F), en el que mirado desde la vista superior queda el doblado hacia arriba.



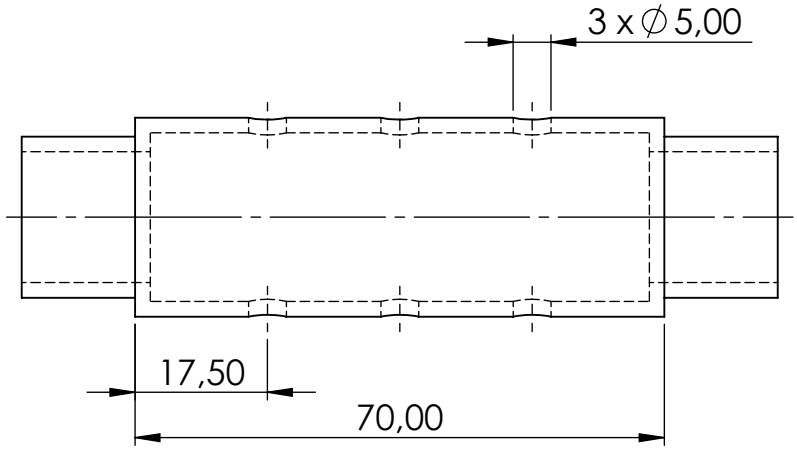
Vista isométrica
Escala 1:5

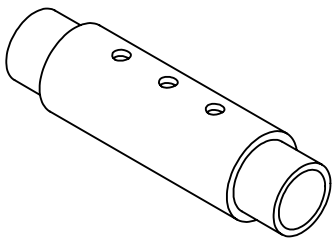
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia	Peso	Materiales
				± 0,1	0,229 kg	AISI 316
					Fecha	Nombre
				Dib.	24/05/25	Castillo X.
				Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
				Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.
				Universidad Técnica de Ambato		Organización

Denominación	Escala
Tubing 8 (∅=1/2 in; L=656,2 mm)	1:2.5
Número de dibujo: 10/11	Registro
Sustitución	

Nota:

- En un neplo de 1/2 in x 10 cm taladrar 3 agujeros pasantes de diámetro 5 mm.





Vista isométrica
Escala 1:2

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia	Peso	Materiales
				± 0,1	0,08 kg	Polipropileno

	Fecha	Nombre
Dib.	24/05/25	Castillo X.
Rev.	24/05/25	Ing. Castro C.
Apro.	24/05/25	Ing. Castro C.

Universidad Técnica de Ambato
Organización

Denominación: Neplo 1/2 in x 10 cm

Escala: 1:1

Número de dibujo: 11/11

Sustitución

Registro