

**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL EN PRENSA HIDRÁULICA PARA  
ACUÑADO DE MONEDAS CONMEMORATIVAS”.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE POSTGRADOS UCA**

**Y**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADOS UDB**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**POR**

**JOSÉ ALONSO ARTEAGA SANTOS**

**AGOSTO 2018.**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.**

### **Rectores**

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

### **Secretarias Generales**

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

### **Decana de Postgrados Uca**

Nelly Arely Chévez Reynosa

### **Decano de Postgrado UDB**

Herbert Humberto Belloso Funes

### **Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial**

José Luis Martínez UDB

Laura Orellana UCA

### **Director de Tesis**

José Luis Martínez UDB

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecer a Dios por bendecirme enormemente con las oportunidades que me ha brindado en la vida.

A mi esposa y mi hijo CJL quienes han sido mi motivación y apoyo incondicional en todo momento durante este proceso de estudio, los cuales con su amor me inspiran a seguir adelante con vista al futuro.

A mis padres por siempre impulsarme a seguir adelante y afrontar los retos de una manera propositiva y responsable. Así como a mis hermanos por estar pendiente de mí durante este proceso.

A las autoridades de la UDB-UCA y de la Universidad de Queen's por haberme brindado esta valiosa oportunidad de poder desarrollar este intercambio el cual fue de mucho crecimiento profesional y personal.

A mis formadores y compañeros quienes, con su conocimientos y experiencias, enriquecieron este proceso de estudio de postgrado en el área del mantenimiento industrial.

A mi asesor de tesis por su apoyo y seguimiento en el proceso de tesis, así como también a mis compañeros de la Universidad Don Bosco que me brindaron aportes en sus áreas de conocimiento que sirvieron para complementar este proyecto.

## RESUMEN

El siguiente proyecto tiene lugar en el laboratorio de manufactura y procesamiento de materiales de la Universidad de Queen's en Kingston, Ontario, Canadá y tiene como objetivo principal llevar a cabo el reacondicionamiento de una prensa hidráulica para acuñado de monedas, así como el diseño e implementación del sistema de control. La relación del siguiente proyecto con la maestría en Gestión de Mantenimiento Industrial, radica en el reacondicionamiento que se aplica a la máquina de acuñado se basa en un Mantenimiento de carácter correctivo, ya que busca poner en las condiciones más óptimas posibles una máquina que ha quedado en desuso en dicho laboratorio.

La máquina ya había sido diseñada y creada desde 2009, sin embargo, quedó pendiente la implementación del sistema de control que permitiera el desarrollo del ciclo de trabajo.

En el Capítulo Uno, se detalla parte del proceso de acuñamiento y la importancia que tiene para Kingston, Canadá, ya que es una costumbre la impresión de monedas con todo tipo de figuras y se promueve la colección de las mismas.

En el Capítulo Dos, se detalla la teoría técnica a los elementos incluidos para el desarrollo de éste proyecto, así como también parte de la base teórica que ha servido para definir los instrumentos a implementar, temas como: automatización, sistemas hidráulicos, diagramas electrohidráulicos, componentes eléctricos, conectores, teoría del sistema SCADA, son los principales elementos que se abordan en dicho capítulo.

Posteriormente para el desarrollo del proyecto de aplicación, se procede a desarrollar tres fases:

**FASE I.** Inspección, diagnóstico y reacondicionamiento electromecánico del equipo.

Durante esta fase se realizó un diagnóstico del estado actual y disponibilidad del equipo, desarrollándose una descripción técnica de cada una de las partes electromecánicas y componentes que conforman la estructura de la maquinaria actual, evaluando la disponibilidad y funcionalidad de cada uno de estos, para posteriormente desarrollar un listado de requerimientos necesarios para su reacondicionamiento, tomando en cuenta la viabilidad de fabricar e incorporar nuevas piezas que permitieron integrar los elementos necesarios para el acondicionamiento y funcionalidad del equipo según las expectativas planteadas. Tomando en cuenta los pasos de: Inspección, Diagnóstico y Reacondicionamiento. Se terminó definiendo de manera puntual cada una de las averías encontradas en el equipo.

**FASE II.** Selección de la instrumentación y diseño del sistema SCADA.

En esta fase se realizó la adaptación a nuevas funciones e incremento del rendimiento mediante la actualización de sus componentes. Se diseña e implementa el sistema de datos (SCADA), empleando la plataforma y entorno de LabVIEW con un lenguaje de programación visual gráfico, para el control y transferencia de datos para el proceso de troquelado de monedas en materiales diversos no ferrosos.

Se elabora un diagrama de bloques que incorpora dispositivos o bloques prediseñados que realizan una determinada función permitiendo así, poder programar la secuencia de operaciones requeridas en el equipo, incorporando además un panel frontal virtual que cuenta con controladores o indicadores , los cuales tienen asignado en el diagrama de bloque una terminal de entrada y salida analógica (AI/AO) que interactúan con la terminal del VI, lo cual permitirá al usuario final observar como fluyen todos los valores de los controles e indicadores gráficos, cuando se esté ejecutando el programa .

**FASE III.** Integración, control y pruebas de sistema.

En esta sección se desarrolla la automatización en concreto y se enfoca en el problema de la lógica de control en donde se integran las diversas acciones secuenciales que se desean controlar desde el punto de vista operativo en función al trabajo que se espera ejecute la máquina con solo presionar un pulsador.

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

RESUMEN.....	4
SIGLAS.....	11
ABREVIATURAS.....	12
NOMENCLATURA .....	12
OBJETIVOS. ....	13
<b>OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
ALCANCE.....	14
LIMITACIONES. ....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	15
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL ACUÑAMIENTO.....	17
<b>1.1 Inicios del proceso de acuñado.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 Importancia del acuñado en Canadá (Kingston-Ontario). ....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Método de acuñado.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4 Esfuerzos mecánicos .....</b>	<b>21</b>
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
<b>2.1 Automatización .....</b>	<b>23</b>
2.1.1 Concepto de Automatización. ....	23
2.1.2 Inicios de la Automatización.....	24
2.1.3 Impacto de la Automatización en los procesos. ....	24
2.1.4 Clasificación de sistemas de control según el tipo de tecnología.....	27
2.1.5 Controlador Lógico Programable (PLC) .....	28
<b>2.2 Sistemas Hidráulicos. ....</b>	<b>31</b>
2.2.1 Componentes hidráulicos.....	31
2.2.2 Unidades de mantenimiento. ....	32
2.2.3 Unidades de mando y control.....	33
2.2.4 Unidades de Trabajo. ....	37
<b>2.3 Diagramas Electrohidráulicos. ....</b>	<b>38</b>
2.3.1 Electroválvulas. ....	39
2.3.2 Diagramas en escalera.....	40

<b>2.4 Componentes electrónicos.....</b>	<b>41</b>
2.4.1 Finales de carrera.....	41
<b>2.5 Tipos de conectores y puertos.....</b>	<b>42</b>
2.5.1 Puertos.....	42
2.5.2 Conectores.....	42
<b>2.6 Sistema SCADA.....</b>	<b>43</b>
2.6.1. Funciones Principales.....	44
2.6.2. Requisitos para implementarlo.....	45
2.6.3. Módulos.....	45
<b>2.7 LabVIEW.....</b>	<b>45</b>
2.7.1 Panel Frontal.....	46
2.7.2 Paleta de Controles.....	46
2.7.3 Controles e Indicadores.....	47
2.7.4 Controles e Indicadores Numéricos.....	48
2.7.5 Controles e Indicadores Booleano.....	49
2.7.6 Controles e Indicadores de Cadena de Caracteres.....	49
2.7.7 Diagrama de Bloques.....	49
<b>CAPITULO III. INSPECCIÓN, DIAGNÓSTICO Y REACONDICIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL EQUIPO.</b>	<b>52</b>
<b>3.1 Estructura de equipo experimental.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2 Inspección de sistema hidráulico de equipo experimental.....</b>	<b>55</b>
<b>3.3 Diagnóstico y reacondicionamiento electromecánico de prensa experimental.....</b>	<b>63</b>
3.3.1 Defectos o averías.....	65
<b>CAPITULO IV. INSTRUMENTACION Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>73</b>
<b>4.1 Proceso de acñado.....</b>	<b>74</b>
<b>4.2 Medición de la fuerza.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3 Medición de la posición.....</b>	<b>84</b>
<b>4.4 Sistema de control.....</b>	<b>91</b>
<b>4.5 Propuesta Aplicación / Implementación.....</b>	<b>99</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	No. De Página
Figura 1.1 Moneda antigua del año 630 a.C	17
Figura 1.2 Dimensionamiento	18
Figura 1.3 Grabado medieval de una meca	18
Figura 1.4 Moneda conmemorativa canadiense	19
Figura 1.5. Prensa de volante francesa usada en el siglo XIX.	20
Figura 1.6. Gráfica deformación vrs. esfuerzo	21
Figura 2.1 Lógica de la automatización	23
Figura 2.2 Clasificación de los sistemas de control	27
Figura 2.3 Válvulas 2/2	34
Figura 2.4 Válvulas 3/2	34
Figura 2.5 Válvulas 4/2	34
Figura 2.6 Válvulas 4/3	34
Figura 2.7 Diagrama Electrohidráulico	39
Figura 2.8 Válvula Selenoide	40
Figura 2.9 Diagrama de escalera básico	41
Figura 2.10 Esquema básico ESCADA	44
Figura 2.11 Ejemplo de un Panel Frontal	46
Figura 2.12 Paleta de controles.	47
Figura 2.13 Controles e indicador numérico.	48
Figura 2.14 Controles e indicadores Booleano	49
Figura 2.15 Controles e indicadores de cadena de caracteres	49
Figura 2.16 Ejemplo de un Diagrama de Bloques y Panel Frontal Correspondiente	50
Figura 2.17 Diagrama de bloques	50
Figura 3.1 Imagen física de prensa y conjunto principal de su estructura	53
Figura 3.2 Modelo CAD de prensa y conjunto principal de su estructura.	54
Figura 3.3 Medidor de tiempo de unidad de potencia hidráulica.	56

Figura 3.4 Representación gráfica ISO de unidad de potencia hidráulica.	56
Figura 3.5. Imagen representativa de tanque de unidad de potencia MILACRON.	57
Figura 3.6. Ciclos de transformación de energía.	58
Figura 3.7 Diagrama del sistema hidráulico de la prensa experimental.	61
Figura 3.8 Diagrama de conexión electro hidráulico encontrado en la prensa.	63
Figura 3.9 Orden de Stop	64
Figura 3.10 Fugas de sistema hidráulico.	65
Figura 3.11 Acoples con fisura.	66
Figura 3.12 Condiciones iniciales en que se encontraba el equipo.	67
Figura 3.13 Se muestra la incorporación de las mamparas de protección. Antes Después	71
Figura 4.1 Partes importantes del proceso de acuñado.	74
Figura 4.2 Sección transversal de herramientas de acuñado, montado y prensa.	75
Figura 4.3 Modelo de la moneda acuñada en la máquina	75
Figura 4.4 Pruebas de acuñado en tres diferentes materiales (Aluminio, Cobre, Bronce)	76
Figura 4.5 Vista superior de la disposición de montaje de los medidores de tensión.	77
Figura 4.6 Vista 3D de la disposición y la numeración de los medidores de deformación.	78
Figura 4.7 Configuración de puente de Wheatstone utilizado para medición de la fuerza	79
Figura 4.8 Panel frontal y panel posterior de amplificador y acondicionador de señal entrada.	81
Figura 4.9 Panel Frontal y diagrama de bloque de sistema de control auxiliar (Force)	82
Figura 4.10 Datos de voltaje y curva de tensión de la celda de carga.	83
Figura 4.11 Diseño de las partes de activación de los sensores.	84
Figura 4.12 Base T invertida para sensores tipo potenciómetros.	85
Figura 4.13 Conjunto de sensor LVDT y brazo de accionamiento.	86
Figura 4.14 Acondicionador de señal MUP-100-1	87
Figura 4.15 Panel Frontal de sistema de control auxiliar (Position)	88
Figura 4.16 Diagrama de bloques de sistema de control auxiliar (Position)	89
Figura 4.17 Datos y curva de calibración para el sensor de 10 mm.	90
Figura 4.18 Datos y curva de calibración para el sensor de 100 mm.	90
Figura 4.19 Interface BNC 2110.	92
Figura 4.20 Distancias de referencia para el acuñado	93
Figura 4.21 Diagrama de flujo de secuencia de estados de acuñado.	94

Figura 4.22 Arquitectura básica de panel frontal	95
Figura 4.23 Panel frontal de sistema principal de control	96
Figura 4.24 La lógica de configuración del diagrama de bloques	97
Figura 4.25 Resultado final de la máquina de acuñado	100
Figura 4.26 Semáforo	101
Figura 4.27 Nombre de la máquina	101
Figura 4.28 Mamparas	101
Figura 4.29 Sistema instalado en computadora	101
Figura 4.30 Conexiones de lógica cableada	102
Figura 4.31 Profesor Jacob Jesweit , PEng. Derecha, José Artega Izquierda.	102

## SIGLAS

<b>AI</b>	Analog Input / Entrada Analógica
<b>AO</b>	Analog Output / Salida Analógica
<b>AS</b>	Actuador Superior
<b>AI</b>	Actuador inferior
<b>DI</b>	Digital Input / Entrada digital
<b>DO</b>	Digital Output / Salida digital
<b>FA</b>	Filtro Auxiliar
<b>GPM</b>	Gallons per Minute / Galones por minuto
<b>HMI</b>	Human Machine Interface / Interfaz hombre máquina
<b>ISO</b>	Organización de Estandares Internacionales
<b>LPM</b>	Liters per Minute / Litros por minuto
<b>LVDT</b>	Transformadores Diferenciales de Variables Lineales
<b>PLC</b>	Controlador Lógico Programable
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition / Supervisión, Control y Adquisición de Datos
<b>SI</b>	Sistema Internacional
<b>TR</b>	Transfer Rate / Tasa de transferencia
<b>UP</b>	Unidad de Potencia
<b>VI</b>	Virtual Instruments / Instrumento virtual

## ABREVIATURAS

metro	<b>m</b>	tiempo	<b>t</b>
segundo	<b>s</b>	amperio	<b>A</b>
Kilopascal	<b>kPa</b>	litro	<b>Lt</b>
newton	<b>N</b>	pascal	<b>Pa</b>
milímetros	<b>mm</b>	pulgadas	<b>in o “</b>
voltaje	<b>V</b>	kilowatts	<b>kW</b>
Libra por Pulgada	<b>PSI</b>	Diámetro	<b>D</b>
Longitud	<b>L</b>	Diámetro del	<b>D<sub>e</sub></b>
Diámetro del vástago	<b>D<sub>u</sub></b>	Espesor	<b>e</b>
Ancho	<b>a</b>	Largo	<b>l</b>
altura	<b>h</b>	presión	<b>P</b>
tanque o sumidero	<b>Ts</b>	hidráulico	<b>H</b>
Grados fharenheith	<b>F°</b>	Toneladas	<b>tn</b>
bares de presión	<b>bar</b>	vías	<b>v</b>
Voltaje de corriente	<b>vdc</b>	milivoltios	<b>mV</b>
Libras fuerza	<b>lbf</b>	kilonewton	<b>kN</b>
Corriente alterna	<b>ac</b>		

## NOMENCLATURA

<b>SV#</b>	número de servoválvulas
<b>Y#</b>	número de selenoide de electroválvula

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Automatizar y reacondicionar la prensa hidráulica para acuñado de monedas en la Universidad de Queen's, Ontario, Canadá, para analizar variables basado en el trabajo experimental de fuerza y velocidad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**

- Inspeccionar y reconocer el funcionamiento actual de la maquinaria y equipo a automatizar.
- Describir el ciclo de trabajo a realizar indicando la frecuencia y flexibilidad con la cual debe llevarse a cabo.
- Diseñar e implementar un sistema automático fiable mediante la implementación de sensores para el análisis experimental de variables de fuerza y velocidad.
- Establecer las bases para que posterior se puedan realizar análisis de variables de materiales en ensayos futuros

## **ALCANCE.**

- 1) Diseño de los diagramas eléctricos, electrónicos y electrohidráulicos de la maquinaria.
- 2) Elaborar el sistema de control para el proceso de acuñado de manera secuencial.
- 3) Desarrollo de sistemas auxiliares para ajuste y parametrización de equipo.
- 4) Conexión de componentes que integran el sistema.
- 5) El documento servirá de base para Análisis y medición de materiales y ensayos futuros.

## **LIMITACIONES.**

- Ya estaba definido el software sobre el que se trabajaría el sistema, es cual LabView.
- Pocos registros y documentación del equipo hidráulico.
- Tiempo de ejecución (Máximo 6 meses) por lo que no se profundiza sobre el análisis y medición de materiales.
- Escasez de bibliografía respecto al proceso de acuñado.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El siguiente proyecto de graduación se ha ejecutado bajo el programa de intercambio entre la Universidad Don Bosco de El Salvador y la Universidad de Queen's en Kingston, Ontario Canadá.

El proyecto ha sido desarrollado bajo la metodología de proyecto de aplicación en el departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales de la Universidad de Queen's, en el cual se definió la necesidad de trabajar en el reacondicionamiento de la prensa hidráulica de acuñado lo cual a su vez se basa en la aplicación de un mantenimiento correctivo sobre dicha máquina. Las actividades han sido asignadas y supervisadas por el profesor y director Tim Bryant, Ph.D., P.Eng., y el profesor Jacob Jesweit, PEng.

Las actividades asignadas buscan dar continuidad al proyecto de la prensa de acuñado, la cual ha sido desarrollada en dos fases previas entre el 2009-2012. En la cual la primera fase consistió en el diseño y la segunda fase se llevó a cabo la fabricación de la estructura física y componentes que integran la prensa hidráulica de acuñado, los cuales eran operados manualmente. Quedando pendiente la tercera fase, la cual consiste en el diseño e implementación del sistema de control que permita el desarrollo del ciclo de trabajo y es sobre lo que tiene base el siguiente proyecto de tesis, basándose en la implementación del sistema SCADA, logrando a su vez automatizar parte de las funciones de la máquina que hasta el momento eran ejecutadas de forma manual.

**CAPITULO I.**

**GENERALIDADES DEL ACUÑAMIENTO.**

## CAPITULO I. GENERALIDADES DEL ACUÑAMIENTO.

### 1.1 Inicios del proceso de acuñado

La acuñación es la certificación de una pieza de metal u otro material mediante un distintivo o señales sobre el mismo, el cual permite grabar una marcación representativa o alusiva, siendo un valor específico, intrínseco o de canje.

Las monedas antiguas estaban hechas de pequeñas porciones de material virgen y desechos de metal la cual luego de ser calentada y colocada entres dos troqueles sobre un yunque y golpeó con un martillo obtenían la forma deseada. En la Figura 1.1 se refleja un ejemplo de cómo fueron los inicios de las actuales monedas. Cada troquel en su extremo inverso poseía el diseño de la imagen que debía ser grabada en una cara de la moneda.



Figura 1.1 Moneda antigua del año 630 a.C

Por definición moderna el proceso de acuñado que se practicaba antiguamente en la elaboración de las primeras monedas no eran en realidad monedas desde un punto de vista de la fabricación (Imagen Ilustrativa 1), puesto que este antiguo proceso utilizaba dos matrices abiertas y algunas veces se hizo en caliente para obtener la homogenización de ambos materiales. Este proceso (Figura 1.2) fue llamado dimensionamiento ya que requeriría grandes presiones para el tallado de la imagen en la pieza, sufriendo muy poco desgastes o deformación la pieza tipo dado para el acuñado.

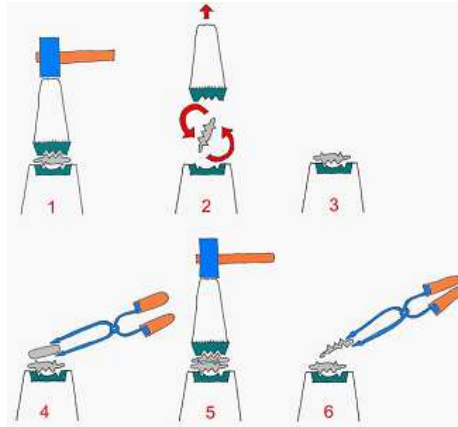


Figura 1.2 Dimensionamiento

Este tipo de acuñación era de gran importancia, puesto que las monedas antiguas llevaban el acuñado por ambas caras, con el cual el rey garantizaba el peso en metal de la moneda, pero quedaban unos rebordes más o menos grandes e irregulares, los cuales eran recortados, siendo una manera de robo, de modo que con varios recortes se tenía metal para hacer otra nueva moneda.



Figura 1.3. Grabado medieval de una meca

Sin embargo, sobre este proceso existen muy pocos trabajos publicados sobre el tema de la acuñación que se pueden encontrar y citar, debido a que la investigación realizada muchas veces sobre este tema es apropiado y guardado en secreto por los que realizan dicho estudio del proceso.

## 1.2 Importancia del acuñado en Canadá (Kingston-Ontario).

El proceso de acuñado fue adoptado por las colonias británicas que dieron el origen a Canadá como país en 1867, por medio del acta de la Norteamérica Británica, dando origen a la llamada Confederación Canadiense la cual impulso una serie de motivaciones económicas que promovieron la unión de las primeras colonias británicas conformadas por: Quebec, Ontario, Nuevo Brunswick y Nueva Escocia. Con ello se logró la Independencia y de esta manera el país logro nacer como nación generando su propia moneda de cambio, sin mediar un levantamiento ni una guerra.

Desde mediados del siglo XIX hasta la fecha el acuñado de monedas alusivas o de valor monetario en la cultura canadiense es muy importante, muestra de ello es que en conmemoración de los 150 aniversario de la Confederación de Canadá, ha acuñado un nuevo dólar de plata de 999,99 milésimas de pureza , emitida con el título “Nuestro Hogar y Patria 2017” (Our Home and Native Land 2017) la cual tiene un peso de 23,17 gr y mide 36,07 mm de diámetro, con el borde estriado, siendo una emisión limitada a 20,000 unidades para la ocasión. En la Figura 1.4 se muestra la moneda conmemorativa **Royal Canadian Mint**, también se ha emitido una versión con el 150, el retrato de la reina y un fino aro alrededor de anverso y reverso en oro.



Figura 1.4 Moneda conmemorativa canadiense.

### 1.3 Método de acuñado.

En el proceso de troquelado moderno, se utilizan tres estrechos troqueles de ajuste que permiten que ningún material logre escapar, eliminando la formación de rebabas que se puedan crear en los bordes de la pieza. Un espacio en blanco pre-formada que se ajusta perfectamente dentro de las matrices se usa típicamente con el fin de obtener una mayor precisión dimensional en la pieza acabada.

Inicialmente se utilizaron martillos y yunques para formar manualmente las monedas utilizando matrices talladas a mano, alrededor del siglo XVIII, se implementó el uso de la prensa de tornillo la cual permitió mayores fuerzas de conformación y una aplicación más controlada de la fuerza.



Figura 1.5. Prensa de volante francesa usada en el siglo XIX.

Las prensas de monedas con el tiempo han ido evolucionando y perfeccionando el proceso siendo estas accionadas manualmente, o más comúnmente, hidráulica y electrohidráulicas en la actualidad totalmente controladas lo cual permite un excelente control de calidad.

En la actualidad para dar forma a una moneda, una pieza en bruto se coloca dentro de una matriz y los dos punzones que realizaran el tallado. Los punzones son entonces apretados juntos hasta que se alcanza la fuerza que forma completa y la moneda adopta la forma completa de las matrices completamente, siendo esta posteriormente expulsada de la boquilla con su acabado de su superficie final.

Típicamente, para producir monedas para su uso como dinero, se utiliza una tasa bastante alta de tensión.

## 1.4 Esfuerzos mecánicos

En el proceso de acuñado, aunque el desplazamiento de material es relativamente pequeño, los dados de acuñando ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que adopta la forma tallada en el dado, sobre el material, el cual es sometido a esfuerzo de compresión en donde el material conformado en su zona de comportamiento plástico adopta la nueva forma superando sus límites elásticos, los cuales se elevan mediante estos consumen su ductilidad. Dicha deformación se produce cuando sometemos el material a grandes cargas el cual experimenta tensión y deformación, siendo esta última muy notoria puesto que se modifica las dimensiones del cuerpo las cuales se medirá por medio de su área o volumen (diámetro o y espesor). Para dar cifras generales de deformación en los ensayos se expresará en tanto por ciento. Para ello se dividirá el cambio en la dimensión entre la dimensión original empleado la siguiente fórmula de manera experimental.

$$Df = \frac{\text{Dimensionamiento final}}{\text{Dimensión inicial}} \times 100$$

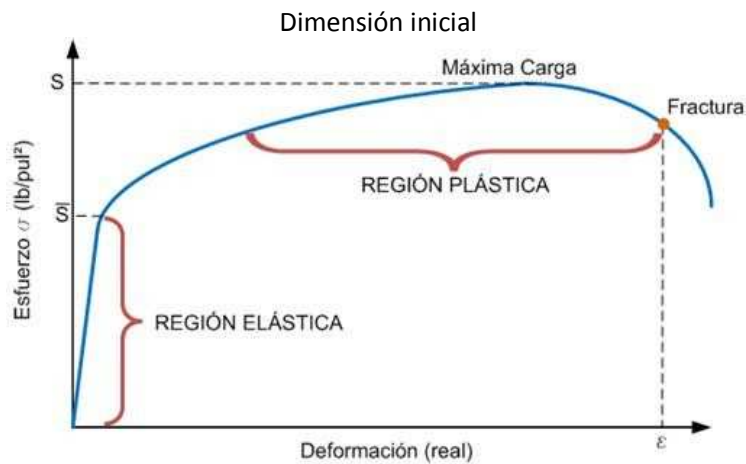


Figura 1.6. Gráfica Deformación Vrs. Esfuerzo

Así mismo, los dados son sometidos a diversos esfuerzos mecánicos que son muy elevados y que típicamente soportan cargas de igual dirección, así como también de sentido contrario y convergente, principalmente como “el resultado de la fricción entre la pieza en bruto y las herramientas de formación en la contención del metal de conforme a las irregularidades de la superficie de punzón y la matriz”. La fuerza de conformación es lo que se requiere con el fin de llenar el 100% de las cavidades de la matriz con el material en blanco.

**CAPITULO II.**

**MARCO TEÓRICO.**

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Automatización

#### 2.1.1 Concepto de Automatización.

La automatización consiste en un sistema de control que de forma indirecta dirige o manipula los valores de un sistema controlado. La finalidad es manipular un sistema sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos. El operador manipula valores de referencia y el sistema de control se encarga de transmitirlos al sistema controlado a través de los accionamientos de sus salidas.

El sistema de control opera, en general, con magnitudes de baja potencia, llamadas señales y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada al sistema controlado.

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Así mismo por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto<sup>1</sup>.



Figura 2.1 Lógica de la automatización

---

<sup>1</sup> Diseño Industrial. Pere Ponsa, Toni Granollers. Diseño y automatización industrial. Universitat Politècnica de Catalunya

### 2.1.2 Inicios de la Automatización.

Los primeros sistemas de control surgen en Revolución Industrial a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Estaban basados en componentes mecánicos y electromagnéticos, básicamente compuesto por engranajes, palancas y pequeños motores. Más tarde se masificó el uso de contadores, relés y temporizadores para automatizar las tareas de control.

A partir de los años 50 aparecen los semiconductores y los primeros circuitos integrados, sustituyeron las funciones realizadas por los relés, logrando sistemas de menor tamaño, con menor desgaste y mayor fiabilidad. En 1968 nacieron los primeros autómatas programables (PLC), con unidad central constituida por circuitos integrados.

A principios de los 70, los PLC incorporaron el microprocesador, logrando así mayores prestaciones, elementos de comunicación hombre-máquina más modernos, procesamiento de cálculos matemáticos y funciones de comunicación, evolucionando en forma continua hasta el día de hoy.

### 2.1.3 Impacto de la Automatización en los procesos.

No hay que olvidar que las industrias, tanto la manufacturera como la de procesos, realizan grandes esfuerzos en la optimización del proceso. Algunas de ellas se centran en el aspecto de la calidad, mientras que otras se centran en el aspecto de los costes. Ya que persigue una alta calidad, y bajos tiempos de operación y bajos costos de producción, como se ejemplifica en el siguiente triángulo de valor.

Estos factores de mejora de la calidad del producto y disminución de costes en la producción son los condicionantes fundamentales en estas industrias, y en este sentido la automatización industrial contribuye.

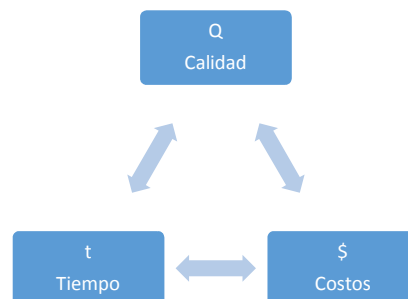


Imagen Ilustrativa 2. Triángulo de valor

Respecto a las necesidades de automatización, la industria de procesos tiene un nivel consolidado en cuanto a salas de control con sistemas de control distribuido (DCS), y el uso de autómatas programables para tareas secuenciales o para configurar sistemas redundantes seguros ante fallos, entre otros elementos.

En cuanto a la expresión control de procesos industriales, ésta abarca, desde un punto de vista académico, la teoría de control básica de realimentación y acción (PID), la instrumentación de control integrada por sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc., la aplicación a procesos industriales, las diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (feedback, feedforward, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.), por citar algunos de los aspectos más relevantes. Los algoritmos de control presentes en las industrias actuales se destacan por el control secuencia y la regulación continua. En el control secuencial se ejecuta una secuencia lógica, ordenada y escalonada a partir de los diferentes estados de operación de los equipos requeridos para el desarrollo de las operaciones del proceso, partiendo de la transiciones de las señales de entrada provenientes de sensores o elementos lógicos (temporizadores o contadores) y las señales de salida que activan los componentes electromecánicos o electrónicos (electroválvulas, motores, actuadores, etc.) los cuales realizan una acción dinámica del proceso controlado.

Mientras que en la regulación continua, se basa en el estructura clásica de control por retroalimentación (feedback), en donde a partir de su estado o movimiento se clasifican en tres tipos:

- Control proporcional
- Control derivativo
- Control Integral

Cada uno de estos tipos de control se basa en el posible error que se pueda generar partiendo del orden establecido de las operaciones y las variables de salida del proceso (temperatura, caudal, fuerza, desplazamiento, etc.) en donde la regulación adecuada de estas variables permite garantizar la eficiencia y eficacia del proceso.

La instrumentación empleada para el control de los procesos en la actualidad, se apoya en aquellos elementos que destacan por su labor eficaz de control secuencial de procesos. Sin embargo es muy importante considerar las condiciones ambientales de trabajo en donde se implementara este sistema de control, puesto que en los últimos años las aplicaciones con mayor éxito han sido los autómatas lógicos programables (PLC) siendo estos de versión analógica o digital en combinación con la tecnología electrohidráulica y electroneumática, ya que esta combinación ha brindado diversas soluciones de automatización basadas en el control de la orientación posicionamiento, desplazamiento, fuerza aplicada, simplificando así las actividades realizadas por otros elementos.

Sin embargo con la inclusión de la electrónica digital y la informática industrial, se ha logrado que por medio de un ordenador con un software específico, una tarjeta de adquisición de datos (AD/DA y un puerto de comunicaciones (RS, BNC, USB, etc.) permitiendo así que el ordenador pueda conectarse físicamente con una interface que permite la interacción con el tablero de control, estableciéndose una estructura de control directa con los elementos y componentes del equipo, partiendo de estructuras tipo cascada o arquitectura abierta en donde se puede acondicionar y ajustar variables de obedecen a un parámetro o un rango de tensión o corriente requerido para uno o varios componentes del sistema, así como también funciones dependientes del proceso como lo son la monitorización, vigilancia, control y supervisión.

Sin embargo cabe mencionar que aunque se proceda a la automatización de un equipo por completo, no se descarta en ningún momento el control manual esto debido a que se por diversas razones el sistema pueda presentar fallas de sistema (algoritmo de control) o alimentación (corriente, sobre carga, etc.), volviéndose un sistema de control abierto, debido a que la intervención entre el operario y el controlador siempre será necesaria para el reajuste, mantenimiento o reacondicionamiento del proceso a lo que hoy en día se le conoce como proceso flexible.

#### 2.1.4 Clasificación de sistemas de control según el tipo de tecnología.

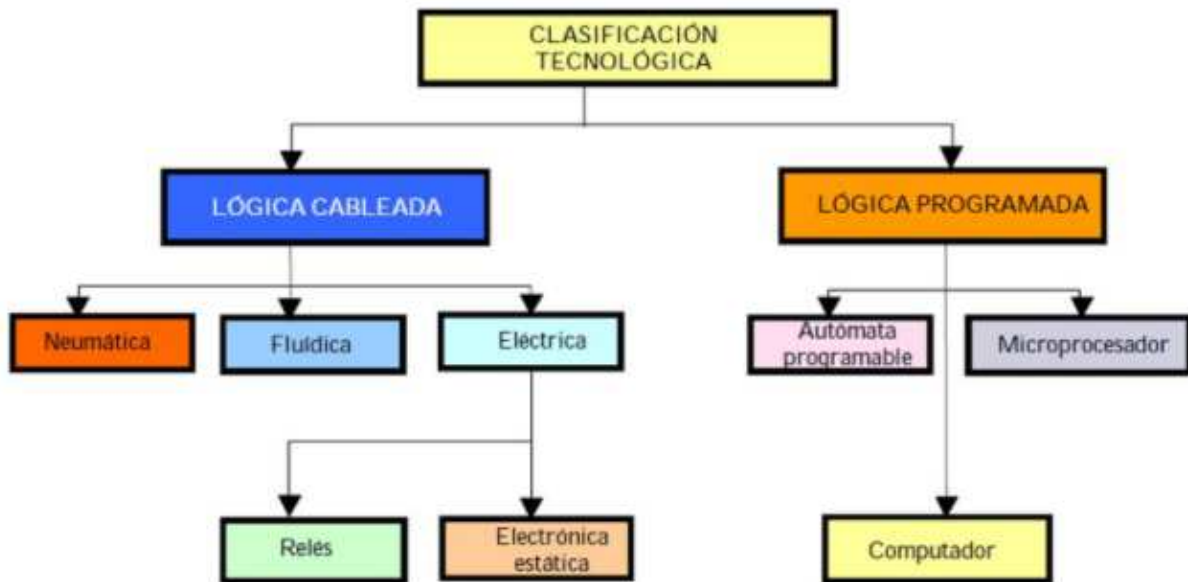


Figura 2.2 Clasificación de los sistemas de control

La **lógica cableada** consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ello contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, válvulas óleo-hidráulicas y neumáticas, así como demás elementos según las necesidades demandadas.

La **Lógica programada** es lo contrario de la lógica cableada, en esta se sustituyen los elementos utilizados en los circuitos de mando (contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, etc.) por PLC's, Autómatas Programables o Relés programables. Esto nos permite realizar cambios en las operaciones de mando, mediante el cambio de la programación, y por ello no tener que modificar el cableado. Aunque los fundamentos de la programación de la lógica programada son similares, cada fabricante utiliza una nomenclatura y un software específico para ello. Según la norma IEC, nos podremos encontrar con los lenguajes KOP (conocido como lenguaje de contactos), FUP (conocido como lenguaje de puertas lógicas) y AWL (conocido como lenguaje en modo texto).

### 2.1.5 Controlador Lógico Programable (PLC)

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital). Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. Disputas aparte, cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos.

Durante los casi ya treinta años de utilización de autómatas programables en la industria, conviene destacar su labor eficaz en el control secuencial de procesos. Una de las aplicaciones de mayor éxito es la combinación de autómatas programables con la tecnología electro neumática. Esta combinación ha permitido ofrecer soluciones de automatización basadas en el posicionamiento, la orientación y el transporte de material dentro de la planta, y es de gran ayuda en las tareas realizadas por otros elementos, como por ejemplo el robot manipulador industrial<sup>2</sup>. El **PLC** es entonces un aparato electrónico, que se caracteriza porque un usuario lo programa y que se dedica a gobernar máquinas o procesos lógicos secuenciales. El término PLC significa Controlador Lógico Programable y consiste en un “Sistema Industrial de Control Automático” que trabaja bajo una secuencia de instrucciones lógicas, almacenada en memoria. Este contiene todo lo necesario para operar y a la vez posee los requisitos necesarios para trabajar en ambientes hostiles, dando a la vez la posibilidad de comparar las señales provenientes del equipo controlado con algunas reglas programadas con anterioridad para emitir señales de control y mantener la operación estable de dicho equipo.

---

<sup>2</sup> Diseño Industrial. Pere Ponsa, Toni Granollers. Diseño y automatización industrial

### 2.1.5.1 Partes de un PLC<sup>3</sup>:

- **Fuente de alimentación.** Esta parte lleva energía continua a cada uno de los circuitos electrónicos que conforman el controlador. Usualmente se le conoce como fuente de poder. Se encarga de suministrar la corriente y la tensión necesarias a las tarjetas y al CPU.
- **Módulo de memoria.** Usualmente se le llama memoria. Se encarga del componente del PLC encargado de guardar el programa en una memoria, la cual puede ser volátil, denominándose como memoria RAM, o no volátil, donde toma el nombre memoria ROM.

Tipos de memorias:

- **Memorias RAM:** Es una memoria de acceso aleatorio de lectoescritura. A través de este se pueden ejecutar diversos procesos de lectoescritura usando procedimientos eléctricos. Estas por ser volátiles pueden perder fácilmente su contenido al momento de cortarse la energía eléctrica, por ello necesitan de un sistema que le respalde como es una batería eléctrica.
- **Memoria ROM** Se trata de una memoria de solo lectura, donde su contenido puede ser leído fácilmente pero nunca se puede escribir en él. La información que contienen al igual que sus datos son grabados por el fabricante, lo cual nunca podrá ser alterado. Esta memoria mantiene su contenido intacto aun cuando se genera una falta de energía eléctrica, ya que es del tipo no volátil. Estos no requiere de batería para respaldar la información cuando no haya energía eléctrica.
- **Memoria EPROM** Es una memoria no volátil que puede ser programada con luz ultravioleta luego de ser totalmente borrada. **Memoria PROM** Memoria no volátil que no se puede alterar ni borrar luego de ser programada.
- **Memoria EAROM** Este tipo de memoria necesita de un voltaje eléctrico para poder borrar su contenido.
- **Memoria EEPROM** Esta memoria dispone de un almacenamiento permanente lo

---

<sup>3</sup> Revista educativa Partesdel.com, equipo de redacción profesional. (2017, 12). Partes del PLC. Equipo de Redacción PartesDel.com. Fuente: <https://www.partesdel.com/plc.html>

cual se puede cambiar a través de la consola de programación.

- **Módulos.** Es una de las partes que más caracteriza a los PLC, ya que es a través de sistema de entrada y salida que se llega a diferenciar un computador, los cuales se presentan como módulos especiales para hacer posible la conexión física entre la unidad de procesamiento y el mundo exterior.
  - Módulos de salida. A través de esta parte del PLC las señales eléctricas son enviadas a los equipos de la instalación que llegan a ser controlados.
  - Módulo de entrada. Estos se encargan de acaparar toda señal eléctrica procedente de los equipos de instalación, lo cual llega a controlar el proceso.
- **Batería.** Se encarga de dar energía o alimentar la memoria RAM cuando el PLC no tenga alimentación. Esta batería no llega a ser necesaria cuando la memoria del PLC no es volátil. Esta batería se debe de cambiar en un periodo de 1 a 3 años para prevenir cualquier desgaste o que se pierda alguno de los programas que estén almacenados en la memoria RAM.
- **Puerto de comunicaciones.** Se trata del medio de comunicación que usa el PLC con la interfaz, con los periféricos, las unidades de programación, con otros PLC, etc.
- **CPU.** Se trata de la Unidad Central de Proceso, lo cual se encarga de mantener bien controlada la secuencia en la cual el programa se ejecuta, también se encarga de coordinar la comunicación entre los distintos elementos que componen el PLC, y a la vez ejecuta todas las operaciones lógicas y a la vez aritméticas. Se presenta como un elemento inteligente que tiene una gran capacidad para interpretar y leer todas las instrucciones que son cargadas en la memoria, donde llega a tomar decisiones en base a estos estados de entrada sobre las salidas.

## 2.2 Sistemas Hidráulicos.

La hidráulica es la transmisión y control de fuerzas y movimientos por medio de la utilización de los fluidos. El término de hidráulica se deriva de la palabra griega “hydros” que significa agua y “aulos” que significa tubo. Por lo que se puede decir que la hidráulica es la parte de la física que estudia los fluidos, ya sea éstos en movimiento (hidrodinámica), o en reposo (hidrostática).

Los sistemas hidráulicos se caracterizan por presiones muy altas pudiéndose despreciar, en consecuencia; las variaciones de la presión hidrostática, Los sistemas hidráulicos y los equipos tienen diversas aplicaciones industriales y ensayos de laboratorio.

Los primeros estudios se hicieron con agua en reposo y, luego, en movimiento. En la actualidad, se usan los sistemas hidráulicos porque son simples y transmiten la fuerza con mucha facilidad. Una de las razones por la que son simples, es debido a que la fuerza puede ser transmitida a las partes móviles, y no puede ser comprimido, en otras palabras, puede ocupar el mismo espacio total, bajo presiones, y no puede ser sometido a reducciones de volumen, como ocurriría con un gas o simplemente el aire, los cuales si pueden ser comprimidos. De esto sabemos que los líquidos no cambian su volumen solamente su forma, ya sea bajo presiones, o sin ellas, o en forma libre.

### 2.2.1 Componentes hidráulicos

#### **Bombas hidráulicas.**

La bomba es probablemente, el componente más importante y menos entendido de un sistema hidráulico. Su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica al empujar el fluido hidráulico dentro del sistema.

#### **Motores hidráulicos.**

Transforman la energía hidráulica en energía mecánica. Los motores tienen la misma construcción que las bombas, y básicamente operan igual, sólo que los motores a diferencia de las bombas; transforman energía hidráulica en energía mecánica. Así tenemos motores de engranajes, motores de paletas, motores de pistones.

### **Válvulas de control.**

La válvula de control se emplea para regular el flujo en un tubo. Un sistema hidráulico puede contener varias válvulas, algunas de las cuales deben ser solo para posiciones de cierre o de apertura plenas, en tanto que otras válvulas regulan la cantidad de flujo como se desee, las últimas usualmente se suelen considerar válvulas de control. Las válvulas de control pueden operarse manual o automáticamente, dependiendo de la cantidad deseada de flujo, la presión, la temperatura, el nivel, etc.

Las válvulas determinan; como válvulas direccionales, el comienzo, el fin y la dirección; como válvulas de presión, la presión y como válvulas de flujo, el volumen del chorro de los líquidos y gases que puedan circular por una tubería.

En los controles de presión, básicamente, los circuitos hidráulicos; utilizan dos formas para controlar la presión, siendo éstas, alivio y reducción de la presión.

#### 2.2.2 Unidades de mantenimiento.

Los sistemas hidráulicos más comunes se componen de los siguientes elementos:

#### **Tuberías.**

Son los conductos por los que se distribuye el fluido. Pueden ser de cualquier forma o largo, metálicas o flexibles (mangueras).

#### **Válvulas de control.**

Poseen un completo control sobre los fluidos y lo distribuyen automáticamente por las tuberías transmitiendo la fuerza a cualquier punto de la máquina.

#### **Filtros.**

Son los encargados de eliminar los residuos y contaminantes del fluido hidráulico, para evitar daños en los distintos componentes del sistema.

#### **Tanque hidráulico.**

Su función es almacenar el aceite hidráulico, pero también ejerce otras funciones importantes como la de enfriarlo o permitir que el aire se separe de este.

### **Bombas.**

Son las encargadas de convertir la energía mecánica (generada desde una fuente externa) en energía hidráulica con el fin de aumentar la presión de este. El tamaño y la velocidad de la bomba determinan la velocidad del flujo.

### **Cilindros hidráulicos.**

Son actuadores que convierten la energía hidráulica en energía mecánica a través de la presión.

### **Válvulas de alivio.**

Son las válvulas que controlan la presión del sistema para evitar daños en los componentes. La válvula permanece cerrada si la presión no supera el límite preestablecido, y se abrirá si este es superado, evitando así la sobrepresión del sistema.

### **Enfriador.**

Elimina el calor del fluido hidráulico evitando calentamientos innecesarios.

## 2.2.3 Unidades de mando y control.

### *2.2.3.1 Válvulas*

#### **a. Válvulas distribuidoras.**

En el sistema neumático dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio de sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro.

<b>Válvula normal cerrada</b>	<b>Válvula normal abierta</b>	<b>Posición de partida</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• No permite el paso del aire en posición de reposo. Si se acciona, permite circular el aire comprimido</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En reposo el paso del aire está libre y al accionarla se cierra.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un movimiento de las partes móviles de una válvula al estar montada en un equipo y alimentarla a la presión de la red neumática</li></ul>

En el sistema hidráulico Las válvulas distribuidoras o de control direccional se utilizan para cambiar el sentido del flujo de aceite dentro del cilindro y mover el pistón de un extremo al otro de su carrera. Estas válvulas cuentan con distinta cantidad de vías y de posiciones. La suma de las

rosca corresponde a la cantidad de vías que posee. Las combinaciones más comunes son las siguientes:

- **Válvulas 2/2 (2 vías y 2 posiciones).** Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente se corta el paso. Estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas.
- **Válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones):** Normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada.
- **Válvulas 4/2 (4 vías y 2 posiciones):** Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición mete el aire en el pistón y con la otra lo saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire.
- **Válvulas 4/3 (4 vías y 3 posiciones):** Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión.

**Centro abierto** significa que en la posición central de la válvula no hay presión en ninguna de las vías y se abren las vías de escape. De esta manera, un cilindro neumático (por ejemplo) queda detenido y podría moverse manualmente, porque no hay presión que lo bloquee.

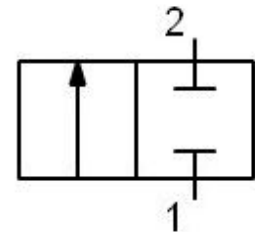


Figura 2.3 Válvulas 2/2

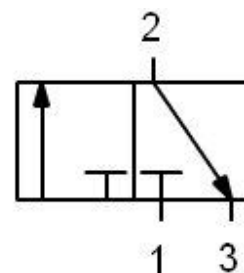


Figura 2.4 Válvulas 3/2

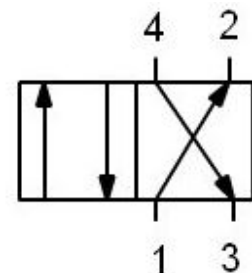


Figura 2.5 Válvulas 4/2

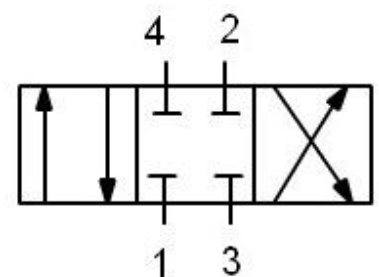


Figura 2.6 Válvulas 4/3

**Centro cerrado** significa que en la posición central todas las vías se cierran. El cilindro quedaría bloqueado por imposibilitarse los escapes.

**Centro a presión** mantiene la presión en ambas vías, lo que permite detener con precisión un cilindro sin vástago, compensando eventuales pérdidas de aire del circuito.

Un ejemplo muy común de este tipo de válvulas son las de activación mediante una palanca. Cuando la palanca está en su posición de reposo, la válvula queda en su posición central. Al moverse la palanca para adelante o para atrás, la válvula pasa a las otras posiciones, permitiendo (por ejemplo), realizar los movimientos de avance o retroceso de un cilindro.

#### **b. Válvulas de control de presión.**

Se usan para controlar la presión de un circuito o de un sistema. Aunque las válvulas de control tienen diferentes diseños, su función es la misma. Algunos tipos de válvulas de control de presión son:

- **Válvulas de alivio.** Los sistemas hidráulicos se diseñan para operar dentro de cierta gama de presión. La válvula de alivio mantiene la presión dentro de límites específicos y, al abrirse, permite que el aceite en exceso fluya a otro circuito o regrese al tanque.
- **Válvula de alivio de presión simple, presión de apertura de la válvula:** La válvula de alivio simple (también llamada válvula de accionamiento directo) se mantiene cerrada por acción de la fuerza del resorte. La tensión del resorte se ajusta a una “presión de alivio”. Sin embargo, el ajuste de la presión de alivio no es la presión a la que la válvula comienza a abrirse. Cuando ocurre una condición que causa resistencia en el circuito al flujo normal de aceite, el flujo de aceite en exceso hace que la presión de aceite aumente. El aumento de la presión de aceite produce una fuerza en la válvula de alivio. Cuando la fuerza de la presión de aceite, en aumento, sobrepasa la fuerza del resorte de la válvula de alivio, la válvula se mueve contra el resorte y la válvula comienza a abrirse. La presión requerida para comenzar a abrir la válvula se llama “presión de apertura”. La válvula se abre lo suficiente para permitir que sólo el aceite en exceso fluya a través de la válvula.
- **Válvula de secuencia en posición cerrada:** La válvula de secuencia es simplemente una válvula de alivio de operación piloto en serie con un segundo circuito. La válvula de

secuencia se usa cuando una bomba suministra aceite a dos circuitos y uno de los circuitos tiene prioridad sobre el otro.

- **Válvula reductora de presión:** La válvula reductora de presión permite que dos circuitos con diferente presión obtengan suministro de la misma bomba. La válvula de alivio del sistema controla la presión máxima de aceite de suministro. La válvula reductora de presión controla la presión máxima del circuito de aceite controlado.
- **Válvula de presión diferencial,** condición de operación normal Cuando el circuito primario se llena de aceite, la presión comienza a aumentar. Cuando la presión del circuito primario alcanza más de 345 kPa (50 lb/pulg<sup>2</sup>), la presión del circuito primario sobrepasa la fuerza del resorte de la válvula de presión diferencial de 345 kPa y mueve la válvula de presión diferencial hacia la izquierda. El suministro de aceite fluye al circuito secundario y a través del conducto a la cámara del resorte de la válvula de presión diferencial.

### **c. Válvulas de control de flujo.**

El control de flujo tiene como objetivo controlar el volumen de flujo de aceite que entra o sale de un circuito. El control de flujo de un circuito hidráulico puede realizarse de varias maneras. El modo más común es colocando un orificio en el sistema. Al poner un orificio se produce una restricción mayor de la normal al flujo de la bomba. Una mayor restricción produce un aumento de la presión de aceite. El aumento de la presión del aceite hace que parte del aceite vaya por otro camino. El camino puede ser a través de otro circuito o a través de una válvula de alivio. Orificio: Un orificio es una abertura pequeña en el paso del flujo de aceite. El flujo que pasa por un orificio se ve afectado por diferentes factores.

Tres de los factores más comunes son:

1. La temperatura del aceite.
2. El tamaño del orificio.
3. La presión diferencial a través del orificio.

#### **d. Válvulas de bloqueo.**

Estas válvulas sirven para bloquear el paso del fluido, se pueden distinguir 4 tipos de válvulas de bloqueo: anti retorno, simultáneas, selectivas y de escape.

#### **e. Servo válvulas.**

Consiste en una bobina que recibe la señal eléctrica de control y en cuyo interior se encuentra una armadura flotante que en su centro recibe el chorro de aceite de dos toberas y por el extremo está unida al embolo de una válvula proporcional. La señal de control establece la posición del embolo y por lo tanto, gracias al diferente chorro de las toberas se establecen las presiones de salida de A y B que van a cada lado del cilindro. El conducto T comunica con el tanque de fluido hidráulico. Las servoválvulas se aplican en el control de posición, la velocidad o la fuerza de un actuador hidráulico. Su principio de funcionamiento es parecido en los tres casos. El punto de consigna de posición, velocidad o fuerza actúa sobre el controlador quien envía una señal a la servo válvula para posicionar el actuador. El actuador envía una señal de realimentación al controlador que la compara con el punto de consigna. Y la señal de error correspondiente provoca que el controlador vuelva a emitir una señal de corrección al actuador hasta que la señal de error es nula.

#### 2.2.4 Unidades de Trabajo.

Actuadores Hidráulicos se clasifican en:

- Actuadores Lineales, llamados Cilindros.
- Actuadores rotativos en general denominados motores hidráulicos.

Los actuadores son alimentados con fluido a presión y se obtiene un movimiento con una determinada velocidad, fuerza, o bien velocidad angular y momento a partir de la pérdida de presión de un determinado caudal del fluido en cuestión.

$$\text{Potencia de Entrada} = \text{Presión} \times \text{Caudal}$$

$$\text{Potencia Entregada en el Actuador} = \text{Variación de Presión} \times \text{Caudal.}$$

Esta variación de presión deberá computarse entre la entrada y la salida del actuador.

La potencia mecánica de salida estará dada en los actuadores lineales por:

$$\text{Potencia de Salida} = \text{Fuerza} \times \text{Velocidad}$$

Y en los actuadores rotativos por:

$$\text{Potencia de Salida} = \text{Momento Motor (Torque)} \times \text{Velocidad Angular}$$

### 2.3 Diagramas Electrohidráulicos.

Un sistema electrohidráulico es un conjunto de elementos que, dispuestos en forma adecuada y conveniente, producen energía electrohidráulica partiendo de otra fuente, que normalmente es electromecánica o termomecánica.

La energía electrohidráulica se genera de la siguiente manera: Se recibe energía electromecánica a través de la bomba de instalación, ésta la impulsa obligándola a pasar por el circuito, hasta llegar a los puntos de utilización (actuadores), encargados de transformar dicha energía en mecánica.

Podemos evidenciar tres grupos perfectamente localizados, a detallar:

- Sistema de impulso y bombeo.
- Sistema intermedio compuesto por elementos de control, comando y conexiones.
- Actuadores y consumidores.
- Diseño de circuitos.

Para el diseño de un circuito es imprescindible el conocimiento exacto de las necesidades y trabajos a realizar por los elementos accionadores (velocidades, fuerzas, tiempos, ciclos, etc.) así como las limitaciones (espacio, potencia disponible, tipo de energía, etc.).

Con los datos del diseño, y con la ayuda de los símbolos, se hace un croquis en el que se dibujan los elementos accionadores y los impulsores.

Finalmente se añaden al croquis los accesorios del sistema. Una vez realizado el croquis del círculo, se numeran los componentes, y en una relación aparte se les da el nombre además de definirse sus especificaciones de cada uno como el tipo, la velocidad de funcionamiento, presión de trabajo, etc. Y así se hará con cada uno de los componentes.

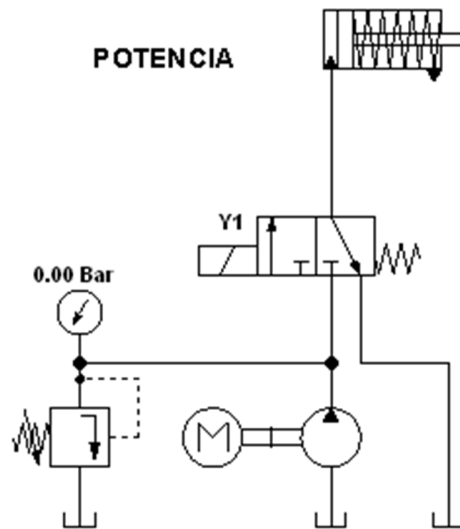


Figura 2.7 Diagrama Electrohidráulico

### 2.3.1 Electroválvulas.

La válvula de solenoide eléctrica funciona al suministrar corriente eléctrica al imán de la bobina, el campo magnético mueve el cuerpo de cilindro deslizante de la válvula, el cual se dirige el aceite.

Cabe recordar que la única diferencia entre una válvula hidráulica/eléctrica y una válvula hidráulica ordinaria es la forma en que se mueve el cuerpo de cilindro.

Las válvulas de solenoide constan de una válvula de cartucho y una de solenoide. Para desarmar la válvula quite el conjunto de la válvula solenoide y luego destornille cuidadosamente el cuerpo de la válvula.

Se les llama SOLENOIDES por estar accionados con corriente continua, cuando están accionados por corriente alterna, se llaman ELECTROIMANES.

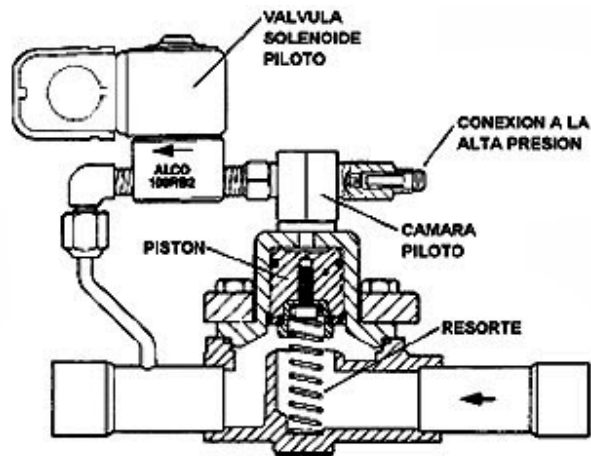


Figura 2.8 Válvula Solenoide

### 2.3.2 Diagramas en escalera.

Los diagramas en escalera gráficamente muestran cuáles interruptores deben estar cerrados o abiertos para permitir que la corriente fluya a una carga de salida. La Figura 2.9 muestra la apariencia general de un diagrama en escalera. Las líneas verticales en el lado izquierdo y derecho del diagrama representan las terminales de la fuente de alimentación. La línea izquierda es la terminal "corriente" (+), y la línea derecha, la terminal "tierra" (-). Las líneas horizontales son llamadas escalones. Cada escalón básicamente consta de un elemento de entrada, una carga de salida, y cables de conexión eléctricos uniendo estos dos dispositivos. Los elementos de entrada, como botones pulsadores, interruptores, y contactos de relé, están localizados en el lado izquierdo del escalón. Las cargas de salida, como lámparas, solenoides de válvula, y bobinas de relé, están localizadas en el lado derecho del escalón.

## Diagramas en escalera

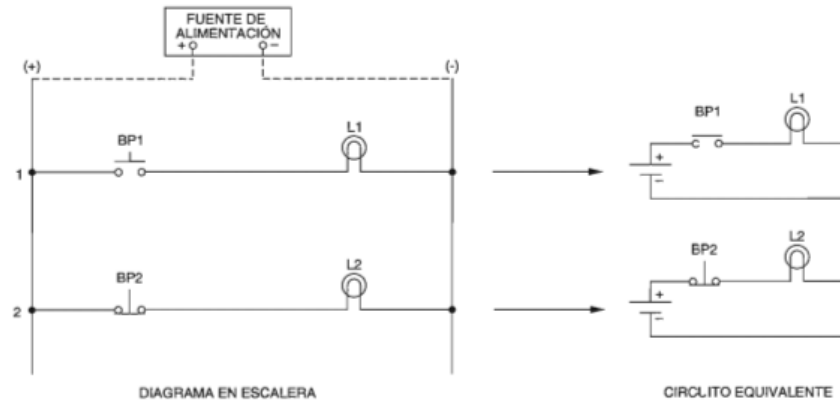


Figura 2.9 Diagrama de escalera básico

Cuando el elemento de entrada en un escalón está cerrado, esto forma una trayectoria continua, o circuito cerrado, para la carga de salida, permitiendo a la corriente que fluya desde la terminal positiva (+) de la fuente de alimentación para energizar la carga de salida.

### 2.4 Componentes electrónicos

#### 2.4.1 Finales de carrera.

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite"), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado. Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo. En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tarea que hace que el eje se eleve y se conecte con el objeto móvil con el contacto NC (normal cerrado). Cuando el muelle

(resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado. El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito.

## 2.5 Tipos de conectores y puertos.

### 2.5.1 Puertos.

Es una interfaz comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurada.

El puerto se define como el lugar donde los datos entra o salen o ambas cosas y se denominan puertos de entrada/salida o abreviado puertos E/S y son interfaces para conectar dispositivos mediante cables.

Generalmente tiene un extremo macho con clavijas que sobresalen o tipo hembra la cual tiene una serie de agujeros para alojar los conectores machos.

#### **Puertos USB.**

Es una arquitectura de bus desarrollada por la industria de computadoras y telecomunicaciones que permite instalar periféricos sin tener que abrir la máquina para instalarle hardware.

#### **Puerto VGA.**

Es el puerto estandarizado para conexión del monitor a la pc, es un puerto hembra con 15 orificios del conexión en tres hileras de cinco.

#### **Puerto RJ-45**

Es una interfaz comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurada.

### 2.5.2 Conectores.

#### **Conector de corriente.**

Los conectores de corriente o de potencia son utilizados para permitir la alimentación de corrientes eléctricas a los dispositivos al cual está conectados.

#### **Conector VGA.**

Es un conector macho que se inserta en el puerto VGA de la cpu.

**Conector serial.**

Son adaptadores que se utilizan para enviar y recibir información de BIT en BIT fuera del computador a través de un único cable y de un determinado software de comunicación

**Conector paralelo.**

Es un cable especial diseñado para conectar la impresora a la cpu.

**Conector USB.**

Conector tipo A, conector tipo B, símbolo USB.

**Conector RJ 45.**

Es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, es el conector principal más utilizado en la actualidad con tarjeta de red Ethernet.

**Conector audio.**

Las tarjetas de sonido de las computadoras utilizan este tipo de conectores siempre de tipo hembra.

**Conector video.**

Se utiliza para conectar televisores analógicos en la pc.

## 2.6 Sistema SCADA.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), su traducción al español Adquisición de datos y supervisión de control). Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Los sistemas de interfaz entre usuario y planta basados en paneles de control repletos de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidos por sistemas digitales que implementan el panel sobre la pantalla de un ordenador.

El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

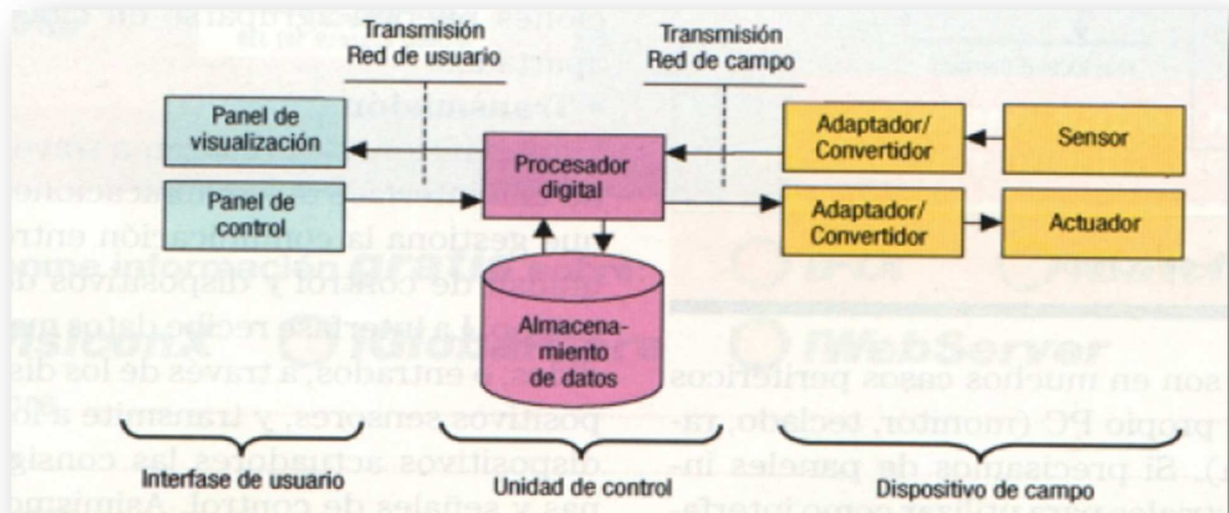


Figura 2.10 Esquema básico ESCADA

### 2.6.1. Funciones Principales

**Adquisición de datos.** Para recoger, procesar y almacenar la información recibida.

**Supervisión.** Para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.

**Control.** Para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

**Transmisión.** De información con dispositivos de campo y otros PC.

**Base de datos.** Gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.

**Presentación.** Representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).

**Explotación.** De los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

### 2.6.2. Requisitos para implementarlo.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

### 2.6.3. Módulos.

Los módulos o bloques software son los siguientes:

- Configuración.
- Interfaz Gráfico del Operador.
- Módulo de Proceso.
- Gestión de Archivo de Datos.
- Comunicación.

## 2.7 LabVIEW

Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs ya que su apariencia y operación generalmente imitan a los instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros. LabVIEW contiene una extensa variedad de herramientas para adquirir, analizar, visualizar y almacenar datos, así como herramientas para ayudarle a solucionar problemas en el código que escriba.

Cuando se crea un nuevo VI, se ve dos ventanas: la ventana del panel frontal y el diagrama de bloques.

### 2.7.1 Panel Frontal

Cuando abre un VI nuevo o existente, aparece la ventana del panel frontal del VI. La ventana del panel frontal es la interfaz de usuario para el VI. La Figura 2.11 muestra un ejemplo de una ventana del panel frontal.

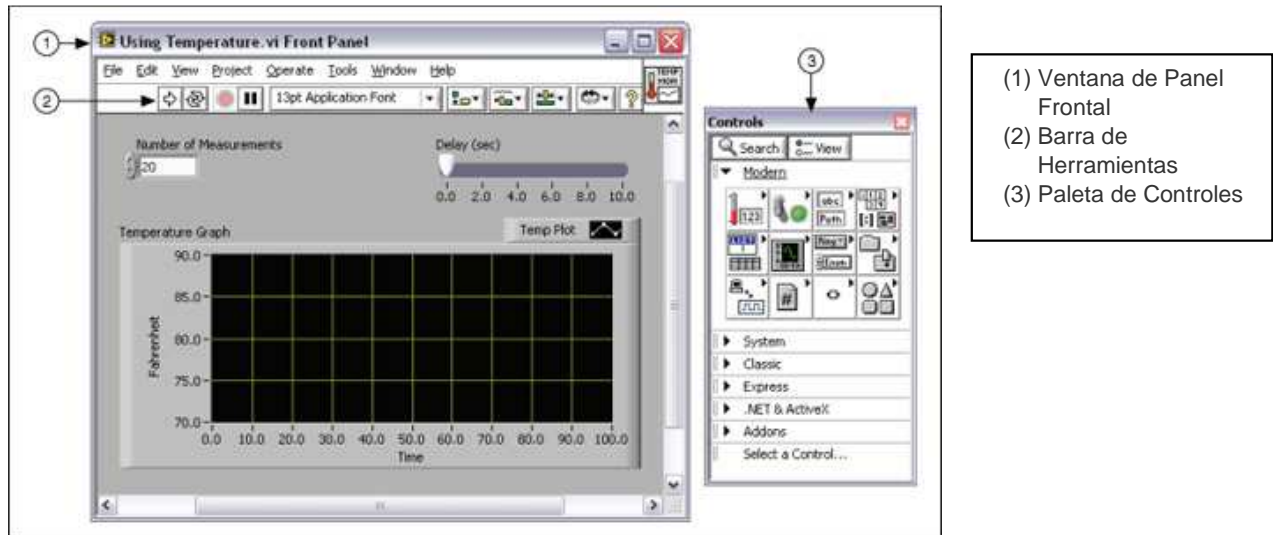


Figura 2.11 Ejemplo de un Panel Frontal

### 2.7.2 Paleta de Controles

La paleta de Controles contiene los controles e indicadores que utiliza para crear el panel frontal. Puede tener acceso a la paleta de Controles de la ventana del panel frontal al seleccionar View»Controls Palette o al dar clic con botón derecho en cualquier espacio en blanco en la ventana del panel frontal. La paleta de Controles está dividida en varias categorías; puede exponer algunas o todas estas categorías para cumplir con sus necesidades. La Figura 2.12 muestra la paleta de Controles con todas las categorías expuestas y la categoría Moderna expandida.

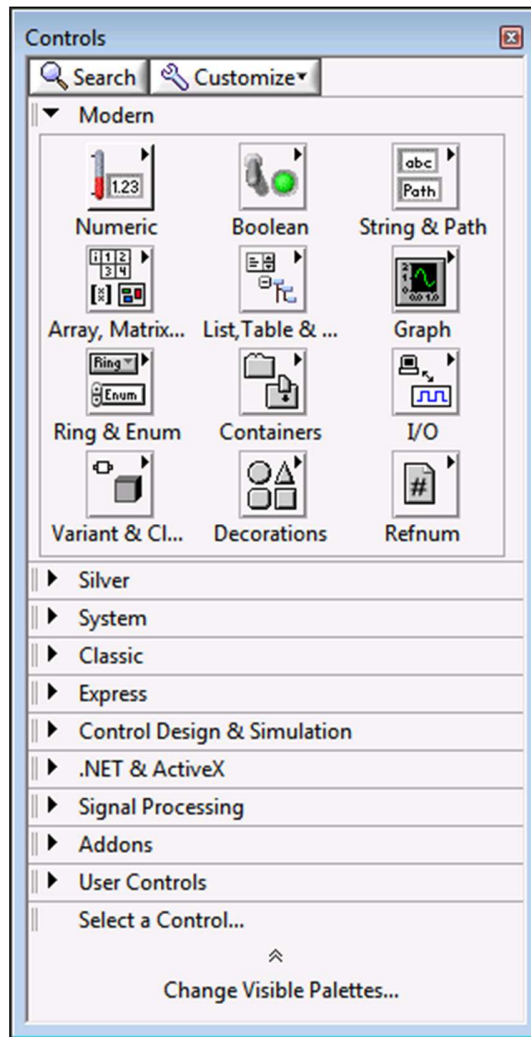


Figura 2.12 Paleta de controles.

### 2.7.3 Controles e Indicadores

Se tiene un panel frontal que se puede diseñar como una interfaz de usuario. También se pueden usar paneles frontales como la manera de transmitir entradas y recibir salidas cuando se llama al VI desde otro diagrama de bloque. Se puede crear la interfaz de usuario de un VI al colocar controles e indicadores en el panel frontal de un VI. Cuando interactúa con un panel frontal como una interfaz de usuario, puede modificar los controles para transmitir entradas y ver los resultados en los indicadores. Los controles que definen las entradas y los indicadores muestran las salidas.

Los controles generalmente son perillas, botones, perillas, deslizadores y secuencias. Simulan dispositivos de entrada de instrumentos y suministran datos al diagrama de bloques del VI. Los indicadores generalmente son gráficas, tablas, LEDs y secuencias de estado. Los indicadores simulan dispositivos de salida de instrumentos y muestran los datos que el diagrama de bloques adquiere o genera.

El usuario puede cambiar el valor de entrada para los controles Number of Measurements and Delay (sec). El usuario puede ver el valor generado por el VI en el indicador Temperature Graph. El VI genera los valores para los indicadores basados en el código creado en el diagrama de bloques.

Cada control o indicador tiene un tipo de datos asociado con él. Por ejemplo, el slide horizontal Delay (sec) es un tipo de datos numérico. Los tipos de datos utilizados con mayor frecuencia son numéricos, Booleano y cadena de caracteres.

#### 2.7.4 Controles e Indicadores Numéricos

El tipo de datos numérico pueden representar números de varios tipos como un entero o real. Los dos objetos numéricos comunes son el control numérico y el indicador numérico, como se muestra en la Figura 2.13. Los objetos como medidores y perillas también representan datos numéricos.

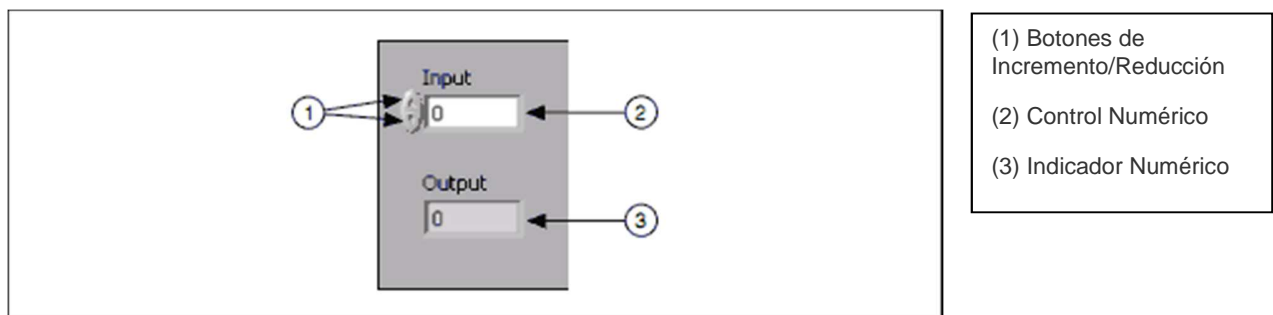


Figura 2.13 Controles e indicador numérico.

Para proporcionar o cambiar valores en un control numérico, haga clic en el botón de incremento y reducción o haga doble clic en el número, introduzca un nuevo número y presione la tecla <Enter>.

### 2.7.5 Controles e Indicadores Booleano

El tipo de datos Booleano representa datos que solamente tienen dos estados posibles, como TRUE y FALSE u ON y OFF. Use los controles e indicadores Booleano para proporcionar y visualizar valores Booleano. Los objetos Booleano simulan interruptores, botones y LEDs. El interruptor de encendido vertical y los objetos LED redondos se muestran en la Figura 2.14.

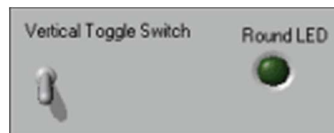


Figura 2.14 Controles e indicadores Booleano

### 2.7.6 Controles e Indicadores de Cadena de Caracteres

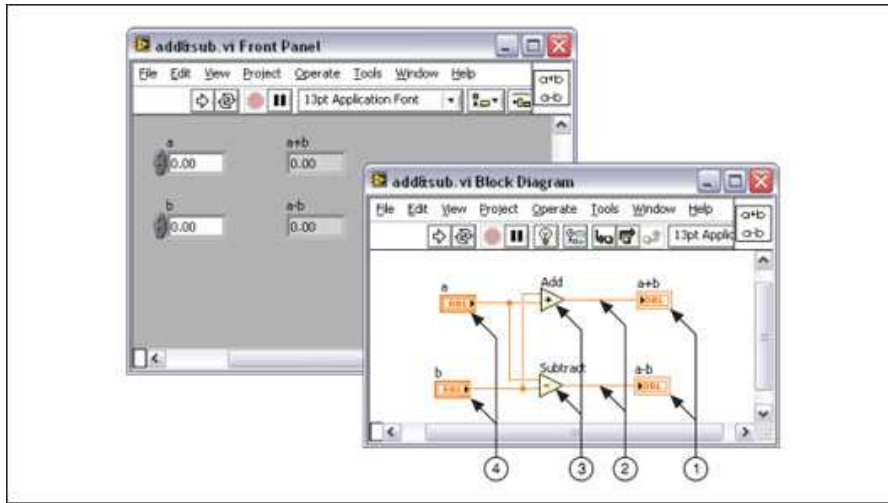
El tipo de datos cadena de caracteres es una secuencia de caracteres ASCII. Use controles en cadena para recibir texto desde el usuario como una contraseña o nombre de usuario. Use indicadores en cadena para mostrar texto al usuario. Los objetos en cadena más comunes son tablas y cuadros de texto, como se muestra en la Figura 2.15.



Figura 2.15 Controles e indicadores de cadena de caracteres

### 2.7.7 Diagrama de Bloques

Los objetos del diagrama de bloques incluyen terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, los cuales transfieren datos junto con otros objetos del diagrama de bloques. Ver en la Figura 2.16 y 2.17 el Diagrama de bloques.



- (1) Terminales de Indicador
- (2) Cables
- (3) Nodos
- (4) Terminales de Control

Figura 2.16 Ejemplo de un Diagrama de Bloques y Panel Frontal Correspondiente

Después de que se crea la ventana del panel frontal, añade código usando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. La ventana del diagrama de bloques contiene este código de fuente gráfica.

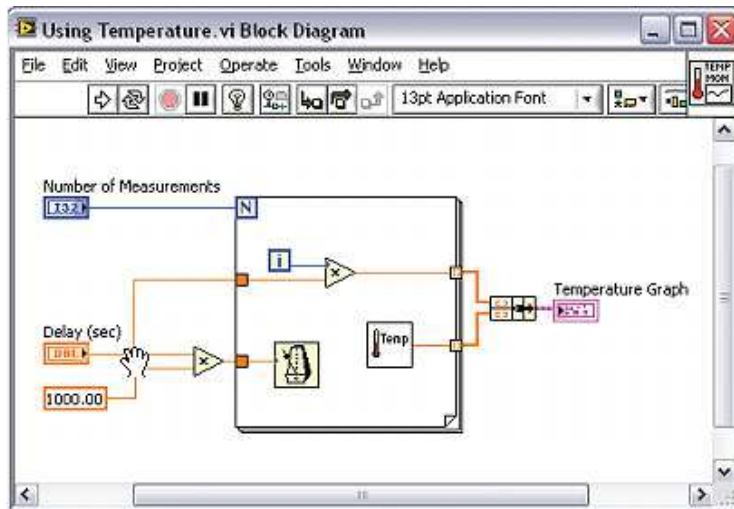


Figura 2.17 Diagrama de bloques

**CAPITULO III.**

**INSPECCIÓN, DIAGNÓSTICO Y**

**REACONDICIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL**

**EQUIPO.**

## **CAPITULO III. INSPECCIÓN, DIAGNÓSTICO Y REACONDICIONAMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL EQUIPO.**

### **3.1 Estructura de equipo experimental**

La prensa de acuñado que se utiliza como equipo experimental consiste en una prensa hidráulica la cual está conformada por un cuerpo rústico fijado por cuatro postes de acero rectificad los cuales son los encargados de soportar y unir la subestructura superior y la subestructura inferior las cuales se encuentra unidas a dos perfiles angulares donde descansa mediante una junta empernad sobre un banco rectangular, además se encuentra equipada con herramientas de acero endurecido.

La configuración de la prensa hidráulica experimental cuenta con dos actuadores lineales hidráulicos de doble efecto, montados con un eje de movimiento vertical para ejercer la fuerza de compresión para el proceso de acuñad.

En las sub estructuras de la prensa hidráulica se alojan los dos actuadores hidráulicos los cuales se encuentran empernados a la sub estructura perforada en su centro y soportados por unas planchas rectangulares de acero rígido.

Las planchas permiten el fácil montaje y la alineación de los mismos mediante sus agujeros a través de las secciones rectangulares las cuales proporcionan fijeza en el montaje para los puestos de deformación. Las subestructuras de prensa superior e inferior proporcionan desviación insignificante debido a la flexión entre los cilindros montados y los puestos de deformación.

Los cuatro postes de tensión, que forman el núcleo mecánico de la célula de carga de la prensa, están hechos de acero al carbono 1045 estándar. Luego de realizar una verificación de su linealidad, no se necesitó ningún mecanizado.

El conjunto de la subestructura de la prensa en la parte inferior se encuentra apoyada en un banco con ruedas, permitiendo así que sea semi-portatil, en donde en su parte posterior se encuentran alojados parte de los componentes hidráulicos del sistema, tal como se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1 Imagen física de prensa y conjunto principal de su estructura

La prensa existente fue diseñada originalmente usando unidades imperiales, similar a la célula de carga utilizada para la calibración de fuerza.

Para este proyecto, las nuevas piezas, sistema de control y medición también se emplearon las unidades imperiales por razones de simplicidad, pero los resultados se presentan en unidades

del SI<sup>4</sup>, tal como se indica en la tabla 1 que posee las dimensiones de las principales partes de la estructura.

En la Figura 3.2 se muestra el conjunto principal de la estructura de la prensa hidráulica experimental, que muestra las subestructuras de prensa superior e inferior, los actuadores hidráulicos superior e inferior, así como los útiles que se le incorporan a los vástagos del pistón para accionar los sensores de desplazamiento y los cuatro puestos de deformación.

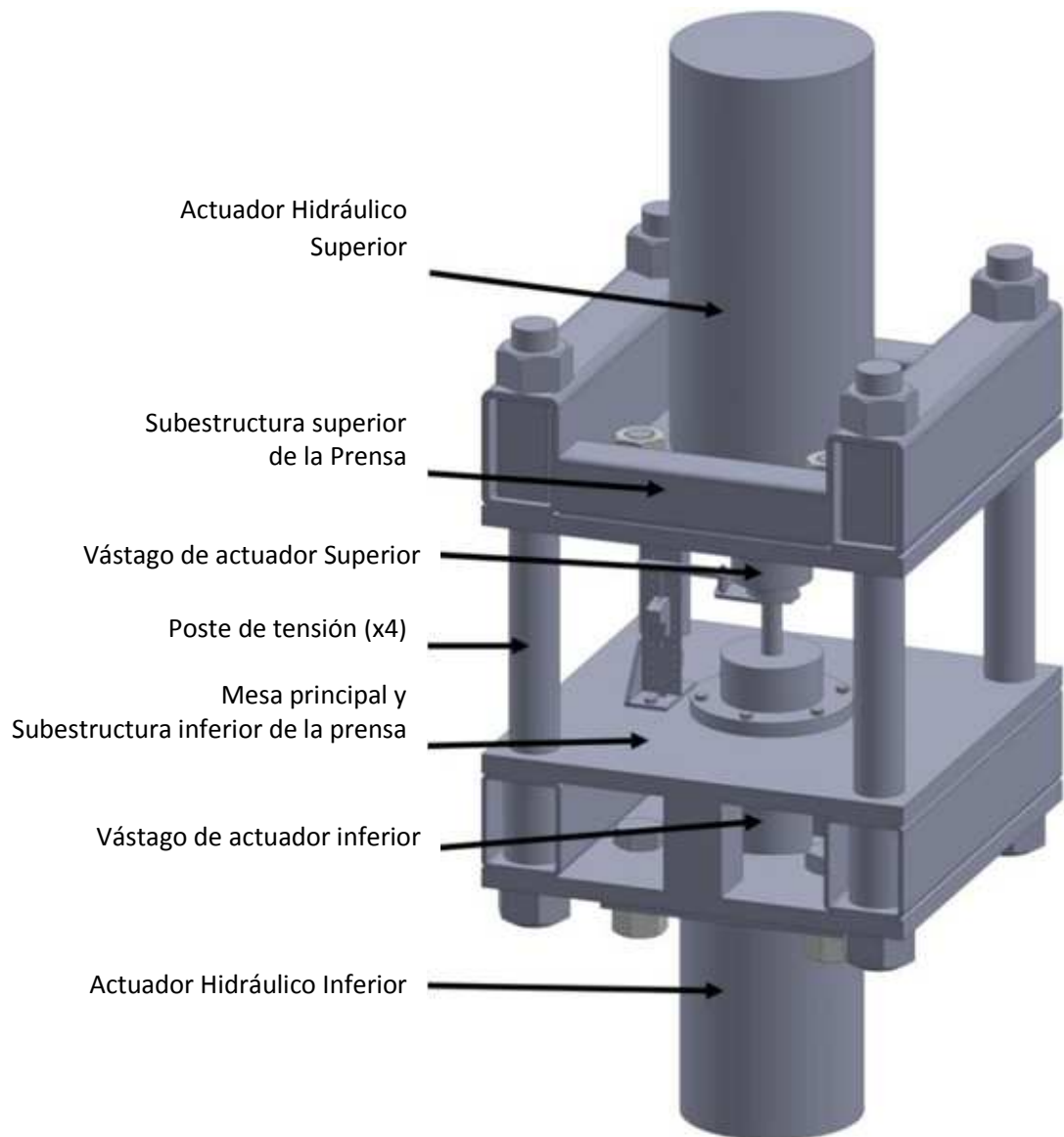


Figura 3.2 Modelo CAD de prensa y conjunto principal de su estructura.

---

<sup>4</sup> Sistema Internacional

Tabla 1. Partes principales de estructura y sus dimensiones.

<b>Parte</b>	<b>Sistema Imperial</b>	<b>Sistema Internacional</b>
<b>Actuador Superior (D<sub>e</sub> x D<sub>v</sub> x L)</b>	9 x 4 x 12"	228.60 x 101.60x 304.80 mm
<b>Plancha rectangular superior (e x a x l)</b>	1 x 13 x 13"	25.4 x 330.20 x 330.20 mm
<b>Sub estructura superior (e x a x l)</b>	7 x 22 x 22"	177.80 x 558.80 x 558.80 mm
<b>Pernos de unión superior (x4)</b>	1 ½ x 5"	38.10 x 127 mm
<b>Postes de acero 1045 (x4) (D)</b>	2.75"	69.85 mm
<b>Pernos de unión inferior (x4)</b>	1 ½ x 5"	38.10 x 127 mm
<b>Sub estructura inferior (e x a x l)</b>	7 x 22 x 22"	177.80 x 558.80 x 558.80 mm
<b>Plancha rectangular inferior (e x a x l)</b>	1 x 13 x 13"	25.4 x 330.20 x 330.20 mm
<b>Actuador inferior (D<sub>e</sub> x D<sub>v</sub> x L)</b>	9 x 4 x 6"	228.60 x 101.60x 152.40 mm
<b>Soportes angulares (e x a x h)</b>	5/16 x 13 x 6.5	7.93 x 330.20 x 165.10 mm
<b>Banco estructural (a x l x h)</b>	36 x 36 x 20	914.40 x 914.40 x 508.00 mm

### 3.2 Inspección de sistema hidráulico de equipo experimental.

El sistema hidráulico es una de las partes fundamentales de este sistema ya que el encargado de suministrar la alimentación de fluido hidráulico para operatividad de la prensa experimental, la cual no había sido operada desde el año 2012, cuando el equipo fue utilizado para análisis metalúrgicos.

El sistema hidráulico que compone el equipo de la prensa está compuesto por una unidad de potencia hidráulica marca MILACRON, la cual data de 1982 y posee 2,652.2 horas de uso como

lo indica su medidor de tiempo de operación, mostrado en la figura 3-3, y su representación mediante simbología ISO, se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.3 Medidor de tiempo de unidad de potencia hidráulica.

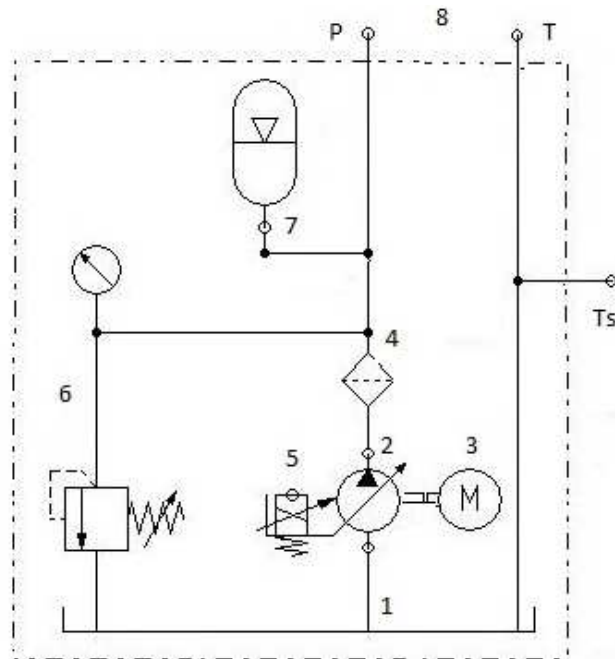


Figura 3.4 Representación gráfica ISO de unidad de potencia hidráulica.

Los componentes principales que integran la unidad de potencia se describen a continuación:

### 1. Tanque o reservorio

El tanque o reservorio de la unidad de potencia es un tanque no presurizado posee una capacidad de 205 litros sin embargo su capacidad efectiva es de 287 litros de aceite hidráulico Nuto H-32, el cual posee un índice de viscosidad de 95 y es grado 32, siendo un aceite de calidad Premium, empleado para bombas de engranajes, paletas y de pistones. El tanque posee tubería rígida de impulsión de fluido hidráulico de 1 in de diámetro y su tubería de retorno es de 1 ¼ in, así como también posee un enfriado por agua fría el cual opera de manera automática según la temperatura de operación del equipo la cual oscila entre (60F – 104F) esto variara mas según las condiciones climáticas propias del lugar. En la imagen 3.5 de muestra un tanque con características similares al del equipo.

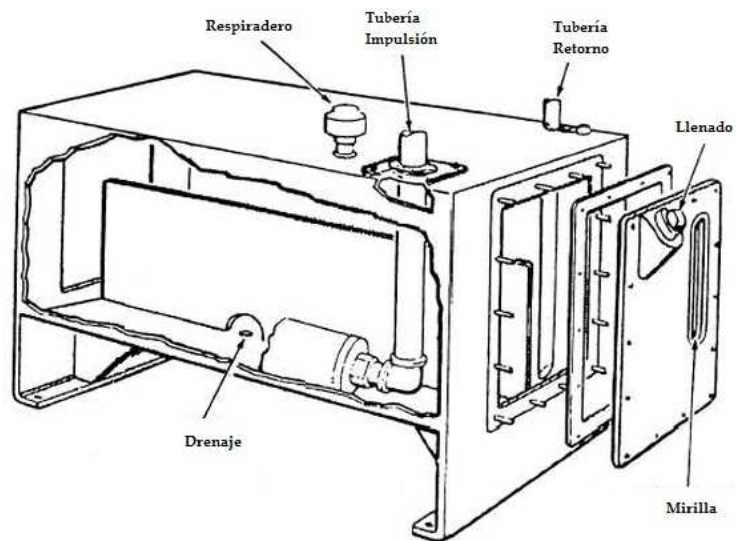


Figura 3.5. Imagen representativa de tanque de unidad de potencia MILACRON.

Sobre el tanque se encuentran posicionados la caja de control eléctrico el cual aloja los elementos de fuente eléctrica para el accionamiento de motor, electroválvulas y demás componentes hidráulicos que se describen más adelante sirviendo este como base de apoyo.

## 2. Bomba de paletas

El suministro de flujo de aceite hidráulico se da por medio la bomba de paletas REXROTH serie CM-1081 de caudal variables la cual es la encargada de succionar e impulsar el fluido hidráulico según sea el valor de presión requerido o ajustado en la válvula la cual se indica por medio de un manómetro.

## 3. Motor eléctrico.

La unidad de potencia cuenta con un motor eléctrico Delco, serie ZQ de 25 caballos de fuerza, (18,65 kW) el cuál es el encargado de transmitir el movimiento de rotativo para la activación de la bomba, llevando se acaba los ciclos de cambio de energía que se muestran en el siguiente esquema de la figura 3.6.

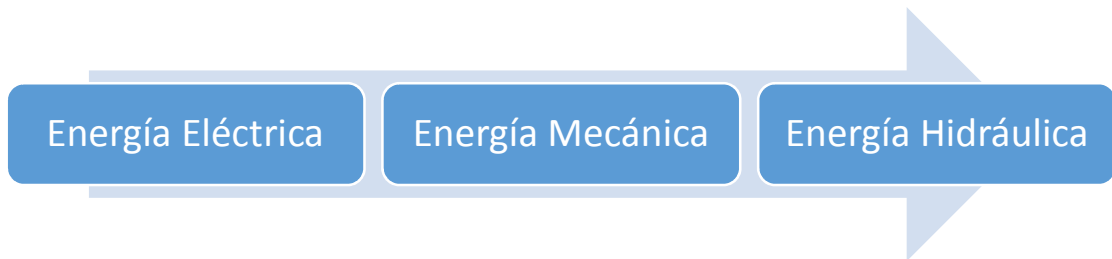


Figura 3.6. Ciclos de transformación de energía.

## 4. Filtros de aceite.

En la unidad de potencia se cuenta con un filtro de aceite de caudal positivo PALL el cual solo permite el paso en el sentido de salida y se encuentra situado en la línea de alta presión posterior a la salida de la bomba de impulsión de fluido hidráulico con una capacidad de trabajo máxima de 6,000 PSI , teniendo como objetivo principal la eliminación de impurezas o sedimentos que puedan dañar a los componentes posteriores que se encuentran en el circuito hidráulico los cuales poseen elementos ahulados como membranas o cellos que pueden fisurarse o dañarse por la presencia de partículas en el fluido.

## 5. Electroválvula

Esta es una electroválvula SPERRY de doble cuerpo con una capacidad máxima de presión de 3,000 PSI, en donde la primera es una válvula direccional cuatro vías y dos posiciones, con retorno por muelle y doble accionamiento, el principal por solenoide y el secundario

manual siendo este último empleado mayormente para actividades de mantenimiento. Esta válvula es la encargada de activar una segunda válvula direccional cuatro vías y dos posiciones accionadas por pilotaje hidráulico, la cual es la encargada de estar direccionar la presión de fluido requerido para que opere correctamente la bomba de paletas de caudal variable.

#### **6. Válvula reguladora de presión y manómetro.**

La válvula reguladora de presión SPERRY serie F3, tiene como función principal de ajustar el valor de la presión suministrada a los componentes hidráulicos del sistema en donde se ajusta de manera manual y posee un pilotaje de alivio de sobre presión la cual es reenviada al tanque cuando el sistema se encuentra presurizado para evitar daños en los componentes. En su cuerpo posee una vía en la cual se encuentra alojado un manómetro de caratula húmeda de 0 – 5,000 PSI.

#### **7. Acumulador hidráulico**

Debido a que los fluidos apenas pueden comprimirse, por lo que no almacenan energía de presión, debido a la aplicabilidad del sistema se requiere un acumulador hidráulico para mantener estable el valor de la presión cuando el sistema hidráulico se encuentre operando.

La unidad de potencia cuenta con un acumulador hidráulico GREER con una capacidad máxima de (3000 PSI), el cual es del tipo de acumuladores hidroneumáticos que emplea una membrana que tiene la capacidad de comprimir un gas para el almacenamiento del fluido a presión.

La parte líquida que rodea la vejiga está conectada al circuito hidráulico, de forma que, al elevarse la presión, el acumulador de vejiga recibe el fluido y el gas se comprime. Al disminuir la presión, el gas densificado se dilata y empuja el fluido de presión acumulado hacia el circuito con el fin de realizar la compensación de fuerzas y amortiguación de pulsaciones.

#### **8. Vía de suministro de presión y retorno (P, T o Ts)**

La unidad de potencia hidráulica suministra al circuito hidráulico una presión variable la cual permite alcanzar una capacidad máxima total de aproximadamente 70 toneladas

(624 KN), la cual es transportada por unas tuberías flexibles de alta presión modelo XT-3ES de 1 in, teniendo una capacidad máxima de 4,000 PSI (240 BAR).

El fluido transportado previo a entrar al circuito pasa por un segundo filtro de caudal positivo, el cual es direccionado por dos servos válvulas MOOG serie 172, las cuales poseen un cuerpo de 4 vías y 3 posiciones con retorno por muelle las cuales son las encargadas de accionar el avance y retroceso de los cilindros hidráulicos de manera independiente controlando la apertura de las válvulas las cuales por un diferencial de voltaje el cual hace que su apertura sea variable y de esa manera poder controlar la velocidad de avance y retroceso de los actuadores hidráulicos , como se muestra en el siguiente esquema las cuales se indican en el siguiente diagrama del sistema hidráulico en la figura 3.7, con simbología ISO, el cual está el compuesto por las siguientes unidades que lo integran:

- Unidad de trabajo (Actuadores hidráulicos lineales)
- Unidad de control (válvula limitadora de presión)
- Unidad de Mando (válvulas direccionales 4/2, 4/3 monoestable y biestable)
- Unidad de mantenimiento (Filtros de caudal positivo)
- Unidad de potencia (Conjunto de motor, bomba, acumulador, etc.)

En la tabla 3.2, se detalla la leyenda de la simbología empleada en el diagrama del sistema hidráulico, la cual describe brevemente el estado y la acción que realizan las diferentes unidades en el sistema hidráulico.

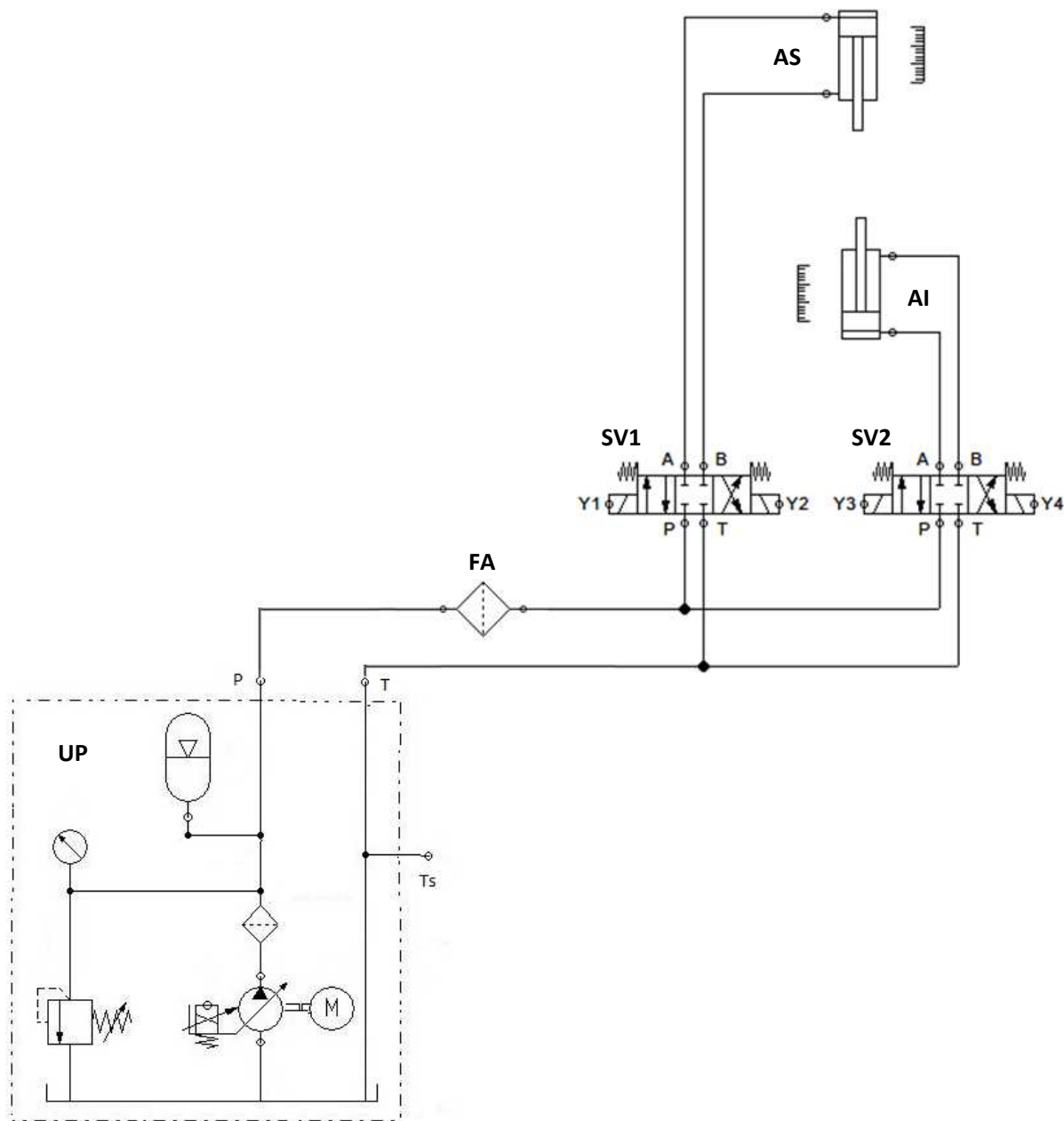


Figura 3.7 Diagrama del sistema hidráulico de la prensa experimental.

En la siguiente tabla 2. se describen los componentes que integran el circuito hidráulico.

Tabla 2. Componentes que integran el circuito hidráulico.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
AS	Actuador (superior) hidráulico lineal de doble efecto 9 x 4 x 6 in
AI	Actuador (Inferior) hidráulico lineal de doble efecto 9 x 4 x 6 in.
SV1	Cuerpo de servo válvula direccional 4v/3p, centro cerrado con apertura variable y retorno por muelle (gobierno de actuador superior)
SV2	Cuerpo de servo válvula direccional 4v/3p, centro cerrado con apertura variable y retorno por muelle (gobierno de actuador inferior)
Y1	Solenoides 1, acciona el avance del actuador hidráulico superior
Y2	Solenoides 2, acciona el retroceso del actuador hidráulico superior
Y3	Solenoides 3, acciona el avance del actuador hidráulico inferior
Y4	Solenoides 4, acciona el avance del actuador hidráulico inferior
FA	Filtro auxiliar para circuito hidráulico
UP	Unidad de potencia hidráulica

La prensa hidráulica durante su configuración original fue operada por medio de un control manual el cual está compuesto por dos pulsadores de tres estados (NO - C - NO) por medio de los cuales se activaba el avance y retroceso de los actuadores hidráulicos tanto superior como inferior. Además, cuenta con un pulsador (NC) el cual se emplea como un para auxiliar que desactivaba la unidad de potencia, tal como se muestra figura 3.8.

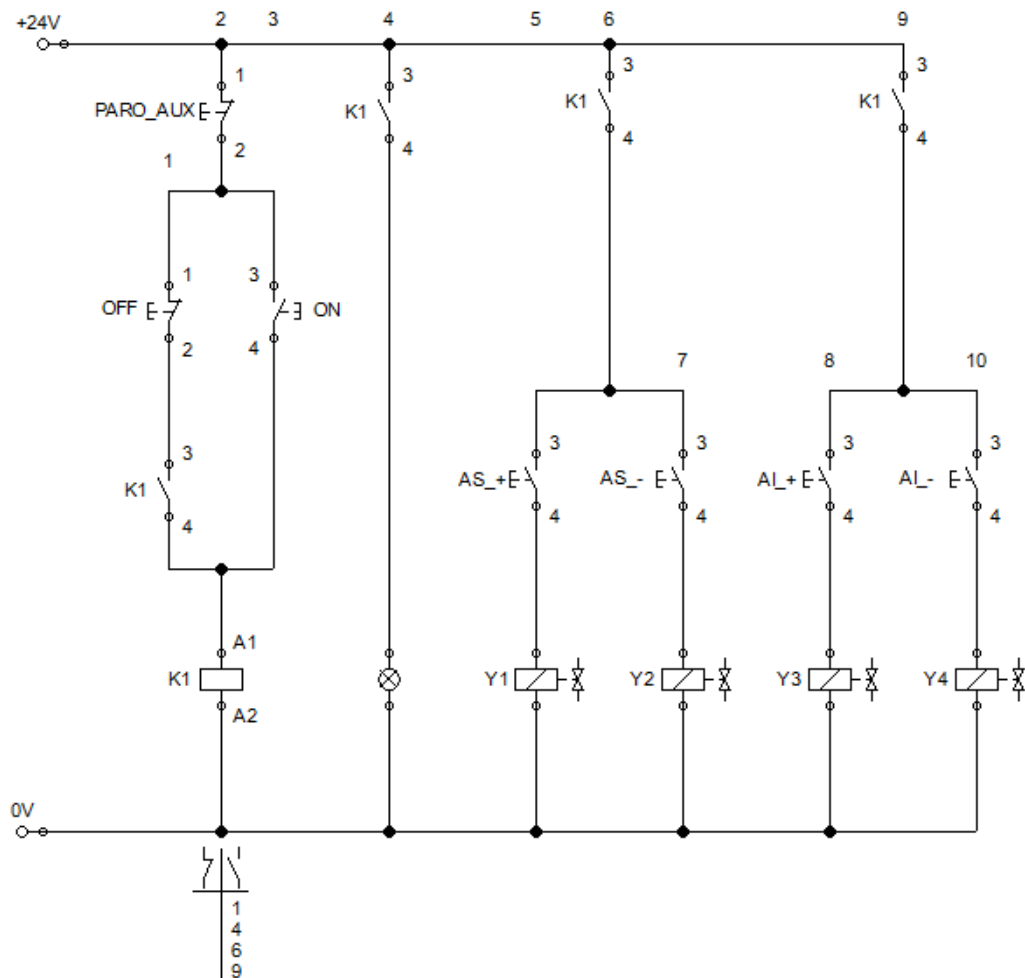


Figura 3.8 Diagrama de conexión electro hidráulico encontrado en la prensa.

### 3.3 Diagnóstico y reacondicionamiento electromecánico de prensa experimental.

Seguidamente de realizar la inspección física de cada una de las partes que conforman la estructura de la prensa y los componentes de su sistema hidráulico, se proponen puntos de mejora, debido a que el equipo ha permanecido inactivo desde buen tiempo y no cuenta con registros referente a su mantenimiento o condiciones de operación.

El único registro existente es una orden de Stop que data del 22 de enero de 1982, fecha en la cual es donada la unidad de potencia a la institución, que se muestra en la Figura 3.9.

*489 now*

DATE 1/22/82 PART NUMBER CONTENT FOR SHOP ORDER 500587 587 PAGE 1

LN-DATE	PART NUMBER	PART NAME	AMOUNT	STATUS
	3890022	R01 R01 CHARI=BASE PLATE	001	A
	3891000300	RUNOFF PARTS	001	A
	3891000301R01	ARM & HARNESS R01	001	A
	3891008107R01	JIL SAMPLING VALVE R01	001	A
	3891008108	END CAP ASSY	001	A
	3891008122	B.O.P. POWER PANEL TO P&I	001	A
	3891008200	TANK UNIT ASSY	001	A
	3891008210	COOLER	001	A
	3891008400	BM PUMP&MOTOR DELCO 230-450/60	001	A
	3891032100	PENDANT	001	A
	3891039120	AC CABLE 20 FT	001	A
	3891040130	SERV0 CABLE 30 FT	001	A
	3891044400	CONTR0L 50 HZ 51-V3R0150 ES0	001	A
	3891044430	ACU M0DUL0 (ES0)	002	A
	3891044431	ACU M0DUL0 (ES0)	002	A
	3891044434	I/O M0DUL0 COVER	004	A
	3891044435	BDARK COVER	007	A
	3891044900	CONTR0L ASSY	001	A
	3891050100	P&I HARN=H/WATER SOL H/O H0R1	001	A
	3891070300	M0TOR CABLE ASSY=400V TO 575V	001	A
	3891081103	COMPENSATION (H.O.)	001	A
	3891084101	P&R PNL= AB EQUIP	001	A
	3891084102	P&R PNL= <del>AB</del> <i>SDSV</i>	001	A
	3891084103	P&R PNL=SD AB	001	A
	3891084104	P&R PNL=SD 50 HZ	001	A
	3891084105	P&R PNL=COMMON PARTS	001	A
	3891084139	PUR0R PAN0L= <del>AB</del> WITHOUT SOLA	001	A
	3891084145	PUR0R PAN0L=HISC	001	A
	136	P.F.C.		

Figura 3.9 Orden de Stop

El equipo fue diseñado de una manera rústica pero resistente, sin embargo, siempre está expuesto a sufrir averías o deterioro. Para que el equipo funcione siempre es necesaria una carga mecánica y eléctrica, pero estas se pueden ver afectadas por la exposición a condiciones ambientales tales como: la temperatura, humedad, vibración y polvo las cuales pueden contribuir la disminución o fallas de sus funciones.

El deterioro acelerado o natural en la prensa y su sistema hidráulico puede ser el causante de las averías las cuales pueden presentarse por la exposición al ambiente y la falta de los requerimientos básicos de limpieza, lubricación y ajuste. Para ello se ha adoptado medidas restaurativas y de mejora las cuales permitan a los futuros operadores del equipo experimental, poder manipular y conocer las limitaciones operativas del equipo.

Durante la implementación del reacondicionamiento del equipo se desarrollaron tareas de mantenimiento las cuales se describen más adelante, empleando un mantenimiento correctivo, lo cual permitiera poder reducir los defectos o averías identificados, permitiendo así su

restauración y mejorar las condiciones operacionales del equipo.

### 3.3.1 Defectos o averías

Aunque el equipo se ha empelado como un equipo experimental, éste debe reunir ciertas condiciones operativas y seguridad para los usuarios futuros que hagan uso del equipo por primera vez o de manera periódica, el equipo puede parecer simple, sin embargo, debido a que el proceso somete a una alta tensión a sus elementos estructurales, estos pueden ceder y provocar daños o accidentes.

A continuación, se describen e ilustran las averías más representativas encontradas en el equipo y que establecen las acciones a desarrollar cuando se presenten este tipo de fallas y su restablecimiento.

- **Fugas**

En las figuras 3.10, se muestran las fugas identificadas en el sistema hidráulico, el cual está compuesto por tuberías flexibles y rígidas, sometidas a altas presiones. La fuga se originó al poner en marcha el equipo donde se presuriza, dando paso a la filtración del fluido hidráulico por algunos componentes, en donde se intervinieron tuberías del sistema de refrigeración y presión de la unidad de potencia, así como también del cuerpo de las electroválvulas.

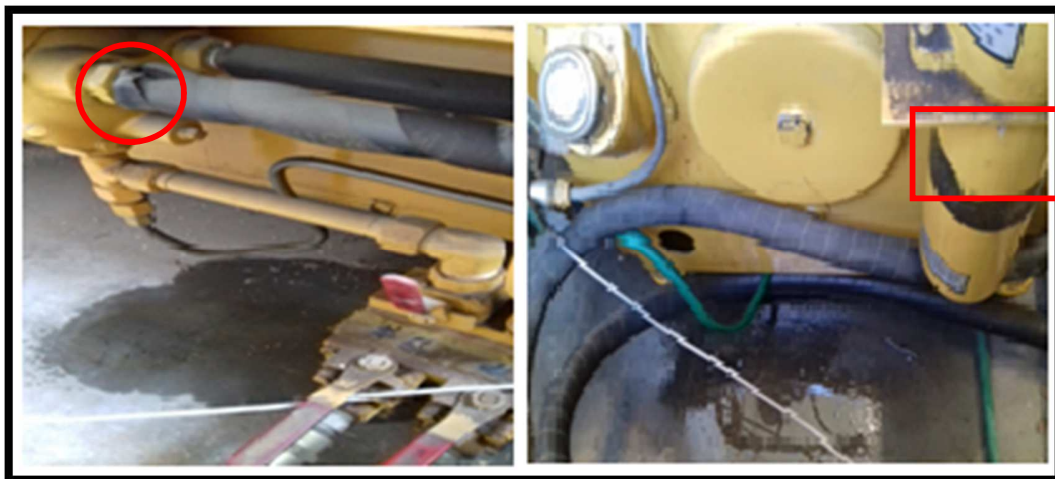


Figura 3.10 Fugas de sistema hidráulico.

Las posibles causas de estas averías han sido el deterioro de los elementos que componen el equipo, siendo el caso de una de las tuberías específicamente la del retorno del fluido al tanque (círculo rojo) que presentaba una fuga debido a una fisura y cristalización de su revestimiento ahulado, por lo que se procedió a sustituir eliminando con ello la avería o el problema.

Una segunda fuga se identificó en ambos filtros que componen el sistema hidráulico, específicamente en su sello ahulado que hermetiza a la unidad, evitando que el fluido se fugue por la rosca que une la botella con la culata del filtro, lo cual fue propicio para cambiar los filtros desechables de las unidades. Así mismo, se identificaron fisuras en algunos componentes como se muestran en la figura 3.11, tales como acoples o niples que se remarcan en el rectángulo rojo y que soportan una alta presión de suministro, encontrándose conectados en los cuerpos de las servo válvulas, por lo que se procedió a intercambiar para eliminar posibles fallas futuras, realizando también un reapreté general de todas las uniones con la finalidad de eliminar fugas en el sistema y evaluando su estado actual.



Figura 3.11 Acoples con fisura.

Luego de realizar estas actividades correctivas se llevó a cabo la purga de todo el sistema hidráulico antes de su puesta en marcha con el fin de evitar que burbujas de aire quedasen atrapadas en el sistema, por el intercambio y ajuste de componentes que provocar una disminución en su capacidad operativa de trabajo, debido al espacio y amortiguamiento que puede generar el aire en el sistema.

Además, se rehabilitó el sistema de enfriamiento de la unidad de potencia pues ésta, había sido trasladada de lugar, siendo inhabilitada y para lo cual se incorporó una alimentación flexible para

suministrar el agua fría requerida para el enfriamiento del fluido hidráulico.

- **Polvo y humedad**

Debido a las condiciones ambientales propias del lugar y del recinto donde se encuentra alojada la prensa hidráulica de acuñado, se un deterioro debido a la acumulación de aceite y polvo en los componentes que integran la unidad de potencia como se muestra en la figura 3.12, así como también la oxidación de algunos componentes del equipo, tal es el caso de los postes y mesa que conforman la prensa, a los cuales se procedió a realizar una limpieza de eliminación de óxido incorporándoles un aislante de humedad el cual minimice el efecto de corrosión.



Figura 3.12 Condiciones iniciales en que se encontraba el equipo.

A continuación se presentan de forma agrupada las Averías identificadas y las acciones ejecutadas para solventar dichos problemas:

Tabla 3. Tabla resumen de Averías y acciones ejecutadas.

Avería	Elemento	Acción
Fugas de aceite	Acople rápido de conducto de retorno.	Reaprete de conexiones con avería y demás conexiones del sistema hidráulico.
	Niple de actuador superior.	
Elemento con fisura	Buchin reductor de electroválvula	Sustitución y recambio de pieza dañada por sobre aprete.
	Tubería flexible deteriorada.	Cambio de tubería flexible bajos parámetros técnicos.
Acumulación de polvo y humedad	Componentes de unidad de potencia	Limpieza para eliminación de capa de aceite y polvo sobre los componentes de la unidad de potencia y demás elementos del circuito hidráulico y tablero eléctrico.
Aislamiento eléctrico	Conectores de electroválvulas	Los empalmes soldados de conexión de electroválvulas con conexión de electroválvulas
Corrosión	Postes y mesa de estructura de prensa	Se procedió a la limpieza empleando un spray cleaner y aplicar una capa aislante para la humedad.

Luego de establecer las acciones para solventar las averías y correcciones a las debilidades de diseño en el equipo experimental de acuñado, se procede a plantear propuestas de solución y mejora con el objetivo de reacondicionar la operatividad del equipo que impida un mal uso o

deterioro del mismo.

En función a ello se establecen los puntos de mejora en cuanto a las debilidades de diseño del equipo.

Tabla 4. Debilidades encontradas, mejoras y correcciones planteadas.

<b>Debilidades</b>	<b>Mejora</b>	<b>Corrección</b>
<b>Seguridad</b>	Área de impacto	Implementar simbología de seguridad, así como protecciones.
<b>Operación</b>	Sistema de control y sistema hidráulico.	Establecer instrucciones para operar el equipo según especificaciones técnicas y condiciones del equipo después de su uso.
<b>Registro</b>	Hojas de vida	Elaborar fichas técnicas de equipo y componentes, así como lista de chequeo sobre el estado periódico del equipo según sea la frecuencia de uso.
<b>Mantenimiento</b>		Se deben establecer actividades de mantenimiento según la frecuencia de uso del equipo que impidan el deterioro del equipo.

En vista a que el equipo carece de instrucciones, registros y protecciones de seguridad en el área activa de la máquina, en este proyecto se propone la incorporación de las siguientes mejoras:

Tabla 5. Propuesta de mejoras

<b>PROPUESTA DE MEJORAS</b>	
<b>Incorporación de mamparas de seguridad</b>	<p>Para mejorar la seguridad de las personas que operen el equipo durante sus ensayos se ha incorporado pantallas acrílicas transparentes las cuales cierran los cuatro lados de la sub estructura de la prensa, colocando una de ellas de manera fija en la parte frontal de la máquina y de menor incidencia en el área de acuñado. Y las otras dos mamparas laterales son abatibles y se pueden retirar mientras se montan o ajustan los componentes, tal como se muestra en la figura 3.13.</p> <p>En la parte posterior no se incorporó mampara de protección debido a que esa parte se aloja un sensor de desplazamiento el cual es activado con el desplazamiento del vástago del actuador hidráulico superior.</p> <p>En cuanto a la mejora de las protecciones del equipo, se ha implementado la incorporación de mamparas transparentes en cada uno de los costados del equipo siendo una de ellas fija y los otros tres desmontables debido a que se requiere acceso sin restricciones en el área activa de la máquina.</p> <p>Así mismo, se incorporará simbología de peligro, a partir de riesgo identificados como, por ejemplo: <i>atrapado por</i> y <i>golpeado por</i>, los cuales son altamente potenciales a que puedan ocurrir debido a la aplicabilidad del equipo.</p>
<b>Instrucciones de operación.</b>	<p>Debido a que el equipo no cuenta con ningún tipo instrucciones ni consideraciones a tener en cuenta previo a operar el equipo y las condiciones después de su uso, en la ficha técnica citada</p>

	<p>en el siguiente párrafo se incluyen los pasos a tomar en cuenta para el uso de la unidad de potencia de la prensa hidráulica de acuñado. Así mismo en el apartado 4.4 se describen las funciones y secuencia para operar tanto el sistema principal de control, así como también los sistemas auxiliares.</p>
<b>Registro y mantenimiento.</b>	<p>En vista de que el proyecto se centra en el sistema de control y que la máquina no cuenta con ningún registro en cuanto a su frecuencia de uso o mantenimiento, en la sección de anexos se incorpora un modelo de ficha técnica y las hojas técnicas de aquellos componentes consultados para el proceso de automatización.</p>

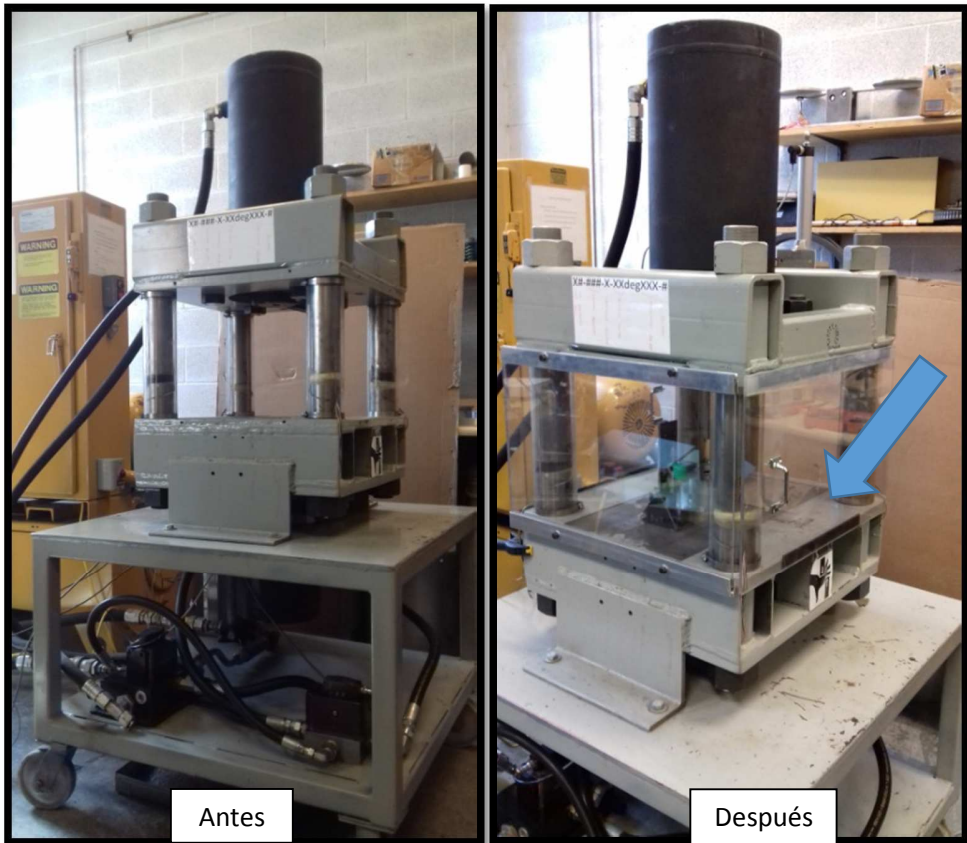


Figura 3.13 Se muestra la incorporación de las mamparas de protección. Antes Después

**CAPITULO IV.**

**INSTRUMENTACION Y DISEÑO DE SISTEMA DE  
CONTROL**

#### **CAPITULO IV. INSTRUMENTACION Y DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL.**

Cabe recalcar que parte de la importancia de este proyecto en el reacondicionamiento operativo del equipo tiene su base en el desarrollo de un mantenimiento correctivo debido al desuso en el que se encontraba la máquina, así como también la implementación del sistema de control permitirá poder realizar mediciones de la fuerza y desplazamiento durante el proceso de acuñado, en diversos materiales y para el análisis de los datos obtenidos en los ensayos futuros. Es decir que puede sentar las bases para una nueva investigación a nivel de resistencia de materiales. Para la presente tesis únicamente se enfoca en el reacondicionamiento de la misma para su adecuado funcionamiento.

El planteamiento de la metodología permite la aplicación de diversas tecnologías, las cuales se ajustan a las necesidades propias del ciclo de trabajo requerido por parte del equipo, a su vez se hacen recomendaciones en forma de diseño ergonómico de interfaces persona – máquina. El diseño se ha centrado en el usuario ya que finalmente es el operario el que tendrá a cargo la secuencia de tareas de supervisión o control, para el cual se requiere inicialmente ejecutar tareas de calibración para establecer las variables del ciclo de trabajo a ejecutar. En función a ello se ha incorporado el diseño de un sistema de control principal y sub sistemas auxiliares ya que se busca emplear el equipo con fines didácticos, lo cual permitirá poder desarrollar las fases previas al proceso, permitiendo poder ajustar los parámetros del equipo de manera semiautomática teniendo como referencia el sistema principal, empleando el software de LabView.

Para el registro de datos independientes se utilizaron sensores de prueba para obtener el uso actual y el voltaje de la prensa. Una cantidad considerable de tiempo se dedicó a diseñar e instalar el nuevo sistema de control para la prensa de acuñación, ya que la prensa había sido utilizada previamente para la investigación de la metalurgia de energía; por lo tanto, los sensores y las características del sistema de control eran diferentes. El nuevo sistema de control de la prensa que fue desarrollado se describe en el apartado Sección 4.4.

#### 4.1 Proceso de acuñado.

El proceso de acuñación requiere utillaje no deformable el cual está compuesto por tres partes principales que se muestran en la figura 4.1 como lo son: el punzón superior, el que forma el lado superior de la moneda, el punzón inferior que forma la cara posterior de la moneda, y una matriz que mantiene la forma circular de los lados de la moneda.

Todas las herramientas para la prensa acuñadora de monedas están diseñadas en pulgadas desde la matriz y otro utillaje existente y todas las tolerancias de mecanizado fue diseñada y especificados en pulgadas originalmente. La conversión a unidades del SI para los cálculos que se requieran se lleva a cabo al final.



Figura 4.1 Partes importantes del proceso de acuñado.

El conjunto de las herramientas de acuñado se muestra en la Figura 4.1, estas se posicionan en la prensa hidráulica (Figura 4.2) en donde cada uno de los punzones de acuñado (rojo) se posiciona en cada pistón hidráulico mediante su base circular perforada cada 60°, la cual permite mantener fijo y centrado el cuerpo principal del punzón a la cara del vástago que se aprisiona sobre la base del punzón. La parte activa (verde) del punzón se orienta para que la estampación de la moneda sea simétrica.

La matriz (amarillo) se encuentra atornillada por medio de un collar a la parte de la mesa plana de la subestructura inferior de la prensa, donde en su cavidad interior se desarrolla el proceso de acuñado.

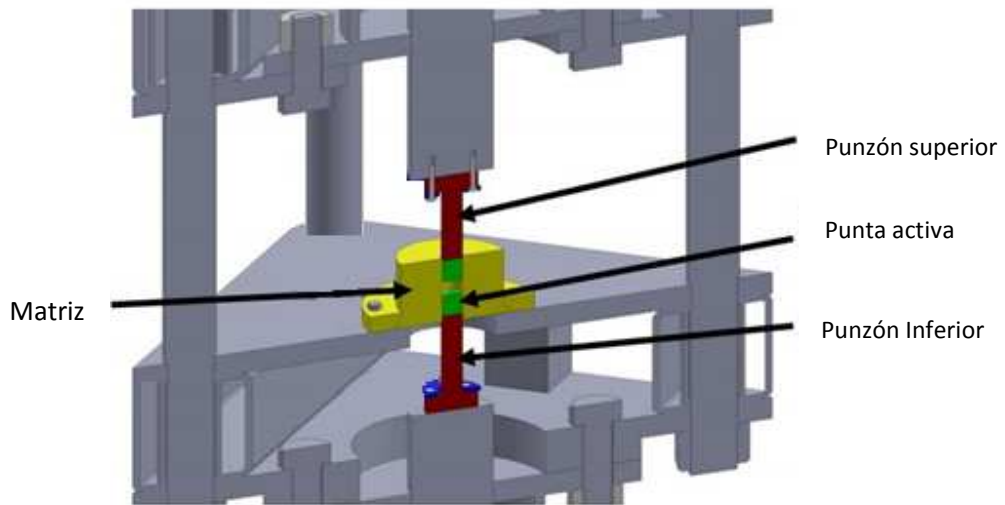


Figura 4.2 Sección transversal de herramientas de acuñado, montado y prensa.

En aplicaciones anteriores del proceso manual de acuñado en esta prensa se han empleado sobre los punzones fuerzas de compresión de golpe sólido, o compuesto utilizando ciclos de repeticiones hasta lograr el estampado en el material en ensayo, variando la fuerza y velocidad de impacto, en donde en algún momento dio paso a que las cabezas de los pernos se rompieran de su cuello ya que son pre-tensados. En la Figura 4.3 se muestra el modelo de las monedas que se acuñan con la máquina



Figura 4.3 Modelo de la moneda acuñada en la máquina

Cada golpe de acuñando se compone de tres fases principales con el fin de permitir cambios rápidos y fáciles en la geometría del diseño, así como hacer el golpe más eficiente y barato de fabricar, tomando en cuenta la dureza de material que se emplea, así como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4 Pruebas de acuñado en tres diferentes materiales (Aluminio, Cobre, Bronce)

#### 4.2 Medición de la fuerza

En la fase de diseño y construcción de la máquina<sup>5</sup>, se consideró integrar un rodamiento con una célula de carga puesto en la prensa; los cuales posteriormente fueron descartados debido a que su tamaño físico sería problemático por la limitante de espacio en el área activa de la prensa. Además, no permitía integrar accesorios para conectarlo fácilmente por su gran volumen y lo costosos que son, especialmente los de alta capacidad.

Por lo que la mejor alternativa fue adjuntar medidores de tensión en los cuatro postes que conectan las sub estructuras de la prensa en un punto intermedio de cada uno de los postes, con el fin de hacer que toda la prensa formara una célula de carga en sí misma, esta técnica para la

---

<sup>5</sup> W. Nshama, Evaluation of Temperature and Heat Transfer Conditions at the Metal Forming Interface, Kingston, ON: Ph.D. Thesis, Queen's University, 1995.

medición de la fuerza es similar a la utilizada por Jeswiet<sup>6</sup> en la medición de la fuerza normal durante el proceso de laminación.

Este método tiene la ventaja de que es muy compacto y no limita el espacio dentro del área activa de la prensa, ya que es importante la accesibilidad y libertad de movimiento de cualquier herramienta instalada. Sin embargo, posee la desventaja de que este tipo de medidores de tensión requieren de calibración después de su instalación.

Los medidores de tensión montados en cada uno de los postes de la prensa a los cuales se les llama: *Puestos de deformación*, cuentan con dos pares de galgas extenso métricas montadas a la mitad del puesto de deformación en su parte externa y otras dos galgas adheridas en la superficie más interna del poste orientado al frente en el centro de la prensa, como se muestra en la Figura 4.5, en donde los postes están representados por círculos y en sus extremos mediante un rectángulo negro se representan los medidores los cuales están orientados respecto al centro de la mesa.

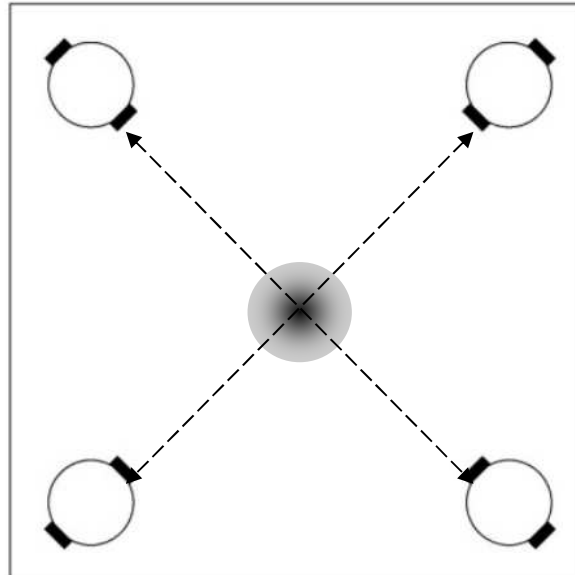


Figura 4.5 Vista superior de la disposición de montaje de los medidores de tensión.

---

<sup>6</sup> J. Jeswiet, The Development of a Sensor for the Measurement of Normal and Friction Stresses in the Roll Gap During Cold Rolling, Kingston, ON: Ph.D. Thesis, Queen's University, 1981.

El posicionamiento, la orientación, y la numeración de las galgas extenso métricas se ilustran en las figuras 4.6, en donde cada par de medidores de tensión posee una orientación específica, donde el primer medidor de tensión está alineado paralelamente al eje del poste y otro en posición perpendicular al eje.

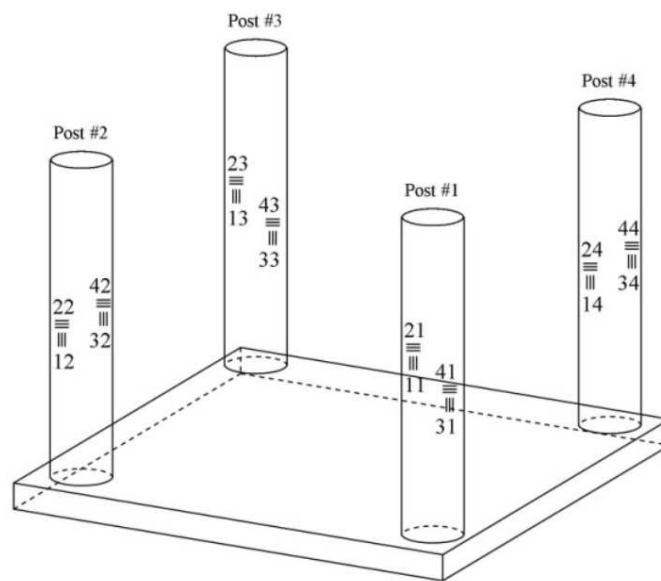


Figura 4.6 Vista 3D de la disposición y la numeración de los medidores de deformación.

Para eliminar los efectos causados por cualquier flexión o cambio de temperatura en los postes, se realiza la conexión de los medidores de tensión, en una configuración de puente de Wheatstone normal completa, ya que la única carga que se requiere para la medición de la fuerza en la prensa es la carga axial.

El puente de Wheatstone, que se observa en la figura 4.7, muestra la configuración de los cuatro medidores de tensión tipo CEA-06-12SUT -350 ubicado en cada poste y su conexión en serie en cada tramo del puente, indicando su correspondiente posición y orientación física para envío de su señal.

La referencia empleada para cada medidor de tensión, así como se denota por  $R_{ij}$  donde:  $R$  se refiere a cada número del medidor de tensión. El prefijo,  $i$  indica la posición de los medidores de tensión en cada uno de los postes y  $j$  es el número de correlativo.

El conjunto de líneas referenciado como  $e_o$  indica la salida de señal de voltaje, mientras que  $V_i$  indica el voltaje de excitación.

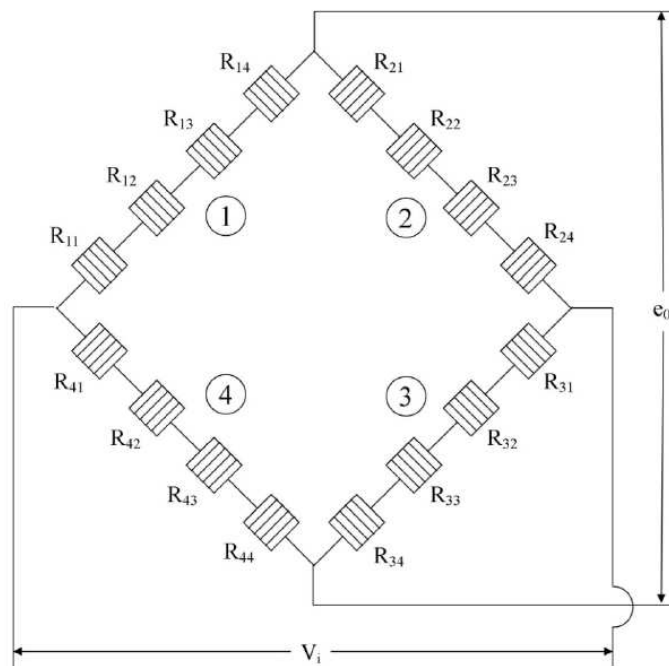


Figura 4.7 Configuración de puente de Wheatstone utilizado para medición de la fuerza.

El puente de Wheatstone que se ilustra en la figura 4.6 tiene la siguiente relación:

$$e_o = V_i / 4R (\Delta R_1 - \nu \Delta R_1 + \Delta R_3 - \nu \Delta R_3) \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

$e_o$  = Salida de señal de tensión del puente

$V_i$  = Voltaje de excitación del puente

$R$  = (sola) Resistencia del medidor de tensión

$\Delta R_i$  = cambio total en la resistencia en puente  $i$

$\nu$  = Ratio de Poisson's, del material del poste

$$F = \frac{\Delta R_a \cdot 1}{R \cdot \epsilon}$$

El factor de galga (F) , se define como :

Ahora, la expansión de la ecuación 1 y re-escribiéndola en términos del factor de galga se obtiene:

$$(Ec.2) \quad e_o = \frac{V_i (1 - \nu) F}{2} (\epsilon_{11} + \epsilon_{12} + \epsilon_{13} + \epsilon_{14})$$

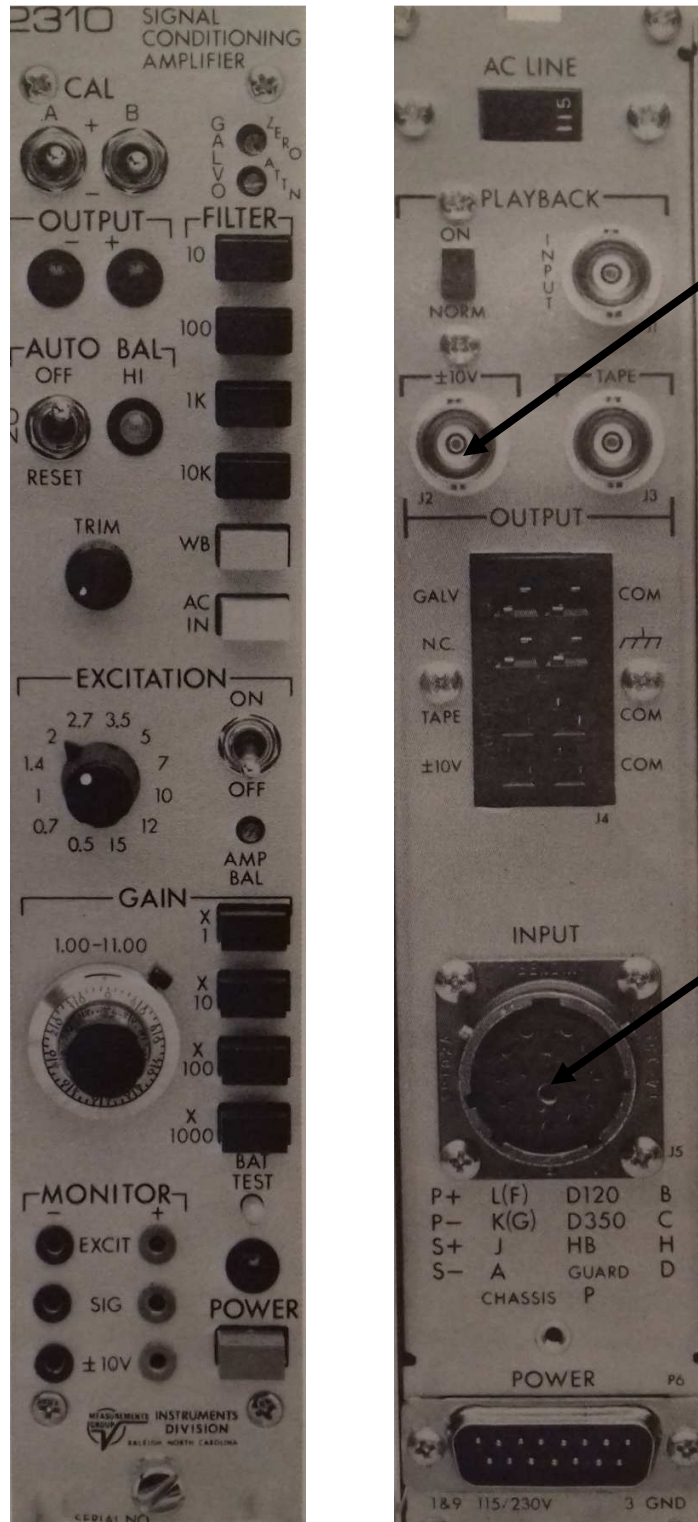
Doce términos de tensión se anulan entre sí, dejando únicamente cuatro términos que hacen referencia a cuatro medidores de tensión específicos utilizando el sistema de numeración que se muestra en la figura 4.7.

La ecuación dos (Ec. 2) se indica que la salida de voltaje del puente es linealmente proporcional a la tensión. Esto permite que se forme fácilmente una relación entre la fuerza de presión y el voltaje cuando el puente se calibra con otra celda de carga de menor capacidad.

La relación mecánica entre la fuerza de presión y la tensión también se suponen que son lineales, ya que las tensiones en los postes son relativamente pequeñas.

El puente de Wheatstone empleado para la medición de fuerza está conectado a un amplificador y acondicionador de señal modelo 2310 que se muestra en la figura 4.7, el cual suministra una excitación de 1.4 V y también recibe el voltaje de salida antes de pasarlo a la DAQ de LabView, el cual se filtra y se amplifica.

El puente del medidor de tensión está conectado a un amplificador de acondicionamiento de señal Modelo 2310, el cual suministra una excitación de 1.4 V y también recibe, amplifica y filtra el voltaje de salida antes de pasarlo al DAQ System de LabView. Además, se aplica una ganancia de 4 por un factor de ganancia de 1,000 aplicado al voltaje de salida del puente, así como un filtro de 10,000 HZ.



Salida de señal a interface de la DAQ Asystem

Entrada de señales del Puento.

Figura 4.8 Panel frontal y panel posterior de amplificador y acondicionador de señal entrada.

Para la calibración del puente de galgas extenso métricas se cuenta con una celda de carga convencional, prefabricada y pre-calibrada de 5 Tn (10,000 Lbf) la cual se colocó entre los pistones hidráulicos y la fuerza del pistón aplicada a la celda de carga y se aumentó lentamente desde 0 lbf a un máximo de 10,000 lbf.

Para realizar la calibración, se diseñó el primer sistema de control auxiliar empleando LabView que se muestra en la figura 4.9, siendo diseñado específicamente para esta función en donde el voltaje de salida de la celda de carga y el voltaje de salida del puente de medición de la prensa generaron datos los cuales fueron registrados por el sistema, dando una relación de entre las celdas de carga y la fuerza aplicada de  $2 \mu\text{V} / \text{lbf}$ , la cual se muestra en la figura 4.9.

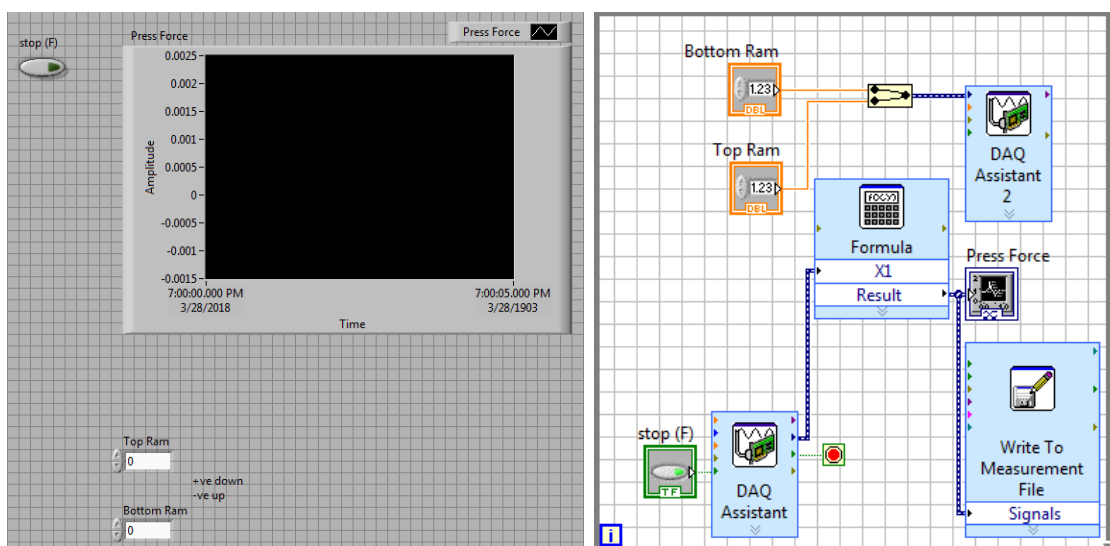


Figura 4.9 Panel Frontal y diagrama de bloque de sistema de control auxiliar (Force)

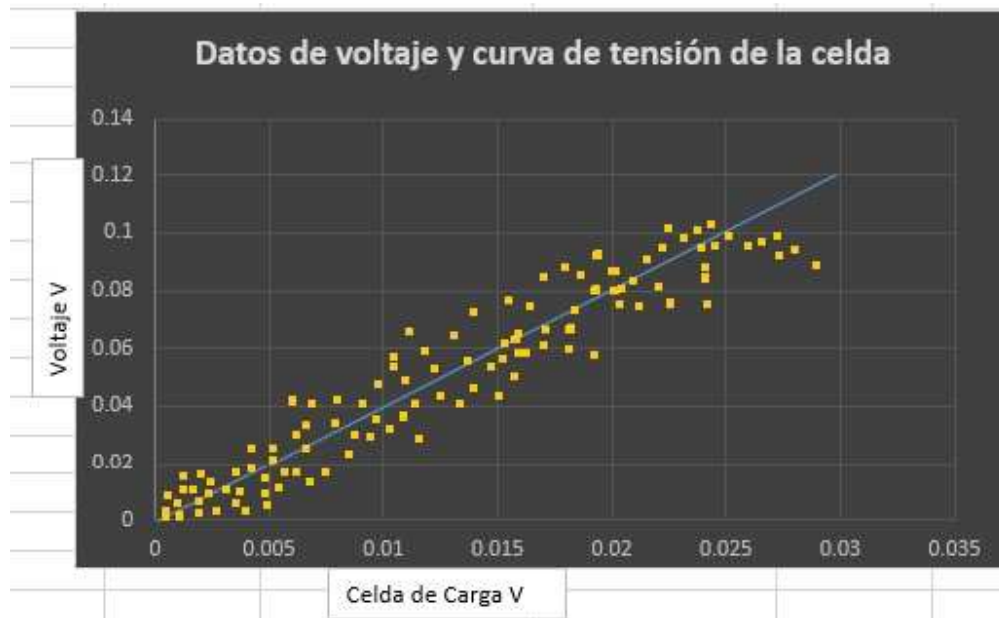


Figura 4.10 Datos de voltaje y curva de tensión de la celda de

Para la obtención de resultados y toma de datos, se realizaron cinco repeticiones, en donde se substituyó la relación de la celda de carga de  $2\mu\text{V} / \text{Lbf}$  y se encontró que la relación de la prensa entre la fuerza de presión y el voltaje de salida del puente Wheatstone era:

$$V_{\text{suministrado}} = 5.2149 \cdot V_{\text{Celula de carga}} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$V_{\text{Celula de carga}} = \text{Fuerza} \cdot 2\mu\text{V} / \text{Lbf} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$V_{\text{suministrado}} = 1.04298 \times 10^{-5} \text{ Fuerza} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\text{Fuerza} = 95879.1 \times V_{\text{suministrado}} \pm 156.1 \text{ Lbf (95\%)} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\text{Fuerza} = 426491.4 \times V_{\text{suministrado}} \pm 694.6 \text{ N (95\%)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Se encontró un error usando el análisis de regresión de una señal de fuerza constante.

### 4.3 Medición de la posición.

El desplazamiento de los actuadores hidráulicos y el posicionamiento de los punzones son parámetros muy importantes para el proceso de acuñado. Para ello se han empleado sensores de desplazamiento lineales tipo potenciómetros (modelo 8710 – 8712) y LVDT (modelo LWG 300) que son accionados por medio de un brazos metálicos (azul), los cuales se incorporan al collar de sujeción de cada punzón por medio de una placa metálica de acero la cual va unida a cada uno de los vástagos del pistón hidráulico como se muestra en la figura 4.11.

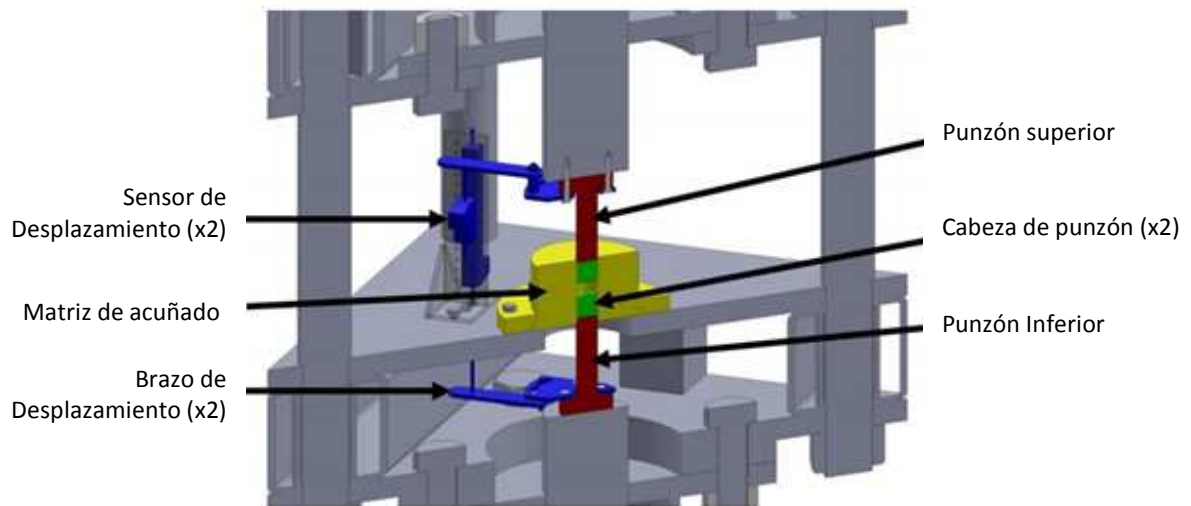


Figura 4.11 Diseño de las partes de activación de los sensores.

Para el montaje de estos sensores se requirió la fabricación de una placa de acero tipo T invertida que se muestra en la figura 4.12, la cual cuenta con múltiples perforaciones a diferente nivel para el proceso de ajuste de la altura de activación de los sensores tipo potenciómetro con punta de micrómetro.

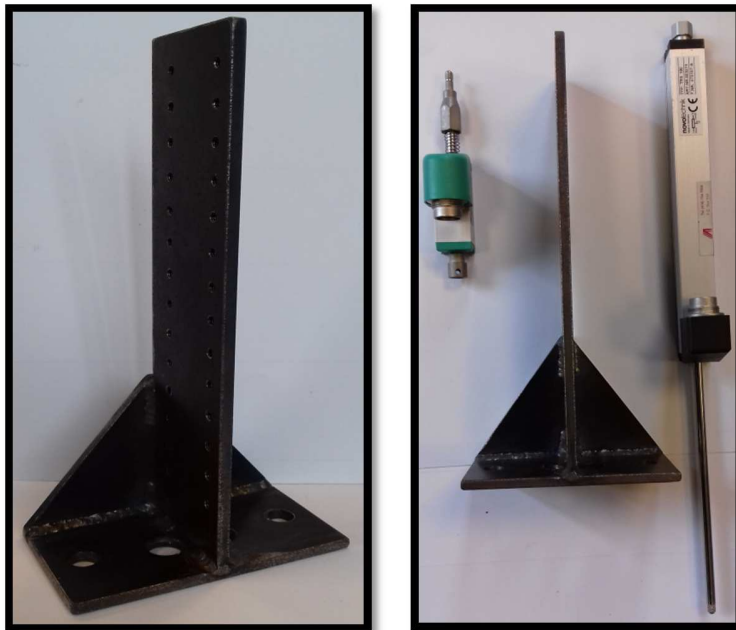


Figura 4.12 Base T invertida para sensores tipo potenciómetros.

Se ha incorporado un tercer sensor de desplazamiento del tipo LVDT, el cual se encuentra alojado en la parte externa del costado posterior de la sub estructura superior de la prensa y es accionado por medio de brazo metálico el cual cuenta con una espiga la cual se acopla a la punta del vástago del sensor. El brazo metálico se acopla al cuerpo que sobre sale del actuador superior por medio de una argolla ajustable tal como se muestra en la figura 4.13.



Figura 4.13 Conjunto de sensor LVDT y brazo de accionamiento.

El sensor de tipo LVDT se encarga de medir el desplazamiento muerto que el actuador superior realiza hasta colocarse en posición para iniciar el proceso de acuñado. El sensor tipo potenciómetro con una carrera de 10 mm de rango es el que censa cuando el punzón superior se encuentra en posición. Un segundo sensor del mismo tipo, pero con una carrera de 100 mm de rango se emplea para medir la posición del punzón inferior en todo momento ya que este debe moverse en un amplio rango y de manera controlada durante el proceso.

Para la calibración de los potenciómetros lineales (Novotechnik TRS 100) se requieren sus acondicionadores de señal (Novotechnik modelo MUP 100-1) como se muestra en la figura 4.14 los cuales según instrucciones técnicas debe ser alimentado con 24VDC y el potenciómetro debe estar ajustado a una posición de 0,000 mm, mediante el ajuste debajo de cada acondicionador de señal con un destornillador hasta que la salida del potenciómetro lineal estuviera lo más cerca posible a 0.000 V para su nueva referencia.



Figura 4.14 Acondicionador de señal MUP-100-1

A partir de su nueva referencia de posición de ambos sensores se procedió a desplazar el vástago de cada sensor hasta que el potenciómetro alcanzara su punto máximo (10mm o 100mm) respectivamente, ajustando el acondicionador de señal en su salida hasta que el sensor este tan cerca del valor de 10.000 V como sea posible. Este proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que el potenciómetro lineal de ambos sensores en su salida marque una variación que va de 0.000 V en su punto inferior y 10,000 V en su punto superior bajo un rango de señal de 0.001 V, en sus diversas repeticiones.

Para esta operación se requirió el diseño de un nuevo sistema de control auxiliar desarrollado en LabView, como se muestra en la figura 4.15 y figura 4.16, el cual se emplea para variar el voltaje de excitación de las servo válvulas y que activan el avance o retroceso de los actuadores hidráulicos superior e inferior a velocidad moderada para que los sensores no sean impactados de golpe.

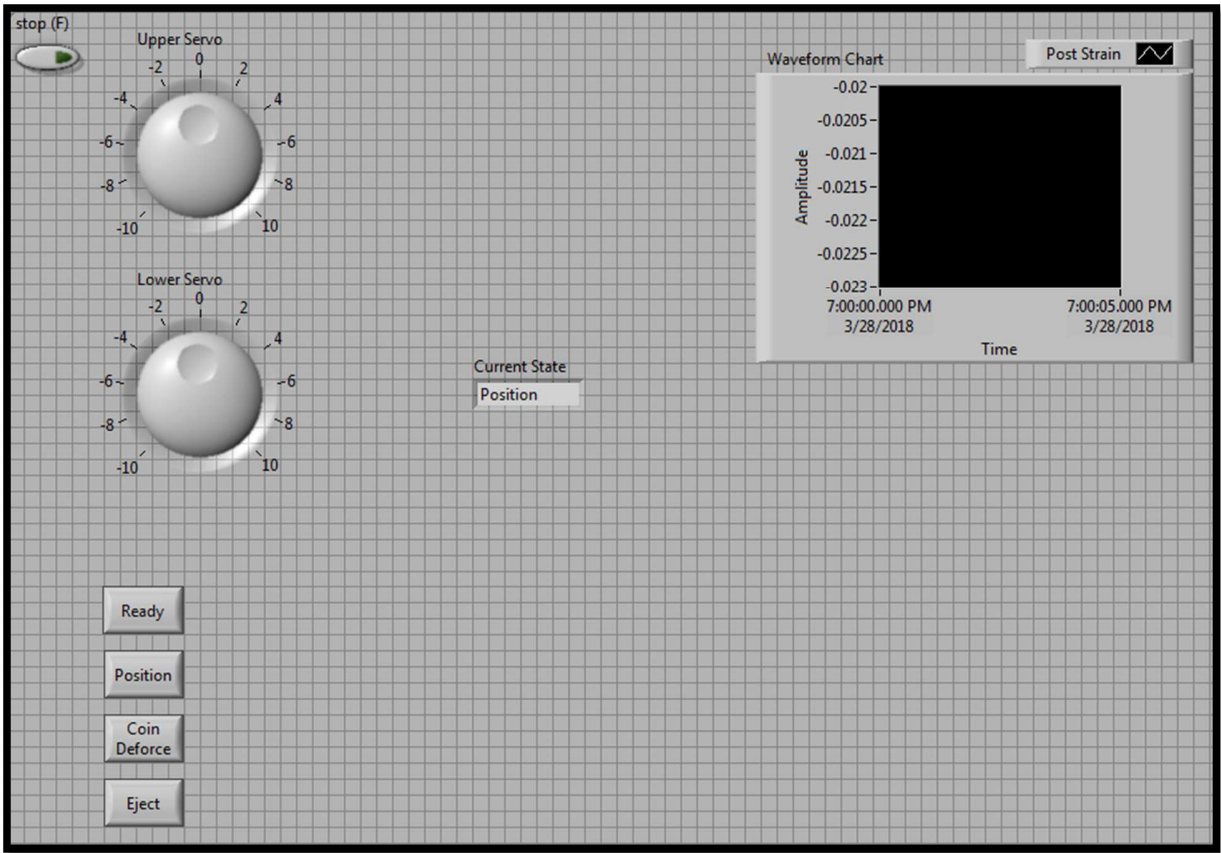


Figura 4.15 Panel Frontal de sistema de control auxiliar (Position)



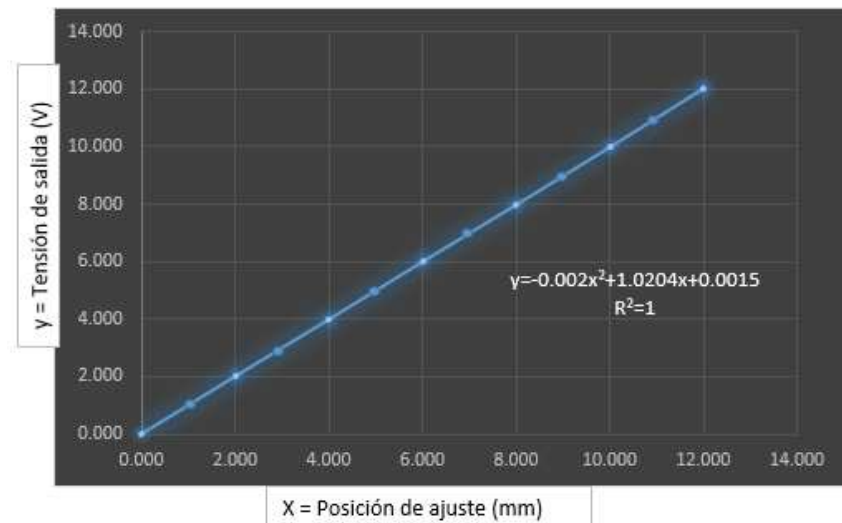


Figura 4.17 Datos y curva de calibración para el sensor de 10 mm.

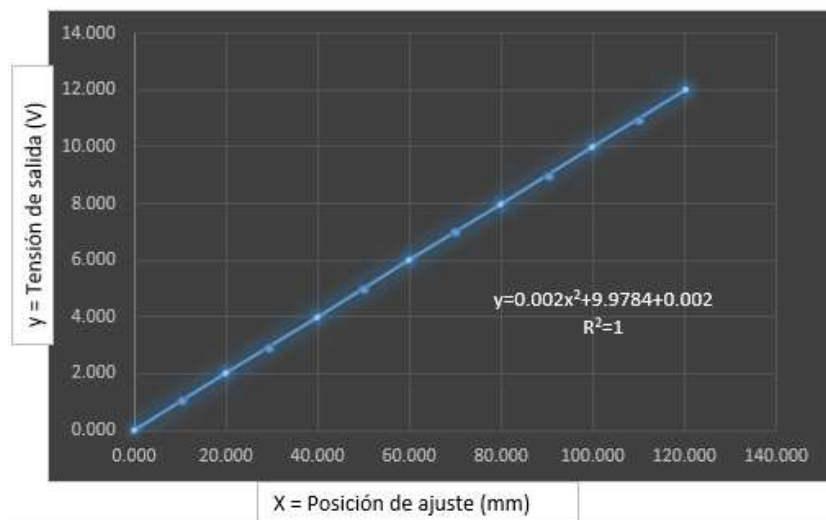


Figura 4.18 Datos y curva de calibración para el sensor de 100 mm.

Analizando los datos de calibración de ambos sensores se observó que se produjo una ecuación lineal en el recorrido de 0 a 100 de los sensores, así como una curva polinómica de segundo orden en cada medición con un ajuste casi perfecto de  $R^2 = 1$ .

Por lo que los datos residuales utilizados para encontrar la tendencia de relación lineal y polinomiales encontrada para el sensor de 100 mm, con el residuo de las cinco mediciones menos la resolución del sensor que es de 0,01 mm, da como resultado la ecuación 9.

En el caso del sensor de 10mm, aunque su residuo se mantenía en la misma tendencia, pero de manera invertida, por tanto, la ecuación es la misma y queda como se expresa en la ecuación 8.

Las ecuaciones que se encontraron se utilizaron en LabView para la calibración de los sensores quedando de esta manera:

$$\text{Sensor de 10mm: } -0.002 V^2 + 1.0204 V + 0.0015 \quad (\text{Ec.8})$$

$$\text{Sensor de 100mm: } 0.002 V^2 + 9.9784 V + 0.0015 \quad (\text{Ec. 9})$$

#### 4.4 Sistema de control.

El sistema principal, así como los sistemas auxiliares han sido desarrollados empleando LabVIEW de National Instruments paquete de software 8.6.1, el cual ha sido instalado en una laptop. Este software se emplea en conjunto con el hardware de National Instruments DAQ (DAQ multifunción USB-6225) y la interface de Conector de Bloque Blindado (BNC-2110) que se muestra en la figura 4.19, donde se interconectan las señales de entrada analógicas (AI) que son emitidas por los sensores y las señales de salidas analógicas (AO) que son enviadas a los actuadores. En el Anexo 1, se muestra el diagrama de conexiones eléctricas que componen el sistema de control con la máquina.

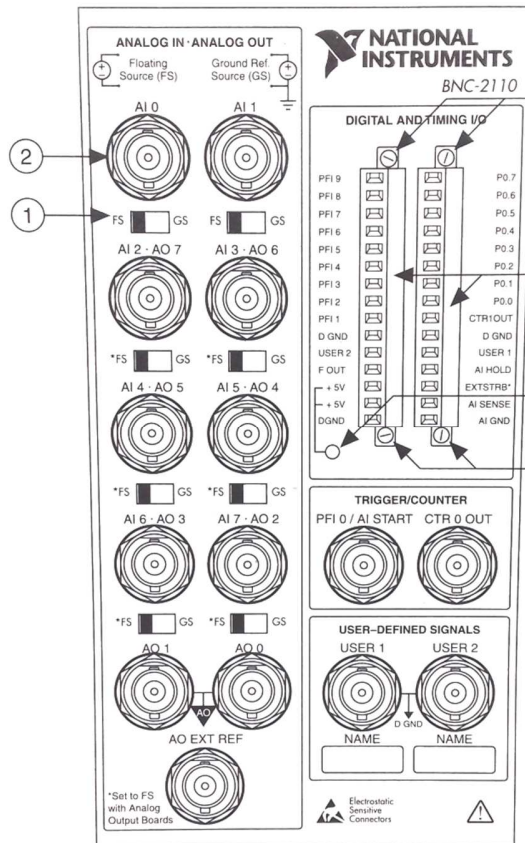


Figura 4.19 Interface BNC 2110.

El nuevo sistema de control añade la posibilidad de medir de forma continua la posición de ambos punzones, utilizando la retroalimentación de la posición de memoria RAM, la cual es ajustada tomando en consideración el espesor del material a acuñar, como se muestra en la figura 4.20. Dicho valor se obtiene en el proceso de ajuste y calibración previo, en donde se referencian los sensores tipo potenciómetros de acuerdo a su desplazamiento y el punto de referencia de contacto para el acuñado, lo que permite que el proceso se controle fácilmente y sea de ciclo continuo.

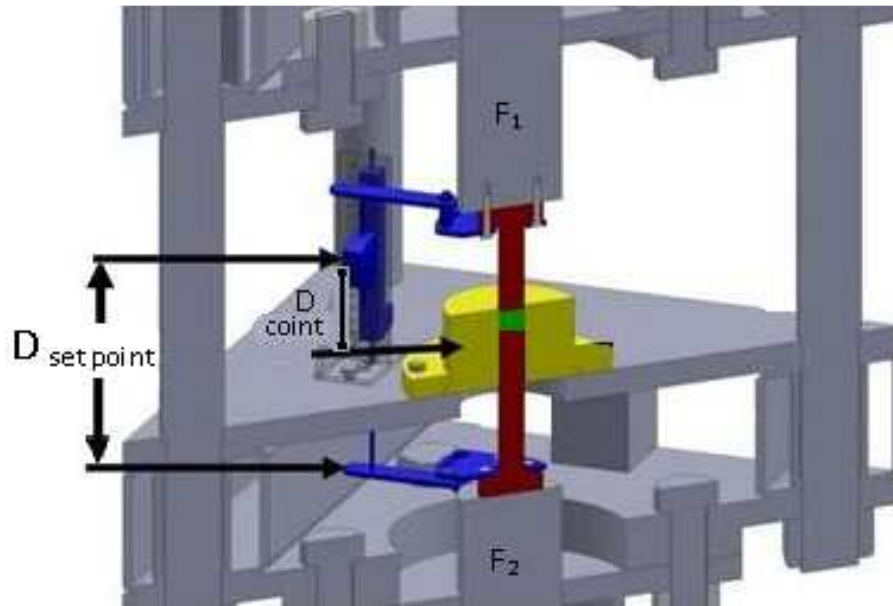


Figura 4.20 Distancias de referencia para el acuñado

El proceso de acuñación se desarrolla en seis estados los cuales se ejecutan de manera física en la prensa hidráulica a partir de las señales de salida analógica (AO) de voltaje enviada a cada una de las servo válvulas, desarrollándose su ciclo de trabajo en el siguiente orden: bajada en blanco, Listo, Posición, acuñado, retracción, y expulsar.

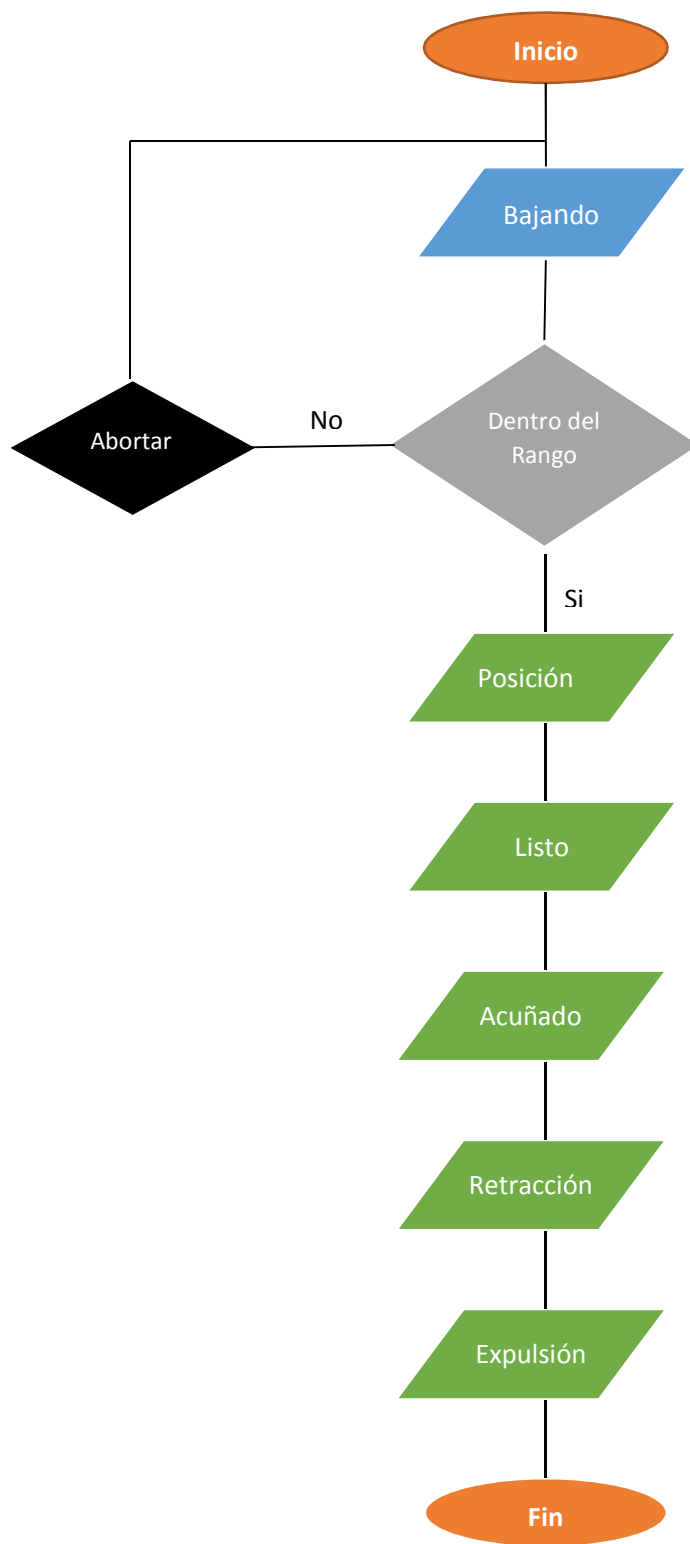


Figura 4.21 Diagrama de flujo de secuencia de estados de acuñado.

El ciclo de trabajo de acuñado se desarrolló en la secuencia que se muestra en el flujograma de la figura 4.21, en donde previo al inicio del ciclo el usuario deberá de ejecutar el programa que contiene el sistema control de acuñado utilizando LabView. Al cargar el sistema aparecerá la arquitectura básica del panel de control que se muestra en la figura 4.22, y donde se alojan los componentes con los que el usuario deberá interactuar para ejecutar el ciclo previamente establecido. Para ello deberá de dar correr el programa (RUM) para que el sistema cambie a estado activo.

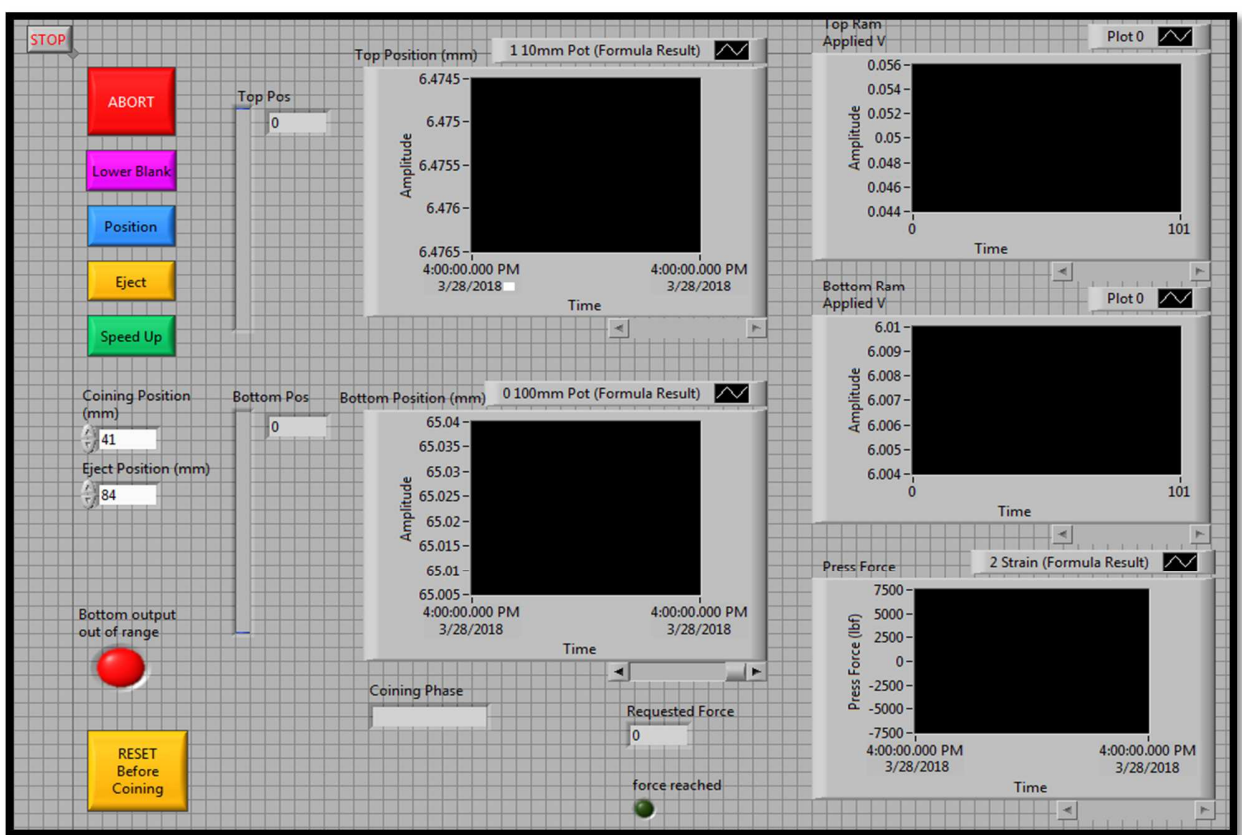


Figura 4.22 Arquitectura básica de panel frontal

Una vez activado el sistema, la arquitectura básica adoptará la forma del panel de control principal como se muestra en la figura 4.23, con el cual se podrá operar el sistema de manera autónoma desarrollando el ciclo de trabajo previamente establecido en la configuración del

diagrama de bloques del sistemas donde se alojan las variables y condiciones requerida para el ciclo de trabajo en la prensa hidráulica de acuñado, como se muestra en la figura 4.24.

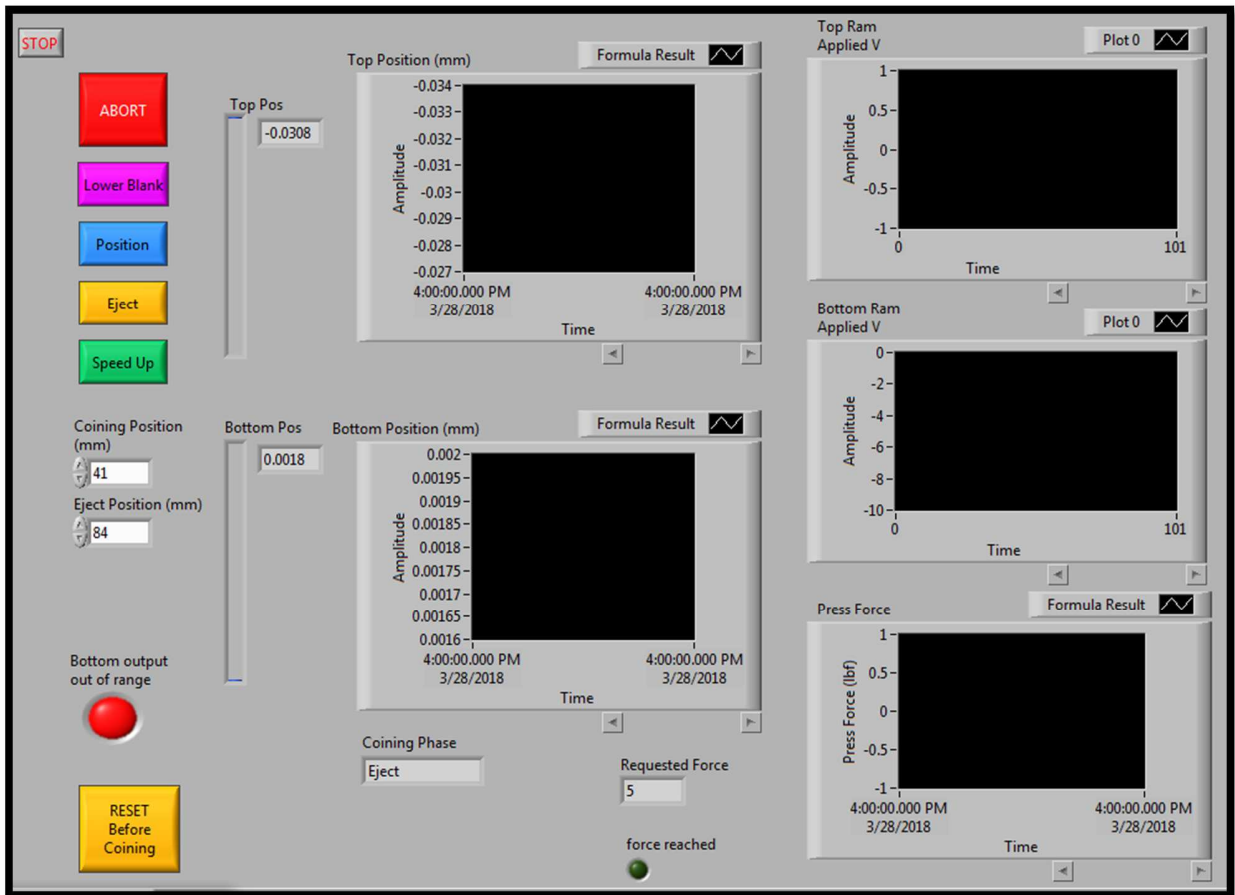


Figura 4.23 Panel frontal de sistema principal de control



Figura 4.24 La lógica de configuración del diagrama de bloques

En el diagrama de bloques se encuentran establecidas las entradas y salidas de señal para ejecutar el ciclo de control secuencia de acuñado, donde por medio de un DAQ Asystem se establecen los puertos para el estado inicial del sistema en donde se estipulan las entradas y salidas de voltaje para la adquisición de datos, así como también los campos de entradas de parámetros que tendrá que incorporar el usuario para que el sistema pueda continuar, puesto que el sistema es de bucle continuo y si una condición no se cumple no avanza a la siguiente acción. El recuadro gris al centro del diagrama de bloque es el cerebro del controlador puesto que es ahí donde se encuentran configurados los seis estados posibles que posee la máquina, permitiéndole al usuario ir de un estado a otro, así como también que el sistema no interrumpa o se estanque en un ciclo debido a que alguna variable de parametrización no se cumpla como establecido en la configuración debiendo abortar la operación.

Para que el ciclo de trabajo se ejecute correctamente el primer paso será activar el estado de “Expulsar”, el cual desplaza el punzón inferior posicionándola unas cuantas centésimas de milímetro por debajo del borde de la matriz quedando la cavidad para incorporar el círculo metálico a acuñar, el cual se incorpora de manera manual. Luego de realizar esa acción podemos decir que la máquina se encuentra cargada por lo que el usuario podrá hacer avanzar el controlador activando el pulsador de color verde de “Listo” el cual permitirá que el punzón inferior se desplace hacia abajo alojando en el interior de la matriz el círculo metálico, en donde el desplazamiento es censado por el potenciómetro de 100 mm y detecta la posición que se ha parametrizado. Una vez alcanza el valor establecido el círculo metálico se encuentra en posición y el sistema permite que el usuario active el pulsador de “Posición” manteniéndose enclavado en ese estado mientras se activa simultáneamente el descenso del punzón superior haciéndolo avanzar al punto de contacto con el círculo metálico. En este momento el desplazamiento es lento por lo que el usuario puede activar el pulsador de “Acelerar” aumentando la velocidad de avance del actuador (en este punto se recomienda desacelerar próximo a que el punzón llegue a la matriz). Cuando se dice que el proceso va a acelerar o frenar se ha establecido de criterio que la fuerza a aplicar será de 510 lbs en función al diámetro de cilindro y potencia.

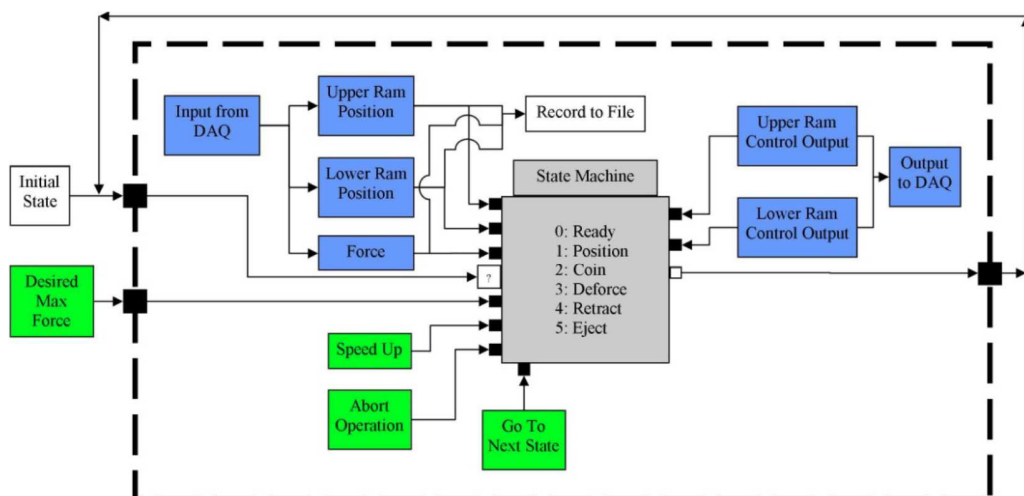
Cuando el punzón se incorpora en la matriz, y alcanza el punto de contacto llevándose a cabo el proceso de “acuñado”, donde ambos punzones comprimen la pieza.

Este estado permanecerá activo hasta que los sensores de fuerza indiquen al sistema que han alcanzado el valor de fuerza establecido lo cual dará paso al estado de “Retracción” en donde el punzón inferior conserva su posición de acuñado, mientras que una señal activa el retorno del punzón superior hasta que este retrocede por completo. Esto permitirá que el usuario pueda activar el pulsador de “Expulsar” posterior mente lo cual impulsará la pieza hacia arriba para ser retirada y reiniciar el ciclo nuevamente o darlo por finalizado.

#### 4.5 Propuesta Aplicación / Implementación

El reacondicionamiento y rehabilitación de la prensa de acuñado permitió poder dar continuidad a la última fase del proyecto de prensa de acuñado de monedas, con la implementación del sistema de control, el cual estuvo compuesto por las etapas de diseño, configuración e implementación, para el control preciso de los punzones empleando la posición RAM y entradas de fuerza (tensión), así como entradas de usuario mínimas, para ejecutar los diferentes etapas del ciclo del proceso de acuñado.

El panel de control de la maquina integra las tarjetas electrónicas, interfaces, fuentes de voltaje y diversos dispositivos electrónicos que de entradas y salidas para el control del sistema desde el software

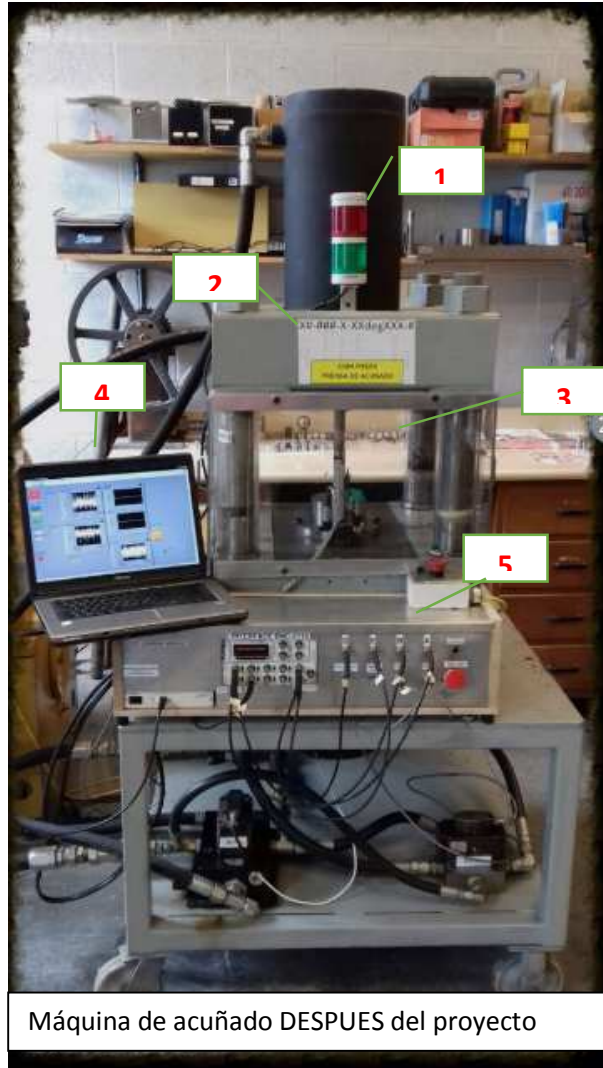


para la transmisión de señales y datos.

En la figura 4.25 se presentan de manera visual las modificaciones finales que se hicieron a la máquina de acuñado una vez automatizada.



Máquina de acuñado ANTES del proyecto



Máquina de acuñado DESPUES del proyecto

Figura 4.25 Resultado Final en la máquina de acuñado.

Descripción de elementos incorporados:

1. Lámpara Indicadora de estado (Semáforo). La cual funciona como indicador de las distintas fases que ejecuta la máquina de acuñado.



Figura 4.26 Semáforo

-ENERGIZADO	Su señal es representada por <b>ROJO</b> de forma INTERMITENTE.
-ENCENDIDO	Su señal es representada por <b>VERDE</b> de forma FIJA.
-OPERANDO	Su señal es representada por <b>VERDE</b> de forma INTERMITENTE.
-APAGADO	Su señal es representada por <b>ROJO</b> de forma FIJA.

2. Rotulación de la máquina.



Figura 4.27 Nombre de la máquina

3. Mamparas transparentes. Fueron incorporadas a cada uno de los costados del equipo siendo una de ellas fija y las otras tres desmontables debido a que se requiere acceso sin restricciones en el área activa de la máquina.



Figura 4.28 Mamparas

4. Implementación del sistema SCADA. El cual es manipulable a través de un programa de la computadora.

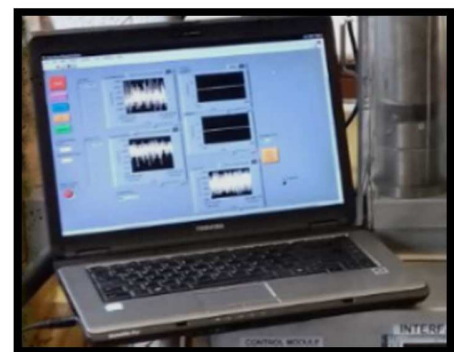


Figura 4.29 Sistema instalado en computadora

5. Caja de Control. Contiene todos los elementos eléctricos y electrónicos descritos en el capítulo 4. En la figura 4.30 se muestra la lógica cableada que se instaló para poder automatizar la máquina.

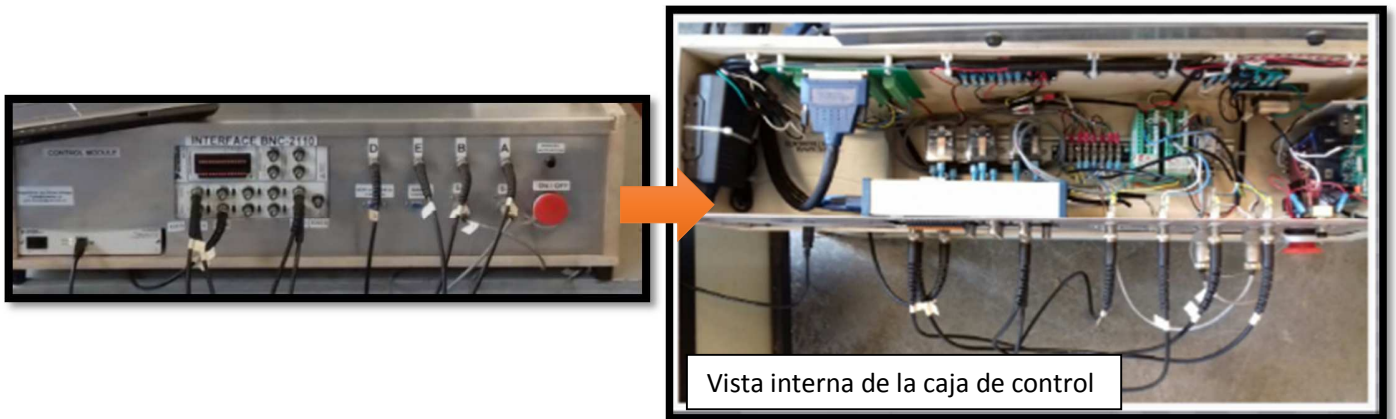


Figura 4.30 Conexiones de lógica cableada

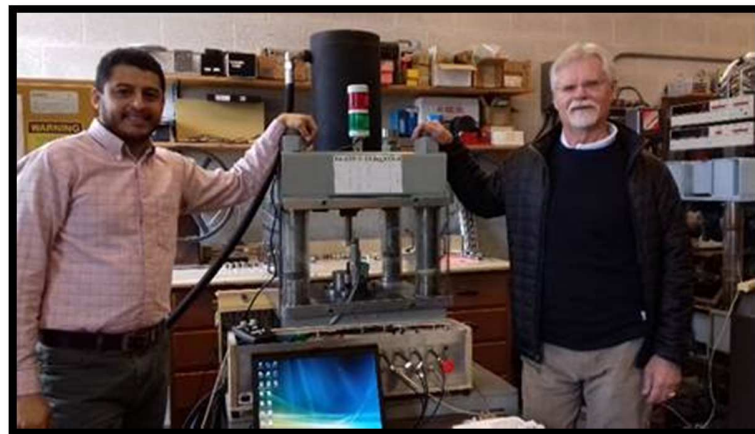


Figura 4.31 José Arteaga Izquierda, profesor Jacob Jesweit , PEng. Derecha

## CONCLUSIONES

En la parte inicial del desarrollo de este proyecto fue necesario conocer y recopilar la mayor cantidad de información referente al acuñado, lo cual permitió indagar sobre los orígenes, importancias y métodos empleados para el desarrollo del proceso, en la cultura canadiense especialmente Kingston Ontario. Esto permitió poder conocer las fases primarias del proceso las cuales fueron importante para integrar el sistema más adelante.

El equipo asignado para desarrollar este proyecto había alcanzado puramente la etapa de construcción de las partes y conformación de la estructura ofreciendo un sistema mecánico simple. Sin embargo, a medida se fue conociendo sobre el proceso mediante ensayos manuales realizados con la prensa hidráulica, se logró establecer que con el equipo se podrían realizar diversos ensayos y análisis de resultados a partir de las múltiples variables tales como fuerza, velocidad, temperatura y potencia eléctrica.

Luego de estas estas consideraciones y evaluando posibles alternativas de sistemas para el control y medición de las variables para la prensa de acuñado, las autoridades determinaron que el sistema fuera desarrollado empleando el software de LabView, lo que derivó que una cantidad considerable de tiempo se dedicó a diseñar el nuevo sistema de control; que cumpliera con las características establecidas. Por lo que en el desarrollo se vio la necesidad de elaborar sub sistemas de control para ejecutar las tareas de ajuste y calibración para establecer las variables iniciales necesarias para el desarrollo del ciclo de trabajo del proceso de acuñado, adoptando el punto de vista de diseño centrado en el usuario pues es quien finalmente tendrá a cargo la secuencia de tareas de supervisión o control de las secuencias del sistema de control de la prensa de acuñado. Finalmente se logró como resultado final lograr automatizar muchas de las funciones de la máquina que estaban siendo ejecutadas de forma manual.

Así mismo es necesario recalcar que:

- El sistema de control únicamente gobierna el ciclo de trabajo de acuñado sin embargo requiere ser calibrada cada vez que se modifique el espesor del material a acuñar.
- Las variables obtenidas de fuerza y desplazamiento son almacenadas y enviadas a un bloque de notas que registra esos datos finitos, específicamente Ciclo de acuñado, permitiendo así poder evaluar y analizar el cambio sufrido en el material.

## GLOSARIO

- **Valor de referencia:** es el valor ideal que se pretende obtener a la salida del sistema controlado. En un sistema más complejo, la salida es censada y comparada con el valor de referencia a fin de determinar la diferencia entre ambas para reducir el error de salida.
- **Controlador:** Regula presiones, temperaturas, niveles y caudales, así como todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica.
- **Sistema:** Es la combinación de componentes que interactúan para lograr un determinado objetivo. En este caso el sistema es el objeto a controlar.
- **Entrada del sistema:** Es una variable que al ser modificada en su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.
- **Salida del sistema:** Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, etc.).
- **Perturbación:** Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación interna, mientras que la perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.
- **Sensores o transductores:** Captan las magnitudes del sistema, para saber el estado del proceso que se controla.
- **Sistemas de Control de Lazo Abierto:** Los sistemas de control de lazo abierto en los que la salida no tiene efecto sobre la acción del controlador, es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Por lo tanto, para cada valor de referencia corresponde una condición de operación fijada. Así, la exactitud del sistema, depende de la calibración.
- **Sistemas de Control de Lazo Cerrado:** Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción del controlador. La señal de error actuante, (que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación) entra al control para reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. En otras palabras, el término “lazo cerrado lazo cerrado”, implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema.

- **PLC:** “Sistema Industrial de Control Automático” que trabaja bajo una secuencia de instrucciones lógicas, almacenada en memoria.
- **Sistema SCADA:** Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

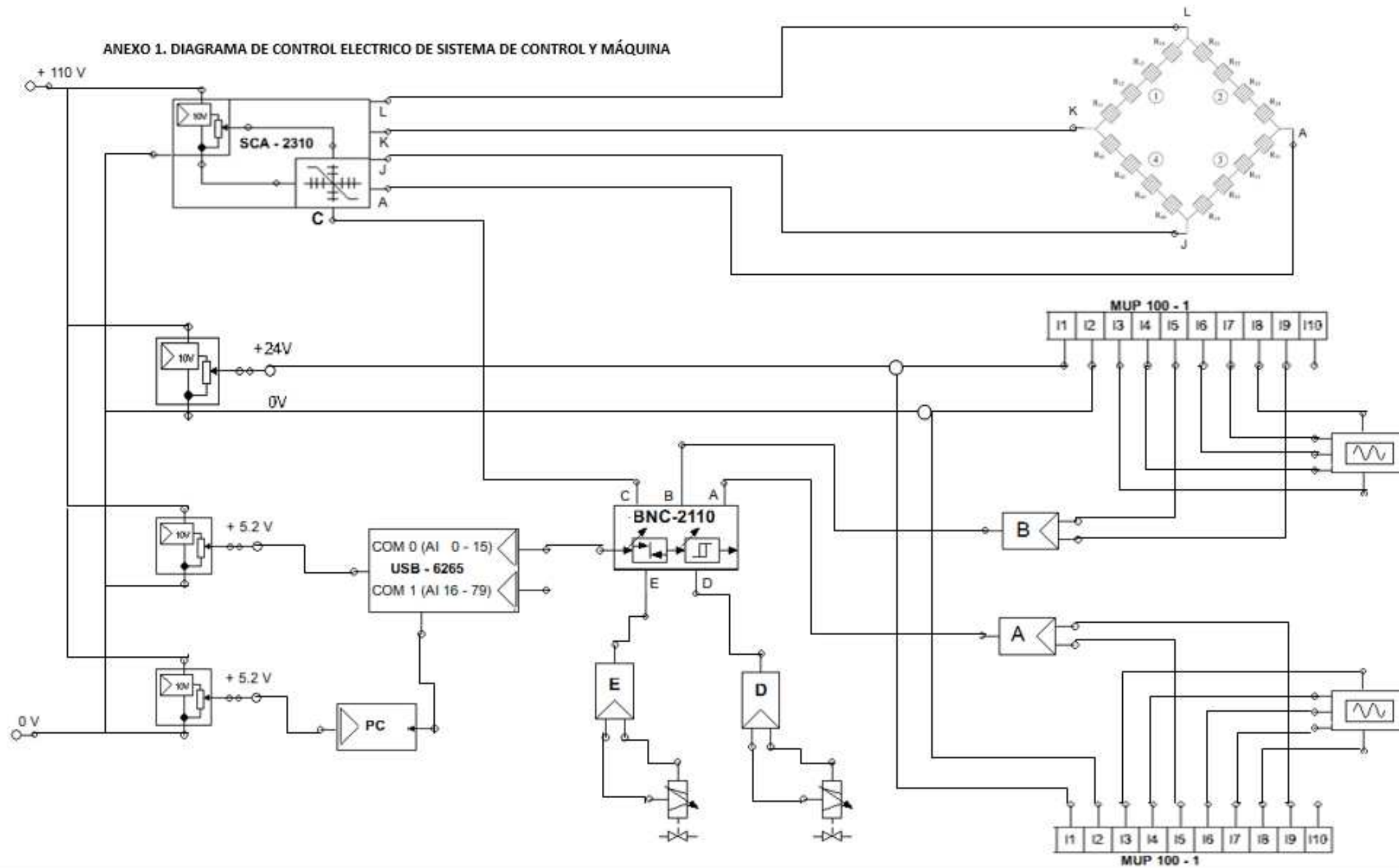
1. Julio C. Brenes, TPM Total Productive Maintenance , guidelines for its implementation.
2. Richard C. Dorf , Robotic and Automated Manufacturing, Reston, Virginia, Reston Publishing Company, INC.
3. M. Winston Essential Hydraulics: Fluid Power , 2 nd Edition .
4. Lisa K. Wells, LabVIEW Graphical Programming for Instrumentation, 3a Edition, National Instruments
5. Frank D. Petruzella, Programmable Logic Controllers, McGraw Hill, Fifth Edition
6. Pere Ponsa, Toni Granollers. Diseño y automatización industrial. Universitat Politècnica de Catalunya
7. Tristán José Koivisto, Tesis de Modelización de la influencia de la geometría de diseño sobre el proceso de troquelado, Universidad de Queen's


### REFERENCIAS DIGITALES:

1. [www.numismaticodigital.com/noticia/10212/internacional/150-aniversario-de-canada.html](http://www.numismaticodigital.com/noticia/10212/internacional/150-aniversario-de-canada.html)
2. [es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_de\\_Canad%C3%A1](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_Canad%C3%A1)
3. [monedas-antiguas.blogspot.ca/2009/11/una-de-las-monedas-mas-antiguas-y.html](http://monedas-antiguas.blogspot.ca/2009/11/una-de-las-monedas-mas-antiguas-y.html)
4. [materialsdesign.wordpress.com/acunado/](http://materialsdesign.wordpress.com/acunado/)
5. [es.wikipedia.org/wiki/Ceca](http://es.wikipedia.org/wiki/Ceca)
6. [www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf](http://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf)
7. [www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/](http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/)
8. Revista educativa Partesdel.com, equipo de redacción profesional. (2017, 12). Partes del PLC. Equipo de Redacción PartesDel.com. Fuente: <https://www.partesdel.com/plc.html>

## **ANEXOS.**

ANEXO 1. DIAGRAMA DE CONTROL ELECTRICO DE SISTEMA DE CONTROL Y MÁQUINA



	<b>ANEXO 2. FICHA TECNICA</b>	Fecha:  Código:  Versión:
---	-------------------------------	---------------------------------------

<b>Nombre del equipo:</b>	UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA		
<b>Modelo:</b>		<b>Fecha de compra o fabricación.</b>	1982
<b>Marca:</b>	MILACRON	<b>Ubicación</b>	Laboratorio de manufactura y procesamiento de materiales
<b>Serial</b>	4603-A34-81-0470		
<b>Responsable</b>			
<b>Código de inventario</b>		<b>Cantidad</b>	1



**Función y usos:** Este equipo está destinado directamente a suministrar el fluido hidráulico a la prensa de acunado.

**Descripción física:** La unidad está compuesta por un tanque presurizado con una y está equipada con un motor eléctrico el cual impulsa una bomba de paletas. El sistema de tuberías de suministro de presión se le antepone un filtro de aceite antes de llegar a un acumulador hidráulico el cual es el encargado de mantener la presión estable.

Además cuenta con un conjunto de electroválvulas de alivio de presión, activación de sistema de enfriamiento por agua y direccionar el sistema de presión para la bomba.

**Especificaciones Técnicas**

- Tanque no presurizado con capacidad de liquido 205 litros y capacidad efectiva de 287 litros
- Fluido hidráulico Nuto H-32
- Tuberías de suministro 1"
- Tuberías de retorno 1 ¼"
- Bomba de paletas
- Motor eléctrico de 25 HP
- Filtros de aceite para presión de trabajo máxima de 6000 PSI
- Acumulador hidráulico de

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetro con rango de 0 – 5,000 PSI</li> <li>• Válvulas 2v/2p para salida y retorno de presión</li> <li>• Válvula de bola para alimentación de sistema refrigerante</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Instrucciones de energización.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posicione en ON interruptor de tablero eléctrico</li> <li>• Posicione en ON la palanca de la unidad de potencia</li> <li>• Libere el paro de emergencia rotándolo levemente en sentido horario.</li> <li>• Presione el pulsador rojo que indica ON</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Verificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar secuencias de funcionamiento de arranque y parada de la unidad</li> <li>• Verifique que las válvulas de suministro y retorno de presión estén abiertas.</li> <li>• Verifique el nivel de fluido se encuentre dentro del rango del medidor de nivel.</li> <li>• Verifique que no existan fugas en las tuberías flexibles o rígidas.</li> <li>• Verificar que el equipo, en funcionamiento normal, no tiene ruidos o vibraciones anormales</li> <li>• Verificar que no se detectan olores anormales</li> <li>• Verificar correcto estado de etiquetas identificativas</li> <li>• Verificar el buen estado de la placa de características</li> <li>•</li> </ul>
<p><b>Instrucciones de operación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertura la válvula de suministro de agua para el sistema de enfriamiento</li> <li>• Para operar la prensa tomar en cuenta las instrucciones del apartado 4.4</li> </ul>
<p><b>Ajustes y/o calibración (Incluye frecuencia)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste la presión de trabajo en la válvula limitadora de presión</li> </ul>
<p><b>Condiciones del equipo después del uso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presione el pulsador negro que indica OFF</li> <li>• Presione el paro de emergencia</li> <li>• Posicione en OFF la palanca de la unidad de potencia</li> <li>• Posicione en OFF interruptor de tablero eléctrico</li> </ul>
<p><b>Limpieza</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar limpieza exterior del equipo</li> <li>• Realizar limpieza de la zona cercana al equipo</li> <li>• Retirar todos los elementos ajenos al equipo</li> <li>• Realizar limpieza mecánica con trapos, agua, disolventes, etc.</li> <li>• Realizar limpieza de contactos eléctricos con limpia contactos</li> <li>• Realizar limpiezas especiales</li> </ul>



## Acumulador hidráulico de vejiga Modelo estándar

### 1. DESCRIPCIÓN

#### 1.1. FUNCIONAMIENTO

Los fluidos apenas pueden comprimirse, por lo que no almacenan energía de presión.

En los acumuladores hidroneumáticos se emplea la capacidad de compresión de un gas para el almacenamiento de fluidos. Los acumuladores de vejiga de HYDAC se basan en este principio, con el nitrógeno como medio compresible.

Un acumulador de vejiga se compone de una parte líquida y una gaseosa, con una vejiga como elemento separador hermético al gas. La parte líquida que rodea la vejiga está conectada al circuito hidráulico, de forma que al elevarse la presión, el acumulador de vejiga recibe el fluido y el gas se comprime.

Al disminuir la presión, el gas densificado se dilata y empuja el fluido de presión acumulado hacia el circuito.

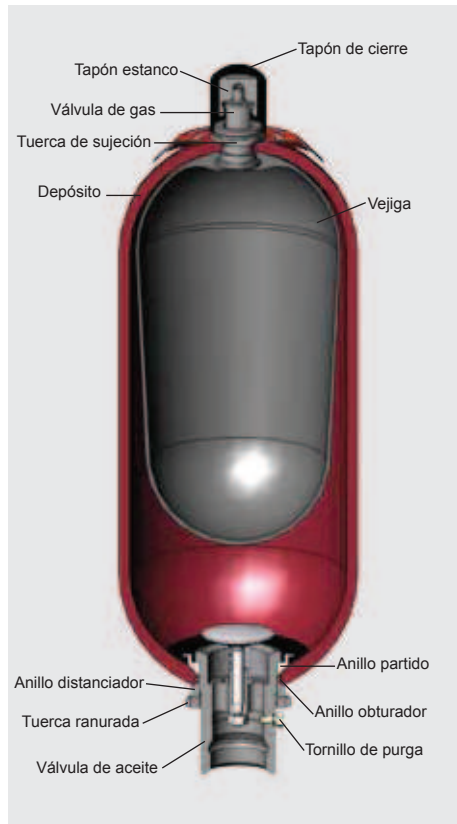
Los acumuladores de vejiga de HYDAC ofrecen multitud de aplicaciones, como por ejemplo para los siguientes casos:

- Acumulación de energía
- Accionamiento de emergencia
- Compensación de fuerzas
- Compensación de fugas de aceite
- Compensación del volumen
- Absorción de choques
- Suspensión de vehículos
- Amortiguación de pulsaciones

Véase el extracto del folleto:

- Amortiguadores hidráulicos nº 3.701

#### 1.2. DISPOSICIÓN



#### Construcción

##### ● Acumulador de vejiga estándar SB330/400/500/550

Los acumuladores de vejiga estándar de HYDAC cuentan con un depósito, una vejiga flexible con válvula de gas y un cuerpo de conexión hidráulica con válvula de retención. Los depósitos de presión sin soldaduras están fabricados en acero altamente resistente.

##### ● Acumulador de vejiga SB330N

Gracias al diseño optimizado del caudal de la válvula de aceite estándar, el caudal de fluido de presión máximo posible aumenta hasta 25 l/s en este tipo de acumuladores.

##### ● Acumulador de vejiga High Flow SB330H

Los acumuladores de vejiga High Flow SB330 de HYDAC de esta serie son acumuladores de alto rendimiento con un caudal de hasta 30 l/s. La conexión hidráulica aumenta de forma que son posibles caudales mayores.

#### 1.3. MATERIAL DE LA VEJIGA

Los siguientes elastómeros se suministran de manera estándar:

- NBR (caucho acrilonitrilo butadieno, perbunan),
- IIR (caucho butílico),
- FKM (caucho fluorado, Viton®),
- ECO (caucho de epiclorohidrina-óxido de etileno).

El material de la vejiga debe ser compatible con el respectivo medio y las temperaturas de servicio.

En la elección del elastómero debe tenerse en cuenta que bajo condiciones de extracción desfavorables (elevada relación de presiones  $p_2/p_0$ , alta velocidad de descarga) el gas puede enfriarse por debajo de la temperatura admisible para el elastómero. Esto puede provocar quebraduras debidas al frío. El programa de simulación de acumuladores ASP de HYDAC permite calcular la temperatura del gas.

#### 1.4. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Para el funcionamiento con medios químicos agresivos, el cuerpo de acumulador puede ser suministrado con protección contra la corrosión, como un recubrimiento interior de plástico o niquelado químico. Si no fuera suficiente, prácticamente todos los modelos pueden fabricarse también en acero inoxidable.

## 1.5. POSICIÓN DE MONTAJE

Los acumuladores de vejiga de HYDAC pueden montarse en vertical, horizontal o inclinados. Si elige el montaje vertical o inclinado, la válvula de fluido se ubica en la parte inferior. A continuación le ofrecemos algunos ejemplos de aplicación en los que se prescriben determinadas posiciones de montaje:

- Acumulación de energía: vertical,
- Amortiguación de pulsaciones: horizontal a vertical,
- Mantenimiento constante de la presión: horizontal a vertical,
- Compensación del volumen: vertical.

Tenga en cuenta que en las posiciones de montaje vertical e inclinada se reduce el volumen útil y el caudal de fluido de presión máximo permitido.

## 1.6. TIPO DE SUJECIÓN

Mediante un adaptador pueden atornillarse acumuladores HYDAC de hasta 1 l de volumen directamente en la tubería.

Si se producen vibraciones y los volúmenes superan el primer litro le recomendamos utilizar abrazaderas de HYDAC o el juego de acumulación de HYDAC.

Véase el extracto del folleto:

- Elementos de sujeción para acumuladores hidráulicos nº 3.502
- ACCUSET SB nº 3.503

## 2. VALORES CARACTERÍSTICOS

### 2.1. ACLARACIONES; INDICACIONES

**2.1.1 Sobrepresión de servicio**  
véanse las tablas  
(puede diferir de la presión nominal de inspecciones efectuadas en el extranjero).

**2.1.2 Volumen nominal**  
véanse las tablas

**2.1.3 Volumen de gas efectivo**  
Véanse las tablas de las medidas nominales. Desviación mínima respecto al volumen nominal, a tener en cuenta en el cálculo del volumen útil.

**2.1.4 Volumen útil**  
Volumen del fluido disponible entre las presiones de servicio  $p_2$  y  $p_1$ .

**2.1.5 Caudal de fluido de presión máx.**  
Para alcanzar el caudal de fluido de presión máx. indicado en la tabla es necesario el montaje vertical. Debe tener en cuenta que en el acumulador permanece un volumen residual del fluido equivalente aprox. al 10 % del volumen efectivo del gas.

**2.1.6 Fluidos**  
Los diferentes materiales de la vejiga y las juntas son apropiados para los siguientes fluidos.

Material	Fluidos
NBR20	Aceites minerales (HL, HLP, HFA, HFB, HFC), agua
ECO	Aceite mineral
IIR	Éster fosfatado
FKM	Hidrocarburo clorado, gasolina

### 2.1.7 Temperatura de servicio admisible

Las temperaturas de servicio admisibles dependen de los límites de aplicación de los materiales metálicos y las vejigas.

Los cuerpos de válvula estándar, las válvulas de gas y los cuerpos de acumulador son apropiados para un rango de  $-10\text{ °C} \dots +80\text{ °C}$ .

Para temperaturas fuera de este rango deben utilizarse combinaciones de materiales especiales. La siguiente tabla muestra la relación entre el material de la vejiga y la temperatura de aplicación.

Material	Rangos de temperatura
NBR20	$-15\text{ °C} \dots +80\text{ °C}$
NBR21	$-50\text{ °C} \dots +80\text{ °C}$
NBR22	$-30\text{ °C} \dots +80\text{ °C}$
ECO	$-30\text{ °C} \dots +120\text{ °C}$
IIR	$-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$
FKM	$-10\text{ °C} \dots +150\text{ °C}$

### 2.1.8 Aplicación de gas

Los acumuladores hidráulicos solo pueden funcionar con nitrógeno.

No utilice otros gases.

**¡Peligro de explosión!**

Básicamente solo puede aplicarse nitrógeno de la clase 4.5 con un filtro de  $< 3\text{ }\mu\text{m}$ .

Si desea utilizar otros gases, consúltenos. Estaremos encantados de asesorarle.

### 2.1.9 Valores límite de la presión de llenado de gas

$$p_0 \leq 0,9 \cdot p_1$$

con la siguiente relación de presión admisible de

$$p_2 : p_0 \leq 4 : 1$$

$p_2$  = presión de servicio máx.

$p_0$  = presión de llenado de gas

### 2.1.10 Códigos de inspección

Australia	F1 <sup>1)</sup>
Brasil	U3 <sup>3)</sup>
Canadá	S1 <sup>2)</sup>
China	A9
EE.UU.	S
Estados miembros de la UE	U
GUS	A6
India	U3 <sup>3)</sup>
Japón	P
Nueva Zelanda	T
Suiza	U
Ucrania	A10

<sup>1)</sup> = Necesaria certificación en cada uno de los territorios

<sup>2)</sup> = Necesaria certificación en cada una de las provincias

<sup>3)</sup> = Posible inspección alternativa

En los depósitos de acumulación no se deben realizar ni soldaduras ni trabajos mecánicos de ningún tipo. Después de conectar la tubería hidráulica, esta deberá purgarse por completo.

Es posible realizar trabajos (reparaciones, conexión de manómetros, etc.) en las instalaciones con acumuladores hidráulicos una vez que se haya descargado la presión del fluido.

**Deben respetarse las instrucciones de servicio!**

**n° 3.201.CE**

**Indicación:**

En el siguiente extracto del folleto encontrará ejemplos de aplicación, dimensionamiento del acumulador y fragmentos del reglamento de inspección de los acumuladores hidráulicos:

- Acumulador n° 3.000

### 2.1.11 Modelo estándar de conexión en el lado del gas

Serie	Volumen [l]	Modelo de la válvula de gas
SB330 /	$< 1$	5/8-18UNF
SB400	$< 50$	7/8-14UNF
	$\geq 50$	M50x1,5 / 7/8-14UNF

otros niveles de presión a petición

## 2.2. DESIGNACIÓN DEL MODELO

(al mismo tiempo como ejemplo para el pedido)

**SB330 H - 32 A 1 / 112 U - 330 A 050**

**Serie** \_\_\_\_\_

**Identificación del modelo** \_\_\_\_\_

H = High Flow  
N = válvula de aceite de caudal optimizado  
A = absorbedor de choques  
P = amortiguador de pulsación  
S = estabilizador del caudal de succión  
B = vejiga hacia arriba desmontable,  
combinaciones posibles como HB: High Flow con vejiga hacia arriba desmontable o  
PH: amortiguador de pulsación con caudal elevado.  
sin indicación = estándar

**Volumen nominal [l]** \_\_\_\_\_

**Conexión hidráulica** \_\_\_\_\_

A = conexión estándar, rosca con junta interior  
F = conexión con brida  
C = sujeción de válvula con tornillos en la parte inferior  
E = juntas en la parte frontal (p. ej. con válvula con rosca M50x1,5)  
G = rosca exterior  
S = conexión especial de acuerdo con las necesidades del cliente

**Lado del gas** \_\_\_\_\_

1 = modelo estándar (véase capítulo 2.1.11)  
2 = modelo de conexión posterior  
3 = válvula de gas 7/8-14UNF con rosca interior M8  
4 = válvula de gas 7/8-14UNF con conexión de válvula de gas 5/8-18UNF  
5 = válvula de gas M50x1,5 en acumuladores de menos de 50 l  
6 = válvula de gas 7/8-14UNF atornillada  
7 = válvula de gas M28x1,5 atornillada  
8 = válvula de gas M16x1,5 atornillada  
9 = válvula de gas especial de acuerdo con las necesidades del cliente

**Códigos de material** <sup>1)</sup> \_\_\_\_\_

modelo estándar = 112 para aceites minerales  
en función del medio de servicio,  
otros a petición

**Conexión hidráulica** \_\_\_\_\_

1 = acero C  
2 = acero altamente resistente  
3 = acero inoxidable <sup>3)</sup>  
6 = acero de baja temperatura

**Cuerpo de acumulador** \_\_\_\_\_

0 = plástico (recubrimiento interior)  
1 = acero C  
2 = níquelado químico (recubrimiento interior)  
4 = acero inoxidable <sup>3)</sup>  
6 = acero de baja temperatura

**Vejiga acumuladora** <sup>2)</sup> \_\_\_\_\_

2 = NBR20  
3 = ECO  
4 = IIR (butilo)  
5 = NBR21 (baja temperatura)  
6 = FKM  
7 = otros  
9 = NBR22

**Código de inspección** \_\_\_\_\_

U = DEP 97/23/CE

**Presión de servicio admisible [bar]** \_\_\_\_\_

**Conexión** \_\_\_\_\_

Rosca, identificación conexión hidráulica: A, C, E, G  
A = rosca según ISO228 (BSP)  
B = rosca según DIN13 o ISO965/1 (métrico)  
C = rosca según ANSI B1.1 (UN...-2B, junta según SAE J 514)  
D = rosca según ANSI B1.20.1 (NPT)  
S = rosca especial de acuerdo con las necesidades del cliente

Brida, identificación, conexión hidráulica: F  
A = brida DIN  
B = brida ANSI B16.5  
C = brida SAE 3000 psi  
D = brida SAE 6000 psi  
S = brida especial de acuerdo con las necesidades del cliente

**Presión de llenado previo p<sub>0</sub> [bar] a 20 °C. Si lo desea, indíquelo en el pedido!** \_\_\_\_\_

<sup>1)</sup> No todas las combinaciones son posibles

<sup>2)</sup> En el pedido de una vejiga adicional, solicite un depósito de perforación mínima

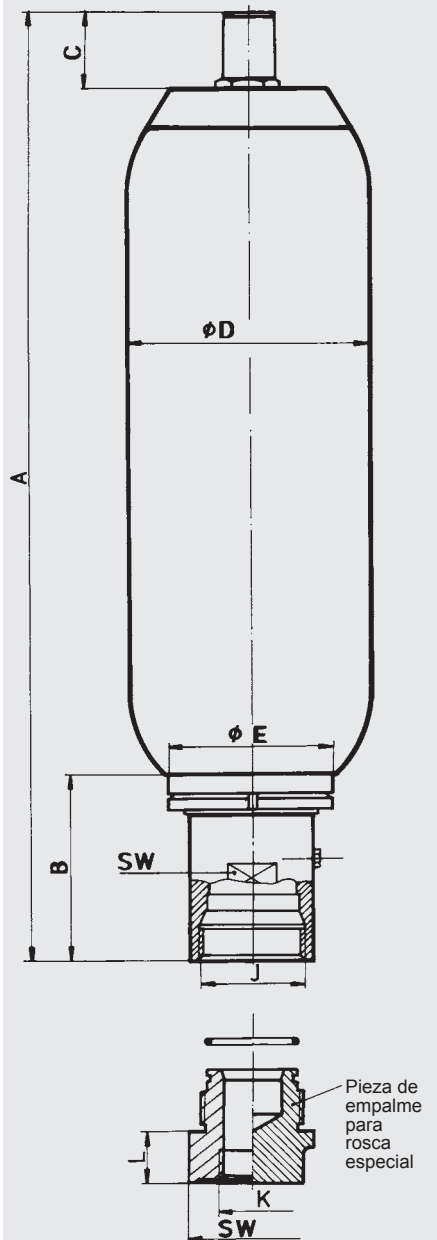
<sup>3)</sup> En función del modelo y el nivel de presión

### 3. DIMENSIONES Y PIEZAS DE RECAMBIO

#### 3.1. DIMENSIONES

Volumen nominal	Válvula	Máx. sobrepresión de servicio (DEP 97/23/CE)	Volumen del gas ef.	Peso	A máx.	B	C	Ø D máx.	J Rosca	ISO 228	Ø E	SW	Q <sup>1)</sup>
[l]		[bar]	[l]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]			[mm]	[mm]	[l/s]
0,5	estándar	400	0,5	2,8	270	57	33,5	95,5	G 3/4	50	32	4	
1		330	1,0	4,5	302			118	G 1				
		550		8,5	334	68	121	G 1 1/4					
2,5		330	2,4	10	531	63	58		118	G 1	67	50	10
		4	550	2,5	539	68		121					
5			330	3,7	13,5	419	63	173	G 1 1/4	50	10		
		400	23			867	68					121	G 1
6		330	5,7	15	531	63	173	G 1 1/4	50	10			
10 <sup>2)</sup>		330	9,3	25	728						58	229	G 2
10		estándar	330	9,3	31,5	568	103	229	G 2	100			
	N	9			34,5	603	138				G 2 1/2	125	90
10	H	400	9,3	37,5	572	103	233	G 2	100	70			
	estándar			500	8,8	45					585	77	68
13	estándar	330	12	43	686	103	58	229	G 2	100	70	15	
	N			46	695	138							G 2 1/2
13	H	400	49	666	103	233	G 2	100	70	15			
	estándar			500	8,8						45	585	77
20	estándar	330	18,4	50,5	896	103	58	229	G 2	100	70	15	
	N			17,5	53,5	931							138
20	H	400	18,4	63,5	896	103	68	233	G 2	100	70	15	
	estándar			500	17	75,5							901
24	estándar	330	23,6	69,0	1062	103	58	229	G 2	100	70	15	
	N			24	72	1097							138
24	H	400	33,9	87	1411	103	58	229	G 2	100	70	15	
	estándar			500	33,5	127							1446
32	estándar	330	33,9	87	1411	103	58	229	G 2	100	70	15	
	N			32,5	90	1446							138
32	H	400	33,9	104,5	1411	103	68	233	G 2	100	70	15	
	estándar			500	33,5	127							1446
50	estándar	330	47,5	117,5	1931	103	68	229	G 2	100	70	15	
	N			120,5	1966	138							G 2 1/2
50	H	400	48,3	142	1931	103	68	233	G 2	100	70	15	
	estándar			500	169	1951							77
60	estándar	330	60	182	1156	138	68	356	G 2 1/2	125	90	30	
80				221	1406								
100				255	1656								
130				305	1976								
160				396	2006								
200				485	2306								

#### Dimensiones

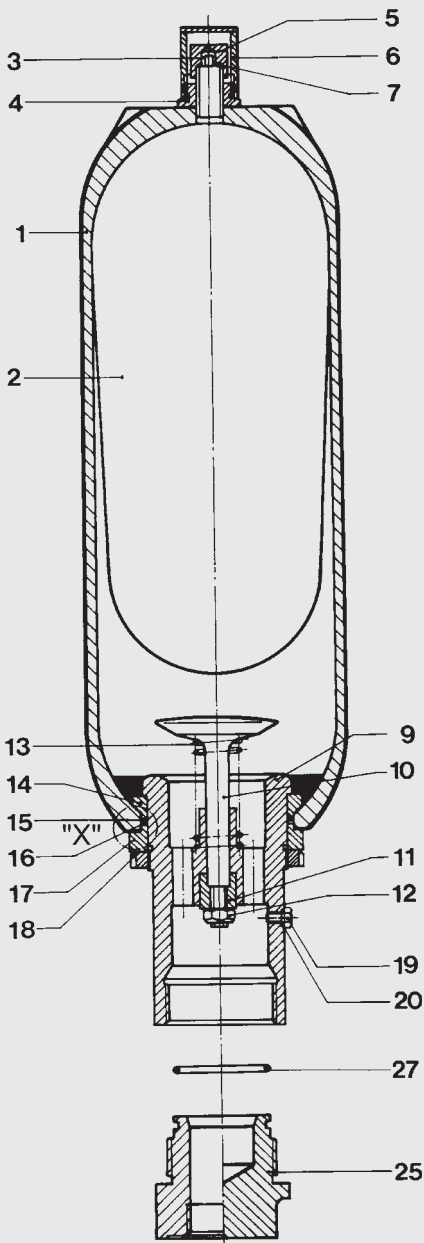


<sup>1)</sup> Q = caudal máx. de fluido de presión

<sup>2)</sup> versión reducida para espacios de montaje pequeños

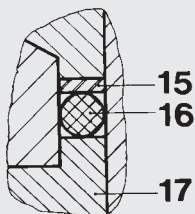
### 3.2. PIEZAS DE RECAMBIO

SB330/400/440/500/550  
SB330H / SB330N

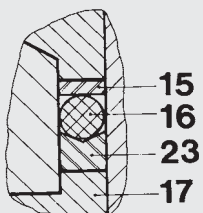


#### Detalle "X"

SB330/400 – 0,5 ... 6 l



SB330/400/500 – 10 ... 200 l y  
SB330H – 10 ... 200 l  
SB550 – 1 ... 5 l



Designación	Pos.
<b>Vejiga completa</b>	
compuesta por:	
Módulo de vejiga	2
Inserción para válvula de gas*	3
Tuerca de sujeción	4
Tapa estanca	5
Tapón de protección de la válvula	6
Junta tórica	7
<b>Juego de juntas</b>	
compuesto por:	
Junta tórica	7
Cámara anular hermetizante para obturación	15
Junta tórica	16
Tornillo de purga	19
Anillo de apoyo	23
Junta tórica	27
<b>Set de reparación <sup>1)</sup></b>	
compuesto por:	
Vejiga completa (véase arriba)	
Juego de juntas (véase arriba)	
<b>Anillo de apoyo</b>	14
<b>Válvula de aceite completa</b>	
compuesta por:	
Módulo de válvula (pos.9-13)	9
Anillo de apoyo	14
Cámara anular hermetizante para obturación	15
Junta tórica	16
Anillo distanciador	17
Tuerca ranurada	18
Tornillo de purga	19
Anillo de apoyo	23

\* suministrable por separado

<sup>1)</sup> En el pedido indique un depósito de perforación mínima.

Pos. 1 no se suministra como pieza de recambio  
Pos.19 de NBR/acero C: anillo obturador (pos.20) integrado

Pos.25 como accesorio, capítulo 4.

### 3.3. SETS DE REPARACIÓN

NBR, acero C

volumen nominal: 0,5 ... 200 litros

válvula de gas estándar

Volumen nominal [l]	Nº art.
0,5	02128169
1	02106261
2,5	02106200
4	02106204
5	02106208
6	02112100
10*	03117512
10	02106212
13	02106216
20	02106220
24	02106224
32	02106228
50	02106252
60	03117513
80	03117514
100	03117515
130	03117516
160	03117517
200	03117558

\* versión reducida para espacios de montaje pequeños otras a petición

## 4. ACCESORIOS PARA ACUMULADORES DE VEJIGA

### 4.1. ADAPTADORES (LADO DEL GAS)

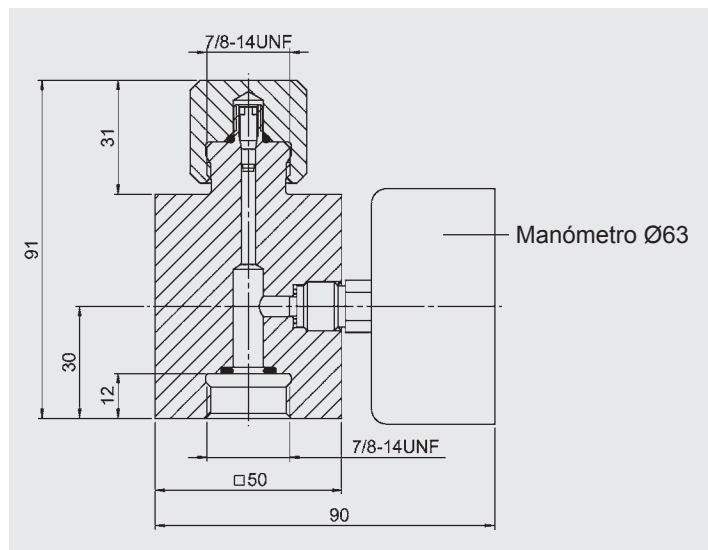
Para controlar la presión de llenado previo de los acumuladores hidráulicos, HYDAC ofrece una selección de adaptadores.

Para tamaños de conexión estándar (7/8-14UNF) deben indicarse por separado en el pedido los siguientes adaptadores.

Contacte con nosotros para solicitar otras conexiones para acumulador por el lado del gas (p.ej. 5/8-18UNF).

#### 4.1.1 Modelo del manómetro:

Conexión por el lado del gas del acumulador de vejiga para el control permanente de la presión de llenado previo.

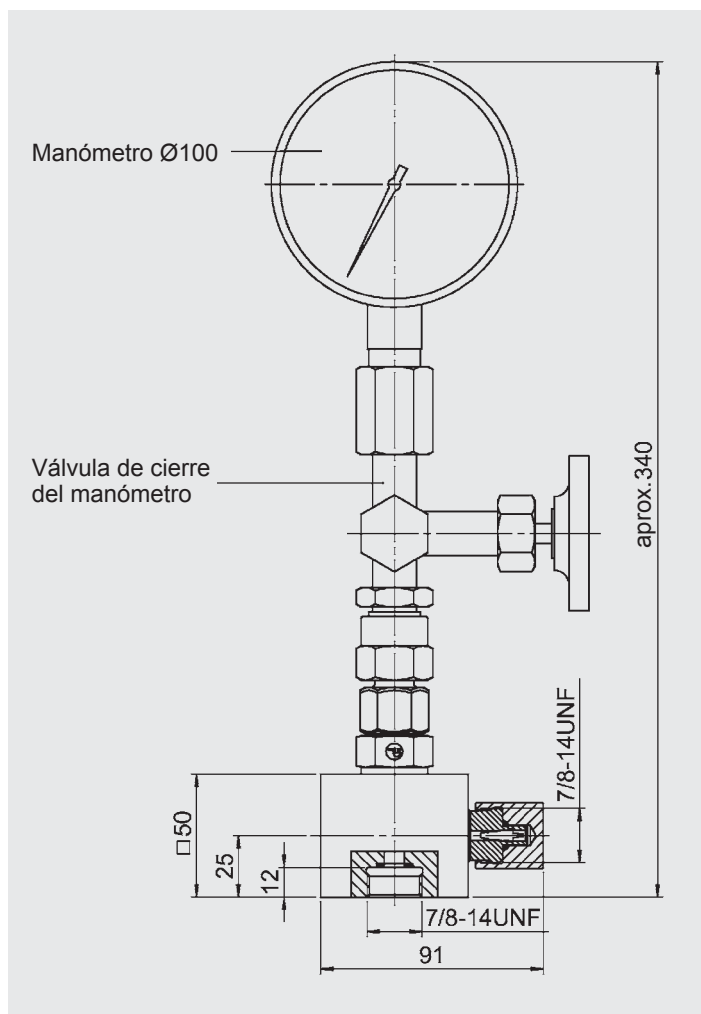


Rango de indicación del manómetro	Manómetro N° artículo	Cuerpo adaptador* N° artículo	Adaptador completo N° artículo
—	—	00239275	00366621
0 - 10 bar	00614420		02108416
0 - 60 bar	00606886		03093386
0 - 100 bar	00606887		02104778
0 - 160 bar	00606888		03032348
0 - 250 bar	00606889		02100217
0 - 400 bar	00606890		02102117

\* p<sub>máx.</sub> = 400 bar

### 4.1.2 Modelo del manómetro con válvula de cierre

Conexión por el lado del gas del acumulador de vejiga para el control permanente de la presión de llenado previo con opción de cierre.



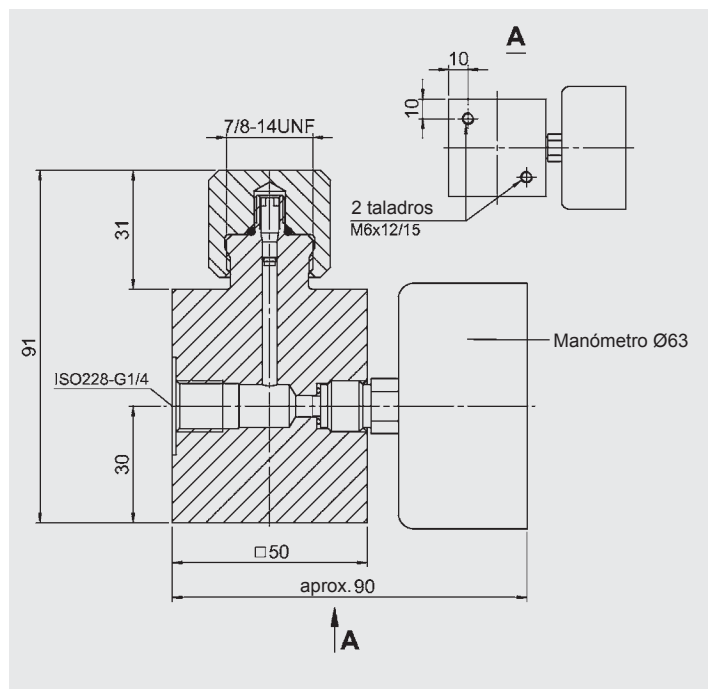
Rango de indicación del manómetro	Manómetro N° artículo	Cuerpo adaptador* N° artículo	Adaptador completo N° artículo
—	—	00363713	02103381
0 - 25 bar	00631380		02105216
0 - 60 bar	00606771		02110059
0 - 100 bar	00606772		03139314
0 - 160 bar	00606773		03202970
0 - 250 bar	00606774		03194154
0 - 400 bar	00606775		02103226

\* p<sub>máx.</sub> = 400 bar

#### 4.1.3 Vigilancia remota de la presión de llenado previo

Para la vigilancia remota de la presión de llenado previo en acumuladores hidráulicos se encuentran disponibles adaptadores para el lado del gas con manómetros y agujeros de sujeción.

Para conectar directamente estos adaptadores con el acumulador hidráulico a través de la tubería correspondiente, se encuentran disponibles piezas de empalme para la parte superior del acumulador (v. imagen 1), o el lateral (v. imagen 2).



Rango de indicación del manómetro	Manómetro N° artículo	Cuerpo adaptador* N° artículo	Adaptador completo N° artículo
-	-		03037666
0 - 10 bar	00614420	02116746	03095818
0 - 60 bar	00606886		03095819
0 - 100 bar	00606887		03095820
0 - 160 bar	00606888		03095821
0 - 250 bar	00606889		03095822
0 - 400 bar	00606890		03095823

\* p<sub>máx</sub> = 400 bar

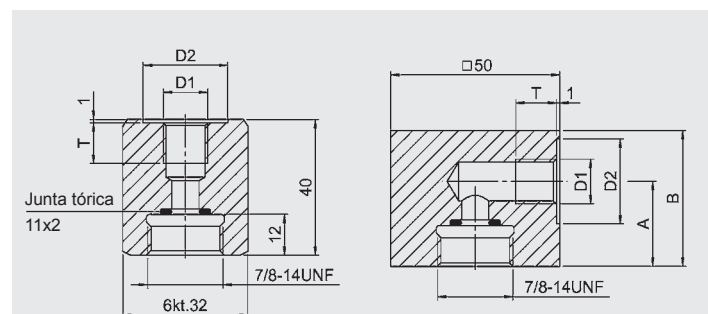


Imagen 1

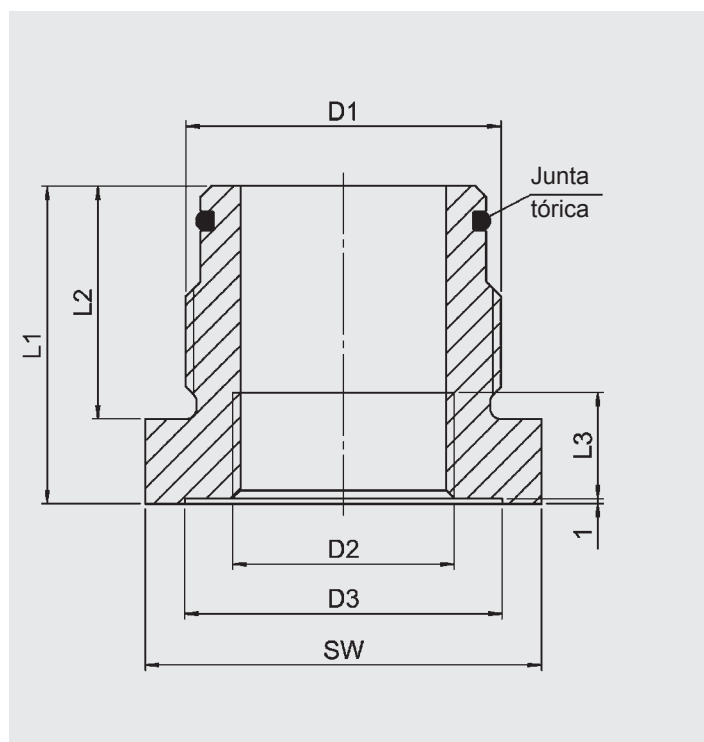
Imagen 2

D1 unión atornillada	D2 [mm]	T	Cuerpo adaptador* N° artículo	Adaptador completo N° artículo	Imagen
ISO228- G 1/4	25	14	00238709	02109481	1
			00241740	02102042	2
ISO228- G 3/8	28	14	00355021	02109483	1
			03280414	00366607	2
ISO228- G 1/2	34	16	02110594	02110636	1
			00237884	00366608	2

\* p<sub>máx</sub> = 400 bar

#### 4.2. PIEZAS DE EMPALME PARA ACUMULADOR DE VEJIGA ESTÁNDAR (LADO DEL FLUIDO)

Para fijar el acumulador de vejiga a las uniones atornilladas de la tubería. Suministrables por separado.



D1 Conexión para acu.* (ISO228-BSP)	D2 [mm]	D3 [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	SW [mm]	Junta tórica [mm]	N° artículo NBR/ acero C			
G 3/4	G 3/8	28	55	28	12	32	17x3	02104346			
	G 1/2							60	14	36	02104348
G 1 1/4	G 3/8	34	50	37	12	14	30x3	02116345			
	G 1/2							34	14	46	02105232
	G 3/4							44	16	65	02104384
	G 1							50	18	65	02110124
G 2	G 1/2	44	60	44	14	16	48x3	02104853			
	G 3/4							44	16	65	02104849
	G 1 1/4							60	20	70	02107113
	G 1 1/2							68	22	70	02105905

\* otros a petición

#### 5. OBSERVACIONES

Las indicaciones del presente folleto hacen referencia a las condiciones de servicio descritas y a las especificaciones de aplicación. En caso de presentarse diferentes especificaciones de aplicación y/o condiciones de servicio, contacte con el departamento especializado que corresponda. Sujeto a modificaciones técnicas.

**HYDAC Technology GmbH**  
Industriegebiet  
**66280 Sulzbach/Saar, Alemania**  
Tel.: +49 (0) 68 97 / 509 - 01  
Fax: +49 (0) 68 97 / 509 - 464  
Internet: www.hydac.com  
Correo electrónico: speichertechnik@hydac.com



## DEVICE SPECIFICATIONS

# NI 6225

M Series Data Acquisition: 16 Bit, 250 kS/s, 80 AI, 2 AO, 24 DIO

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted. For more information about the NI 6225, refer to the *M Series User Manual* available at [ni.com/manuals](http://ni.com/manuals).

## Analog Input

Number of channels	40 differential or 80 single ended
ADC resolution	16 bits
DNL	No missing codes guaranteed
INL	Refer to the <i>AI Absolute Accuracy</i> section
Sample rate	
Single channel maximum	250 kS/s
Multichannel maximum (aggregate)	250 kS/s
Minimum	No minimum
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	50 ns
Input coupling	DC
Input range	±0.2 V, ±1 V, ±5 V, ±10 V
Maximum working voltage for analog inputs (signal + common mode)	±11 V of AI GND
CMRR (DC to 60 Hz)	92 dB
Input impedance	
Device on	
AI+ to AI GND	>10 GΩ in parallel with 100 pF
AI- to AI GND	>10 GΩ in parallel with 100 pF

Device off	
AI+ to AI GND	820 $\Omega$
AI- to AI GND	820 $\Omega$
Input bias current	$\pm 100$ pA
Crosstalk (at 100 kHz)	
Adjacent channels	-75 dB
Non-adjacent channels	-90 dB <sup>1</sup>
Small signal bandwidth (-3 dB)	700 kHz
Input FIFO size	4,095 samples
Scan list memory	4,095 entries
Data transfers	
PCI/PXI	DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O
USB	USB Signal Stream, programmed I/O
Overvoltage protection for all analog input and sense channels	
Device on	$\pm 25$ V for up to two AI pins
Device off	$\pm 15$ V for up to two AI pins
Input current during overvoltage condition	$\pm 20$ mA maximum/AI pin

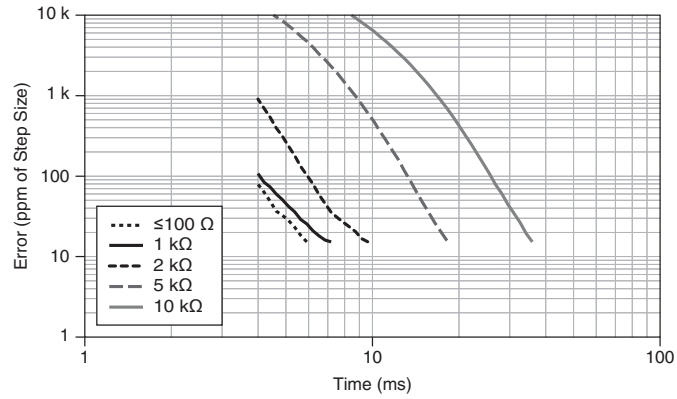
## Settling Time for Multichannel Measurements

Accuracy, full-scale step, all ranges	
$\pm 90$ ppm of step ( $\pm 6$ LSB)	4 $\mu$ s convert interval
$\pm 30$ ppm of step ( $\pm 2$ LSB)	5 $\mu$ s convert interval
$\pm 15$ ppm of step ( $\pm 1$ LSB)	7 $\mu$ s convert interval

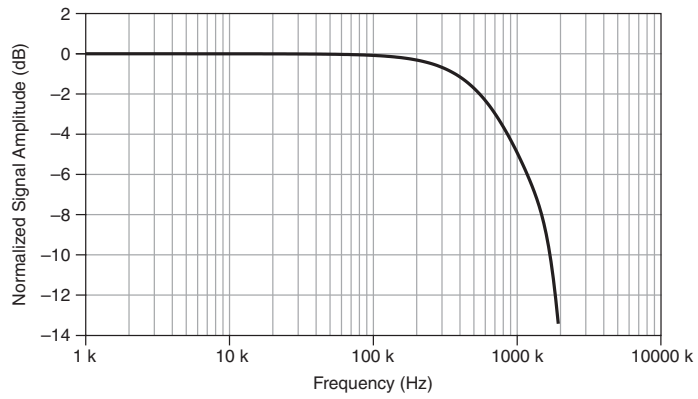
<sup>1</sup> Channel AI <0..15> crosstalk to channel AI <64..79> is -71 dB. This applies to channels with 64-channel separation. Example: AI (x) and AI (x + 64).

## Typical Performance Graphs

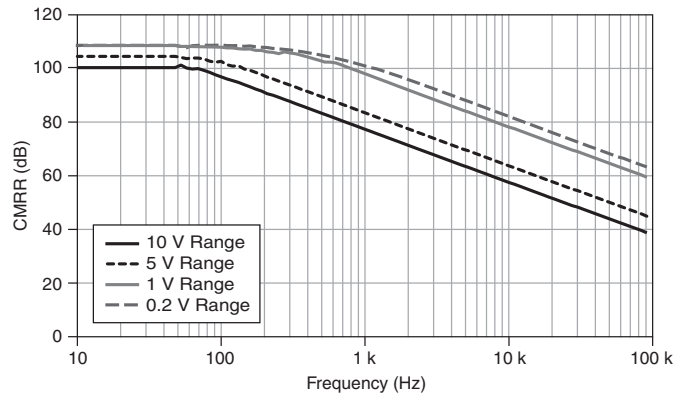
**Figure 1.** Settling Error versus Time for Different Source Impedances



**Figure 2.** AI Small Signal Bandwidth



**Figure 3. AI CMRR**



## AI Absolute Accuracy



**Note** Accuracies listed are valid for up to one year from the device external calibration.

**Table 1. AI Absolute Accuracy**

Nominal Range Positive Full Scale	Nominal Range Negative Full Scale	Residual Gain Error (ppm of Reading)	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	Random Noise, $\sigma$ ( $\mu$ Vrms)	Absolute Accuracy at Full Scale ( $\mu$ V)	Sensitivity ( $\mu$ V)
10	-10	75	20	57	244	3,100	97.6
5	-5	85	20	60	122	1,620	48.8
1	-1	95	25	79	30	360	12.0
0.2	-0.2	135	80	175	13	112	5.2



**Note** Sensitivity is the smallest voltage change that can be detected. It is a function of noise.

Gain tempco	25 ppm/°C
Reference tempco	5 ppm/°C
INL error	76 ppm of range

## AI Absolute Accuracy Equation

$$\text{AbsoluteAccuracy} = \text{Reading} \cdot (\text{GainError}) + \text{Range} \cdot (\text{OffsetError}) + \text{NoiseUncertainty}$$

$$\text{GainError} = \text{ResidualAIGainError} + \text{GainTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastInternalCal}) + \text{ReferenceTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastExternalCal})$$

$$\text{OffsetError} = \text{ResidualAIOffsetError} + \text{OffsetTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastInternalCal}) + \text{INLError}$$

$$\text{NoiseUncertainty} = \frac{\text{Random Noise} \cdot 3}{\sqrt{100}} \text{ for a coverage factor of } 3 \sigma \text{ and averaging } 100 \text{ points.}$$

## AI Absolute Accuracy Example

Absolute accuracy at full scale on the analog input channels is determined using the following assumptions:

- TempChangeFromLastExternalCal = 10 °C
- TempChangeFromLastInternalCal = 1 °C
- number\_of\_readings = 100
- CoverageFactor = 3  $\sigma$

For example, on the 10 V range, the absolute accuracy at full scale is as follows:

$$\text{GainError} = 75 \text{ ppm} + 25 \text{ ppm} \cdot 1 + 5 \text{ ppm} \cdot 10 = 150 \text{ ppm}$$

$$\text{OffsetError} = 20 \text{ ppm} + 57 \text{ ppm} \cdot 1 + 76 \text{ ppm} = 153 \text{ ppm}$$

$$\text{NoiseUncertainty} = \frac{244 \mu\text{V} \cdot 3}{\sqrt{100}} = 73 \mu\text{V}$$

$$\text{AbsoluteAccuracy} = 10 \text{ V} \cdot (\text{GainError}) + 10 \text{ V} \cdot (\text{OffsetError}) + \text{NoiseUncertainty} = 3,100 \mu\text{V}$$

## Analog Output

Number of channels	2
DAC resolution	16 bits
DNL	$\pm 1$ LSB
Monotonicity	16 bit guaranteed
Maximum update rate	
1 channel	833 kS/s
2 channels	740 kS/s per channel
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	50 ns
Output range	$\pm 10$ V

Output coupling	DC
Output impedance	0.2 $\Omega$
Output current drive	$\pm 5$ mA
Overdrive protection	$\pm 25$ V
Overdrive current	10 mA
Power-on state	$\pm 20$ mV
Power-off glitch	400 mV for 200 ms
Output FIFO size	8,191 samples shared among channels used
Data transfers	
Data transfers	DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O
USB	USB Signal Stream, programmed I/O
AO waveform modes	Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard FIFO, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update
Settling time, full-scale step, 15 ppm (1 LSB)	6 $\mu$ s
Slew rate	15 V/ $\mu$ s
Glitch energy	
Magnitude	100 mV
Duration	2.6 $\mu$ s

## AO Absolute Accuracy

Absolute accuracy at full-scale numbers is valid immediately following internal calibration and assumes the device is operating within 10 °C of the last external calibration.



**Note** Accuracies listed are valid for up to one year from the device external calibration.

**Table 2. AO Absolute Accuracy**

Nominal Range Positive Full Scale	Nominal Range Negative Full Scale	Residual Gain Error (ppm of Reading)	Gain Tempco (ppm/°C)	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	Absolute Accuracy at Full Scale (µV)
10	-10	90	10	40	5	3,230

Reference tempco 5 ppm/°C

INL error 128 ppm of range

### AO Absolute Accuracy Equation

$$\text{AbsoluteAccuracy} = \text{OutputValue} \cdot (\text{GainError}) + \text{Range} \cdot (\text{OffsetError})$$

$$\text{GainError} = \text{ResidualGainError} + \text{GainTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastInternalCal}) + \text{ReferenceTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastExternalCal})$$

$$\text{OffsetError} = \text{ResidualOffsetError} + \text{AOffsetTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastInternalCal}) + \text{INLError}$$

## Digital I/O/PFI

### Static Characteristics

Number of channels	24 total, 8 (P0.<0..7>), 16 (PFI <0..7>/P1, PFI <8..15>/P2)
Ground reference	D GND
Direction control	Each terminal individually programmable as input or output
Pull-down resistor	50 kΩ typical, 20 kΩ minimum
Input voltage protection	±20 V on up to two pins <sup>2</sup>

### Waveform Characteristics (Port 0 Only)

Terminals used	Port 0 (P0.<0..7>)
Port/sample size	Up to 8 bits
Waveform generation (DO) FIFO	2,047 samples
Waveform acquisition (DI) FIFO	2,047 samples

<sup>2</sup> Stresses beyond those listed under *Input voltage protection* may cause permanent damage to the device.

DI or DO Sample Clock frequency	0 MHz to 1 MHz, system and bus activity dependent
Data transfers	DMA (scatter-gather), interrupts, programmed I/O
DI or DO Sample Clock source <sup>3</sup>	Any PFI, RTSI, AI Sample or Convert Clock, Ctr <i>n</i> Internal Output, and many other signals

## PFI/Port 1/Port 2 Functionality

Functionality	Static digital input, static digital output, timing input, timing output
Timing output sources	Many AI, AO, counter, DI, DO timing signals
Debounce filter settings	125 ns, 6.425 $\mu$ s, 2.56 ms, disable; high and low transitions; selectable per input

## Recommended Operating Conditions

Level	Minimum	Maximum
Input high voltage ( $V_{IH}$ )	2.2 V	5.25 V
Input low voltage ( $V_{IL}$ )	0 V	0.8 V
Output high current ( $I_{OH}$ ) P0.<0..7>	—	-24 mA
Output high current ( $I_{OH}$ ) PFI <0..15>/P1/P2	—	-16 mA
Output low current ( $I_{OL}$ ) P0.<0..7>	—	24 mA
Output low current ( $I_{OL}$ ) PFI <0..15>/P1/P2	—	16 mA

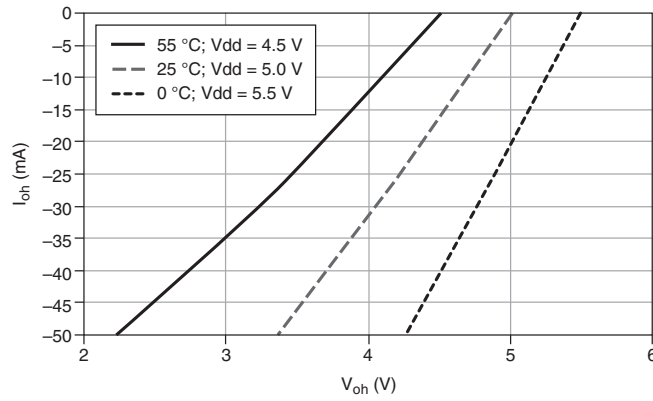
## Electrical Characteristics

Level	Minimum	Maximum
Positive-going threshold ( $V_{T+}$ )	—	2.2 V
Negative-going threshold ( $V_{T-}$ )	0.8 V	—
Delta VT hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )	0.2 V	—
$I_{IL}$ input low current ( $V_{in} = 0$ V)	—	-10 $\mu$ A
$I_{IH}$ input high current ( $V_{in} = 5$ V)	—	250 $\mu$ A

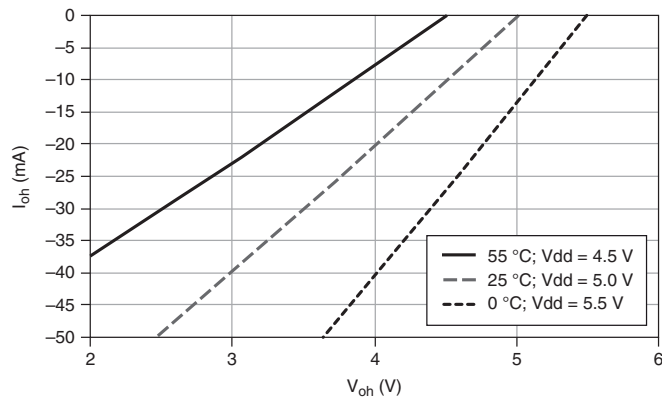
<sup>3</sup> The digital subsystem does not have its own dedicated internal timing engine. Therefore, a sample clock must be provided from another subsystem on the device or an external source.

## Digital I/O Characteristics

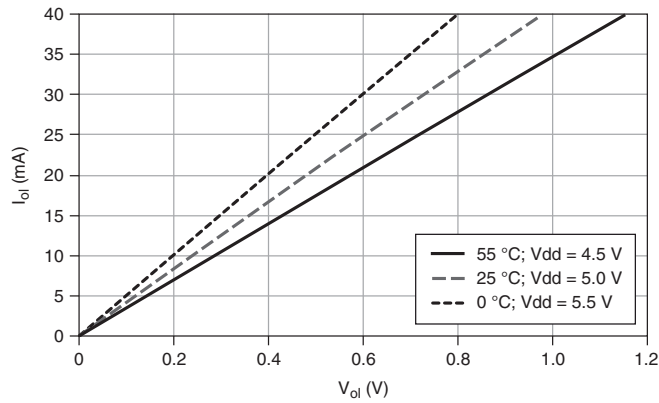
**Figure 4.** DIO Port 0:  $I_{oh}$  versus  $V_{oh}$



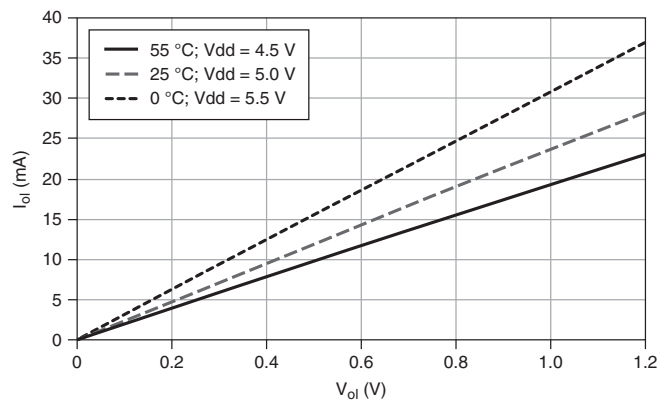
**Figure 5.** DIO PFI/Port 1/Port 2:  $I_{oh}$  versus  $V_{oh}$



**Figure 6.** DIO Port 0:  $I_{ol}$  versus  $V_{ol}$



**Figure 7.** DIO PFI/Port 1/Port 2:  $I_{ol}$  versus  $V_{ol}$



## General-Purpose Counters/Timers

Number of counter/timers	2
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting, pulse, semi-period, period, two-edge separation
Position measurements	X1, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding
Output applications	Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling

Internal base clocks	80 MHz, 20 MHz, 0.1 MHz
External base clock frequency	0 MHz to 20 MHz
Base clock accuracy	50 ppm
Inputs	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Routing options for inputs	Any PFI, RTSI, PXI_TRIG, PXI_STAR, analog trigger, many internal signals
FIFO	2 samples
Data transfers	
PCI/PXI	Dedicated scatter-gather DMA controller for each counter/timer; interrupts, programmed I/O
USB	USB Signal Stream, programmed I/O

## Frequency Generator

Number of channels	1
Base clocks	10 MHz, 100 kHz
Divisors	1 to 16
Base clock accuracy	50 ppm

Output can be available on any output PFI or RTSI terminal.

## Phase-Locked Loop (PLL)



**Note** PCI/PXI devices only.

Number of PLLs	1
Reference signal	PXI_STAR, PXI_CLK10, RTSI <0..7>
Output of PLL	80 MHz Timebase; other signals derived from 80 MHz Timebase including 20 MHz and 100 kHz Timebases

## External Digital Triggers

Source	Any PFI, RTSI, PXI_TRIG, PXI_STAR
Polarity	Software-selectable for most signals

Analog input function	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Convert Clock, Sample Clock Timebase
Analog output function	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Counter/timer function	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Digital waveform generation (DO) function	Sample Clock
Digital waveform acquisition (DI) function	Sample Clock

## Device-to-Device Trigger Bus

PCI	RTSI <0..7> <sup>4</sup>
PXI	PXI_TRIG <0..7>, PXI_STAR
USB source	None
Output selections	10 MHz Clock, frequency generator output, many internal signals
Debounce filter settings	125 ns, 6.425 $\mu$ s, 2.56 ms, disable; high and low transitions; selectable per input

## Bus Interface

PCI/PXI	3.3 V or 5 V signal environment
USB	USB 2.0 Hi-Speed or full-speed <sup>5, 6</sup>
DMA channels (PCI/PXI)	6, can be used for analog input, analog output, digital input, digital output, counter/timer 0, counter/timer 1
USB Signal Stream	4, can be used for analog input, analog output, counter/timer 0, counter/timer 1

The PXI device can be installed in PXI Express hybrid slots. It cannot be used to control SCXI in PXI/SCXI combo chassis.

<sup>4</sup> In other sections of this document, RTSI refers to RTSI <0..7> for the PCI devices or PXI\_TRIG <0..7> for PXI devices.

<sup>5</sup> If you are using an USB M Series device in full-speed mode, device performance will be lower and you will not be able to achieve maximum sample/update rates.

<sup>6</sup> Operating on a full-speed bus may result in lower performance.

## Power Requirements

Current draw from bus during no-load condition<sup>7</sup>

+5 V	0.02 A
+3.3 V	0.25 A
+12 V	0.15 A

Current draw from bus during AI and AO overvoltage condition<sup>7</sup>

+5 V	0.02 A
+3.3 V	0.25 A
+12 V	0.25 A



**Caution** USB devices must be powered with an NI offered AC adapter or a National Electric Code (NEC) Class 2 DC source that meets the power requirements for the device and has appropriate safety certification marks for country of use.

USB power supply requirements	11 to 30 VDC, 20 W, locking or non-locking power jack with 0.080 in. diameter center pin, 5/16-32 thread for locking collars
-------------------------------	--

## Current Limits



**Caution** Exceeding the current limits may cause unpredictable behavior by the device and/or PC/chassis.

PCI

+5 V terminal (connector 0)	1 A maximum <sup>8</sup>
+5 V terminal (connector 1)	1 A maximum <sup>8</sup>

PXI

+5 V terminal (connector 0)	1 A maximum <sup>8</sup>
+5 V terminal (connector 1)	1 A maximum <sup>8</sup>
P0/PFI/P1/P2 and +5 V terminals combined	2 A maximum

<sup>7</sup> Does not include P0/PFI/P1/P2 and +5 V terminals.

<sup>8</sup> Older revisions have a self-resetting fuse that opens when current exceeds this specification. Newer revisions have a traditional fuse that opens when current exceeds this specification. This fuse is not customer-replaceable; if the fuse permanently opens, return the device to NI for repair.

## USB

+5 V terminal	1 A maximum <sup>8</sup>
P0/PFI/P1/P2 and +5 V terminals combined	2 A maximum
Power supply fuse	2 A, 250 V

## Physical Characteristics

### Dimensions

PCI printed circuit board	10.6 cm × 15.5 cm (4.2 in. × 6.1 in.)
PXI printed circuit board	Standard 3U PXI
USB Screw Terminal enclosure (includes connectors)	26.67 cm × 17.09 cm × 4.45 cm (10.5 in. × 6.73 in. × 1.75 in.)
USB Mass Termination enclosure (includes connectors)	18.8 cm × 17.09 cm × 4.45 cm (7.4 in. × 6.73 in. × 1.75 in.)
USB OEM	Refer to the <i>NI USB-622x/625x/628x OEM User Guide</i>

### Weight

PCI	103 g (3.6 oz)
PXI	174 g (6.1 oz)
USB Screw Terminal	1.24 kg (2 lb 11 oz)
USB Mass Termination	907 g (2 lb)
USB OEM	162 g (5.7 oz)

### I/O connectors

PCI/PXI	2 68-pin VHDCI
USB Screw Terminal	128 screw terminals
USB Mass Termination	2 68-pin SCSI
USB Screw Terminal/BNC screw terminal wiring	16 to 28 AWG

## Calibration

### Recommended warm-up time

PCI/PXI	15 minutes
USB	30 minutes

Calibration interval 1 year

---

## Maximum Working Voltage

---

*Maximum working voltage* refers to the signal voltage plus the common-mode voltage.

Channel-to-earth 11 V, Measurement Category I

---

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.



**Caution** Do not use for measurements within Categories II, III, or IV.



**Note** Measurement Categories CAT I and CAT O (Other) are equivalent. These test and measurement circuits are not intended for direct connection to the MAINS building installations of Measurement Categories CAT II, CAT III, or CAT IV.

## Environmental

---

Operating temperature

PCI/PXI	0 °C to 55 °C
USB	0 °C to 45 °C
Storage temperature	-20 °C to 70 °C
Humidity	10% RH to 90% RH, noncondensing
Maximum altitude	2,000 m
Pollution Degree (indoor use only)	2

Indoor use only.

## Shock and Vibration (PXI Only)

---

Operational shock	30 g peak, half-sine, 11 ms pulse (Tested in accordance with IEC 60068-2-27. Test profile developed in accordance with MIL-PRF-28800F.)
-------------------	---

---

## Random vibration

Operating	5 Hz to 500 Hz, 0.3 g <sub>rms</sub>
Nonoperating	5 Hz to 500 Hz, 2.4 g <sub>rms</sub> (Tested in accordance with IEC 60068-2-64. Nonoperating test profile exceeds the requirements of MIL-PRF-28800F, Class 3.)

## Safety

This product is designed to meet the requirements of the following electrical equipment safety standards for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



**Note** For UL and other safety certifications, refer to the product label or the [Online Product Certification](#) section.

## Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- EN 55022 (CISPR 22): Class A emissions
- EN 55024 (CISPR 24): Immunity
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 22: Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



**Note** In the United States (per FCC 47 CFR), Class A equipment is intended for use in commercial, light-industrial, and heavy-industrial locations. In Europe, Canada, Australia and New Zealand (per CISPR 11) Class A equipment is intended for use only in heavy-industrial locations.



**Note** Group 1 equipment (per CISPR 11) is any industrial, scientific, or medical equipment that does not intentionally generate radio frequency energy for the treatment of material or inspection/analysis purposes.



**Note** For EMC declarations and certifications, and additional information, refer to the [Online Product Certification](#) section.

## CE Compliance

---

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as follows:

- 2014/35/EU; Low-Voltage Directive (safety)
- 2014/30/EU; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)
- 2011/65/EU; Restriction of Hazardous Substances (RoHS)

## Online Product Certification

---

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit [ni.com/certification](https://ni.com/certification), search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

## Environmental Management

---

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *Minimize Our Environmental Impact* web page at [ni.com/environment](https://ni.com/environment). This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

## Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



**EU Customers** At the end of the product life cycle, all NI products must be disposed of according to local laws and regulations. For more information about how to recycle NI products in your region, visit [ni.com/environment/weee](https://ni.com/environment/weee).

## 电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



**中国客户** National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 [ni.com/environment/rohs\\_china](https://ni.com/environment/rohs_china)。(For information about China RoHS compliance, go to [ni.com/environment/rohs\\_china](https://ni.com/environment/rohs_china).)

# Device Pinouts

Figure 8. NI PCI/PXI-6225 Pinout

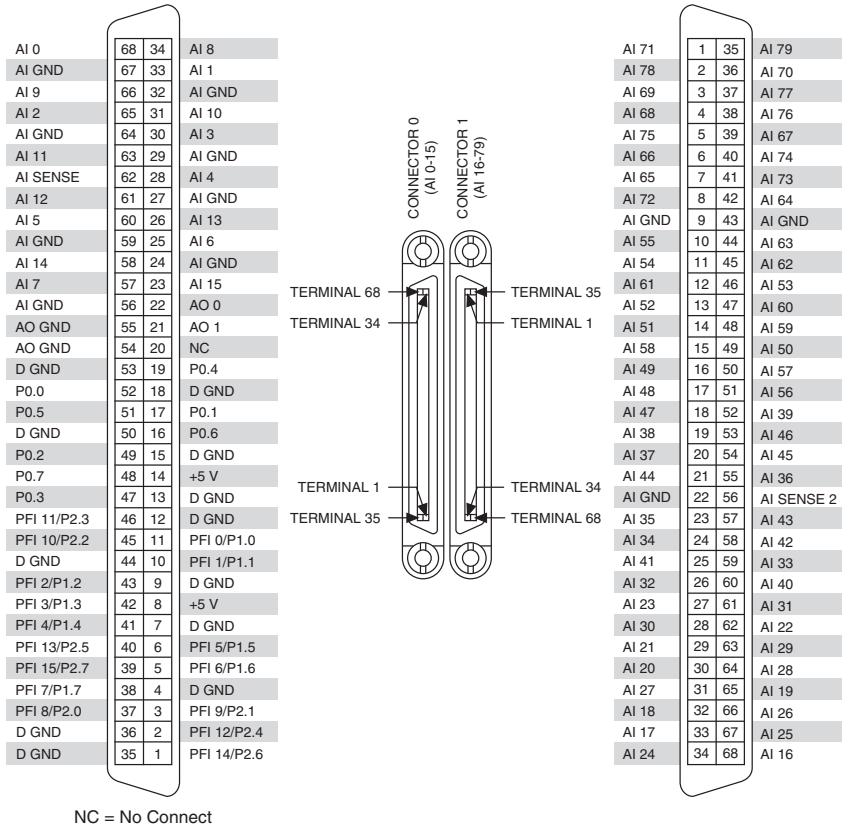
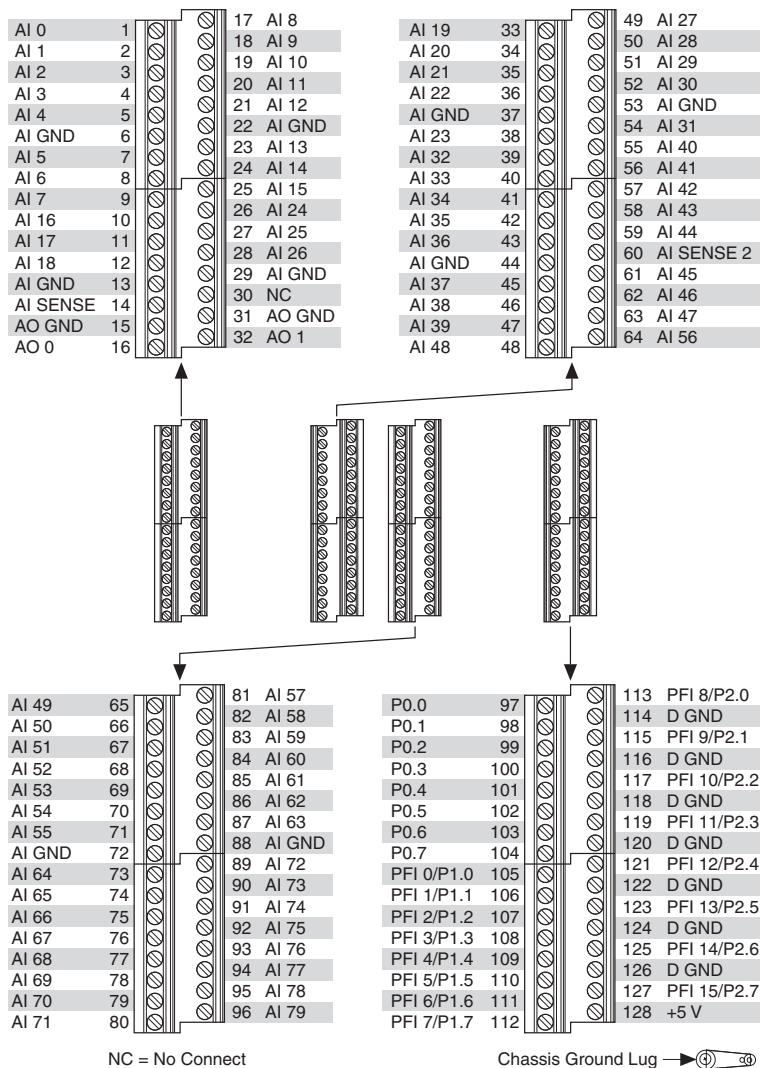
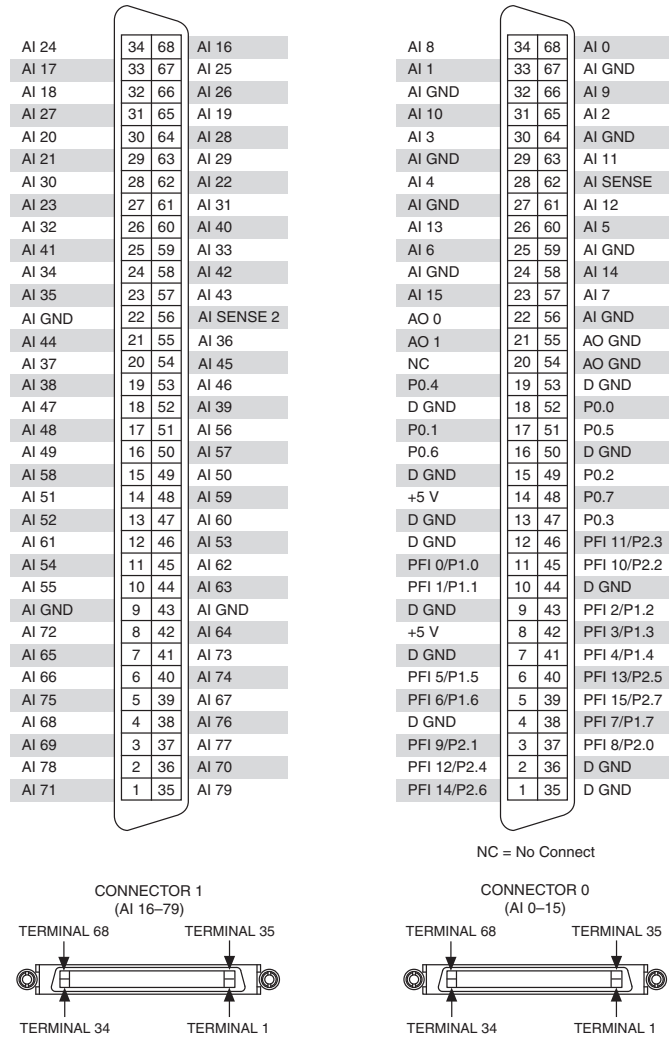


Figure 9. NI USB-6225 Screw Terminal Pinout



**Figure 10. NI USB-6225 Mass Termination Pinout**



Refer to the *NI Trademarks and Logo Guidelines* at [ni.com/trademarks](http://ni.com/trademarks) for information on NI trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering NI products/technology, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or the *National Instruments Patent Notice* at [ni.com/patents](http://ni.com/patents). You can find information about end-user license agreements (EULAs) and third-party legal notices in the readme file for your NI product. Refer to the *Export Compliance Information* at [ni.com/legal/export-compliance](http://ni.com/legal/export-compliance) for the NI global trade compliance policy and how to obtain relevant HTS codes, ECCNs, and other import/export data. NI MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AS TO THE ACCURACY OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN AND SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY ERRORS. U.S. Government Customers: The data contained in this manual was developed at private expense and is subject to the applicable limited rights and restricted data rights as set forth in FAR 52.227-14, DFAR 252.227-7014, and DFAR 252.227-7015.

© 2015—2016 National Instruments. All rights reserved.

375203C-01 Jun16

# Cat<sup>®</sup> XT<sup>™</sup> ES Hose



## The new standard in hose performance

Abrasion is the leading cause of hose failure. Cat<sup>®</sup> XT<sup>™</sup> ES (Enhanced Spiral) Hose has an exclusive cover which is formulated and manufactured by Caterpillar to provide up to 20 times more abrasion resistance than industry-standard hose.<sup>†</sup> Cat XT ES Hose works at half of the SAE's bend radius without sacrificing cold flex capability. These attributes—plus superior reliability—make Cat XT ES Hose the preferred choice in a variety of machines and applications.

<sup>†</sup> Using ISO 6945 Testing Procedures

Caterpillar. The difference counts.<sup>™</sup>

Cat<sup>®</sup> Dealers define world-class product support. We offer you the right parts and service solutions, when and where you need them.

The Cat Dealer network of highly trained experts keeps your entire fleet up and running to maximize your equipment investment.

**CATERPILLAR<sup>®</sup>**

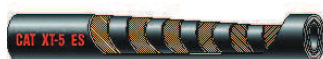
# Cat XT ES Hose

## XT-3 ES Hose Exceeds SAE 100R12 Standards



Part No.	Hose I.D. in (mm)	Hose Dash Size	Max. Work Pressure psi (kPa)	Min. Bend Radius* in (mm)
165-0016	0.375 (9.5)	-6	4,000 (28,000)	2.50 (64)
165-0017	0.500 (12.7)	-8	4,000 (28,000)	3.50 (89)
165-0018	0.625 (15.9)	-10	4,000 (28,000)	4.00 (102)
165-0020	0.750 (19.1)	-12	4,000 (28,000)	4.75 (121)
165-0021	1.000 (25.4)	-16	4,000 (28,000)	6.00 (153)
165-0023	1.250 (31.8)	-20	3,000 (21,000)	8.25 (210)
165-0024	1.500 (38.1)	-24	2,500 (17,500)	10.00 (254)
165-0025	2.000 (50.8)	-32	2,500 (17,500)	12.50 (318)

## XT-5 ES Exceeds SAE 100R13 Standards



Part No.	Hose I.D. in (mm)	Hose Dash Size	Max. Work Pressure psi (kPa)	Min. Bend Radius* in (mm)
5P-0200	0.750 (19.1)	-12	5,000 (34,474)	4.76 (141)
5P-0201	1.000 (25.4)	-16	5,000 (34,474)	6.02 (153)
5P-0202	1.250 (31.8)	-20	5,000 (34,474)	8.27 (210)
5P-0203	1.500 (38.1)	-24	5,000 (34,474)	9.99 (254)
5P-8358	2.000 (50.8)	-32	5,000 (34,474)	12.52 (318)

## XT-6 ES Hose Exceeds SAE 100R15 Standards



Part No.	Hose I.D. in (mm)	Hose Dash Size	Max. Work Pressure psi (kPa)	Min. Bend Radius* in (mm)
161-1833	0.375 (9.5)	-6	6,000 (41,370)	3.00 (76)
161-1834	0.500 (12.7)	-8	6,000 (41,370)	4.00 (101)
161-1835	0.750 (19.1)	-12	6,000 (41,370)	5.25 (133)
161-1836	1.000 (25.4)	-16	6,000 (41,370)	6.50 (165)
161-1837	1.250 (31.8)	-20	6,000 (41,370)	8.75 (222)
161-1838	1.500 (38.1)	-24	6,000 (41,370)	10.50 (267)
222-4844	2.000 (50.8)	-32	6,000 (41,370)	25.98 (660)

\*Centerline of hose

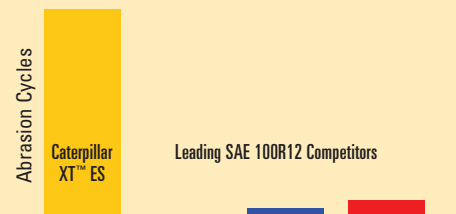
**Construction:** Fabric reinforced, synthetic rubber tube; four or six plies of spirally wrapped high-tensile steel wire reinforcement, separated by layers of synthetic rubber; oil-, weather- and abrasion-resistant synthetic rubber outer cover.

**Application:** Very high-pressure service with petroleum-based hydraulic fluids, MSHA-approved cover.\*\*

**Temperature Range:** -40°F to +250°F (-40°C to +121°C).

\*\*MSHA Procedure 30 CFR 18.6—Code of Federal Regulations, Title 30—Mineral Resources, Part 18, Section 18.6

## More abrasion resistance\*\*



\*\*The International Standards Organization (ISO) abrasion-resistance test requires a 50N (11 lb) steel tool to be cycled back and forth along the length of the hose until the cover wears away to the point of wire exposure.

## More flexibility

Cat XT ES Hose is designed to work at half of the SAE bend radius, allowing tighter routing. (See below.)



## More solutions

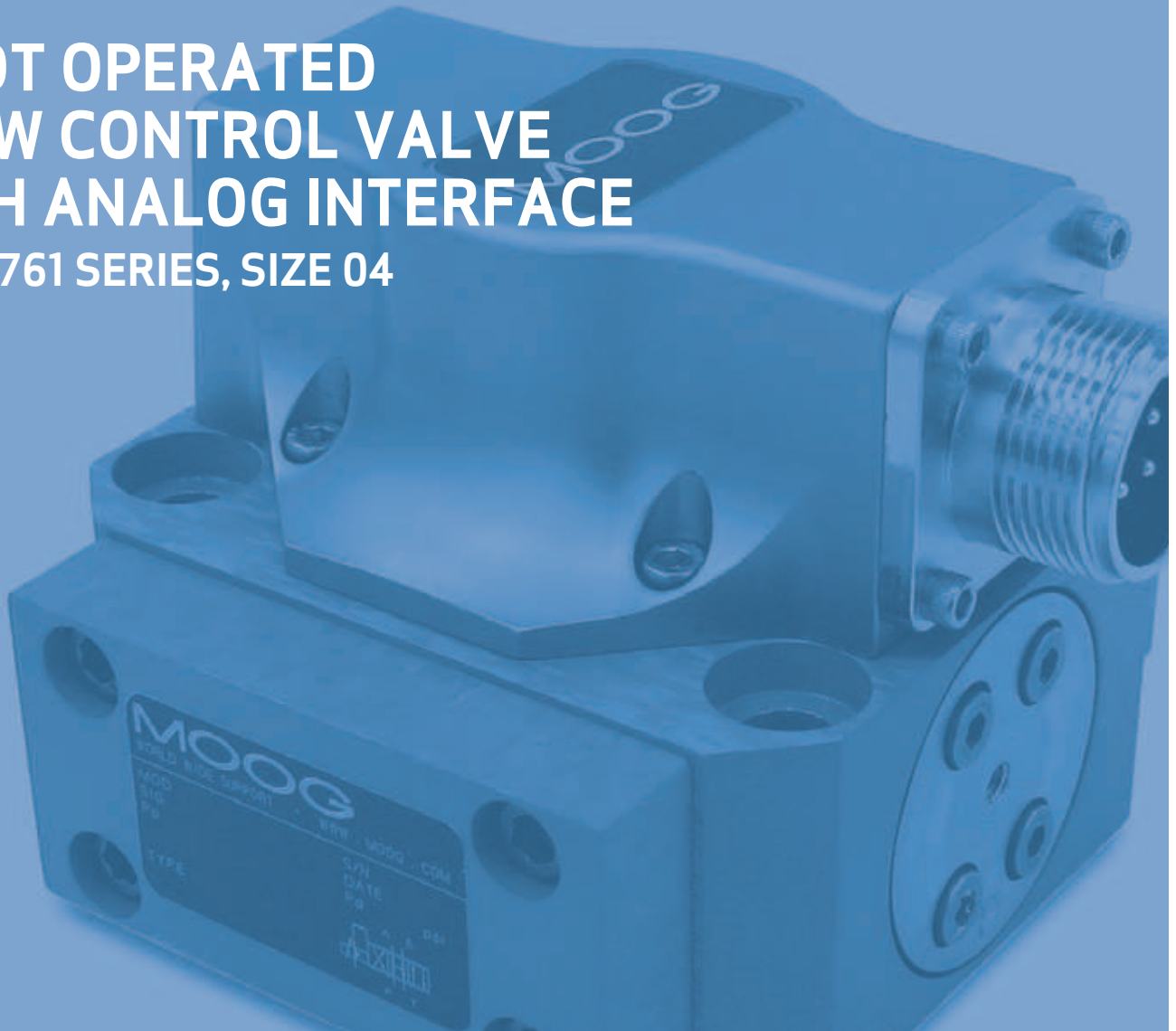
Cat XT ES Hose is just one of the ways we can meet your hydraulic needs. Besides stocking quality hydraulic components for Cat and other mobile equipment, we offer a broad range of hydraulic system management and repair solutions. All can help keep your hydraulic systems operating at peak productivity and the lowest cost.

For more information,  
see us today or visit our Web site  
at [www.cat.com](http://www.cat.com)

**CATERPILLAR®**

# SERVO VALVES

PILOT OPERATED  
FLOW CONTROL VALVE  
WITH ANALOG INTERFACE  
G761/761 SERIES, SIZE 04



Rev. H, January 2014

HIGH PERFORMANCE, TWO-STAGE DESIGN  
PROVIDING FLOW CONTROL IN A SIMPLE,  
RUGGED, DEPENDABLE, LONG-LIFE DESIGN

Whenever the highest levels of motion control performance and design flexibility are required, you'll find Moog expertise at work. Through collaboration, creativity and world-class technological solutions, we help you overcome your toughest engineering obstacles. Enhance your machine's performance. And help take your thinking further than you ever thought possible.

## TABLE OF CONTENTS

### INTRODUCTION

Product Overview	3
Features and Benefits	4
Description of Operation	5

### TECHNICAL DATA

Performance Characteristics	6
Dynamic Characteristics	7
Electrical Data	8
Installation Drawings and Null Adjust Instructions	9
Hole Pattern for Mounting Surface	10

### BACKGROUND

Null Flow Adjustment	11
Flow Calculation and Null Cut Options	12
Related Products	13
Routine Maintenance Guidelines	14
About Moog	15

### ORDERING INFORMATION

Accessories and Spare Parts	17
Ordering Code	18



This catalog is for users with technical knowledge. To ensure all necessary characteristics for function and safety of the system, the user has to check the suitability of the products described herein. The products described herein are subject to change without notice. In case of doubt, please contact Moog.

Moog is a registered trademark of Moog Inc. and its subsidiaries. All trademarks as indicated herein are the property of Moog Inc. and its subsidiaries. For the full disclaimer refer to [www.moog.com/literature/disclaimers](http://www.moog.com/literature/disclaimers).

For the most current information, visit [www.moog.com/industrial](http://www.moog.com/industrial) or contact your local Moog office.

## PRODUCT OVERVIEW

The G761/761 Series flow control servovalves are throttle valves for 3 and preferably 4-way applications. They are a high performance, 2-stage design that covers the range of rated flows from 4 to 63 l/min (1 to 16.5 gpm) at 35 bar (500 psi) valve pressure drop per spool land.

The output stage is a closed center, four-way sliding spool. The pilot stage is a symmetrical double-nozzle and flapper, driven by a double air gap, dry torque motor. Mechanical feedback of spool position is provided by a cantilever spring. The valve design is simple and rugged for dependable, long life operation.

The design is simple and rugged for dependable, long life operation. The output stage is a closed center, 4 way sliding spool. The pilot stage is comprised of a symmetrical, double nozzle dry torque motor. The 2nd stage spool position is controlled by a carbide tipped feedback wire. The carbide ball on the end of the feedback wire is a mandatory design requirement that ensures high accuracy, reliable operation and long service life. All of our servo valves are known for high accuracy and reliable operation even in the harshest industrial applications.

These valves are suitable for electrohydraulic position, speed, pressure or force control systems with high dynamic response requirements.

Valve design	2-stage, with spool and bushing and dry torque motor				
Mounting pattern	ISO 10372-004-04-0-92				
Maximum operating pressure to ports P, T, A, B	315 bar (4,500 psi)				
Pilot stage	Nozzle Flapper				
Rated flow at $\Delta p_N$ 35 bar/spool land	4 l/min	10 l/min	19 l/min	38 l/min	63 l/min
(500 psi/spool land)	(1 gpm)	(2.5 gpm)	(5 gpm)	(10 gpm)	(16.5 gpm)
Step response time for 0 to 100% stroke	5 ms			7 ms	16 ms



Intrinsically safe valve versions are available for use in potentially hazardous environments. Specific models are certified to FM, ATEX, CSA TIIS and IECEx standards. Contact Moog for details.

## FEATURES AND BENEFITS

The G761/761 Series is proven technology that performs reliably in machines where high performance, stability and accuracy are required. Moog's Mechanical Feedback Valves are designed to provide high reliability and long service life.

<b>Features</b>	<b>Benefits</b>
100% factory tested to ensure critical specification performance	Ensures smooth and easy startup, reduces downtime and insures long life in critical industrial applications
2-stage design	Enables high machine performance, faster cycle times and greater accuracy - all resulting in higher productivity
Dual Coil torque motor	Redundancy for high reliability
Dual Precision Nozzles in Torque Motor	Precision flow control and predictability
Dry torque motor design	Eliminates potential contamination issues in the air gaps of the torque motor that could cause machine downtime
Hardened 440C Bushing and Spool	Provides for high life, wear resistance when used in the harsh environments; provides for low sliding friction during use
Emergency failsafe positioning	Most valves are set up to return to a failsafe position when the command signal is interrupted or eliminated
Field replaceable pilot stage filter	Enables preventive maintenance in the field, saving precious machine downtime and service costs
External null bias adjustment	Enables technicians to manually adjust the null bias of the valve to adapt to the conditions of the machine (see section on null flow adjustment – Page 11). This feature provides a simple adjustment to machine performance without the need to adjust a controller.
Standard field configurable 5th port for separate pilot supply	Provides for the precise control of low pressure applications
Carbide, ball-in-hole feedback mechanism	Extends lifetime of servo valve when compared to slotted spool and sapphire ball designs

## DESCRIPTION OF OPERATION

The G761/761 Series Flow Control Servo Valve consists of a polarized electrical torque motor and two stages of hydraulic power amplification. The motor armature extends into the air gaps of the magnetic flux circuit and is supported in this position by a flexure tube member. The flexure tube acts as a seal between the electromagnetic and hydraulic sections of the valve. The 2 motor coils surround the armature, one on each side of the flexure tube.

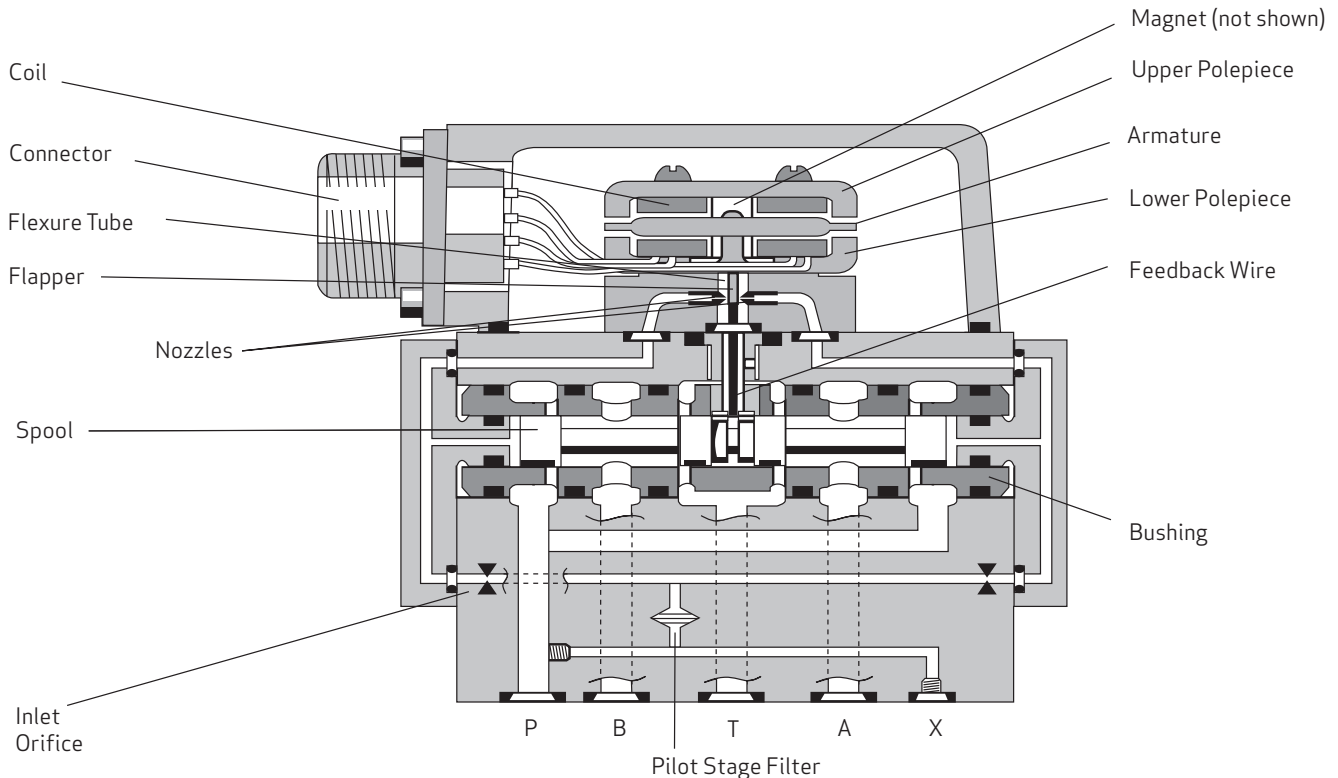
The flapper of the first stage hydraulic amplifier is rigidly attached to the midpoint of the armature. The flapper extends through the flexure tube and passes between 2 nozzles, creating two variable orifices between the nozzle tips and the flapper. The pressure controlled by the flapper and nozzle variable orifice is fed to the end areas of the second stage spool.

The second stage is a conventional four-way spool design in which output flow from the valve, at a fixed valve pressure drop, is proportional to spool displacement from the null position. A cantilever feedback spring is fixed to the flapper and engages a hole in the center of the spool. Displacement of the spool deflects the feedback spring which creates a force on the armature/flapper assembly.

Input signal induces a magnetic charge in the armature and causes a deflection of the armature and flapper. This assembly pivots about the flexure tube and increases the size of one nozzle orifice and decreases the size of the other.

The differential pressure created by this action causes spool motion. The resulting spool displacement induces a linear force in the feedback wire which opposes the original input signal torque. Spool movement continues until the feedback wire force equals the input signal force.

### Electro-hydraulic Servo Valve Cut-away



## G761/761 SERIES SERVO VALVES

### General Technical Data

<b>Valve design</b>	2-stage, with spool and busing and dry torque motor
<b>Pilot stage</b>	Nozzle Flapper
<b>Mounting pattern</b>	ISO 10372-04-04-0-92
<b>Installation position</b>	Any orientation, fixed or movable
<b>Weight</b>	1.08 kg (2.4 lb)
<b>Storage temperature range</b>	-40 to +60 °C (-40 to +140 °F)
<b>Ambient temperature range</b>	-40 to +135 °C (-40 to +275 °F)
<b>Vibration resistance</b>	30 g, 3 axis, 10 Hz to 2 kHz
<b>Shock resistance</b>	30 g, 3 axis
<b>Seal material</b>	Fluorocarbon (FKM) 85 SHORE D Others upon request

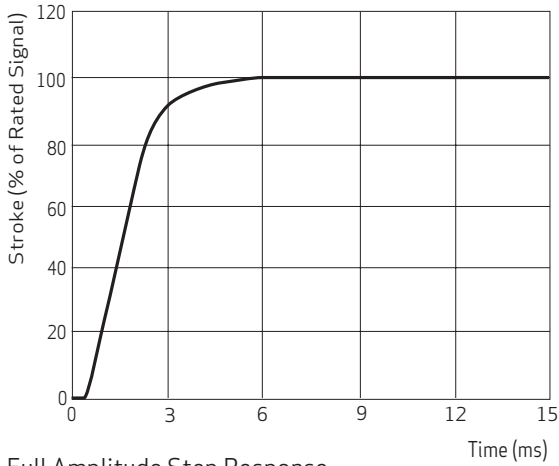
### Hydraulic Data

<b>Maximum operating pressure to ports P, T, A, B, X</b>	315 bar (4,500 psi)
<b>Rated flow at <math>p_N</math> 35 bar/spool land (500 psi/spool land)</b>	4/10/19/38/63 l/min (1/2.5/5/10/16.5 gpm)
<b>Maximum main stage leakage flow rate (zero lap)</b>	2.3 l/min (0.60 gpm)
<b>Null adjust authority</b>	Greater than 10% of rated flow
<b>Hydraulic fluid</b>	Hydraulic oil as per DIN 51524 parts 1 to 3 and ISO 11158. Other fluids on request.
Temperature range	-40 to +60 °C (-40 to +140 °F)
Recommended viscosity range	10 to 97 mm <sup>2</sup> /s (cSt)
Maximum permissible viscosity range	5 to 1,250 mm <sup>2</sup> /s (cSt)
<b>Recommended cleanliness class as per ISO 4406</b>	
For functional safety	17/14/11
For longer life	15/13/10
<b>Recommended filter rating</b>	
For functional safety	$\beta_{10} \leq 75$ (10µm absolute)
For longer life	$\beta_5 \leq 75$ (5 µm absolute)

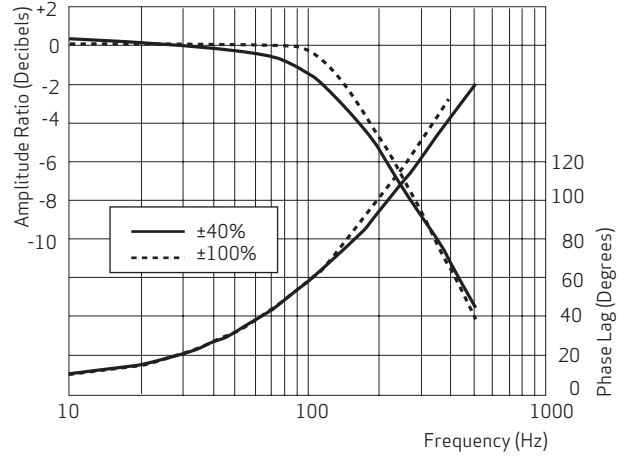
### Static and Dynamic Data

<b>Rated Flow</b>	4 l/min (1 gpm)	10 l/min (2.5 gpm)	19 l/min (5 gpm)	38 l/min (10 gpm)	63 l/min (16.5 gpm)
<b>Tolerance of rated flow</b>	± 10% of rated flow				
<b>Step response time for 0 to 100% stroke</b>	5 ms	5 ms	5 ms	7 ms	16 ms
<b>Threshold</b>	≤ 0.5% of rated signal				
<b>Hysteresis</b>	≤ 3.0% of rated signal				
<b>Null shift at <math>\Delta T = 38^\circ\text{C}</math> (100°C)</b>	≤ 2.0% of rated signal				

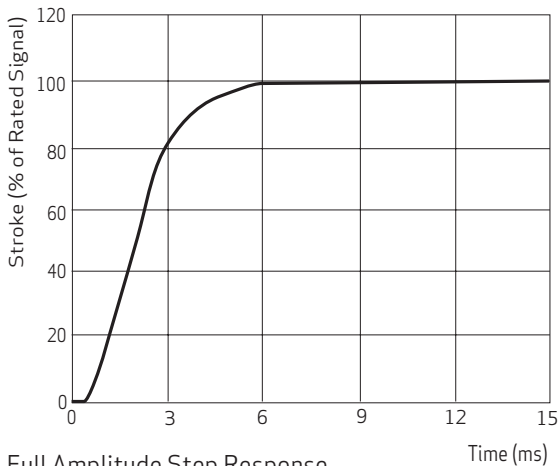
# G761/761 SERIES SERVO VALVES



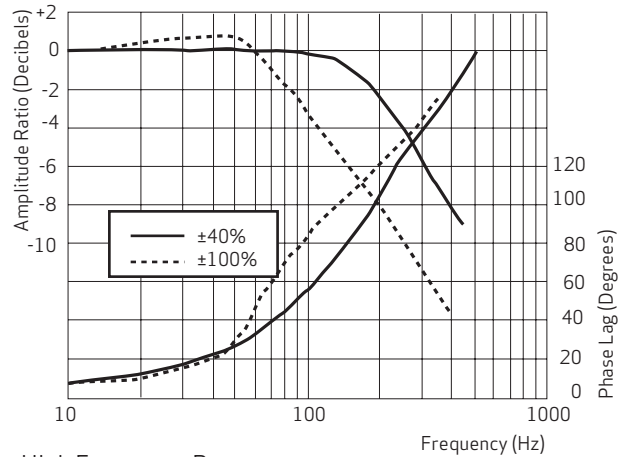
Full Amplitude Step Response  
100% step  
4/10/19 l/min (1/2.5/5 gpm)



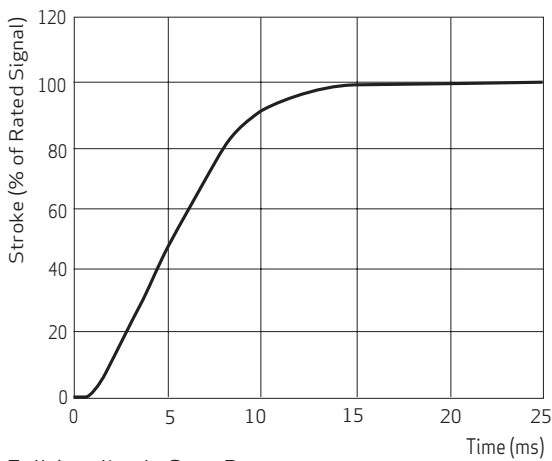
High Frequency Response  
4/10/19 l/min (1/2.5/5 gpm)



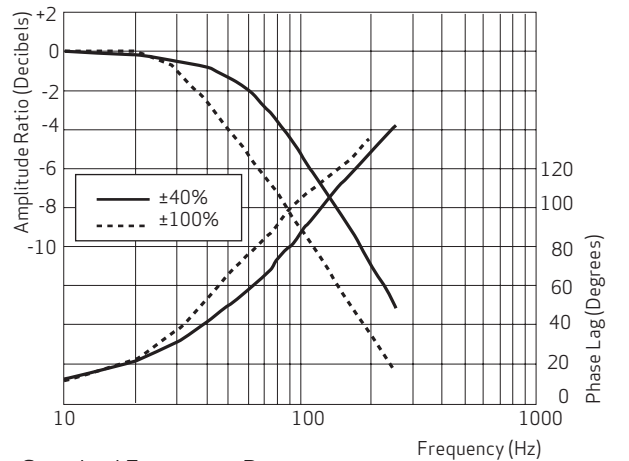
Full Amplitude Step Response  
100% step  
38 l/min (10 gpm)



High Frequency Response  
38 l/min (10 gpm)



Full Amplitude Step Response  
100% step  
210 bar (3,000 psi), DTE-24 @ 38°C (100°F)  
65 l/min (16.5 gpm)



Standard Frequency Response  
63 l/min (16.5 gpm)  
210 bar (3,000 psi), DTE-24 @ 38°C (100°F)

# ELECTRICAL DATA

## Rated current and coil resistance

A variety of coils are available for G761/761 Series Servo Valves, which offer a wide choice of rated currents.

## Coil impedance

The resistance and inductance of standard coils are given below. The 2 coils in each Servo Valve are wound with equal turns giving a normal production tolerance on coil resistance of  $\pm 10\%$ . Copper magnet wire is used, so the coil resistance will vary significantly with temperature. The effects of coil resistance changes can be essentially eliminated through use of a current feedback servoamplifier having high output impedance.

Inductance is determined under pressurized operating conditions and is greatly influenced by back electromagnetic forces of the torque motor. These effects vary with most operating conditions, and vary greatly with signal frequencies above 100Hz. The apparent coil inductance values given are determined at 50 Hz.

Ordering code	Recommended rated current [mA] Command signal			Coil resistance [Ohms/coil at 25 °C (77 °F)]	Power consumption [W]		
	Single coil	Series coil	Parallel coil		Single coil	Series coil	Parallel coil
H	$\pm 15$	$\pm 7.5$	$\pm 15$	206	0.046	0.023	0.023
L	$\pm 40$	$\pm 20$	$\pm 40$	80	0.128	0.064	0.064
Z	$\pm 200$	$\pm 100$	$\pm 200$	22	0.88	0.44	0.44

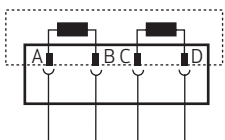
Ordering code	Coil Inductance [H] Measured at 50 Hz		
	Single coil	Series coil	Parallel coil
H	0.72	2.2	0.59
L	0.22	0.66	0.18
Z	0.07	0.21	0.06

## Coil connections

A 4-pin electrical connector that mates with an MS3106F14S-2S is standard. All 4 torque motor leads are available at the connector so that external connections can be made for series, parallel, or differential operation. G761/761 Series Servo Valves can be supplied on special order with other connectors or pigtail.

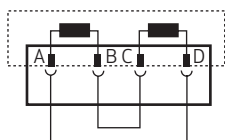
### Configuration for valve opening P → B, A → T

#### Single



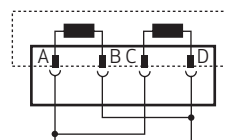
A (+), B (-) or C (+), D (-)

#### Series



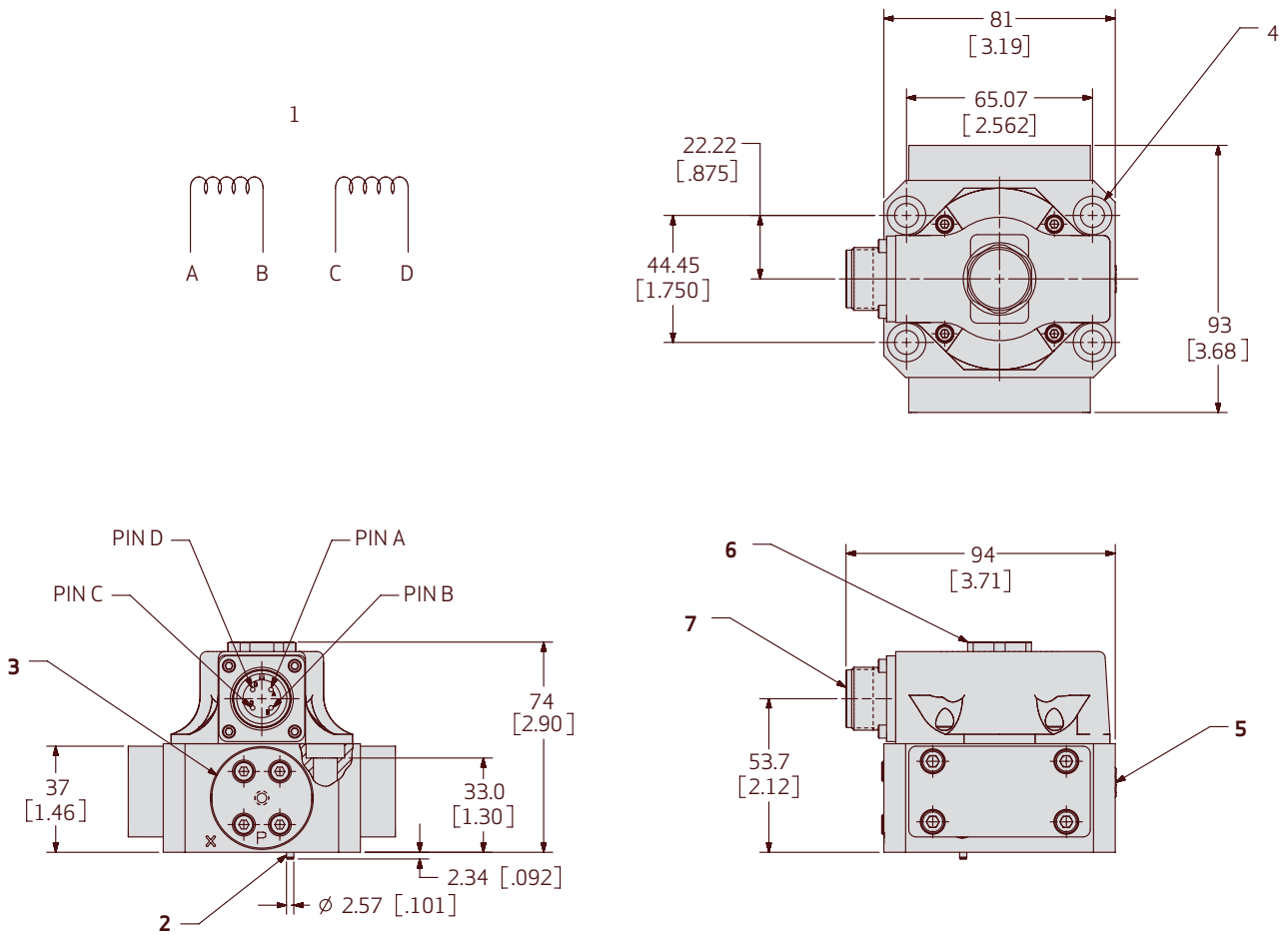
A (+), D (-), B and C connected

#### Parallel



A and C (+), B and D (-)

# INSTALLATION DRAWINGS AND NULL ADJUST INSTRUCTIONS



- 1 Typical wiring schematic
- 2 Location pin (refer to section Hole Pattern for position)
- 3 Filter location
- 4 4X Ø 8.36 (0.329) thru Ø 13.49 (0.531) to depth shown Mounting Holes
- 5 Mechanical Null Adjust screw (requires 3/8" wrench and 3/32" hex key)
- 6 Optional Magnetic Null Adjust (requires 7/8" wrench)
- 7 Connector mates with MS3106F14S-2S (Moog P/N: -49054F014S002S)

**Fluid:**  
 Industrial type petroleum base hydraulic fluid, maintained to ISO 4406 Code 16/14/11 recommended. For longer life: 15/13/10. Viscosity 10 to 97 mm<sup>2</sup>/s (cSt) at 38°C (60 to 450 SUS at 100 °F).

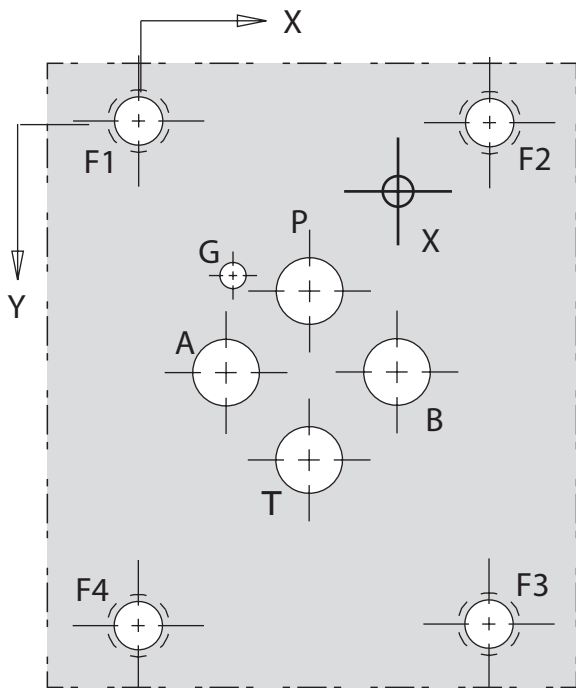
**Operating Temperature Range:**  
 Fluid: -40 to +60 °C (-40 to +140 °F)  
 Ambient: -40 to +135°C (-40 to +275 °F).

**Valve Phasing:**  
 Flow out port B results when:  
 Series coils: B & C connected, A+, D-  
 Parallel coils: A+/C+ , B-/D-  
 Single coils: A+/B- or C+/D-.

**Surface:**  
 Surface finish 0.8 µm (0.000032 in), flat within 0.025mm (0.001 in) TIR

**Null Adjust:**  
 Flow out port B results with the clockwise rotation of the null adjust screw.

## G761/761 SERIES HOLE PATTERN FOR MOUNTING SURFACE



Designation		P	A	B	T	X	G	F1	F2	F3	F4
Size Ø	mm	8.15	8.15	8.15	8.15	5.00	3.45	M8	M8	M8	M8
	in	0.321	0.321	0.321	0.321	0.197	0.136	5/16-18	5/16-18	5/16-18	5/16-18
Position X	mm	22.23	11.11	33.34	22.23	33.32	12.32	0	44.45	44.45	0
	in	0.875	0.438	1.313	0.875	1.312	0.485	0	1.750	1.750	0
Position Y	mm	21.42	32.54	32.54	43.64	8.74	19.84	0	0	65.07	65.07
	in	0.844	1.281	1.281	1.718	0.344	0.781	0	0	2.562	2.562

### Notes

- Surface:  
Surface to which the valve is mounted requires flatness of 0.025 mm (0.001 in) over 100 mm (3.94 in) and an average finish  $R_a$  better than 0.8  $\mu$ m (0.000032 in).
- Ports:  
For maximum flow the ports P, T, A, and B must be designed with diameters of 8.2 mm (0.320 in), port X with diameter of 5.0 mm (0.20 in)
- Recommended Seals:  
85 durometer 1.78 mm (0.070 in) cross section, 10.82 mm (0.426 in) inside diameter O-ring for P, T, A and B ports compatible with the hydraulic fluid.  
Port X 85 durometer 1.78 mm (0.070 in) cross section, 9.25 mm (0.364 in) ID, O-ring compatible with the hydraulic fluid.

### Conversion Instruction

For operation with internal or external pilot connection.  
Pilot flow supply Screw and seal washer location (M4 X 6 DIN EN ISO 4762)

	X	P
Internal P	closed	open
External X	open	closed

## NULL FLOW ADJUSTMENT

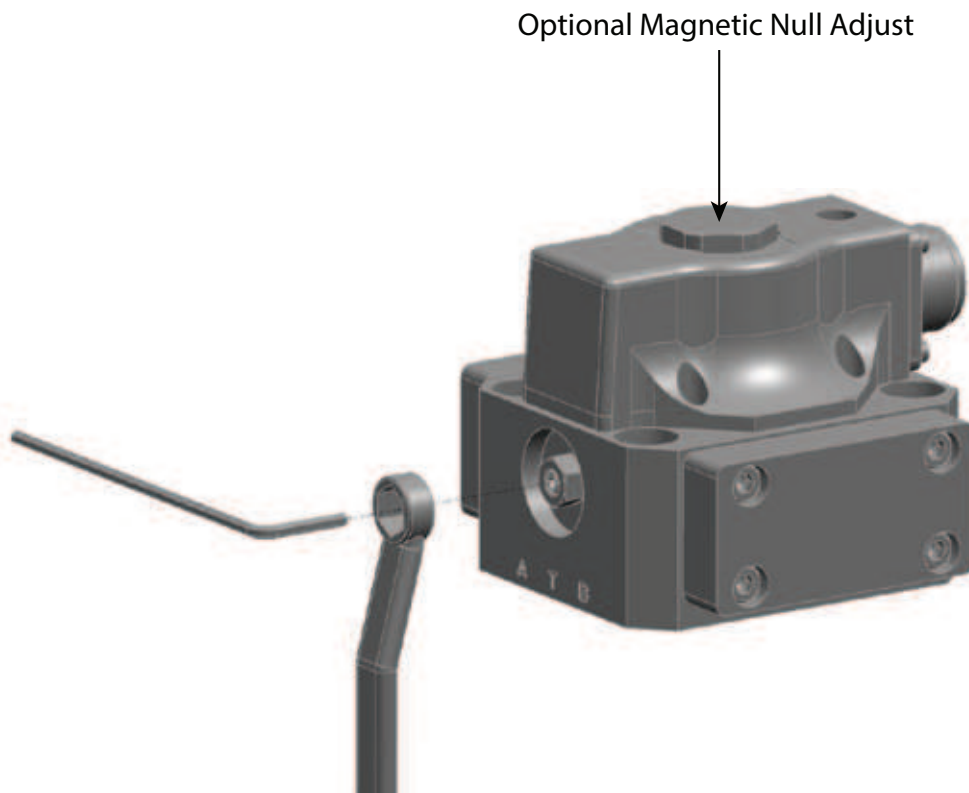
It is often desirable to adjust the null flow of a servo valve independently of other system parameters. Valves with mechanical null adjustment allow for at least  $\pm 10\%$  adjustment of null flow. The mechanical null adjustment is an eccentric bushing retainer pin, located above the tank port designation on the valve body, which if rotated provides control of the bushing location. Mechanical feedback elements position the spool relative to the valve body for a given input signal. Therefore, a movement of the bushing relative to the body changes the null flow.

### Mechanical Adjustment Procedure

With zero current (electrical connector disconnected). Using a  $3/8$  inch offset wrench, loosen the self-locking fitting until the null adjustor pin can be rotated. (This should usually be less than  $1/2$  turn). DO NOT remove the self-locking fitting. Insert a  $3/32$  inch Allen wrench in the null adjustor pin. Use the  $3/32$  Allen wrench to rotate the mechanical adjustor pin to obtain the desired null flow. Re-torque the self-locking fitting to 57 in lbs.

### Magnetic Adjustment Procedure

If so equipped the magnetic null adjustor is located on top of the motor cap which if rotated magnetically biases the first stage torque motor with zero current (electrical connector disconnected). Using a  $7/8$  inch wrench, rotate the magnetic adjustor on top of the motor cap to obtain the desired null flow condition. Maximum adjustment is achieved with rotation of  $\pm 90^\circ$ . The magnetic null adjustment allows at least  $\pm 10\%$  adjustment to the null flow.



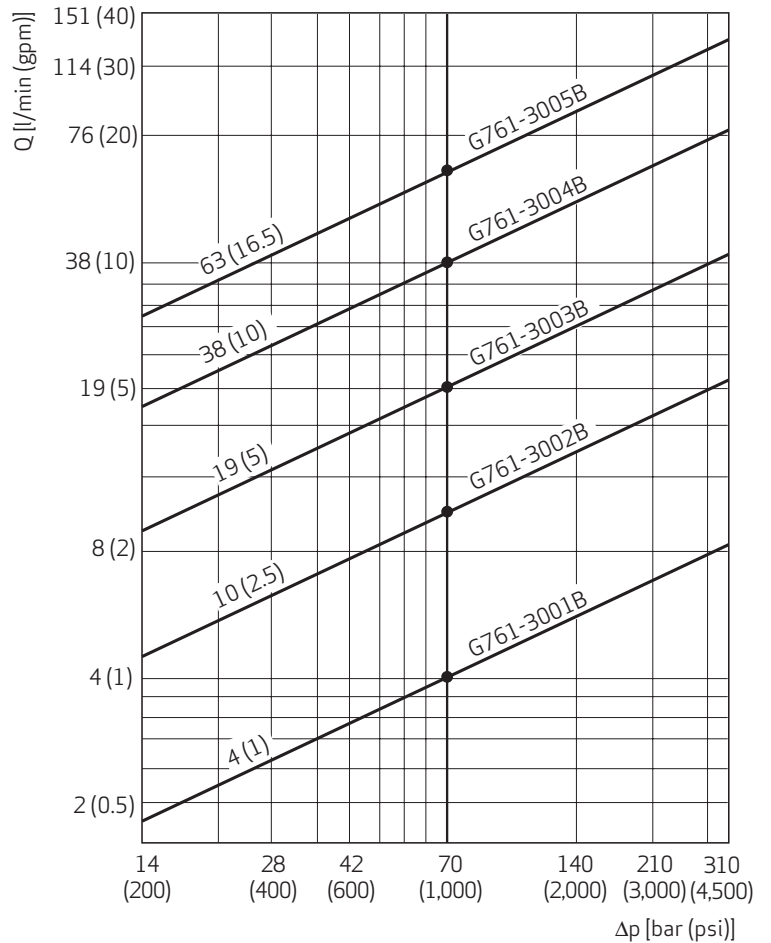
## FLOW CALCULATION

The actual flow is dependent upon electrical command signal and valve pressure drop. The flow for a given valve pressure drop can be calculated using the square root function for sharp edge orifices.

$$Q = Q_N \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta p_N}}$$

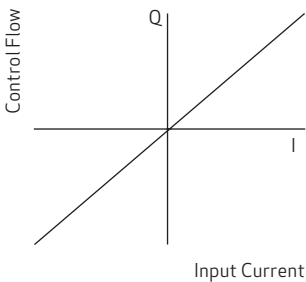
Q actual flow  
 Q<sub>N</sub> rated flow  
 Δp actual pressure drop per spool land  
 Δp<sub>N</sub> rated pressure drop per spool land

### Flow Diagram



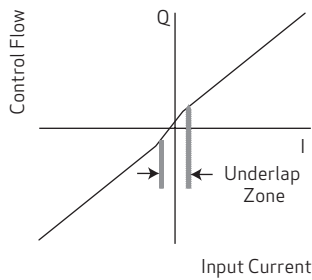
## NULL CUT OPTIONS

### Standard Axis Cut



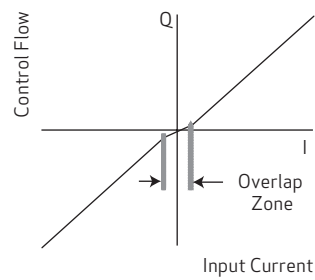
Default, without request for optional cuts

### Open Center Spool Valves



Normally used in hydraulic motor applications

### Closed Center Spool Valves

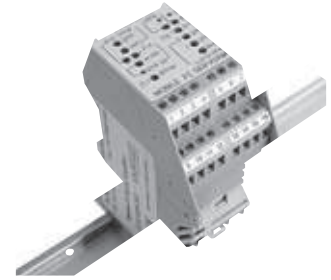


Normally used in failsafe applications

## RELATED PRODUCTS

### Din Rail Modules - Analog Control Cards

Moog's DIN rail mounted module analog control cards are ideal for use in enclosures where space is limited. Modules include servoamplifiers, transducer conditioning electronics, command and auxiliary function modules, valve drive amplifiers, and power supplies. All of these modules are CE marked and require a 24V DC supply. The modules mount to standard 35mm DIN rail mount for easy installation and removal.



Din Rail Module

### Portable Valve Testers - Evaluates Valves in the Field

Valve testers are a cost effective method for evaluating valves in the field. They provide a quick and easy means of differentiating between hydraulic and electronic problems. There are five models to choose from, each with different levels of capability and flexibility to meet your specific requirements. All valve testers have a compact, easily portable design.



Valve Tester

### Mounting Manifolds - Easier Installation and Maintenance

Various mounting manifolds are available for standard industrial valves, including base and adapter types for mounting and flushing requirements. Other hardware such as bolts and connectors are also available.

The specific accessories you may need for a particular model are listed in the relevant product catalogs and can be ordered through your local office.



Mounting Manifolds

### Filtration - Oil Filtration Requirements for Industrial Servo Systems

The most effective way to reduce life cycle costs of an oil hydraulic system, regardless of the types of valve used, is through close attention to contamination control. For industrial servo systems the ideal system filter arrangement is summarized as follows:

- Use a 10 micron (Beta 10  $\geq$  75) high pressure filter without by-pass just before the valve or critical parts of the valve (e.g. pilot)
- Use a 3 micron (Beta 3  $\geq$  75) low pressure filter in the return or bypass line.
- Use a filter in the tank breather that is at least the same filtration level as the finest filter in the system.

This recommendation is based on the fact that most servo and proportional valves can accept the odd particle up to 25 microns so the pressure filter will protect the valve from catastrophic failure. The real work is done by the low pressure filter reducing the small particle contamination which is the prime contributor to component wear and silting.



Hydraulic Filters

Assuming that the filters are properly dimensioned and care is taken during initial installation and maintenance, the aim should be to limit oil contamination to 14/11 (under ISO 4406:1987) or 17/14/11 (under ISO 4406:1999).

For long life, the maximum levels per ISO 4406: 1987 and 1999 are 13/10 and 15/13/10, respectively. It is important to note that these are maximum contamination levels and with proper care and regular filter change, significantly lower levels can and should be achieved. Attention must also be paid to a number of other factors that contribute to oil condition problems such as elevated temperatures, high tank humidity, "dirty" new oil, etc.

## ROUTINE MAINTENANCE GUIDELINES

Every six months or 4,000 operating hours, check for proper operation of the control valve assembly by performing the preventative maintenance steps outlined below. These checks do not require removal of the valve from the process line. If a problem is suspected, repair the valve assembly prior to returning the unit to service.

- Replace the hydraulic filter element
- Stroke the valve and check for smooth, full-stroke operation; unsteady motion could indicate a servo valve, actuator or process valve problem

### GENERAL INFORMATION

#### Effects when Storing Valves

The following effects may occur when storing valves for a long time:

- Sealing materials become brittle, possibly resulting in leaks
- Hydraulic fluid becomes gummy, possibly resulting in friction

#### Storage Time

The storage time starts at stock receipt and ends at mounting of the valve.

#### Preservatives

If preservation is carried out, use only preservatives which are compatible with the sealing materials and do not affect the valve, spare parts and accessories.

### BEFORE STORAGE

**Note:** If the valves are exposed to aggressive environmental influences during storage, vacuum packaging may be necessary. We recommend the following preparatory measures for storage:

#### Mount the shipping plate on the valve.

This is the only way of adequately protecting the valves against the ingress of dirt and moisture and protecting the seals against the effects of ozone and UV.

#### Put the valve, spare parts and accessories into the original packaging.

Package each valve separately.

#### Enclose anti-tarnish paper or package the valve, spare parts and accessories with corrosion inhibiting film.

(Only for storage time > 1 year.)

Multipacks of single valves in their individual packages are allowed.

#### Seal the original packaging properly.

This is the only way of adequately protecting the valves, spare parts and accessories against damage.

### STORAGE CONDITIONS

We recommend the following ambient conditions for storage:

- Dust-free, moderately ventilated
- As vibration-free and shock-free as possible

Shock resistance (as per EN 60068-2-27):  
50 g, 6 directions, half-sine 3 ms

Vibration resistance (as per EN 60068-2-6):  
30 g, 3 axes, frequency 10 to 2,000 Hz

#### Temperature

Recommended: +15 to +25 °C (+59 to +77 °F)

Permissible: -40 to +60 °C (-40 to +140 °F)

Temperature fluctuations >10 °C (50 °F) must be avoided.

Distance to shielded radiators: > 1 m (3 ft)

No direct exposure to sunlight

No sources of light with a high UV content

UV rays generate ozone, which damage sealing materials.

Relative air humidity: < 65 %, non condensing

### AFTER STORAGE

We recommend to check the original packaging, valve, spare parts and accessories for possible damage or alterations due to storage, that is, before use.

Damaged or not functional valves, spare parts and accessories must not be started up.

Sealing materials with the following characteristics must not be used:

- Contamination
- Cracking
- Hardening/softening
- Stickiness
- Discoloration

#### Storage Time > 5 Years

We recommend that the valve be checked by us or one of our authorized service centers after a storage time of more than 5 years.

#### Storage Time > 10 Years

After a storage time of more than 10 years the valves have to be checked by us or one of our authorized service centers.

## ABOUT MOOG

Moog Inc. is a worldwide designer, manufacturer and integrator of precision control components and systems. Moog's Industrial Group designs and manufactures high performance motion control solutions combining electric, hydraulic, and hybrid technologies with expert consultative support in a range of applications including energy production and generation machinery, industrial production machinery and simulation and test equipment. We help performance-driven companies design and develop their next-generation machines.

Moog maintains facilities in 26 countries around the globe. This vast scope ensures that our engineers remain close to the needs of machine builders and provide flexible design solutions and technical expertise tailored to our customers' toughest challenges.

Moog experts work in close collaboration with machine builders and application engineers to design motion control systems for greater productivity, higher reliability, superior connectivity, less costly maintenance and more effective operations. Our regional presence, industry knowledge and design flexibility ensures Moog motion control solutions are tailored to their environment— from meeting operating regulations and performance standards, to taking machine performance to a higher level.

## Products

At the heart of every Moog solution is an array of products engineered for precision, high performance and reliability. For more than six decades, Moog products have been specified for critical machine applications.

Some are developed specifically for unique operating environments. Others are standard equipment on machines across many industries. All are continuously improved to take advantage of the latest technology breakthroughs and advancements.

Moog products include:

- Servo Valves and Proportional Valves
- Servo Motors and Servo Drives
- Servo Controllers and Software
- Radial Piston Pumps
- Actuators
- Integrated Hydraulic Manifold Systems and Cartridge Valves
- Slip Rings
- Motion Bases



Servo Valves



Active Cartridge Valves



Radial Piston Pumps



Servo Drives

## ABOUT MOOG

### Hydraulic solutions

Since Bill Moog invented the first commercially viable servo valve in 1951, Moog has set the standard for world-class hydraulic technology. Today, Moog products are used in a variety of applications - providing high power, enhanced productivity and ever better performance for some of the world's most demanding applications.

### Electric solutions

Clean operation, low noise generation, less maintenance and reduced power consumption make Moog electric solutions ideal for applications worldwide. Moog is the ideal partner for applications where transitioning technologies requires special expertise.

### Hybrid solutions

By incorporating the advantages of existing hydraulic and electric technologies - including modular flexibility, increased efficiency and cleanliness - into innovative hybrid solutions, Moog offers new performance potential in specialized applications.



Flight Simulation



Formula One Simulation Table

## Moog Global Support

Moog Global Support is our promise to offer world-class Repair and Maintenance Services delivered expertly by our trained technicians. With the reliability only available from a leading manufacturer with facilities around the world, Moog offers you service and expertise you can count on to keep your equipment operating as it should.

This promise offers many benefits to our customers including:

- Reduce your downtime by keeping critical machines running in peak performance
- Protect your investment by ensuring reliability, versatility and long-life of products
- Better plan your maintenance activities and make systematic upgrades
- Leverage our flexible programs to meet the unique service requirements of your facility

Look to Moog for global support including:

- Repair services using OEM parts are performed by trained technicians to the latest specifications
- Stock management of spare parts and products to prevent unplanned downtime

- Flexible programs, tailored to your needs such as upgrades, preventative maintenance and annual/multi-year contracts
  - On-site services bring the expertise to you, providing quicker commissioning, set-up and diagnostics
  - Access to reliable services that are guaranteed to offer consistent quality anywhere in the world
- For more information on Moog Global Support visit [www.moog.com/industrial/service](http://www.moog.com/industrial/service).



## ACCESSORIES AND SPARE PARTS

### Series Dependent Accessories and Spare Parts

#### Accessories G761/761 Series

Part designation	Description	Part number
Attachment screws Metric	4 required M8x45 ISO 4762-10.9 tightening Torque 11 Nm (8 lbf-in)	B64929-008B045
Attachment screws Inch	5/16-18NC by 1.75 long	A31324-228B
Mating connector	4 pin electrical connector	-49054F014S002S (MS3106F14S-2S)
Mounting manifold	Base mounting manifold, four port	-43586AM007
Flushing plate	Manifold employed in place of valve when initially cleaning hydraulic fluids	-23718-001K002
AMO manifold	Adjustable metering orifice manifold used to bleed fluid between A and B ports for better pressure control	-65568AM002
CRV manifold	Cross port relief manifold used to limit pressure levels in ports A and B	-65711AM003-XXXX
Safety manifold	Sandwich manifold used to lock, extend and retract cylinder upon loss of electrical signal or hydraulic pressure	B64377AMNNXXXX

#### Spare Parts G761/761 Series

Part designation	Description	Material	Part number
Base O-ring for P, T, A and B ports	4 required for P, T, A, and B ports 10.82 mm (0.426 in) inside diameter x 1.78 mm (0.070 in) cross section. Equivalent MIL-R-83248 size -013	Fluorocarbon FKM 85 shore	-42082-022
X port O-ring	1 required for the X port 9.25 (0.364 in) x 1.8 mm (0.070 in) cross section. Equivalent MIL-R-83248 size -012	Fluorocarbon FKM 85 shore	-42082-013
Replaceable filter,	60 µm nominal		A67999-065
Filter replacement kit	Contains the following: 2 pieces O-ring 3.7 mm (0.145 in) inside diameter x 1.8 mm (0.070 in) cross section Equivalent MIL-R-83248 size -007 2 pieces O-ring 13 mm (0.512 in) inside diameter x 1.5 mm (0.059 in) cross section 1 piece filter disc 60 µm	Fluorocarbon FKM 85 shore	B52555RK201K001

#### Documents (not included in scope of delivery)

Part designation	Description	Remark	Part number
Catalog	G761/761 series general information	Note: Visit <a href="http://www.moog.com/industrial/literature">www.moog.com/industrial/literature</a> to download document	CDL 6642
Service manual	G761/761 standard series	Note: Visit <a href="http://www.moog.com/industrial/literature">www.moog.com/industrial/literature</a> to download document	CDS 6673
Service manual	G761/761 intrinsically safe (K) series	Note: Visit <a href="http://www.moog.com/industrial/literature">www.moog.com/industrial/literature</a> to download document	CDS 6769

# ORDERING CODE

Model number (assigned at the factory)

Type designation

G761/761															
Optional feature															
Series specification															
Model designation															
Assigned at the factory															
Factory Identification (Revision Level)															
1 Valve version															
S Standard response 63 l/min (16.5 gpm)															
H High response 4 l/min (1 gpm) - 38 l/min (10 gpm)															
2 Rated flow in l/min (gpm)															
For $\Delta p_N = 35$ bar (500 psi) per spool land															
04 4.0 (1.0)															
10 10 (2.5)															
19 19 (5.0)															
38 38 (10.0)															
63 63 (16.5)															
3 Maximum operating pressure in bar (psi) and body material															
J 315 (4,500) aluminum															
4 Bushing/spool design															
O 4-way/axis cut/linear															
D 4-way/ $\pm 10$ % overlap/linear															

10 Signals for 100 % spool stroke													
H $\pm 7.5$ mA series													
L $\pm 20$ mA series													
Z $\pm 100$ mA series													
9 Valve connector													
P Connector over P-side													
B Connector over B-side													
8 Seal material													
V Fluorocarbon (FKM) 85 Shore D													
7 Pilot connections													
4 Internal													
5 External													
6 Spool position without electrical signal													
M Mid position													
5 Pilot stage design													
F Low flow, nozzle-flapper, $\leq 10$ l/min													
G High flow, nozzle-flapper, $> 10$ l/min													

## Preferred Models

Model Number	Type Designation	Rated Flow ( $\Delta 1,000$ psi)		Rated Current (single coil)
		lpm	gpm	mA
G761-3001B	H04JOFM4VPL	4	1.0	40
G761-3002B	H10JOFM4VPL	10	2.5	40
G761-3003B	H19JOGM4VPL	19	5.0	40
G761-3004B	H38JOGM4VPL	38	10.0	40
G761-3005B	S63JOGM4VPL	63	16.5	40

# TAKE A CLOSER LOOK

Moog solutions are only a click away. Visit our worldwide website for more information and the Moog facility nearest you.

Argentina  
+54 11 4326 5916  
info.argentina@moog.com

India  
+91 80 4057 6666  
info.india@moog.com

Singapore  
+65 677 36238  
info.singapore@moog.com

Australia  
+61 3 9561 6044  
info.australia@moog.com

Ireland  
+353 21 451 9000  
info.ireland@moog.com

South Africa  
+27 12 653 6768  
info.southafrica@moog.com

Brazil  
+55 11 3572 0400  
info.brazil@moog.com

Italy  
+39 0332 421 111  
info.italy@moog.com

Spain  
+34 902 133 240  
info.spain@moog.com

Canada  
+1 716 652 2000  
info.canada@moog.com

Japan  
+81 46 355 3767  
info.japan@moog.com

Sweden  
+46 31 680 060  
info.sweden@moog.com

China  
+86 21 2893 1600  
info.china@moog.com

Korea  
+82 31 764 6711  
info.korea@moog.com

Switzerland  
+41 71 394 5010  
info.switzerland@moog.com

Finland  
+358 10 422 1840  
info.finland@moog.com

Luxembourg  
+352 40 46 401  
info.luxembourg@moog.com

Turkey  
+90 216 663 6020  
info.turkey@moog.com

France  
+33 1 4560 7000  
info.france@moog.com

The Netherlands  
+31 252 462 000  
info.thenetherlands@moog.com

United Kingdom  
+44 (0) 1684 858000  
info.uk@moog.com

Germany  
+49 7031 622 0  
info.germany@moog.com

Norway  
+47 6494 1948  
info.norway@moog.com

USA  
+1 716 652 2000  
info.usa@moog.com

Hong Kong  
+852 2 635 3200  
info.hongkong@moog.com

Russia  
+7 8 31 713 1811  
info.russia@moog.com

**[www.moog.com/industrial](http://www.moog.com/industrial)**

Moog is a registered trademark of Moog Inc. All trademarks as indicated herein are the property of Moog Inc. and its subsidiaries.  
©2013 Moog Inc. All rights reserved.

G761/761 Series Flow Control Servo Valves  
TJW, Rev. H, January 2014, Id. CDL6642-en