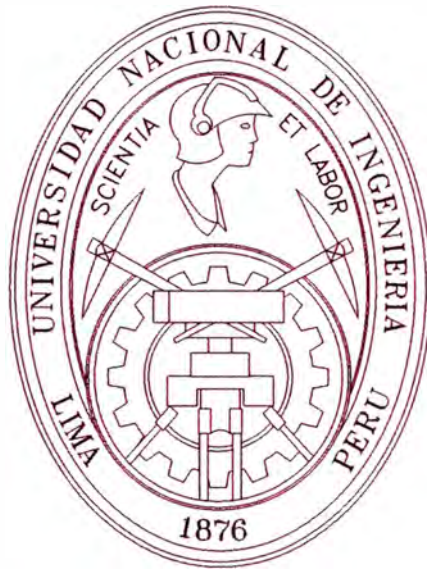


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA



**“TÉCNICA DE MONITOREO, ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y
CONTROL DE VÁLVULAS OLEOHIDRÁULICAS
PROPORCIONALES”**

INFORME DE INGENIERÍA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO - ELECTRICISTA**

MANUEL EDUARDO SOTO SÁNCHEZ

PROMOCIÓN 1988-I

LIMA-PERÚ

2005

DEDICATORIA

Dedicado:

A mi madre Angélica

Por el amor y motivación que me entregó,
por la fuerza que impulso mi carrera
para realizarme en el profesional que siempre soñó.

A mi padre Manuel

Por su presencia
que me ha alentado en la culminación de esta obra.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la existencia, y lo que nos rodea.

A Etelvina, mi querida esposa, que además del infinito amor que me brinda, ha sido siempre el impulso y motivación profesional.

Al Ing. Edwin Abregú L. por su asesoramiento y revisión del presente Informe.

Al Instituto Superior Tecnológico TECSUP, a través del Ing. Juan Musayón quien me brindo la infraestructura para el desarrollo del presente Informe Profesional.

A mis compañeros de labores, entre los más importantes: Ing. Denis Chávarry, Prof. David Mayta, Prof. Miguel Chávez quienes contribuyeron invaluablemente con su apoyo y sugerencias.

A mis maestros: El Ing. Dip. Hans Kaufmann, Ing. Dip. Harald Ortwig, a la memoria del Ing. Rupert Zagst, pioneros en la tecnología de Control Hidráulico, y a todas aquellas personas que gracias a su ayuda y enseñanzas formaron a la persona y al profesional.

Y esencialmente

A la U.N.I .: mi alma mater.

Manuel Eduardo Soto Sánchez

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE.....	III – XII
SIMBOLOGÍA.....	XIII-XIV
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XV
PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 GENERALIDADES.....	3
1.2 CONTROL DE SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	4
1.3 CONTROL PROPORCIONAL.....	6
1.4 PROPÓSITO GENERAL DEL INFORME.....	8
1.5 OBJETIVOS.....	8
1.6 MÉTODO DE TRABAJO PARA EL MONITOREO ANÁLISIS.....	9
1.6.1 ETAPA DEL CONTROL ELECTRÓNICO.....	10
1.6.2 ETAPA DEL CONTROL ELÉCTRICO.....	10
1.6.3 ETAPA DEL CONTROL HIDRÁULICO.....	11
1.6.4 ETAPA DEL CONTROL EN LAZO CERRADO.....	12
1.6.5 INTEGRACIÓN EN UNA APLICACIÓN INDUSTRIAL.....	13
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
CAPÍTULO 2: CONCEPTOS DE HIDRÁULICA PROPORCIONAL.....	17
2.1 HIDRÁULICA PROPORCIONAL.....	17
2.1.1 HISTORIA.....	17
2.1.2 UBICACIÓN DE LA HIDRÁULICA PROPORCIONAL.....	18
2.1.3 VENTAJAS.....	18
2.1.4 DESVENTAJAS.....	18

2.2	CONTROL DISCRETO.....	19
2.3	CONTROL CONTINUO.....	21
2.4	COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO Y UN SISTEMA CON CONTROL PROPORCIONAL..	23
2.5	COMPARACIÓN DE VÁLVULAS PROPORCIONALES Y SERVOVÁLVULAS..	24
2.6	DEFINICIONES Y PARÁMETROS EN EL CONTROL PROPORCIONAL.....	25
2.6.1	REPRODUCIBILIDAD.....	25
2.6.2	HISTÉRESIS.....	26
2.6.3	SENSIBILIDAD DE REACCIÓN.....	26
2.6.4	MARGEN DE INVERSIÓN.....	26
2.6.5	TIEMPO DE REACCIÓN.....	27
2.6.6	CARACTERÍSTICA DE AMPLITUD.....	27
2.6.7	CARACTERÍSTICA DE FASE.....	27
2.6.8	FILTRACIÓN ABSOLUTA.....	28
2.6.9	SOBREPOSICIÓN.....	29
2.7	TARJETAS ELECTRÓNICAS DE CONTROL PROPORCIONAL.....	32
2.7.1	COMPONENTES.....	32
2.7.2	PARÁMETROS DE REGULACIÓN.....	33
	2.7.2.1 DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO CERO O SOBREPOSICIÓN.....	33
	2.7.2.2 LIMITACIÓN DEL VALOR MÁXIMO.....	33
	2.7.2.3 OSCILACIÓN O DITHER.....	34
	2.7.2.4 NIVELES DE TENSIÓN.....	35
	2.7.2.5 RAMPA.....	36
	2.7.2.6 TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03.....	36
	2.7.2.7 REGULACIÓN EN LA TARJETA ELECTRÓNICA PQ 03.....	40
2.8	TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL P. I .D.....	41
2.8.1	REGULACIÓN.....	42
2.8.2	CONTROL PROPORCIONAL	42
2.8.3	CONTROL INTEGRAL.....	43
2.8.4	CONTROL DIFERENCIAL.....	44
2.8.5	CONTROL CON ALGORITMO P. I .D.....	45
2.8.6	TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL P. I .D. RV 42.....	46
2.9	SOLENOIDES PROPORCIONALES.....	47
2.9.1	SOLENOIDE PROPORCIONAL MANDADO POR FUERZA.....	49
2.9.2	SOLENOIDE PROPORCIONAL MANDADO POR DESPLAZAMIENTO.....	

2.10 VÁLVULAS PROPORCIONALES.....	50
2.10.1 CLASIFICACIÓN.....	52
	53
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL MONITOREO Y ANÁLISIS.....	58
3.1 EQUIPO HIDRÁULICO.....	58
3.1.1 UNIDAD DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA A HIDRÁULICA.....	58
3.1.2 COMPONENTES HIDRÁULICOS CONVENCIONALES.....	60
3.1.3 COMPONENTES HIDRÁULICOS PROPORCIONALES.....	61
3.2 EQUIPO ELECTRÓNICO.....	64
3.2.1 TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03.....	64
3.2.2 TARJETA DE CONTROL P. I. D. RV 42.....	64
3.3 EQUIPO DE ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE DATOS.....	64
3.3.1 TRANSDUCTORES.....	65
3.3.2 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS MFI 3.0.....	66
3.3.3 PC; PLC.....	66
3.3.4 SOFTWARE.....	66
3.4 ACCESORIOS ADICIONALES.....	67
3.5 CONSTRUCCIONES DE APOYO.....	67
CAPÍTULO 4: MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS SEÑALES EN LA TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03.....	68
4.1 OBJETIVO.....	68
4.2 DESCRIPCIÓN.....	68
4.3 SECUENCIA DE ANÁLISIS.....	69
4.4 ANÁLISIS DE SOBREPOSICIÓN.....	69
4.4.1 CASO I: 0,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 0,0 A DE VALOR MÁXIMO.....	72
4.4.1.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA	72
4.4.1.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	72
4.4.2 CASO II: 1,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 0,0 A DE VALOR MÁXIMO.....	73
4.4.2.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA	73
4.4.2.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS	73

4.4.3	CONCLUSIONES.....	74
4.5	ANÁLISIS DE VALORES MÁXIMOS.....	75
4.5.1.	CASO I : 0,0 A DE SOBREPONCIÓN; 1,6 A DE VALOR MÁXIMO.....	77
4.5.1.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	77
4.5.1.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS	77
4.5.2.	CASO II: 1,0 A DE SOBREPONCIÓN; 1,6 A DE VALOR MÁXIMO.....	78
4.5.2.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA	78
4.5.2.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	78
4.5.3.	CONCLUSIONES.....	79
4.6	ANÁLISIS DE RAMPAS.....	80
4.6.1	CASO I: RAMPA CONSTANTE: 100 %. TENSIÓN DE ENTRADA VARIABLE. (RANGO 100 ms – 10 s).....	83
4.6.2	CASO II RAMPA VARIABLE: TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE: 10 V. (RANGO 100 ms – 10 s).....	84
4.6.3	CASO III : RAMPA VARIABLE. TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE: 10 V. (RANGO 10 ms – 1 s).....	85
4.6.4	CASO IV : RAMPA MAS SOBREPONCIÓN Y OSCILACIÓN. (SOBREPONCIÓN 0,5 A. FRECUENCIA DE OSCILACIÓN 70 Hz)....	86
4.6.5	CONCLUSIONES.....	87
4.7	ANÁLISIS DE LA OSCILACIÓN.....	88
4.7.1	CASO I : OSCILACIÓN CON DIVERSAS AMPLITUDES, CORRIENTE DE SALIDA CONSTANTE.....	90
4.7.1.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	90
4.7.1.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	90
4.7.2	CASO II: OSCILACIÓN CONSTANTE, SALIDA DE CORRIENTE VARIABLE.....	91
4.7.2.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	91
4.7.2.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	91
4.7.3	Caso III : OSCILACIÓN CON AMPLITUD VARIABLE, CORRIENTE DE SALIDA CONSTANTE, DIVERSAS FRECUENCIAS DE OSCILACIÓN	92
4.7.3.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	92
4.7.3.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	92
4.7.4	CONCLUSIONES.....	93
CAPÍTULO 5:	VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LOS SOLENOIDES DE CONTROL PROPORCIONAL.....	94

5.1	OBJETIVO.....	94
5.2	ESTRUCTURA PARA LAS PRUEBAS.....	94
5.3	SECUENCIA DE ANÁLISIS.....	95
5.4	ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE RESPUESTAS DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA.....	96
5.4.1	CONSIDERACIONES.....	96
5.4.2	DIAGRAMAS.....	99
5.4.3	CONCLUSIONES.....	102
5.5	ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE RESPUESTAS DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO.....	103
5.5.1	CONSIDERACIONES.....	103
5.5.2	DIAGRAMAS.....	104
5.5.3	CONCLUSIONES.....	108
CAPÍTULO 6: MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.....		109
6.1	OBJETIVO.....	109
6.2	VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.....	109
6.3	PARÁMETROS DE REGULACIÓN.....	110
6.4	DESCRIPCIÓN.....	110
6.4.1	GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE ENTRADA.....	110
6.4.2	INSTALACIONES.....	112
6.5	SECUENCIA DE ANÁLISIS.....	113
6.5.1	CASO I: SIN REGULACIÓN (VALOR MÁXIMO 1,6 A).....	115
6.5.1.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	115
6.5.1.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	115
6.5.1.3	CONCLUSIONES.....	117
6.5.2	CASO II: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN (VALOR MÁXIMO 1,6 A).....	118
6.5.2.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	118
6.5.2.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	118
6.5.2.3	CONCLUSIONES.....	120
6.5.3	CASO III: CON SOBREPOSICIÓN Y VALOR MÁXIMO.....	121
6.5.3.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	121
6.5.3.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	121
6.5.3.3	CONCLUSIONES.....	123

6.5.4	CASO IV: CON SOBREPOSICIÓN, VALOR MÁXIMO Y OSCILACIÓN	124
6.5.4.1	CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.....	124
6.5.4.2	DIAGRAMAS OBTENIDOS.....	124
6.5.4.3	CONCLUSIONES.....	129
6.6	PRECISIÓN EN LA RESPUESTA DE UNA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.....	130
6.7	INFLUENCIA DEL COMPENSADOR DE PRESIÓN.....	132
6.7.1	VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL SIN COMPENSADOR DE PRESIÓN.....	134
6.7.2	VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL CON COMPENSADOR DE PRESIÓN.....	138
CAPÍTULO 7: MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.		144
7.1	OBJETIVO.....	144
7.2	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.....	144
7.3	PARÁMETROS DE REGULACIÓN.....	145
7.4	DESCRIPCIÓN.....	146
7.4.1	GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE ENTRADA.....	146
7.4.2	INSTALACIONES.....	146
7.5	SECUENCIA DE ANÁLISIS.....	147
7.5.1	CASO I: SIN REGULACIÓN (VALOR MÁXIMO 1,8 A).....	148
7.5.1.1	DATOS.....	148
7.5.1.2	DIAGRAMAS.....	148
7.5.1.3	CONCLUSIONES.....	150
7.5.2	CASO II: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN (VALOR MÁXIMO 1,8 A).....	151
7.5.2.1	DATOS.....	151
7.5.2.2	DIAGRAMAS.....	151
7.5.2.3	CONCLUSIONES.....	153
7.5.3	CASO III: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN Y VALOR MÁXIMO.....	154
7.5.3.1	DATOS.....	154
7.5.3.2	DIAGRAMAS.....	154
7.5.3.3	CONCLUSIONES.....	156
7.5.4	CASO IV: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN, VALOR	

MÁXIMO Y OSCILACIÓN.....	157
7.5.4.1 DATOS.....	157
7.5.4.2 DIAGRAMAS.....	157
7.5.4.3 CONCLUSIONES.....	160
CAPÍTULO 8: MONITOREO Y ANÁLISIS DE RESPUESTAS DEL CONTROL PROPORCIONAL EN LAZO CERRADO CON CONTROL P.I.D.....	161
8.1 OBJETIVO.....	161
8.2 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA REALIMENTADO.....	161
8.3 CASOS DE ANÁLISIS.....	164
8.4 CONTROL DE POSICIÓN EN LAZO CERRADO REGULADO CON P.I.D. PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VÁSTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO.....	164
8.4.1 DESCRIPCIÓN.....	164
8.4.2 REGULACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL P.I.D.....	165
8.4.3 DIAGRAMAS.....	166
8.4.4 CONCLUSIONES.....	170
8.5 CONTROL DE CAUDAL EN LAZO CERRADO REGULADO CON CONTROL P.I.D. PARA LA VELOCIDAD DE UN MOTOR HIDRÁULICO.	171
8.5.1 DESCRIPCIÓN.....	171
8.5.2 REGULACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL P.I.D.....	172
8.5.3 DIAGRAMAS.....	172
8.5.4 CONCLUSIONES.....	176
8.6 CONTROL ELECTRÓNICO P.I.D vs. CONTROL HIDRÁULICO.....	177
CAPÍTULO 9: APLICACIONES.....	179
9.1 OBJETIVO.....	179
9.2 CONDICIÓN INICIAL: SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO.....	179
9.2.1 MONITOREO DEL SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO.....	181
9.3 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL	183
9.3.1 REQUERIMIENTOS DE VELOCIDAD Y PRESIÓN.....	183
9.3.2 PLANO HIDRÁULICO Y DE CONTROL ELECTRÓNICO.....	184
9.3.3 REGULACIÓN DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.	185

9.3.4	REGULACIÓN DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.....	189
9.3.5	CONFIGURACIÓN DE LAS TARJETAS DE CONTROL.....	191
9.3.5.1	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL PARA LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.....	191
9.3.5.2	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL PARA LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.....	192
9.4	CONTROL ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN CON PLC	192
9.5	MONITOREO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PROPORCIONAL	194
9.6	DIAGNÓSTICO DE FALLAS.....	194
9.6.1	MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL CAUDAL (VELOCIDAD).....	196
9.6.2	FALLAS EN EL SISTEMA DE CONTROL DE LA PRESIÓN.....	200
9.7	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPORCIONAL Y DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	204
9.7.1	LISTADO DE COSTOS DE COMPONENTES PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA PROPORCIONAL PARA UNA PRENSA DE CONFORMADO.....	204
9.7.2	LISTADO DE COSTOS DE COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO PARA UNA PRENSA DE CONFORMADO.....	205
9.8	IMPACTOS TECNOLÓGICO, ECONÓMICO Y LABORAL.....	206
9.8.1	IMPACTO TECNOLÓGICO.....	206
9.8.2	IMPACTO ECONÓMICO.....	207
9.8.3	IMPACTO LABORAL.....	209
CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES GENERALES		211
10.1	PERSPECTIVAS DE TRABAJOS RELACIONADOS A FUTURO.....	213
BIBLIOGRAFIA.....		214
ANEXOS.....		216
ANEXO 1	CURVAS DE RESPUESTA DE UN SOLENOIDE	

	PROPORCIONAL.....	219
	I) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA.....	219
	II) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO.....	224
ANEXO 2	CURVA DE RESPUESTA EXPERIMENTAL DE UN SOLENOIDE DE 24 V D.C.....	230
ANEXO 3	TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03.....	232
	I) PLANO ELECTRÓNICO EN BLOQUES.....	232
	II) PLANO ELECTRÓNICO DETALLADO.....	233
	III) PLANO DE UBICACIÓN DE COMPONENTES.....	236
	IV) CONEXIONES EXTERNAS.....	237
ANEXO 4	TARJETA DE REGULACION P.I.D. RV 42.....	240
ANEXO 5	VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL 4/3 NG 6.....	244
ANEXO 6	VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL NG 6	252
ANEXO 7	PROGRAMA PARA MONITOREO EN LABVIEW.....	260
	I) PROGRAMACIÓN.....	260
	II) PANTALLAS PARA GRÁFICOS.....	261
ANEXO 8	CONTROL EN LAZO CERRADO CON P. I .D.....	262
	I) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VÁSTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO.....	262
	II) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR HIDRÁULICO.....	263
ANEXO 9	CONTROL ELECTROHIDRÁULICO.....	264
	I) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DEL P.L.C. PARA EL CONTROL DEL SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA DE CONFORMADO.....	264
	II) PLANO DE INSTALACIONES DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA PARA EL CONFORMADO.....	266
ANEXO 10	CONTROL PROPORCIONAL.....	267
	I) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DEL P.L.C. PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DEL SISTEMA HIDRÁULICO PROPORCIONAL DE UNA	

PRENSA DE CONFORMADO.....	267
II) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.....	269
III) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.....	270
IV) PLANO DE INSTALACIONES DEL CONTROL ELÉCTRICO CON P.L.C.....	271
V) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DEL CAUDAL.....	272
VI) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DE LA PRESIÓN.....	273

SIMBOLOGIA

A	: Area.
A/D	: Conversor Análogo – Digital.
A/D 1, A/D 2,...	: Terminal A/D 1, Terminal A/D 1,
A1, A2,...	: Nivel 1, Nivel 2,...
D	: Regulación Derivativo.
d	: Término asignado normativamente a los accesos de las tarjetas electrónicas en euro formatos.
D/A	: Conversor Digital – Análogo.
e	: Diferencia de regulación = $w - x$
f	: Frecuencia.
F	: Fuerza.
F_{MG}	: Fuerza magnética.
I	: Corriente.
ΔI_A	: Variación en la corriente que produce una parada en la tendencia de salida hidráulica.
ΔI_A	: Variación en la tendencia de la corriente que produce una parada en la salida hidráulica.
ΔI_H	: Variación de la corriente en el lazo de Histéresis.
I_N	: Corriente Nominal.
I	: Regulación Integral.
I_{osZ}	: Corriente de oscilación.
CPU	: Unidad central de procesamiento
m	: mili (1/1000)
n	: RPM : Revoluciones por cada minuto (1/min.).
p	: Presión.
P	: Regulación Proporcional.
P. I .D.	: Proporcional, Integral, Derivativo.
P.L.C.	: Control Lógico Programable.
p_{max}	: Presión máxima.
Q	: Caudal.
ΔQ	: Variación del caudal.
Q_A	: Caudal que pasa por la vía A de una válvula distribuidora.
Q_B	: Caudal que pasa por la vía B de una válvula distribuidora.
s	: Desplazamiento.
Δs	: Variación del desplazamiento.
s_0	: Sobreposición.
S1, S2,...	: Límite de carrera 1, Límite de carrera 2,...
T	: Torque.
t	: Tiempo.
T_n	: Constante de integración.
T.N.	: Tamaño Nominal.
T_v	: Constante de derivación
U	: Tensión.
u	: Unidades de tiempo.
v	: Velocidad.
V	: Voltios.
V1, V2,...	: Rampa 1, Rampa 2,...
V.E.	: Válvula de estrangulamiento.
w	: Set point o valor de regulación ideal.

GLOSARIO DE TÉRMINOS:

Oleólica	:	Término que debe emplearse para el trabajo con fluidos incompresibles sometidos a presión (Término citado en el libro: "Técnica de los Circuitos Hidráulicos" del autor J. P. de Groot)
Oleohidráulica	:	Término utilizado actualmente en el Internet para hacer referencia a la oleólica.
Hidráulica	:	Término sobreentendido referente al trabajo con fluidos sometidos a presión. En un sentido amplio la hidráulica estudia a los fluidos incompresibles en forma estática o dinámica.
Rack	:	Término inglés. Se usa para identificar un estante en donde se almacena algo. Riel.
Set point	:	Valor referencial o valor teórico o valor de regulación ideal.
Jumper	:	Alambre de cierre. Unir dos terminales.
Monitoreo	:	Detectar en un monitor o pantalla.
Transductor	:	Sensor mas transmisor.
Rampa	:	Es una función que se realiza en el interior de la tarjeta de control proporcional; realiza una tendencia lineal constante en la función de salida teniendo una función escalón como función de entrada.
Servoválvula	:	Válvula de accionamiento continuo.
Linealización	:	Trasladar una respuesta a una función matemática lineal.
Notebook	:	Computadora personal transportable (lap top).
Terminal	:	Punto de conexión.
Actuador	:	Elemento que transforma la energía hidráulica en energía mecánica. Pueden ser pistones o motores.
Esquema	:	Representación gráfica de las relaciones y el funcionamiento de un objeto.
Tarjeta	:	Término utilizado para designar una placa electrónica con ciertas funciones la cual se analizará desde su periferia.
Sollwert	:	Potenciómetro externo de las tarjetas de control proporcional PQ 03 para regular la señal de entrada.
Input	:	Ingreso
Output	:	Salida
Limit switch	:	Limite de carrera

XIV

W	: Unidad de potencia eléctrica: watts
x	: Señal feedback o magnitud a regular.
y	: Magnitud de regulación.
Y0, Y1,...	: Solenoide 0, Solenoide 1, ...
z	: Término asignado normativamente a los accesos de las tarjetas electrónicas en euro formatos.
P.C.	: Computadora personal.
U _{ENTRADA}	: Tensión de ingreso al sistema de control.
I _{SALIDA}	: Corriente de salida de la tarjeta de control proporcional.
K _T	: Eje proporcional al tiempo.
p/U	: Transductor de presión (0... 100 bar) en tensión (0... 10V)
Q/U	: Transductor de caudal (0... 100 bar) en tensión (0... 10V)
N.A.	: Normalmente abierto.
N.C.	: Normalmente cerrado.

PRÓLOGO

El uso de los sistemas oleohidráulicos (conocidos simplemente como Hidráulicos a lo largo del informe) así como sus controles se han intensificado en los últimos años aumentando la demanda de profesionales calificados en esta área, exigiendo mayor dominio de las técnicas de control, mantenimiento y detección de fallas.

Dentro de una de las técnicas actuales de la Hidráulica que causan mayor interés se encuentra el Control Proporcional. La formación académica en este campo recién comienza a desarrollarse en nuestro país y es necesaria la orientación de la ingeniería en la que confluyen y se integran diversas especialidades, como la mecánica, la eléctrica y la electrónica, siendo considerada actualmente como parte de un control mecatrónico,

A través de este informe presento una herramienta basada en el monitoreo y análisis de señales para la regulación y control de componentes hidráulicos proporcionales los que comúnmente se ubican en puntos críticos de producción en diversas áreas como la industrial, minera o la de transporte; a la vez propongo un sistema que nos permitirá diagnosticar fallas y realizar un mantenimiento eficiente al comparar las respuestas de un sistema hidráulico con control proporcional cualquiera, con las señales patrones que se muestran en el desarrollo de este informe. Este sistema es perfectamente adaptable a cualquier equipo, utilizando componentes modulares de fácil adquisición en un ensamble técnicamente transparente y de fácil manipulación.

Este informe presenta los siguientes temas:

En el Capítulo 1: Se hace una introducción al sistema hidráulico con control

proporcional para centrar el propósito general del informe, así como sus objetivos, alcances y limitaciones. En el Capítulo 2: Se detallan los principales componentes de un sistema hidráulico proporcional. En el Capítulo 3 se describen los componentes y equipos utilizados en el monitoreo y análisis. Los Capítulos 4, 5, 6 y 7 son los capítulos centrales de este informe, ellos muestran las respuestas de los componentes del control proporcional, esto es Tarjeta de control, Solenoide y Válvulas de presión y Caudal para lograr una adecuada regulación del componente a la vez que se analizan las respuestas patrones en cada etapa. En el Capítulo 8 se muestran las respuestas para un sistema realimentado de tal manera que el proceso de control sea más eficiente. En el Capítulo 9 se muestra una aplicación específica en la regulación y aplicación de componentes industriales. Se hace una reingeniería a un sistema electrohidráulico para el conformado en frío de chapas convirtiéndolo en un sistema con control proporcional. Se ensambla, regula y se hace funcionar el sistema hidráulico con control proporcional de velocidad y de fuerza. Así mismo se presenta un diagnóstico de fallas así como un análisis económico de la implementación de este sistema en una máquina o equipo.

Mi participación como responsable del Laboratorio de Oleohidráulica del Instituto Superior Tecnológico TECSUP como docente, expositor y profesional de campo en estos últimos 15 años, me permiten sintetizar, en este trabajo, mi experiencia y el aporte en un ordenamiento de conceptos, técnicas y análisis basados en experimentos realizadas con componentes electrohidráulicos e hidráulicos proporcionales así como tarjetas electrónicas de amplificación, interfase, de control, transductores, software y P.C.

Espero que este trabajo consolide la Hidráulica (Oleohidráulica) como una importante aplicación de la Ingeniería, genere a su vez otras investigaciones y sea un aporte real para el desarrollo de nuestro país.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La oleólica¹, oleohidráulica² o comúnmente conocida como hidráulica es un área de la mecánica que consiste en la transmisión y control de fuerzas y movimientos a través de fluidos hidráulicos sometidos a presión. Las diversas aplicaciones de la hidráulica en sectores de suma importancia y la inversión ligada a ellos, exige un conocimiento y capacitación obligada para los ingenieros y técnicos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

En los últimos 40 años la hidráulica ha tenido un notable desarrollo debido a las técnicas utilizadas en el mecanizado de sus elementos, la mayor eficiencia de los sellos así como del uso de aceites hidráulicos de mayor resistencia, es por ello que su uso se ha intensificado a nivel mundial.

La utilización de la hidráulica es obligada en sistemas que requieren altas fuerzas o torques y al mismo tiempo precisión. Trabaja perfectamente con sistemas de automatización eléctrica y electrónica, integrándose notablemente al control por autómatas y PC. Imaginemos una máquina cualquiera que tiene un “cerebro” equivalente a un controlador PC o PLC, un “esqueleto” que es la estructura mecánica, unos “nervios” que son el equivalente al control eléctrico y los “músculos” que pueden ser un sistema hidráulico. Esta máquina puede ser una prensa, una máquina herramienta, una máquina inyectora, un cargador frontal, el sistema de desplazamiento de una oruga o el tren de aterrizaje de un avión entre infinitas aplicaciones.

La hidráulica conjuntamente con la neumática son tecnologías en la cual confluyen diversas especialidades y es un área importante dentro de la integración Mecatrónica

¹ Oleólica: Término propuesto por J. P. de Groote en su libro: Técnica de los Circuitos Hidráulicos.

² Oleohidráulica: Término utilizado actualmente por los mega buscadores en Internet.

denominándose actualmente Fluidtrónica (Fig. 1.1)

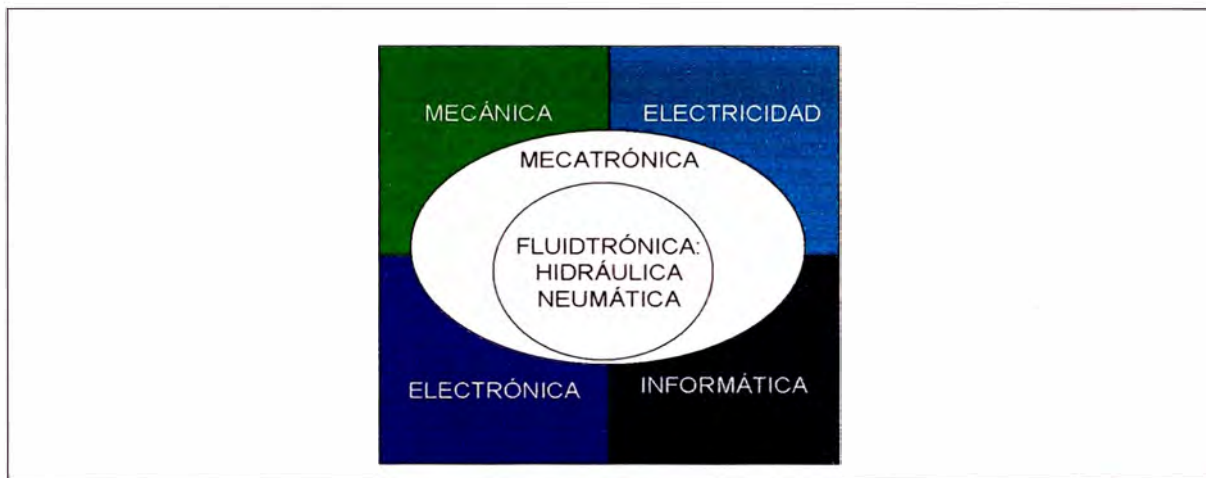


Fig. 1.1: Ubicación de la hidráulica y su interrelación con otras especialidades.

1.2 CONTROL DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Los sistemas hidráulicos constan de tres partes:

- Sistema de transformación de energía mecánica en energía hidráulica.
- Sistema de control de la energía hidráulica, esto es presión y caudal.
- Sistema de transformación de energía hidráulica en energía mecánica.

El estudio de la técnica de control hidráulico se concentra en el estudio del control de los parámetros de presión y caudal (Fig. 1.1).

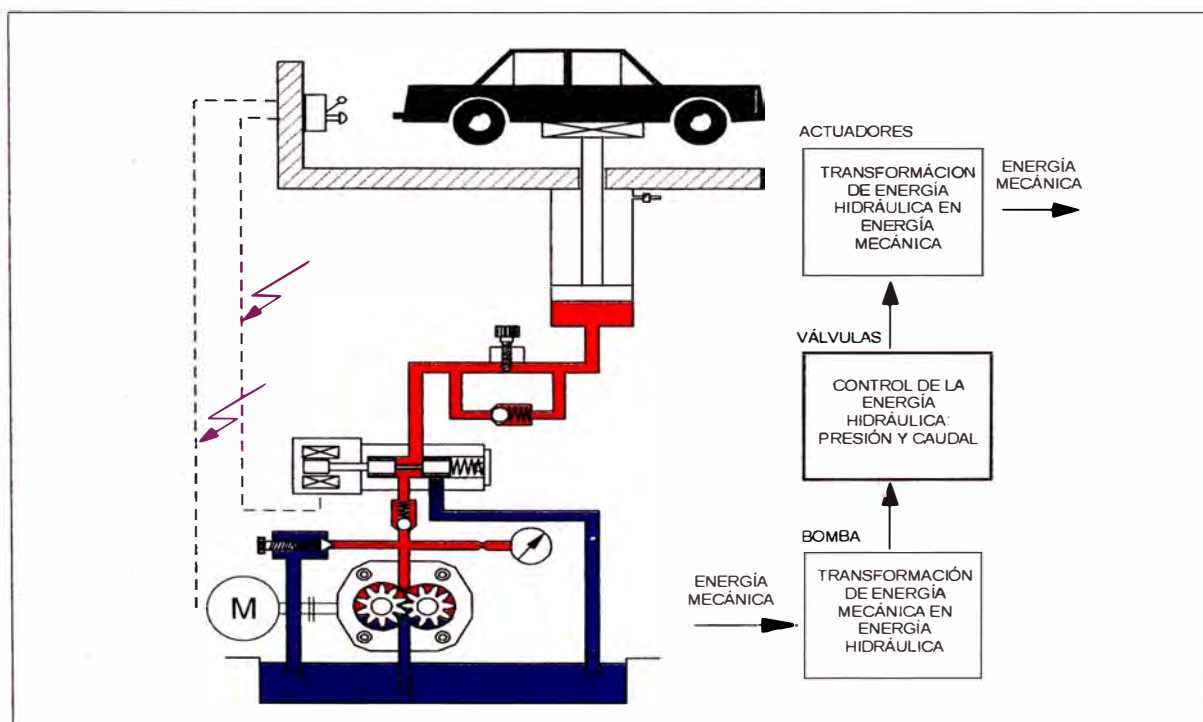


Fig. 1.2: Partes de un sistema hidráulico convencional y flujo energético.

El control de la presión determina la Fuerza o Torque del actuador.

El control del caudal determina la Velocidad y las RPM del actuador.

Las válvulas que controlan la presión y el caudal serán de accionamiento:

- Mecánico.
- Eléctrico.
- Electrónico

Se entiende por accionamiento eléctrico a las válvulas discretas y por accionamiento electrónico a las válvulas continuas. El accionamiento eléctrico está limitado por la rigidez de sus movimientos y causa picos de presión perjudiciales para el sistema hidráulico. La Hidráulica Proporcional y la Servohidráulica estudian las válvulas de accionamiento continuo. La aplicación industrial mas importante y usada grandemente es el control proporcional el cual se ha desarrollado notablemente con el desarrollo de la electrónica y tendrá grandes aplicaciones en el control de la presión y el caudal reemplazando sistemas convencionales de control discreto. La Fig. 1.3 muestra el reemplazo de un sistema de control discreto de presión por un sistema de control continuo utilizando una válvula limitadora de presión proporcional y la Fig. 1.4 muestra el reemplazo de un sistema de control discreto de velocidad por un sistema continuo utilizando una válvula distribuidora proporcional.

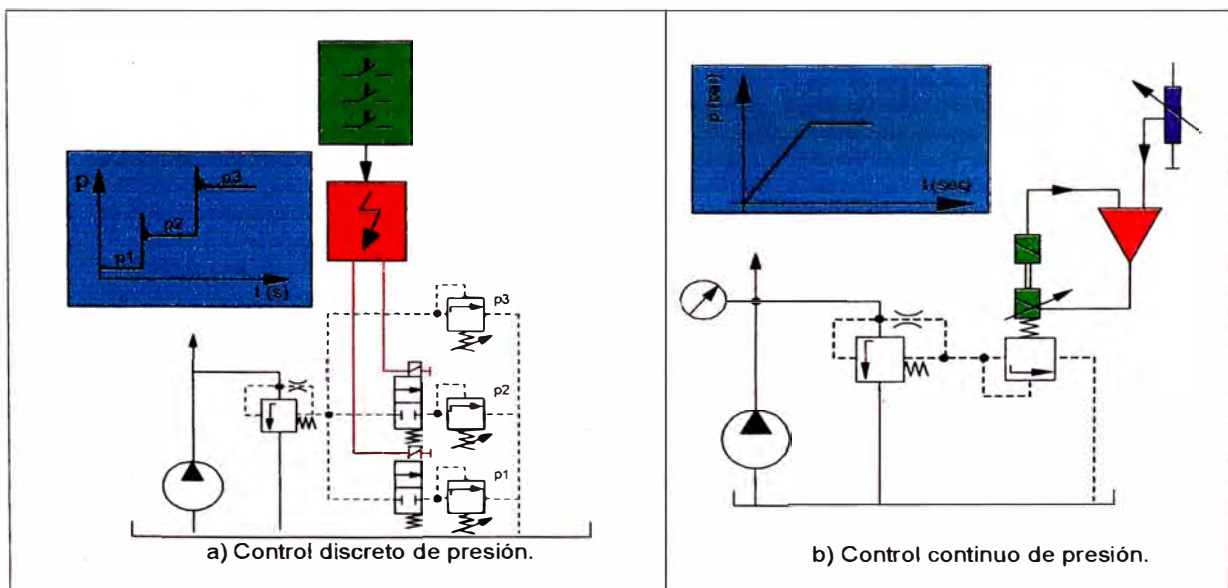


Fig. 1.3: Control eléctrico de presión vs. control proporcional de presión.

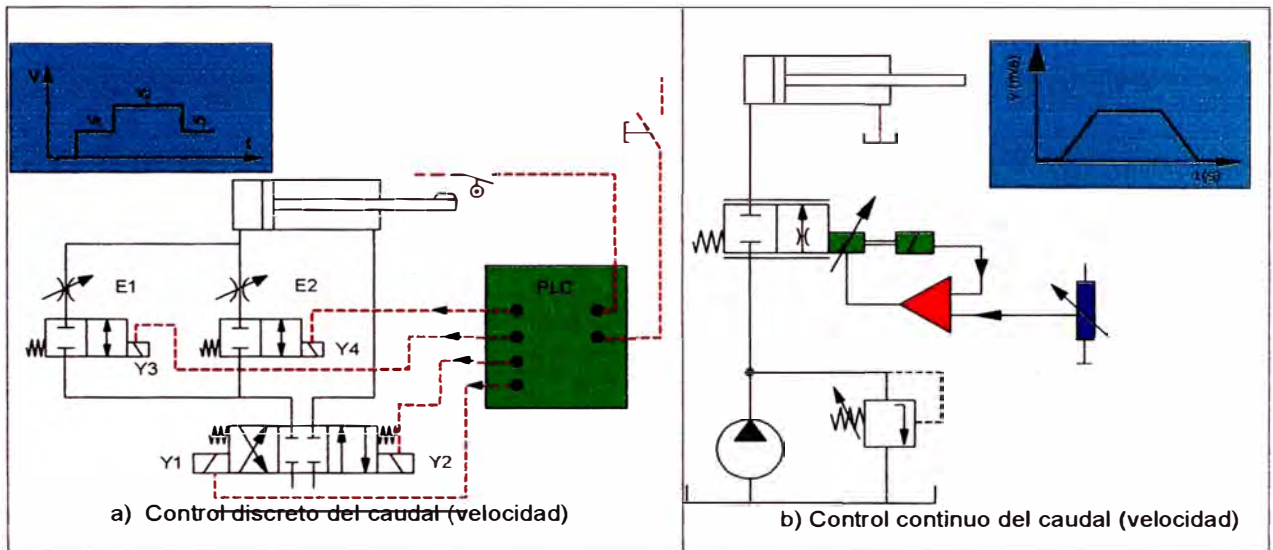


Fig. 1.4: Control eléctrico de velocidad vs. control proporcional de velocidad.

1.3 CONTROL PROPORCIONAL

De los controles discretos utilizados en la electrohidráulica se transita hacia los controles continuos o análogos utilizados en la hidráulica proporcional debido a las grandes ventajas que esta ofrece: control continuo, eliminación de efectos inerciales y picos de presión, rapidez, precisión y una reducción considerable de componentes hidráulicos.

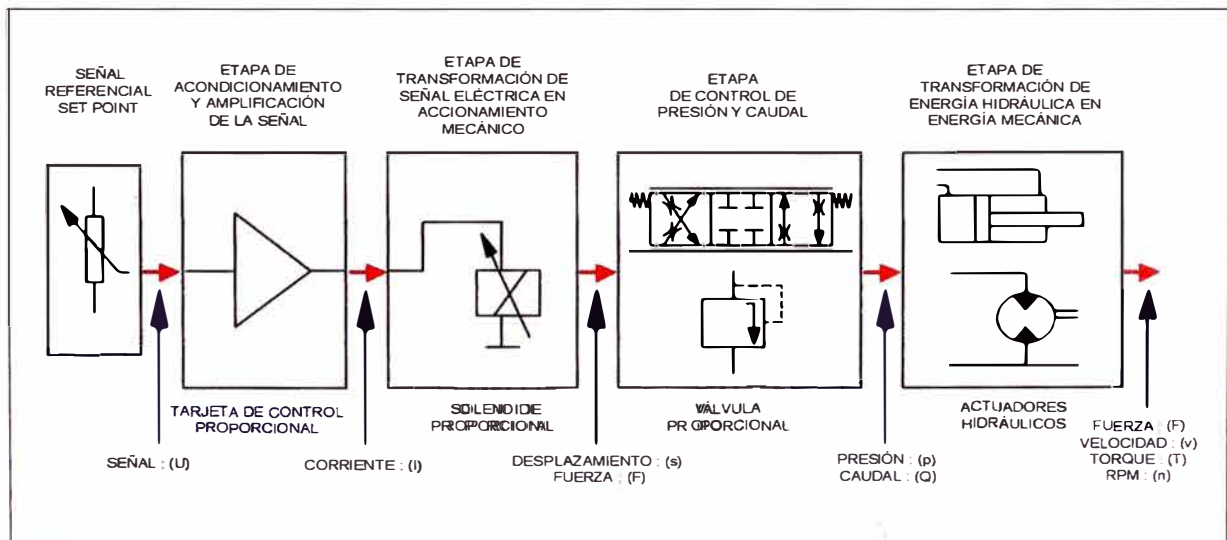


Fig. 1.5: Etapas de un Control Proporcional en Lazo Abierto.

Un diagrama en bloques de un control proporcional se muestra en la Fig. 1.5 el cual consta de una señal de entrada (U), la cual es acondicionada y amplificada en una tarjeta electrónica de control proporcional. La tarjeta electrónica nos entrega corriente

(l) hacia un solenoide proporcional el cual convierte esta corriente en un campo magnético el que induce un desplazamiento (s) o aplica una fuerza (F) sobre un núcleo el cual forma parte de la válvula hidráulica. En la válvula hidráulica este desplazamiento o fuerza controla la presión (p) o caudal (Q) de un sistema hidráulico. En el actuador (cilindro o motor) estos parámetros se convierten en fuerza (F), velocidad (v), torque (T) o RPM (n).

Si hacemos un análisis en bloque tenemos: El ingreso de una señal la cual es tratada y amplificada en la tarjeta de control proporcional; una conversión eléctrica - mecánica en el solenoide; una conversión mecánica - hidráulica en la válvula y una conversión de energía hidráulica en energía mecánica en el actuador. Si se toma una señal de las variables de salida y se aplica sobre la entrada comparándola y corrigiendo la señal de salida en función a las perturbaciones externas tenemos un sistema realimentado el cual nos permitirá tener un mejor control de los parámetros de salida logrando mayor precisión en el sistema en su conjunto como lo muestra la Fig. 1.6.

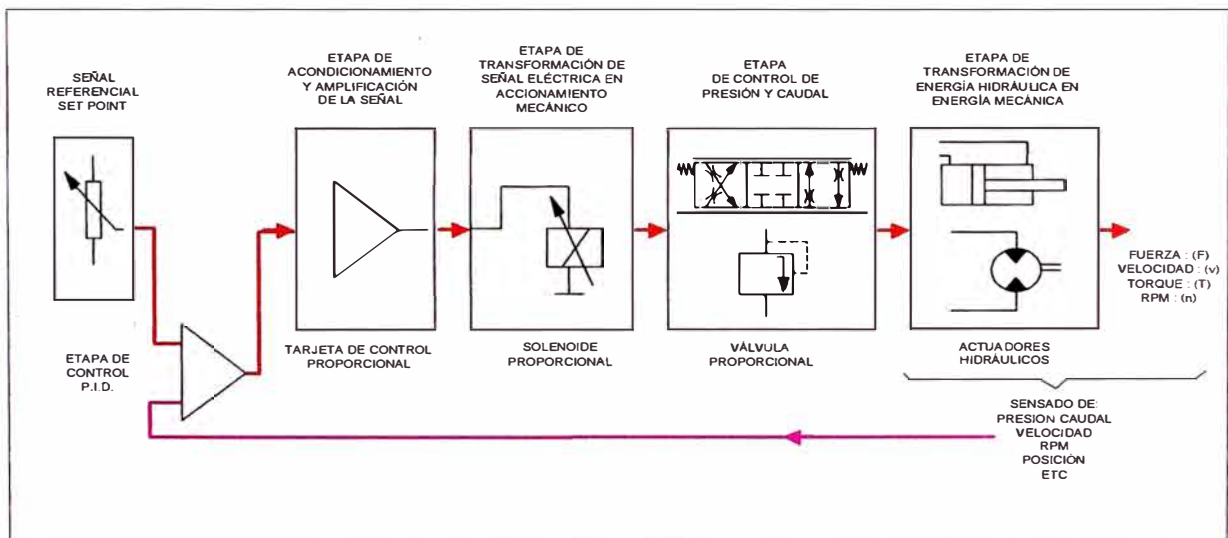


Fig. 1.6: Etapas de un Control Proporcional en Lazo Cerrado.

Pero un sistema hidráulico con control proporcional requiere de conceptos agregados en el entorno hidráulico como conceptos eléctricos y electrónicos así como de la regulación para el enlace apropiado de estas áreas. Por ello este informe reúne los conceptos necesarios así como el análisis de la regulación en todas las etapas.

1.4 PROPÓSITO GENERAL DEL INFORME

El presente informe tiene como propósito general presentar un sistema de monitoreo mediante ordenador, la respuesta de cada etapa del control hidráulico proporcional así como su análisis orientados a una regulación y diagnóstico eficiente de fallas; el cual es aplicable a cualquier sistema hidráulico con control proporcional ya que todos funcionan bajo la misma estrategia.

Este informe demuestra que el monitoreo de señales se constituye en una herramienta fundamental para la regulación y detección de fallas.

1.5 OBJETIVOS

- Demostrar la aplicación del monitoreo como método de regulación y detección de fallas en un sistema hidráulico proporcional.
- Obtener y analizar las respuestas gráficas de cada etapa de un control proporcional en función a la regulación del componente electrónico.
- Mostrar la regulación de la tarjeta de control PQ 03 realizada para una válvula distribuidora proporcional 4/3 y una válvula limitadora de presión proporcional de mando directo. Con ambas válvulas se cubre fundamentalmente la gama del control de caudal y presión.
- Analizar la influencia de un sistema con control P.I.D. (Tarjeta de control RV 42) en un sistema con control hidráulico proporcional.
- Comparar las respuestas para el control del caudal: en lazo abierto con componentes hidráulicos de regulación de caudal y en lazo cerrado con control electrónico P.I.D.
- Mostrar en una aplicación: la regulación, configuración y estrategia de control de las tarjetas electrónicas a componentes hidráulicos específicos, en una aplicación industrial, mediante control eléctrico con P.L.C. y sistema de monitoreo para la detección de fallas.
- Analizar la inversión necesaria para la aplicación del método.

1.6 MÉTODO DE TRABAJO PARA EL MONITOREO Y ANÁLISIS

No DE ETAPA	TIPO DE CONTROL	MONITOREO Y ANÁLISIS DE COMPONENTES
I	Control Electrónico	Monitoreo y análisis de las señales en la tarjeta electrónica de control proporcional PQ 03.
II	Control Eléctrico	Visualización y análisis de las respuestas de los solenoides de control proporcional.
III	Control Hidráulico	Monitoreo y análisis de las respuestas de válvulas proporcionales: V. distribuidora 4/3. V. limitadora de presión proporcional.
IV	Control en lazo Cerrado	Monitoreo y análisis de respuestas del control proporcional para un sistema en lazo cerrado y regulación P.I.D.
-----	Integración en una Aplicación Industrial.	Sistema electrohidráulico Sistema proporcional.

Tabla 1.1: Etapas de análisis de un sistema con control proporcional en el presenta trabajo.

El método utilizado ha consistido en tomar las señales de entrada y salida de cada etapa, monitorearlas, compararlas y presentarlas en función a la regulación de la tarjeta de control. Las etapas analizadas se muestran en la Tabla 1.1.

Por lo tanto el informe presenta el monitoreo, análisis y las respuestas de:

- Tarjeta de control electrónico PQ 03 para diversas regulaciones.
- Los tipos de solenoides utilizados para el control proporcional.
- Válvula distribuidora proporcional 4/3 en función a las regulación.
- Válvula limitadora de presión en función a la regulación.
- Lazo cerrado para el control del posicionamiento del vástago de un cilindro y el control de la velocidad de un motor hidráulico.
- Integración de la regulación en el control de un sistema hidráulico con control proporcional de velocidad y fuerza para una prensa.

Para este propósito se han elaborado pequeños programas en el software Labview 5.0 dado la facilidad y transparencia de su uso. En cuanto a la comunicación de las señales del sistema con respecto a la P.C. se ha utilizado una tarjeta de adquisición de datos MFI 3.0 que nos ha permitido enviar y recibir señales análogas o discretas y visualizarlas en la P.C.

1.6.1 ETAPA DEL CONTROL ELECTRÓNICO

Se generará una señal de tensión en la entrada, la que se aplicará a la tarjeta electrónica de control proporcional PQ 03, esta amplificará la señal con algunos agregados adicionales como la sobreposición, el control de los valores máximos, la oscilación y la rampa. El monitoreo y análisis consiste en variar y comparar las señales de entrada (1) y de salida (2) de la tarjeta de control proporcional para diversos valores de regulación (Fig. 1.7).

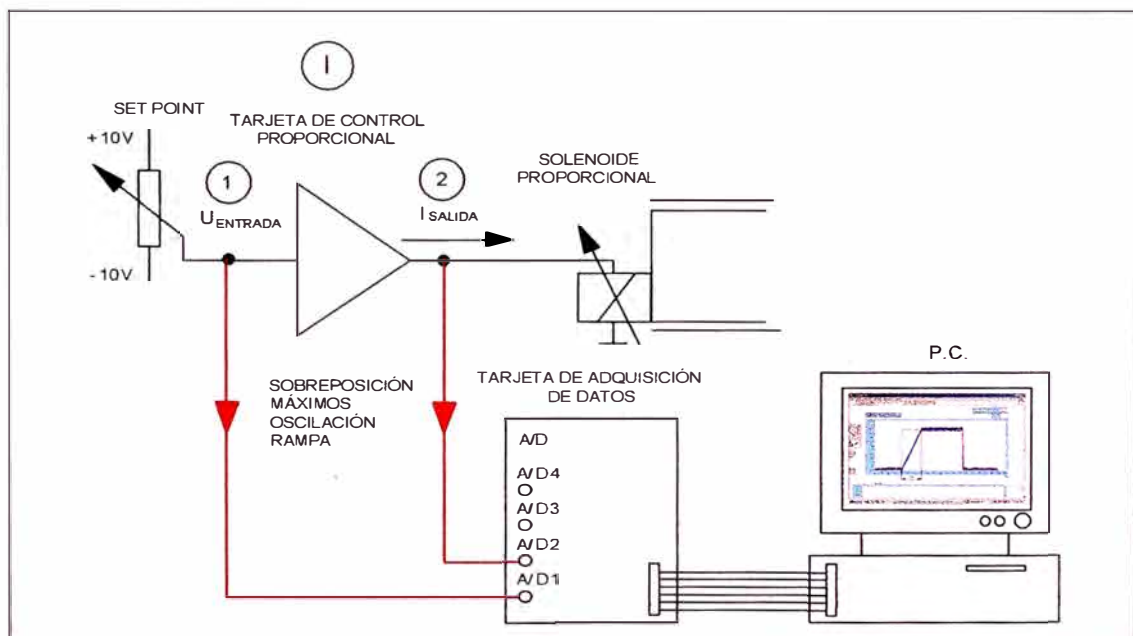


Fig. 1.7: Esquema para el monitoreo y análisis de las señales en la tarjeta electrónica de Control Proporcional.

1.6.2 ETAPA DEL CONTROL ELÉCTRICO

Se muestran las respuestas de los solenoides proporcionales de desplazamiento y de fuerza. En ambos casos se analizará los parámetros de corriente de entrada al solenoide (I) vs. el desplazamiento del núcleo del solenoide (s) y la Fuerza magnética (F). En este caso se tomarán los datos sin transductores. Para obtener estos valores se ha construido la estructura de la Fig. 1.8 que ha permitido amplificar el desplazamiento del núcleo (s_1) para su cuantificación y medir indirectamente la fuerza magnética (F_1) con la ayuda de un dinamómetro. La corriente I ha sido medida a través de un Amperímetro.

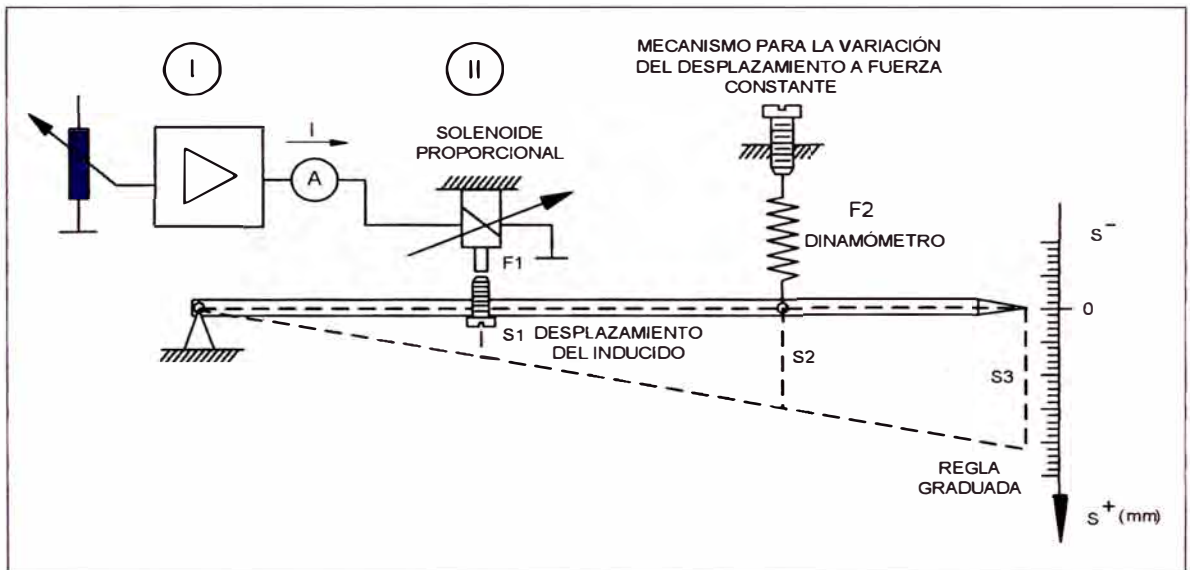


Fig. 1.8: Estructura para la visualización y análisis de los solenoides de control proporcional.

1.6.3 ETAPA DEL CONTROL HIDRÁULICO

Se generará una señal de tensión en la entrada (1) la que se aplicará a la tarjeta electrónica de control proporcional, esta amplificará la señal y regulará la corriente de salida (2) específicamente para la válvula de análisis. En el sistema hidráulico se instalará un transductor el que enviará una señal (3) que nos permitirá analizar la respuesta en el sistema hidráulico en presión y caudal (Fig. 1.9). El monitoreo y análisis consiste en comparar las siguientes señales:

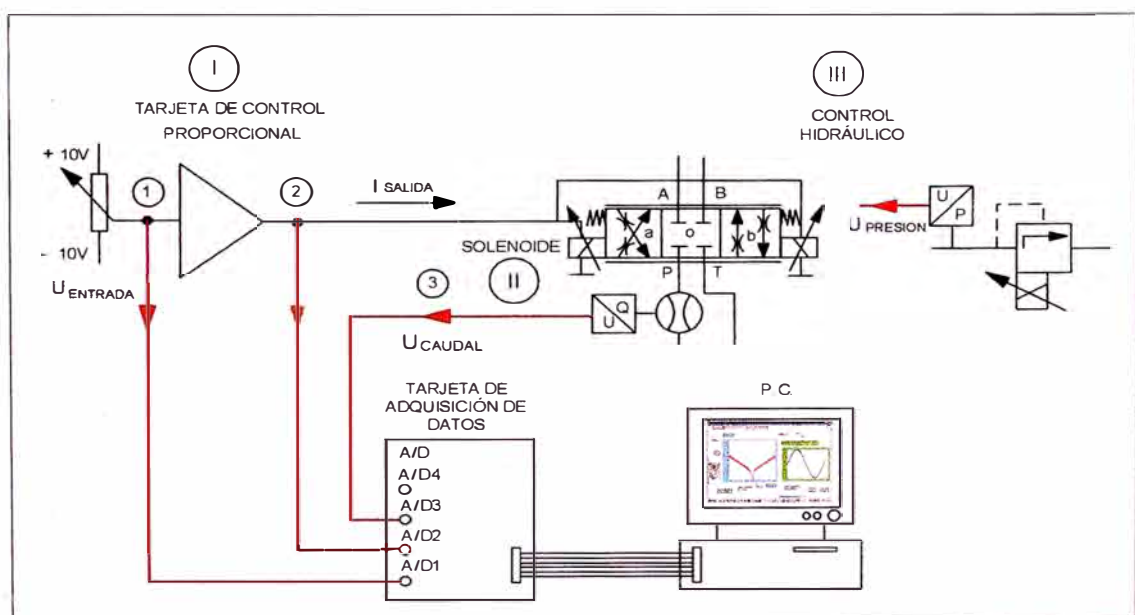


Fig. 1.9: Esquema para el monitoreo y análisis al sistema hidráulico. Se analizarán las respuestas de una válvula distribuidora proporcional y una válvula limitadora de presión de mando directo.

la tensión de entrada, la corriente de salida de la tarjeta de control proporcional y la respuesta del sistema hidráulico a través de transductores p/U o Q/U; la visualización nos permitirá obtener la mejor regulación de la tarjeta de control para una válvula proporcional.

Se analizarán las curvas de respuestas de los siguientes componentes independientemente:

- Una válvula distribuidora proporcional de mando directo 4/3.
- Una válvula limitadora de presión proporcional de mando directo.

1.6.4 ETAPA DEL CONTROL EN LAZO CERRADO.

El monitoreo y análisis se realiza para dos casos tomados como ejemplos de regulación:

- a) Posicionamiento de un cilindro: Al darle a la tarjeta de control proporcional un valor referencial se trata de regular la ubicación del vástago de un cilindro de doble efecto con una válvula distribuidora proporcional, al aplicarse diversas perturbaciones externas estas deben de ser controladas automáticamente por la tarjeta con control P.I.D denominada RV 42.
- b) Control de velocidad de un motor hidráulico: El caudal es controlado por una válvula distribuidora proporcional. Al aplicarse perturbaciones originadas por la apertura y cierre de una válvula distribuidora 2/2 la que tiene en su línea de salida a una válvula de estrangulamiento a través del cual se descarga parte del caudal a tanque, de tal manera que el control P.I.D trate de mantener la regulación del caudal al sistema. Este caso nos muestra limitaciones del control electrónico P.I.D. En cambio un control hidráulico como el de un regulador de caudal el cual se consigue al utilizar la válvula distribuidora proporcional con un compensador de presión logra mantener el caudal constante a pesar de las perturbaciones causadas por la válvula

de estrangulamiento (Fig. 1.10).

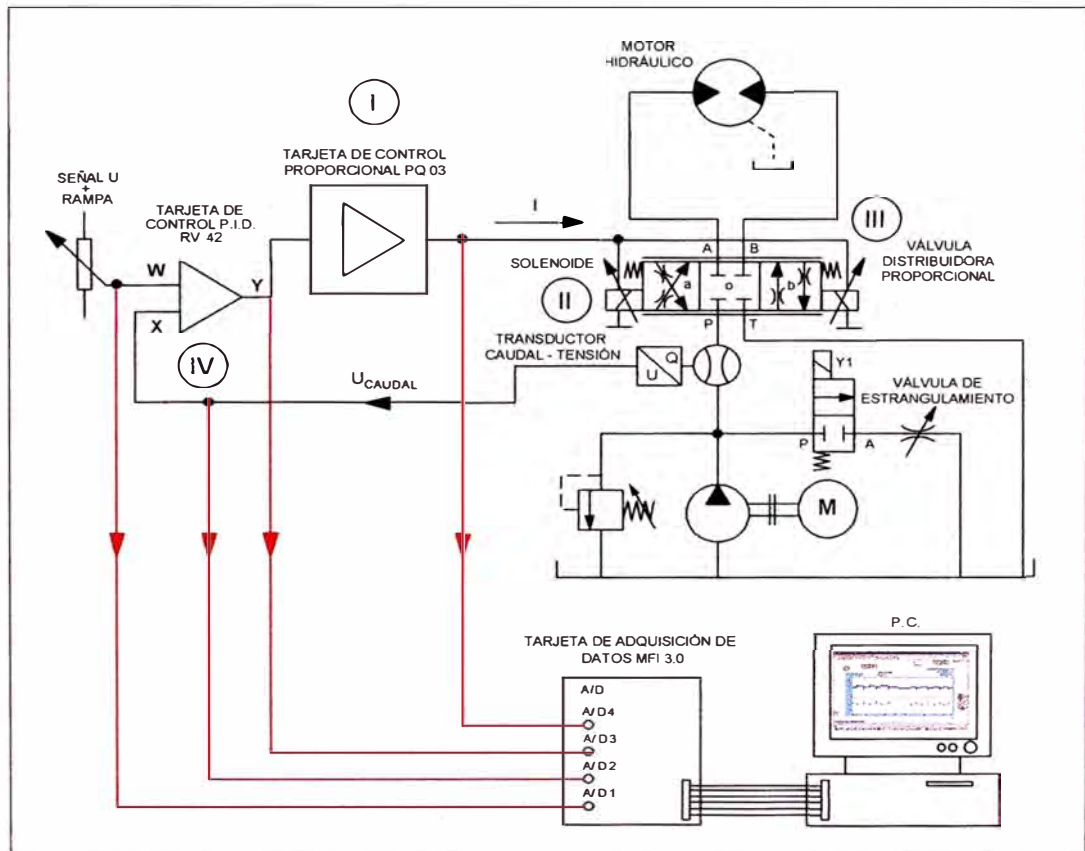


Fig. 1.10: Esquema para el Monitoreo y análisis de un sistema hidráulico con control proporcional en lazo cerrado y regulación P.I.D.

1.6.5 INTEGRACION EN UNA APLICACIÓN INDUSTRIAL

Para integrar los conceptos de regulación de una válvula proporcional, mostrar la configuración de la tarjeta y una estrategia de control con P.L.C., se presenta el caso específico de reingeniería a una prensa de conformado en frío que inicialmente tiene control electrohidráulico y luego es transformada a un control proporcional de velocidad y fuerza. Para ello se establecen los requerimientos de la máquina, luego se establece el diagrama hidráulico, el diagrama de control, la programación del PLC, se ensambla, se regula y se simulan fallas las que son monitoreadas por el sistema utilizado a lo largo del informe. Se hace un análisis del impacto tecnológico, económico y laboral del sistema. Las Fig. 1.11 y 1.12 muestran el ensamble del sistema hidráulico, eléctrico y el control electrónico para la aplicación descrita.

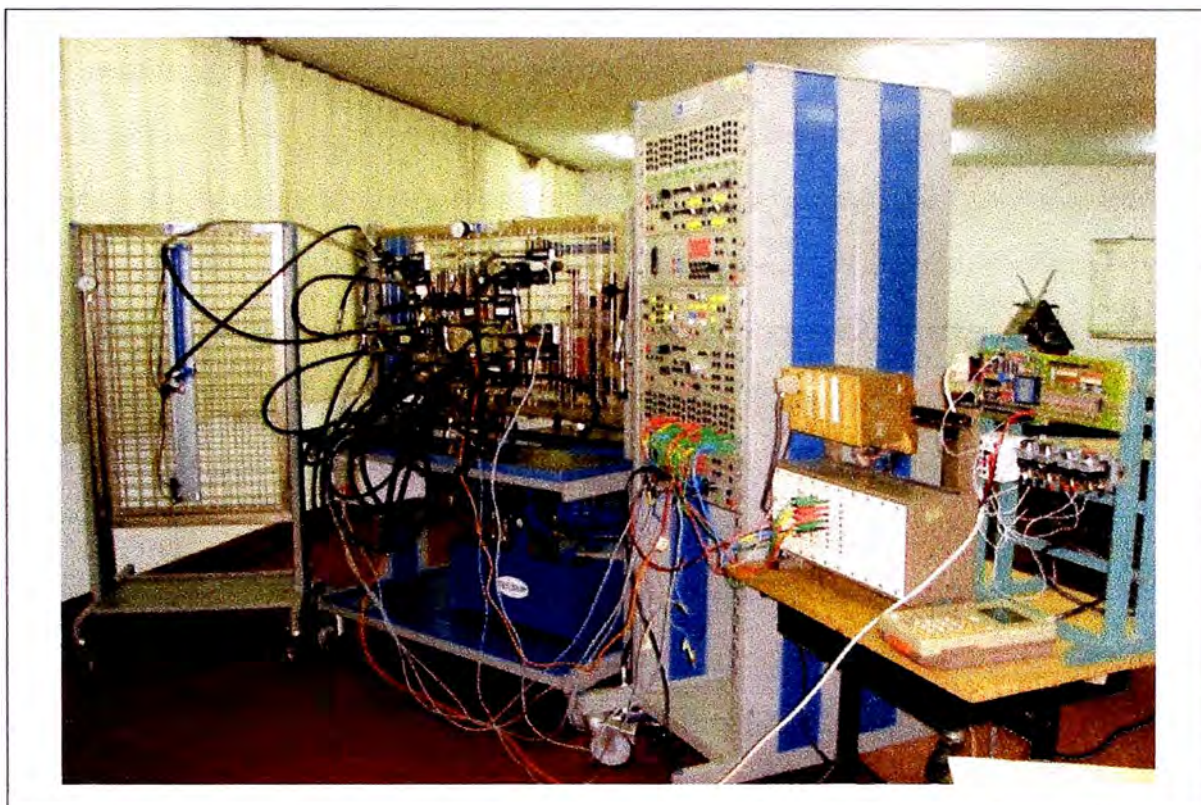


Fig. 1.11: Sistema hidráulico, control eléctrico y electrónico para una prensa hidráulica de conformado en frío. Se observa de izquierda a derecha el cilindro, la unidad y control hidráulicos, Panel de control eléctrico, PLC, programador del PLC y la Tarjeta de interfase.



Fig. 1.12: Monitoreo de los parámetros de caudal y presión de la aplicación para una prensa hidráulica la cual ha sido totalmente diseñada y ensamblada para demostrar la viabilidad de la metodología descrita en el presente informe.

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

El monitoreo y regulación de los parámetros del control de una tarjeta proporcional sobre una válvula nos proporciona un método para discriminar las fallas en un sistema hidráulico proporcional, ya que al no concordar las respuestas con las establecidas previamente como patrón nos indicará con precisión la etapa y el componente en el cual esta ocurriendo la falla y así poder realizar un diagnóstico certero.

Los componentes utilizados tienen uso industrial y las técnicas se pueden aplicar a cualquier sistema hidráulico de allí su importancia ya que es fundamentalmente un MÉTODO de monitoreo aplicado a la regulación y diagnóstico.

Se ha puesto énfasis en presentar la tecnología de control proporcional en forma transparente y didáctica para demostrar la posibilidad de enlazar componentes independientes (no pertenecientes a un mismo fabricante que comúnmente presenta sistemas compactos sin posibilidad de análisis de las etapas).

Entre los alcances de este informe están:

- Desarrollar y difundir la técnica de control proporcional al establecer la base de conocimientos organizados, presentados de tal manera que motiven el desarrollo de la tecnología hidráulica en nuestro medio.
- Motivar el desarrollo de softwares especializados en el diagnóstico de fallas de sistemas hidráulicos.
- Implementación de la hidráulica proporcional y del monitoreo y control para realizar reingeniería sobre sistemas hidráulicos convencionales. La Fig. 1.12 muestra el monitoreo de parámetros sobre un sistema hidráulico de control proporcional.

Las principales limitaciones de este informe se pueden sintetizar en:

- No se ha desarrollado un software especializado en mantenimiento por lo que la presentación de las plataformas de visualización en Labview es bastante elemental, pudiéndose mejorar posteriormente.
- No se ha analizado las condiciones de respuestas dinámicas para un sistema con control en lazo cerrado.

- No se ha desarrollado el análisis específico a válvulas proporcionales reguladoras de caudal y reductoras de presión al considerar que la obtención de estas respuestas es de forma similar a las válvulas estudiadas.
- No se ha descrito el trabajo de tarjetas de control proporcional programables.
- La aplicación del método desarrollado es sobre sistemas con tecnología “abierta”, es decir que permitan enlazarse en un circuito de control, independientemente del fabricante o del origen de los componentes.
- No es el objetivo la modelación matemática de las etapas o de los componentes.

CAPÍTULO 2:

CONCEPTOS DE HIDRÁULICA PROPORCIONAL

La tecnología del control proporcional ha evolucionado, cada vez las máquinas con sistemas hidráulicos incorporan esta tecnología por lo que es importante ubicarla en el contexto general de la hidráulica, analizar sus ventajas y desventajas así como conocer su funcionamiento y sus principales componentes, por lo que los objetivos de este capítulo son:

- Ubicar la hidráulica proporcional en el contexto general de la hidráulica.
- Comparar: hidráulica proporcional, electrohidráulica y hidráulica con servo válvulas
- Desarrollar conceptos ligados al control proporcional.
- Mostrar y explicar el funcionamiento de los principales componentes de un sistema de control proporcional.

2.1 HIDRÁULICA PROPORCIONAL

2.1.1 HISTORIA

La hidráulica proporcional se desarrolló, como una adaptación industrial de las servo válvulas.

Las servoválvulas se utilizaron como elementos del control en los aviones en la Segunda Guerra Mundial. La principal característica de las servoválvulas es la precisión mecánica y su control electrónico en lazo cerrado, lo que va unido a un mayor costo y por lo tanto se utiliza en aplicaciones muy puntuales.

Las válvulas proporcionales son la versión industrial de las servoválvulas; sin la extrema precisión mecánica, con menores márgenes de precisión, con menos elementos de regulación, pero adaptadas a las necesidades de los sistemas industriales, con características que producen ventajas técnicas importantes, mejores respuestas y ahorro energético dentro de márgenes económicos que cada vez se hacen mas rentables.

En la actualidad las máquinas incrementan el uso de la hidráulica proporcional, el control alrededor de ellas evoluciona y se desarrollan infinitas aplicaciones por lo que es imprescindible el entendimiento y manejo de esta tecnología.

2.1.2 UBICACIÓN DE LA HIDRÁULICA PROPORCIONAL

La hidráulica proporcional es una técnica de control de válvulas continuas, con grandes ventajas con respecto a la hidráulica de mando discreto o electrohidráulica; pero también con menor precisión que las respuestas obtenidas con las servo válvulas (Fig. 2.1).

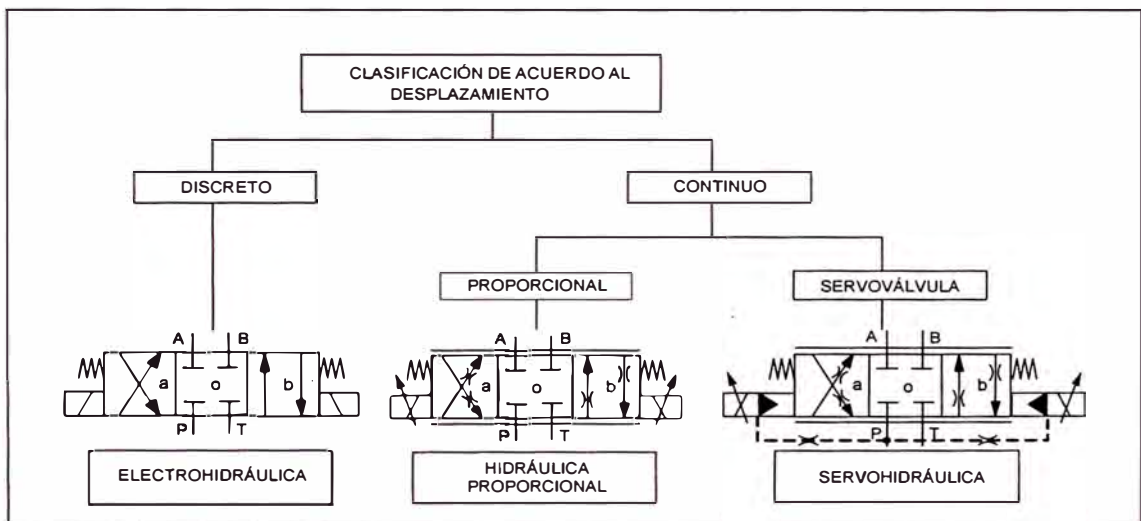


Fig. 2.1: Ubicación de la hidráulica proporcional en el contexto de la hidráulica.

2.1.3 VENTAJAS

Las principales ventajas de la utilización de válvulas proporcionales son:

- Mejoramiento de calidad y productividad a través del control continuo de fuerzas, torques, velocidad o posición.
- No generan picos de presión.
- Se pueden controlar procesos de aceleración y de retardo.
- Mejor control de grandes cargas.
- Se necesitan menor cantidad de componentes hidráulicos.

2.1.4 DESVENTAJAS

Dentro de las desventajas que presenta el control proporcional tenemos:

- Sumar un control electrónico hace mas complicada la tarea de mantenimiento de un equipo.
- Necesita de personal mejor entrenado en su mantenimiento.
- Es necesario un equipo de diagnostico de fallas el cual debe considerar sensores, lectores de campo o computadores personales entre otros.

2.2 CONTROL DISCRETO:

La técnica del control discreto es la tecnología del control de electroválvulas. Esta tecnología abarca componentes de control eléctricos y componentes hidráulicos. Sus características fundamentales son:

- Las electroválvulas son válvulas de conmutación. Su solenoide tiene solo dos posiciones: accionado y no accionado (ON – OFF).
- El elemento de mando es un pulsador o un relé auxiliar.
- La energía de alimentación al solenoide es tensión: U (alterna o continua).
- El elemento de potencia es un relé.

A continuación se describe el funcionamiento de un sistema electrohidráulico típico el cual consta de: diagrama de velocidades, plano eléctrico y plano hidráulico (Fig. 2.2).

a) Diagrama de velocidades:

El cilindro hidráulico tendrá una velocidad constante de salida. El inicio de este movimiento es por el accionamiento de un pulsador normalmente abierto S1; cuando llegue a tocar el límite de carrera S2 cambiara a una velocidad negativa menor, es decir retornará a menor velocidad.

b) Plano eléctrico:

Tiene un circuito de control y uno de fuerza. El circuito de control trabaja a 24 V D.C. El circuito de fuerza lo hace a 110 V A.C.

Al pulsar el pulsador S1 el relé K1 se energiza y se enclava a través de su primer contacto en la línea 2, también se acciona su segundo contacto en la línea de 110 V C.A. energizando el solenoide Y1 que acciona a la electroválvula 4/2. A

través de la línea eléctrica 2 el relé se mantiene energizado. Cuando el pistón se extiende totalmente toca el límite de carrera normalmente cerrado S2 desenclavando el circuito de control que mantenía energizado a K1. Luego la válvula 4/2 es vuelta a su posición "normal" con lo que el pistón hidráulico vuelve a retraerse.

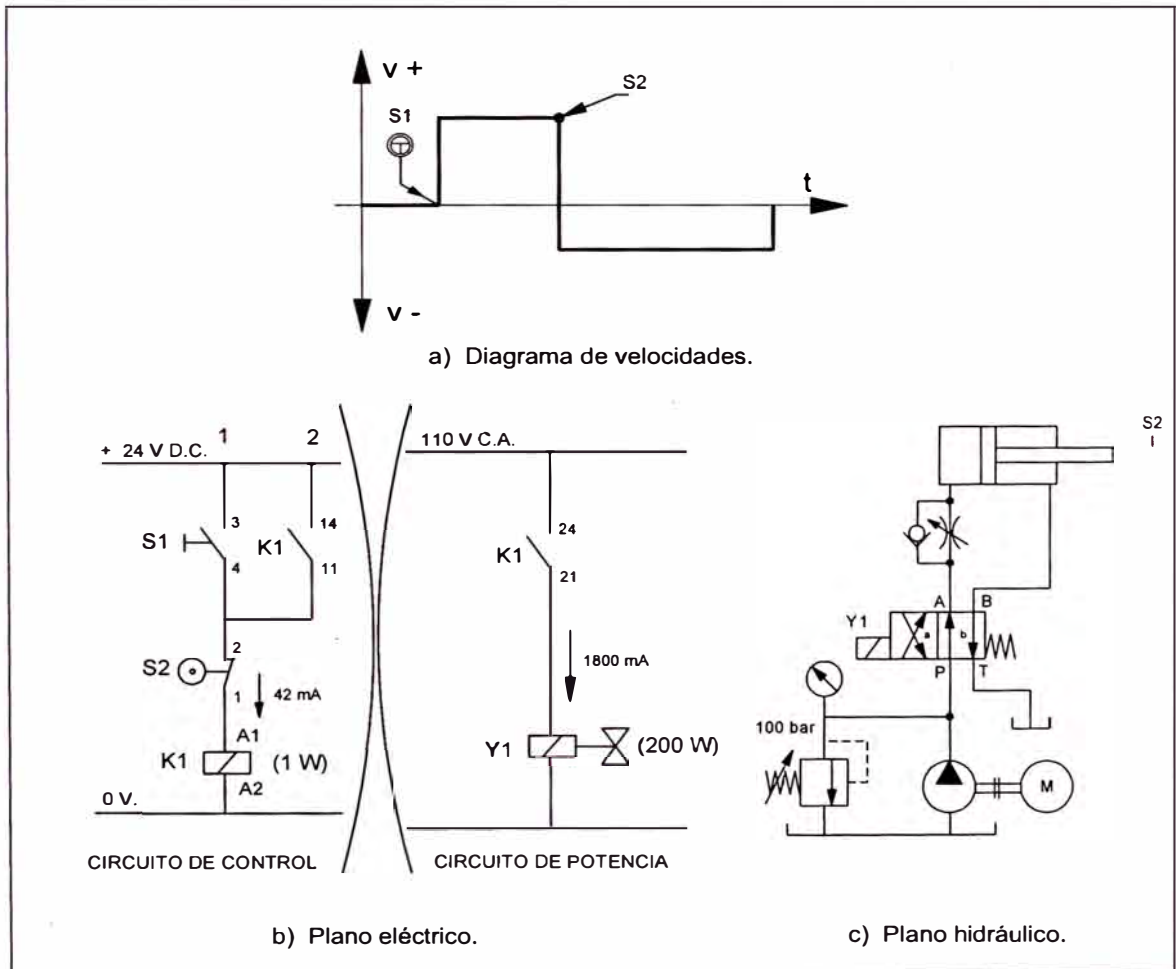


Fig. 2.2: Sistema electrohidráulico típico.

c) Plano hidráulico:

Un cilindro de doble efecto es accionado por una electroválvula 4/2. Inicialmente el pistón se encuentra retraído, cuando se acciona la electroválvula el pistón sale y lo hace rápidamente ya que no tiene resistencia al paso de aceite. Cuando deja de accionarse la electroválvula, el pistón retornará y lo hará lentamente ya que el aceite que sale del cilindro deberá pasar por la válvula de estrangulamiento. El sistema es alimentado con una bomba de caudal constante y la presión máxima del sistema es de 100 bar.

2.3 CONTROL CONTINUO

El control continuo en hidráulica es el estudio de las tecnologías de control de las válvulas proporcionales y de las servo válvulas, Este informe se centra en el estudio de válvulas proporcionales y sus elementos eléctricos y electrónicos.

Las características fundamentales del control proporcional son:

- Las válvulas proporcionales son válvulas continuas. Su solenoide puede ubicar a la válvula en infinitas posiciones entre dos posiciones extremas.
- El elemento de mando es a través de un potenciómetro: Set Point.
- La energía de alimentación al solenoide es corriente I.
- El elemento de potencia es una tarjeta de control proporcional.

A continuación se describe el funcionamiento de un sistema con control proporcional típico el cual consta de: diagrama de velocidades, plano eléctrico y plano hidráulico (Fig. 2.3)

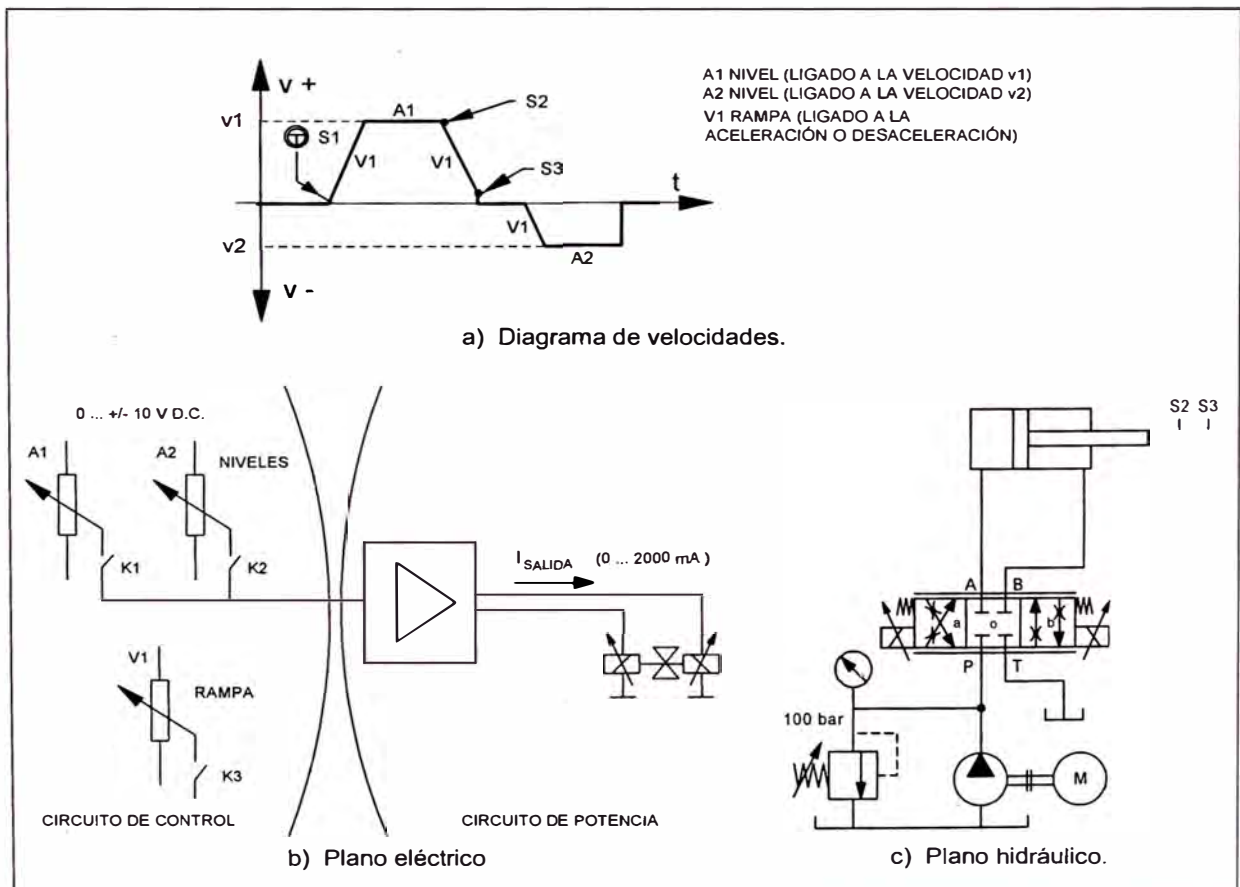


Fig. 2.3: Sistema proporcional típico.

a) Diagrama de velocidades:

Al accionar el pulsador S1, el cilindro hidráulico iniciara su movimiento en forma acelerada desde una velocidad cero hasta alcanzar una velocidad v_1 . Cuando el pistón toca el límite de carrera S2 comienza a desacelerar hasta alcanzar una velocidad pequeña, de tal manera que al tocar el límite de carrera S2 se detiene manteniéndose en esta condición durante un tiempo en forma temporizada. El retorno se dará a través de un movimiento acelerado hasta alcanzar la velocidad v_2 . Luego cuando llegue al final de carrera se detendrá instantáneamente.

b) Plano eléctrico:

Tiene un circuito de control y uno de potencia. El circuito de control formado por dos potenciómetros los que enviaran (solo uno a la vez) señales entre 0 y +/- 10 V.D.C. El circuito de control de los relés trabaja comúnmente a 24 V.D.C. El circuito de potencia envía corriente en el rango de 0 a 2000 mA.

El relé K1 energiza el potenciómetro A1 el que establece el nivel de velocidad v_1 de salida del pistón. El relé K3 activa al potenciómetro V1 el que establece la aceleración o rampa desde cero hasta alcanzar la velocidad v_1 , igualmente V1 establece la desaceleración desde la velocidad v_1 hasta alcanzar una mínima velocidad.

El relé K2 energiza el potenciómetro A2 el que establece el nivel de velocidad v_2 de entrada del pistón. El potenciómetro V1 establece la aceleración o rampa desde cero hasta alcanzar la velocidad negativa v_2 . Luego el pistón desplazándose a la velocidad v_2 choca la culata posterior del cilindro deteniéndose instantáneamente.

c) Plano hidráulico:

Un cilindro de doble efecto es mandado por una válvula distribuidora proporcional 4/3. La velocidad y la aceleración del cilindro es función de la apertura y del direccionamiento de la válvula distribuidora. S2 y S3 son límites de carrera que transmiten la información para la conmutación de velocidades o aceleraciones. El sistema es alimentado con una bomba de caudal constante y la presión máxima es de 100 bar.

2.4 COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO Y UN SISTEMA CON CONTROL PROPORCIONAL

Las respuestas en las salidas eléctricas e hidráulicas en los sistemas con control electrohidráulico y con control proporcional también son diferentes. Aquí algunas comparaciones: (Fig. 2.4)

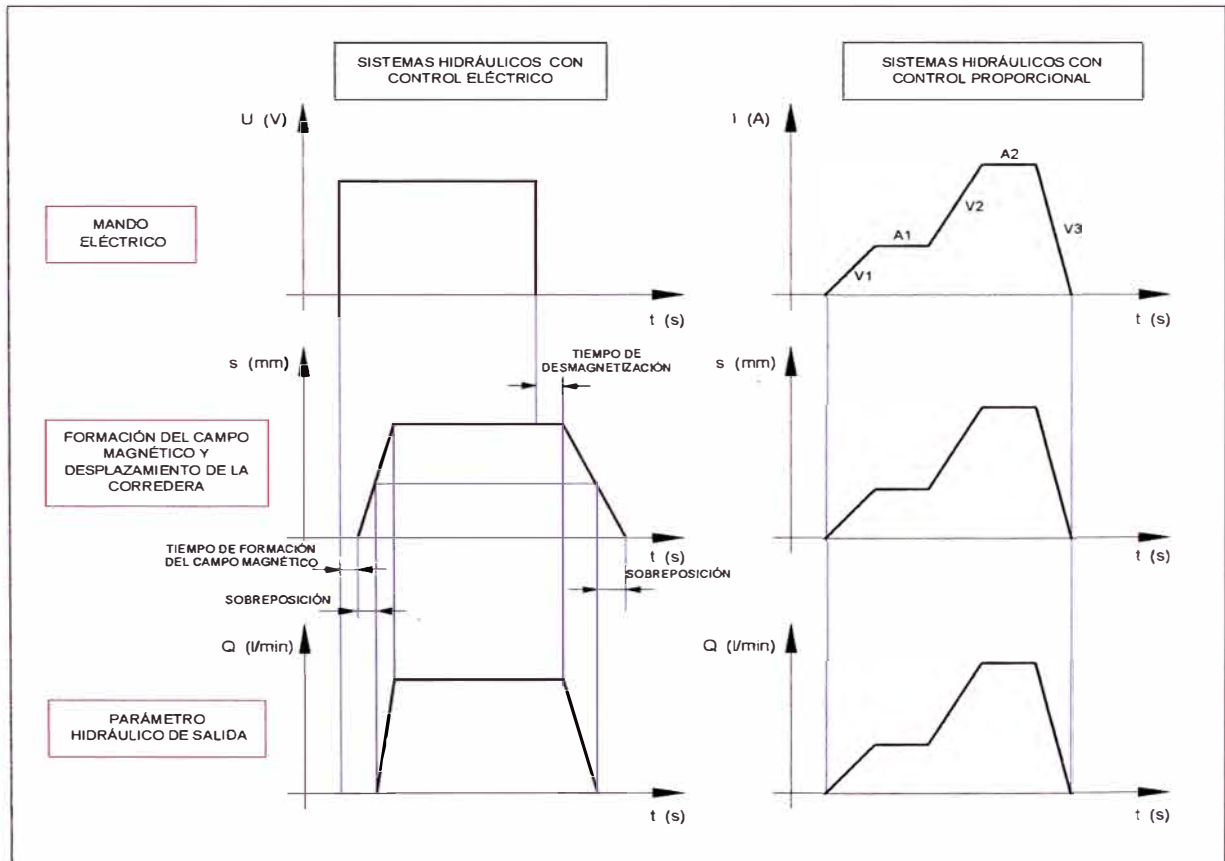


Fig. 2.4: Comparación de las respuestas de un sistema electrohidráulico y un sistema con control proporcional.

Sistemas hidráulicos con control eléctrico:

- El mando eléctrico a las electroválvulas es una señal de tensión U tipo escalón.
- La formación del campo magnético es tardío: el desplazamiento s (mm) de la corredera de la electroválvula será retrasada con respecto a la señal de entrada.
- La posición de la corredera de la válvula es discontinuo (reposo o accionado)
- El parámetro hidráulico de salida (caudal Q o presión p) se ve afectada debido a la sobreposición mecánica

Sistemas hidráulicos con control proporcional:

- El mando eléctrico a las válvulas proporcionales es una señal continua de corriente I con cualquier característica en el tiempo.
- La formación del campo magnético es proporcional a la corriente de alimentación, por lo que; el desplazamiento de la corredera de una válvula proporcional estará en fase, con respecto a la señal de entrada.
- La respuesta de salida en el parámetro hidráulico (caudal Q o presión p) no se ve afectada por condiciones mecánicas de centrado, sobreposición, valores extremos, muelles vencidos o rozamiento, debido a la regulación en el control electrónico que permiten controlar la corriente para que los parámetros de salida hidráulico sean proporcionales y lineales a la señal de entrada.

2.5 COMPARACIÓN DE VÁLVULAS PROPORCIONALES Y SERVOVÁLVULAS

Las válvulas con control continuo pueden ser válvulas proporcionales y servo válvulas. Ambas presentan ciertas similitudes como la de ser controladas electrónicamente pero también presentan diferencias las que se resumen en el siguiente cuadro:

CARACTERÍSTICA	VÁLVULAS PROPORCIONALES	SERVOVÁLVULAS
Componente de entrada.	Solenoides.	Motor de torque.
Corriente de mando.	max. 800 hasta 2000 mA.	80 mA.
Potencia de mando.	100 W	10 W
Tiempo de maniobra	> 30 ms	≤ 30 ms
Sensibilidad de reacción	< 1 %	< 0,5 %
Curva característica	No lineal	Lineal
Histéresis	10% (3% a 4% con vibración)	3% (compensado en el circuito de regulación)
Filtración	25 μm (Absoluto)	5 hasta 10 μm (Absoluto)
Sensibilidad	Más robusto	Más sensible
Etapas	Pueden tener una o dcs etapas	Tiene como mínimo dos etapas
Sobreposición	Tienen sobreposición positiva y con control se pueden convertir en sobreposición cero	Tienen cero de sobreposición
Control	Lazo abierto o Lazo cerrado	Lazo cerrado
Funciones	Válvula de presión Válvulas de control de caudal Válvulas de dirección y control de caudal	Solo válvulas de dirección y control de caudal

Tabla 2.1: Comparación de las válvulas proporcionales y servoválvulas.

De aquí podemos concluir que una servoválvula con respecto a una válvula proporcional:

- Tiene un principio diferente de producir desplazamiento de la corredera principal.
- Utiliza menor potencia en su mando.
- Actúan más rápidamente.
- Su respuesta es lineal.
- Tienen menor histéresis.
- Son más exigentes del nivel de limpieza del aceite.
- Tienen más etapas de amplificación hidráulica.
- Tienen sobreposición cero.
- Su control es en lazo cerrado.
- Solo pueden ser válvulas distribuidoras.

2.6 DEFINICIONES Y PARÁMETROS EN EL CONTROL PROPORCIONAL

2.6.1 REPRODUCIBILIDAD

También denominado exactitud de repetición. Es el rango que ocupan las señales de salida que se produce cuando se introducen repetidamente las mismas señales de entrada. (Fig. 2.5)

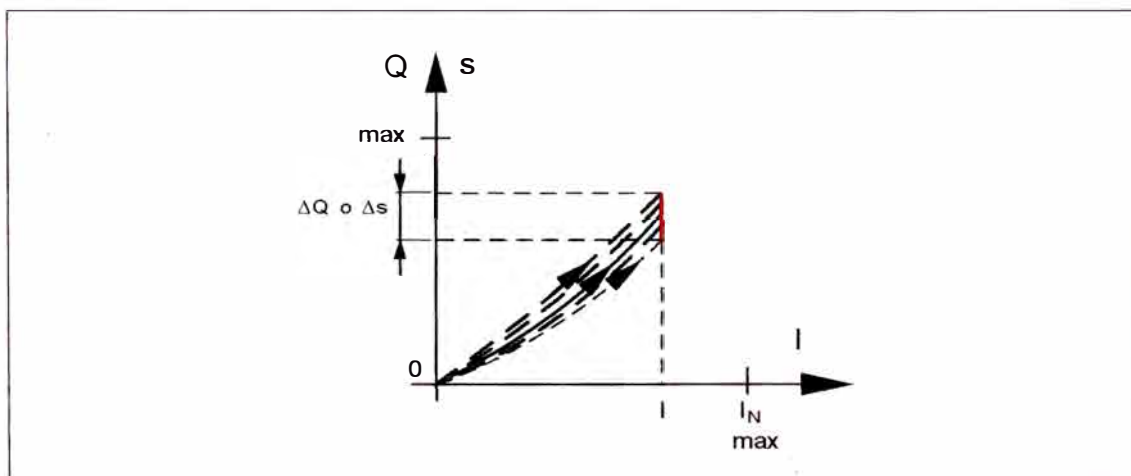


Fig. 2.5 : Reproducibilidad.

$$\text{REPRODUCIBILIDAD} = \frac{\Delta Q}{Q} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{REPRODUCIBILIDAD} = \frac{\Delta s}{s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

2.6.2 HISTÉRESIS

Variación de la corriente, para un mismo valor de caudal o presión al pasar por toda la curva de característica (de cero a máximo y de máximo a cero). Este valor es expresado en % tomado con respecto a la corriente nominal I_N (Fig. 2.6).

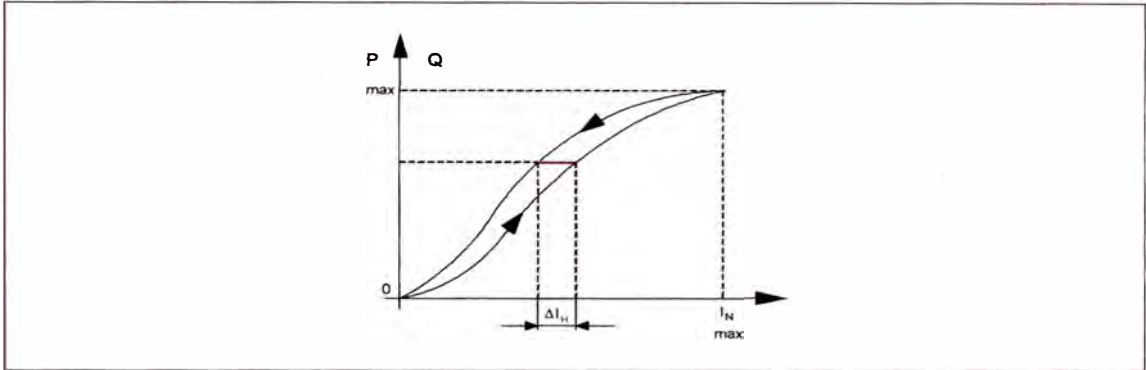


Fig. 2.6: Histéresis.

$$\text{HISTÉRESIS} = \frac{\Delta I_H}{I_N} \times 100\% \quad (3)$$

2.6.3 SENSIBILIDAD DE REACCIÓN

Variación en la tendencia de la corriente que produce una parada en la salida hidráulica (p o Q). Esta se produce cuando se sigue en la misma dirección de subida o de bajada. El valor es expresado en % tomado con respecto al valor de la corriente nominal I_N . (Fig. 2.7)

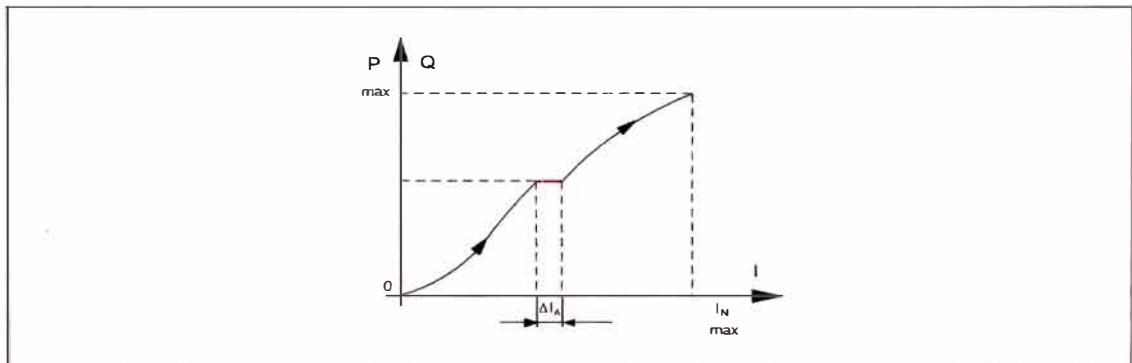


Fig. 2.7: Sensibilidad de reacción.

$$\text{SENSIBILIDAD DE REACCIÓN} = \frac{\Delta I_A}{I_N} \times 100\% \quad (4)$$

2.6.4 MARGEN DE INVERSIÓN

Variación en la corriente que produce una parada en la tendencia de salida hidráulica (p o Q). La corriente variará desde cero hasta un punto cualquiera, se detendrá y luego bajará hasta cero. El valor es expresado en % tomado con respecto al valor de la corriente nominal I_N . (Fig. 2.8)

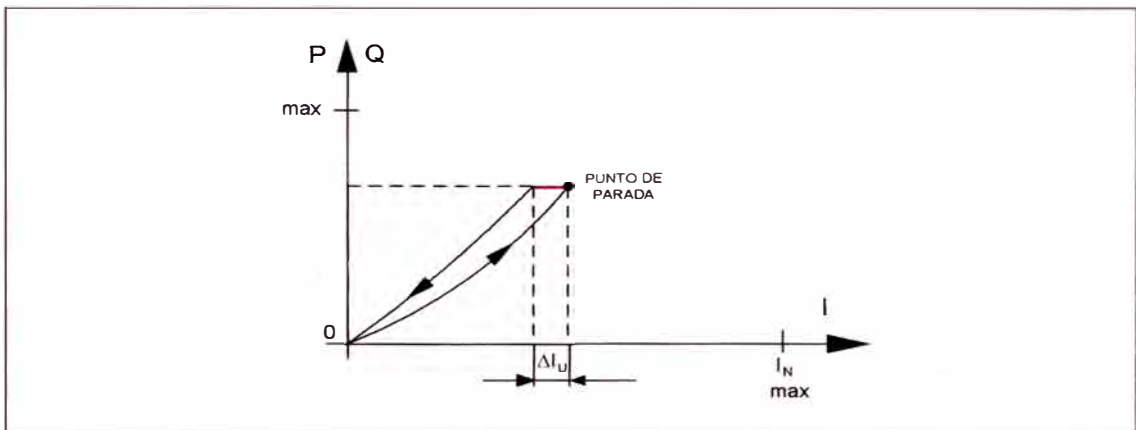


Fig. 2.8 : Margen de inversión.

$$\text{MARGEN DE INVERSIÓN} = \frac{\Delta I_U}{I_N} \times 100\% \quad (5)$$

2.6.5 TIEMPO DE REACCIÓN

También denominado tiempo de respuesta. Es el mínimo tiempo que demora la válvula para recorrer un intervalo de regulación ante una señal discreta de mando. Los tiempos pueden ser diferentes cuando se recorre el intervalo de regulación en un sentido o en otro. (Fig. 2.9)

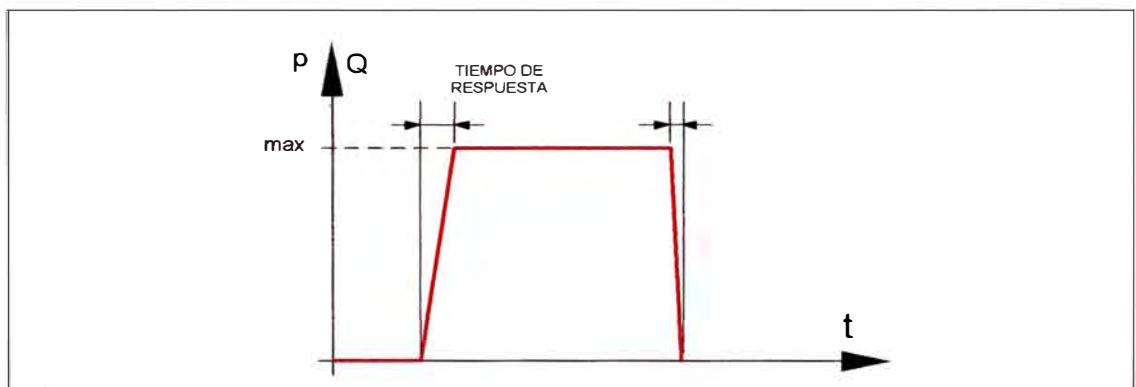


Fig. 2.9: Tiempo de reacción.

2.6.6 CARACTERÍSTICA DE AMPLITUD

Diferencia entre la amplitud del valor de entrada (eléctrica) y la amplitud del valor de salida hidráulica (p o Q) para una frecuencia determinada. Como valor de entrada, se fija la amplitud en una frecuencia baja (1 Hz), al aumentar la frecuencia baja la amplitud del valor de salida. La diferencia es expresada en dB. (Fig. 2.10)

2.6.7 CARACTERÍSTICA DE FASE

La característica de fase indica en cuantos grados (diferencia en el tiempo) la señal de salida esta retardada con respecto a la señal de entrada. (Fig. 2.11)

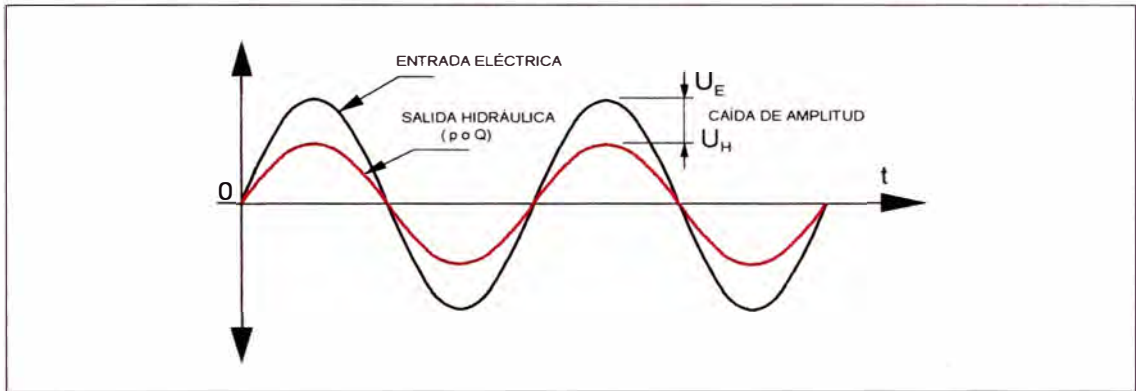


Fig. 2.10: Característica de amplitud.

$$dB = 20 * \log \frac{U_H}{U_E} \dots\dots\dots (6)$$



Fig. 2.11: Característica de la fase.

2.6.8 FILTRACIÓN ABSOLUTA

Medida de la filtración en función a la eficiencia de un filtro para un determinado tamaño de partícula. Se define en función del parámetro β_x .

Donde:

β_x = Cantidad de partículas cuyo tamaño es igual o mayor a x, presentes antes de un filtro relacionado con respecto a una sola partícula de tamaño mayor o igual a x en el lado de salida, que ha pasado a través del filtro.

La eficiencia de un filtro quedará determinado por:

$$\eta = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} \dots\dots\dots (7)$$

Por ejemplo para un nivel de filtrado absoluto de 10 μm deberá también indicarse el ratio β_x el cual lleva implícito la eficiencia del filtro. El valor común

de β_x utilizado en la industria es 75.

Luego la simbología $\beta_{10} = 75$ significa un filtro de $10 \mu\text{m}$ con eficiencia de filtrado de 98,66 % para partículas de tamaño mayores o iguales de $10 \mu\text{m}$ (Fig. 2.12)

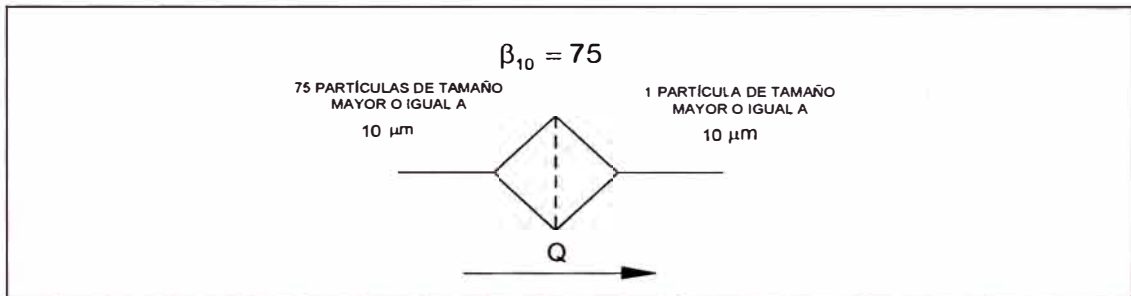


Fig. 2.12: Ejemplo de nomenclatura de un filtro.

Los valores comunes de β_x con sus respectivas eficiencias asociadas utilizados en la industria se muestran en la Tabla 2.2.

β_x	η %
2	50,00
50	98,00
75	98,66
100	99,00

Tabla 2.2: Valores de β_x y η %.

2.6.9 SOBREPOSICIÓN

l) Para válvulas de Corredera:

La sobreposición es una característica mecánica de una válvula de corredera por ejemplo, como el de una válvula distribuidora. Es la relación del tamaño del recubrimiento de un solenoide con respecto a una vía, lo que define el momento en que el fluido comienza a pasar. Se presentan 3 posibilidades:

a) Sobreposición Nula: El tamaño de la corredera de mando es exactamente del tamaño de la vía. En el momento en que se da un pequeño desplazamiento a la corredera $|s| > 0$ pasa caudal. El caudal (Q) será una función lineal proporcional "continua" del desplazamiento (s); este caso es común para una servoválvula (Fig. 2.13).

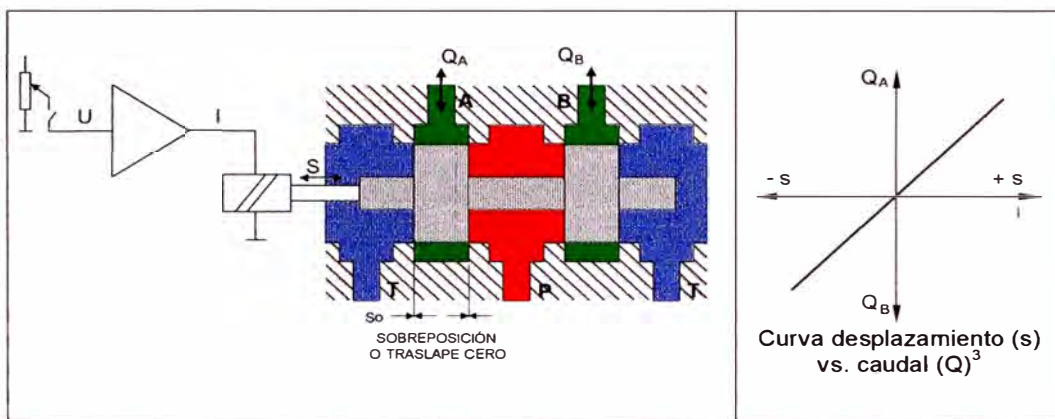


Fig. 2.13: Válvula distribuidora de corredera con sobreposición cero.

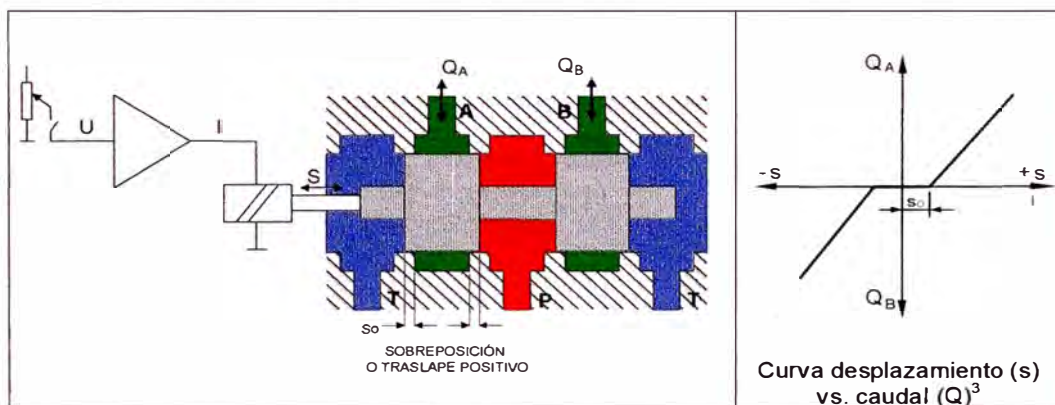


Fig. 2.14: Válvula distribuidora de corredera con sobreposición positiva.

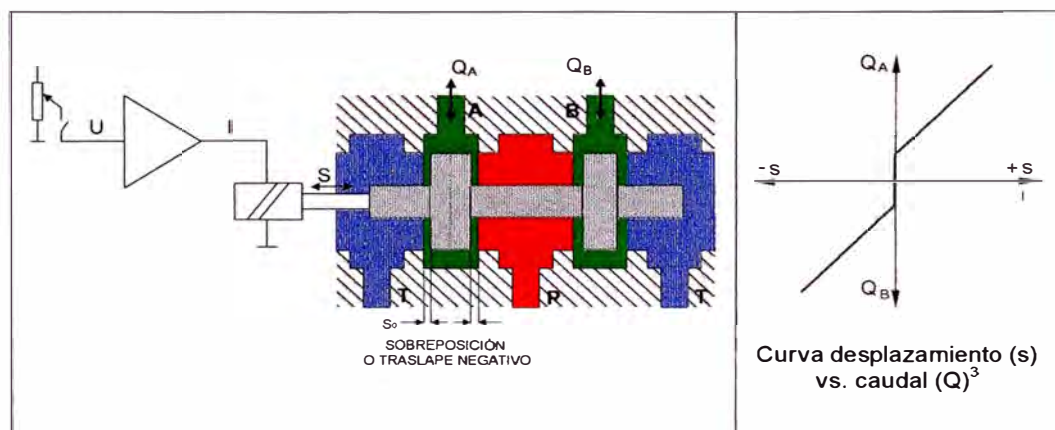


Fig. 2.15: Válvula distribuidora de corredera con sobreposición negativa.

- b) Sobreposición Positiva: El tamaño de la corredera de mando es de mayor tamaño que el tamaño de la vía de paso. Por lo tanto las secciones transversales de mando permanecen cerradas en el rango

³ Curvas para HISTÉRESIS CERO.

$|s| \leq s_0$. Para $|s| \geq s_0$ pasa caudal; este caso es común en una válvula proporcional (Fig. 2.14).

- c) Sobreposición Negativa: En el rango $s = s_0$ fluye constantemente caudal por ambos cantos de mando. Para $|s| > s_0$ fluye caudal por uno de los cantos de mando (Fig. 2.15).

II) Para válvulas de cierre:

Esta referida a la caída de presión que se forma al pasar el fluido por la válvula cuando está totalmente abierta (Fig. 2.16). Esta caída de presión Δp_2 multiplicada por el área efectiva del elemento de cierre originará una fuerza inicial que deberá de vencerse antes que la válvula comience a regular la presión.

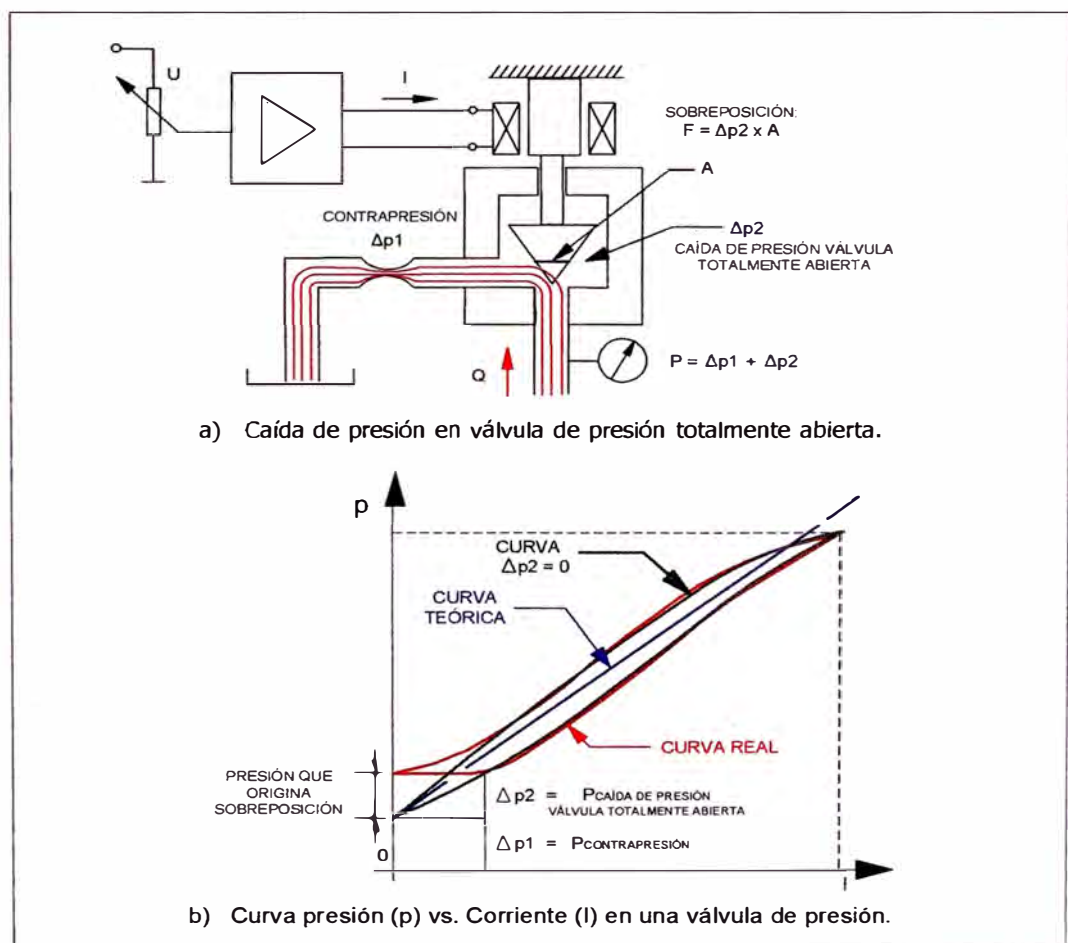


Fig. 2.16: Sobreposición en una válvula de cierre.

En cambio, si existe contrapresión en la línea de salida de la válvula se sumara a la caída de presión anterior provocando un aumento del punto inicial de presión a regular, pero no forma parte de la sobreposición.

2.7 TARJETAS ELECTRÓNICAS DE CONTROL PROPORCIONAL

Las válvulas proporcionales necesitan para su accionamiento de corriente continua variable entre 0 y 2000 mA según el tipo de válvula. Para poder producir esta corriente continua de manera estable a partir de una señal de tensión (0 ...10V) se necesita de una tarjeta electrónica de control proporcional.

2.7.1 COMPONENTES

Una tarjeta electrónica de control proporcional consta de:

- b) Bloque de alimentación: Cuya función es generar diversas tensiones para alimentar a la tarjeta y para aprovisionar de tensión algunas salidas externas.
- b) Parte de mando: Cuya función es:
 - Determinación externa y/o interna del valor teórico o set point.
 - Formación de rampas.
 - Comportamiento transitorio suave gracias al módulo de filtraje.
 - Oscilación o dither.
 - Desplazamiento del punto cero o sobreposición.
 - Limitación del valor máximo.
- c) Parte final: Cuya función es
 - Amplificación.
 - Transformación de tensión a corriente
 - Regulador de corriente constante.
 - Salidas a la válvula proporcional.
- d) Parte de medición: Cuya función es:
 - Regulación de los valore teóricos.
 - Control permanente de la corriente a los solenoides.
 - Localización de fallas.

2.7.2 PARÁMETROS DE REGULACIÓN:

2.7.2.1 DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO CERO O SOBREPOSICIÓN

Mediante estos potenciómetros⁴ se puede aumentar la corriente I para una pequeña señal de tensión de entrada U . Este “salto” inicial de la corriente se realiza para poder salvar la sobreposición positiva de las válvulas. (Fig. 2.17).

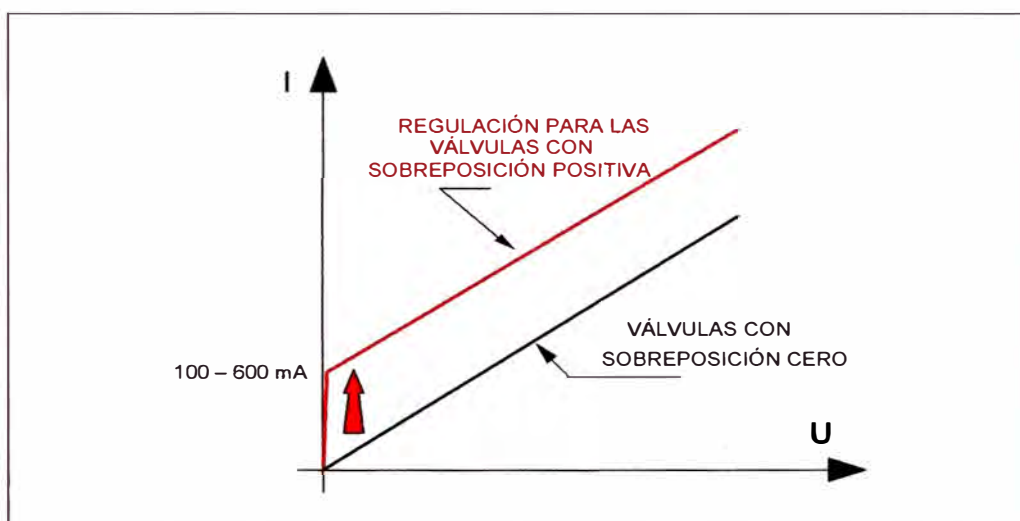


Fig. 2.17: Curva de desplazamiento del punto cero debido a la regulación de la sobreposición positiva

2.7.2.2 LIMITACIÓN DEL VALOR MÁXIMO

Con estos potenciómetros es posible regular el máximo valor de corriente de salida I para la máxima señal de entrada U .

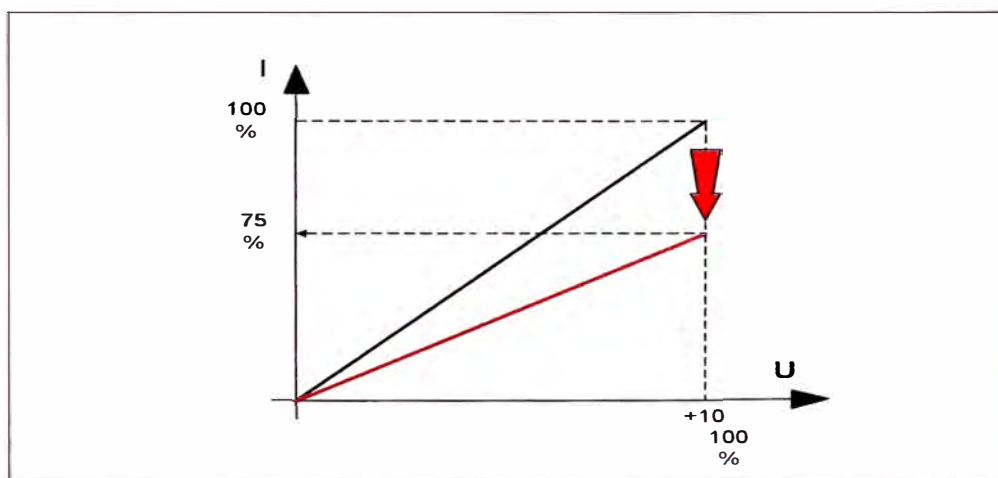


Fig. 2.18: Curva de desplazamiento del valor máximo.

⁴ Para el caso de tarjetas de control con dos salidas para solenoides A y B existen dos potenciómetros para la regulación del parámetro para cada solenoide de una válvula distribuidora de 3 posiciones.

Esto es necesario, ya que las válvulas logran en muchos de los casos el máximo desplazamiento o fuerza, sin ser necesariamente el máximo valor de corriente que la tarjeta puede entregar o el máximo valor de corriente que la válvula puede soportar. Nos permite además obtener una mejor resolución de trabajo en el rango físico de la válvula a controlar. (Fig. 2.18)

2.7.2.3 OSCILACIÓN O DITHER

Para reducir la histéresis de las válvulas las que se originan por la fricción del inducido en el campo magnético y predisponerla a una rápida reacción, se aplica una señal de oscilación o dither. Esta es una corriente alterna que se superpone a la corriente de salida continua I . (Fig. 2.19).

Las características de la oscilación son:

- Frecuencia de oscilación.
- Amplitud de oscilación.

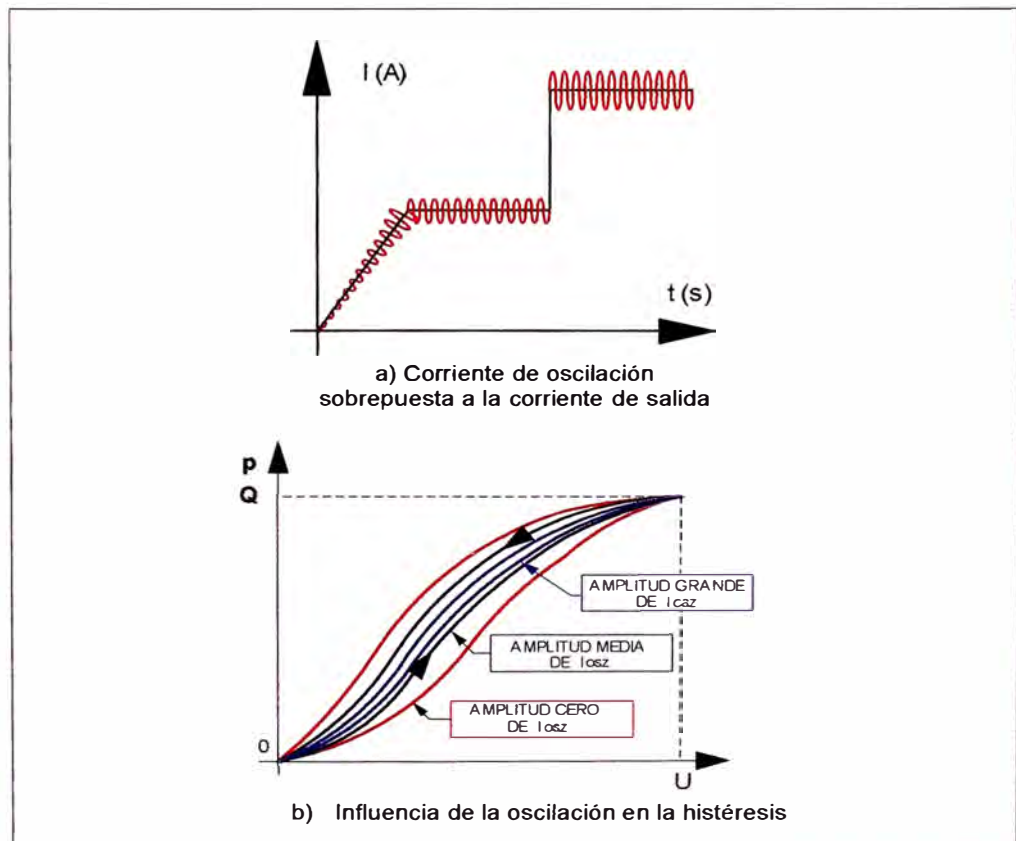


Fig. 2.19: Oscilación o dither.

La amplitud de la corriente de oscilación es función de la corriente de salida I , por lo tanto; la referencia de la amplitud de oscilación será para un valor específico de la corriente de salida que generalmente es el valor máximo, este valor no debe ser tan grande que afecte la magnitud final de control como p o Q entre otros, por lo que; se estima que el valor máximo debe ser el 30% de la I_{MAX} .

En cuanto a la frecuencia, esta ya viene definida en las tarjetas y son comunes valores de: 50, 100, y 200 Hz. Una menor frecuencia es apropiada para válvulas de mayor tamaño y una mayor frecuencia es apropiada para válvulas de menor tamaño.

2.7.2.4 NIVELES DE TENSIÓN

Son escalones que se aplican a través de potenciómetros externos o internos a la tarjeta de control proporcional. Es una posibilidad muy útil para definir el valor referencial o set point. Las tarjetas de control pueden venir provistas con 2, 4 o 6 potenciómetros para esta labor. Por ejemplo los potenciómetros A1, A2 y A3 establecen 3 niveles de velocidad al motor hidráulico el cual girará en un sentido a 800 y 300 RPM y luego lo hará en sentido contrario a 1200 RPM. (Fig. 2.20)

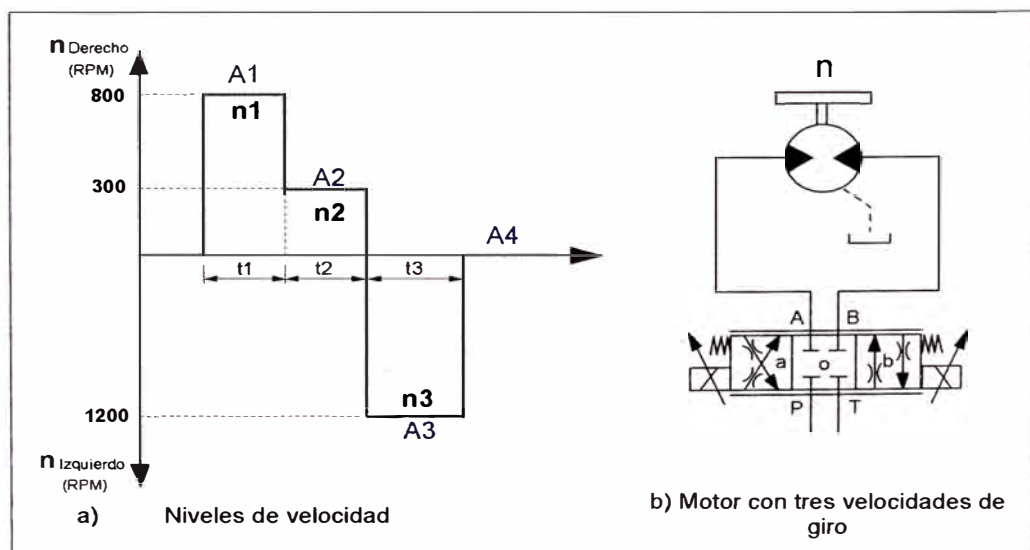


Fig. 2.20: Niveles de tensión.

2.7.2.5 RAMPA

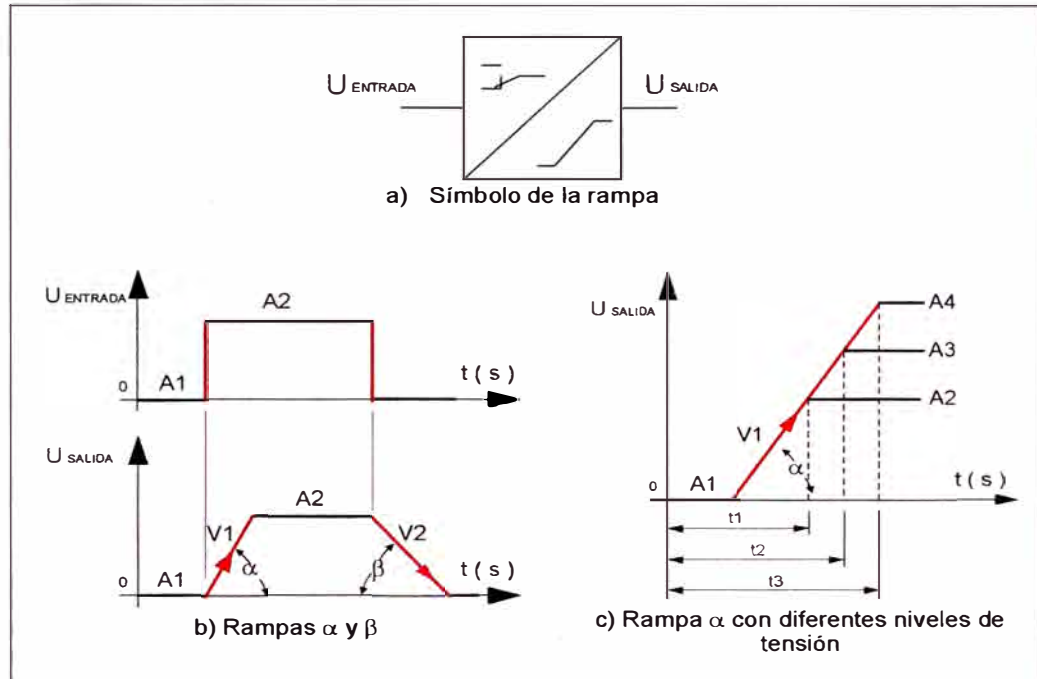


Fig. 2.21: Rampas.

La rampa realiza una tendencia lineal constante de la tensión de salida teniendo una función escalón de la señal de tensión de entrada. Esta función es importante en el control de la hidráulica proporcional ya que permite cambios controlados en cortos periodos de tiempo evitando los picos de presión que son muy perjudiciales (Fig. 2.21). Se define:

$$\text{RAMPA} = \frac{U_{\text{SALIDA}}}{t} \dots\dots\dots(8)$$

2.7.2.6 TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03

La tarjeta de control proporcional PQ 03 es una tarjeta de amplio uso industrial de procedencia alemana muy versátil para diversas aplicaciones. Sus parámetros son regulables y se adapta al control de cualquier válvula proporcional. (Fig. 2.22).

Esta montada en un rack el cual puede compartir con la tarjeta de control RV 42 y con elementos externos de fácil manipulación como el potenciómetro SOLLWERT A1 y el potenciómetro para la regulación de

rampas numerado.

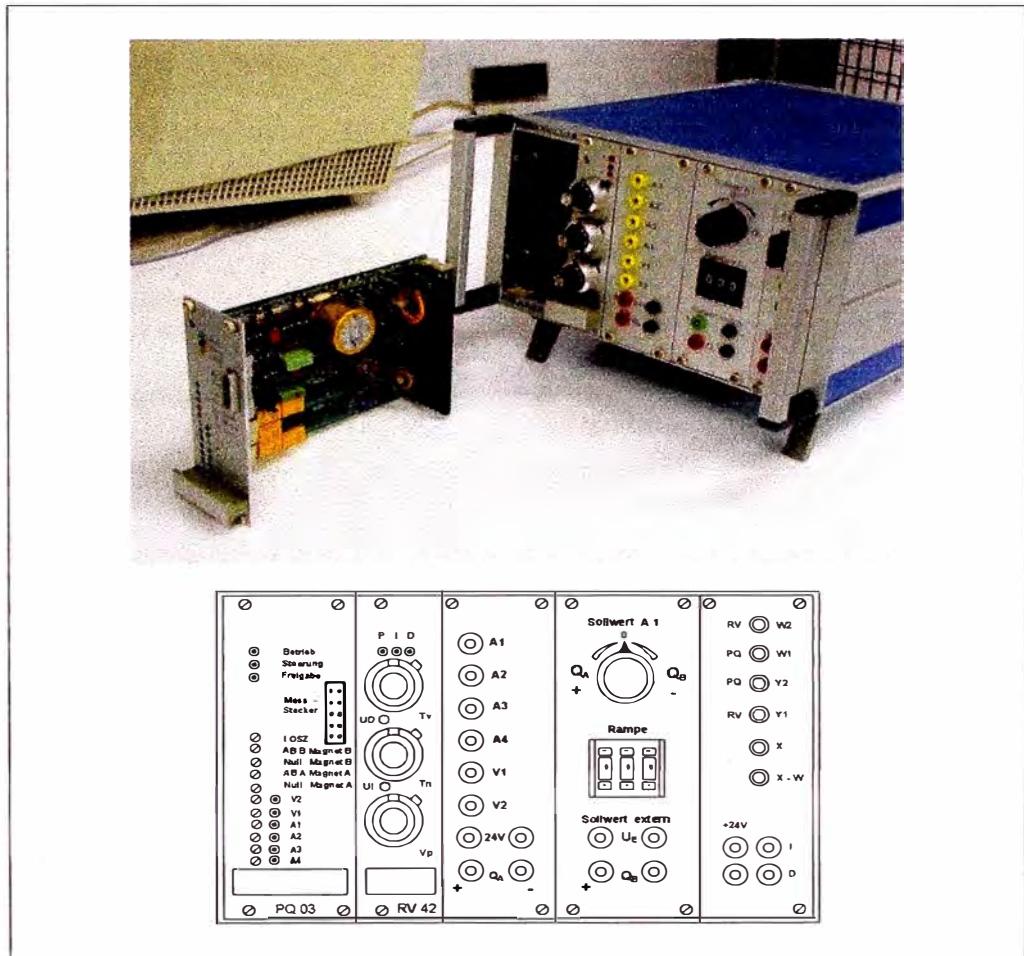


Fig. 2.22: Rack para la ubicación de la tarjeta PQ 03, RV 42, accesos y potenciómetros.

Permite un fácil control de los parámetros electrónicos a través de la salida Mess Stecker al cual se conecta el multímetro digital (Voltímetro, amperímetro, frecuencímetro, amperímetro de valores picos) TE 01. También tiene un panel para las conexiones externas.

En el Anexo 3 se muestran los planos de la tarjeta electrónica PQ 03 y sus configuraciones se hacen mediante la unión con jumpers⁵.

Para el caso específico de la tarjeta de control proporcional PQ 03 se identifican los siguientes elementos de regulación:

a) DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO CERO:

⁵ Ver Anexo 3 : Plano de ubicación de componentes

Null Magnet A.

Null Magnet B.

b) LIMITACIÓN DEL VALOR MÁXIMO:

AB Magnet A.

AB Magnet B.

c) OSCILACIÓN O DITHER

La frecuencia de vibración se configura internamente mediante la unión de terminales con jumpers. (Tabla 2.3)

	FRECUENCIA (Hz)	JUMPERS
a)	70	B19
b)	140	B20

Tabla 2.3: Conexión con jumpers para la configuración de la oscilación.

La regulación de la amplitud se realiza mediante el potenciómetro: I OSZ y es único para ambas salidas a los solenoides A y B.

d) NIVELES DE TENSIÓN

Tiene 4 potenciómetros internos: A1, A2, A3, A4 los cuales pueden ser energizados con tensión positiva o negativa. La Tabla 2.4 muestra la conexión interna mediante jumpers que debe realizarse para tener disponible el tipo de tensión (positiva o negativa) para alimentar a los potenciómetros y obtener el nivel deseado de tensión.

	NIVEL	JUMPERS		RELÉS
		TENSIÓN +	TENSIÓN -	
a)	A1	B3	B4	K1
b)	A2	B5	B6	K2
c)	A3	B7	B8	K3
d)	A4	B9	B10	K4

Tabla 2.4: Conexión con jumpers para la configuración de los niveles de tensión.

Además estos potenciómetros se activan con relés los cuales se energizan a través de la fuente interna de la tarjeta de control

proporcional cuya salida es +24 V. (Fig. 2.23).

En el caso se utilice como set point una señal externa entonces deben de ser extraídos todos los jumpers de esta sección.

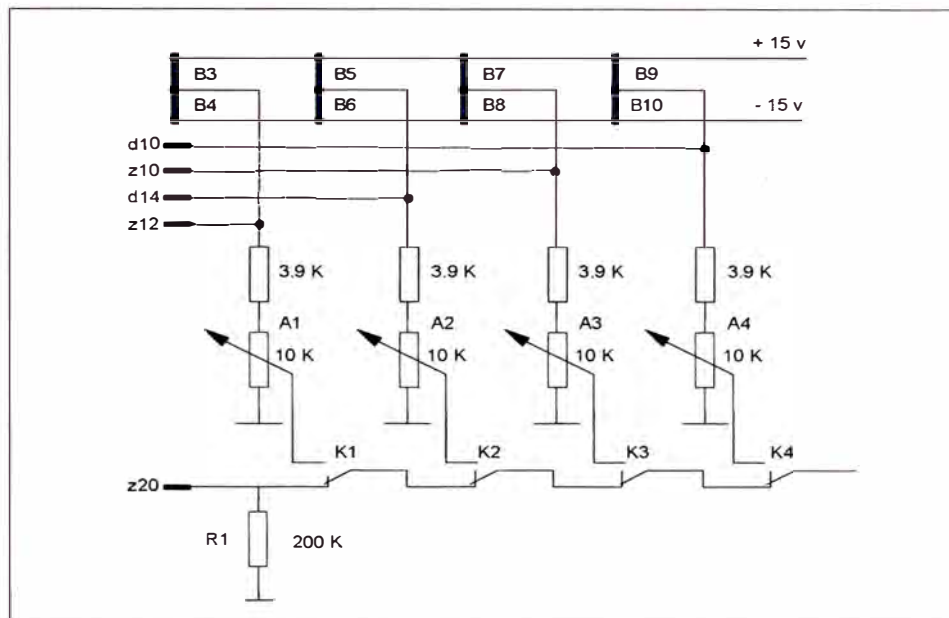


Fig. 2.23: Ubicación de jumpers para configurar los niveles.

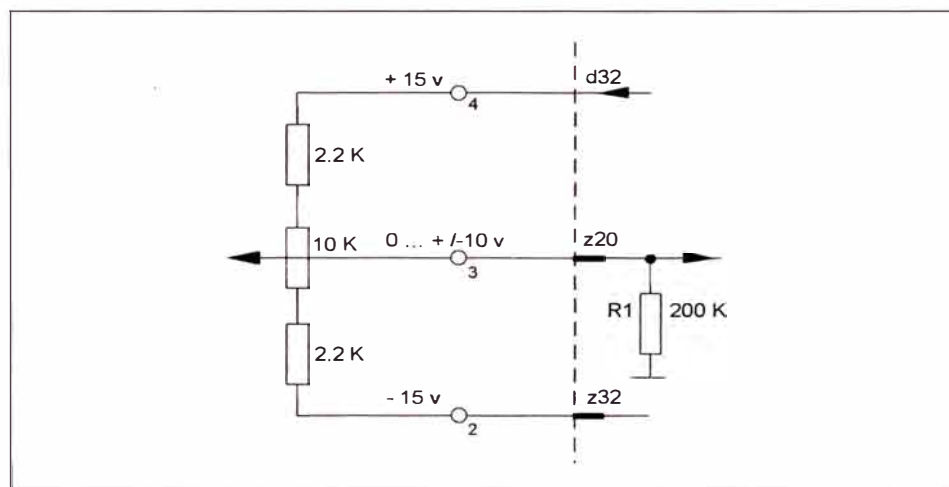


Fig. 2.24: Conexión del potenciómetro externo SOLLWERT A1.

Es muy común utilizar un potenciómetro externo de fácil manipulación para pruebas denominado SOLLWERT A1. Para su funcionamiento solo debe de ser energizado el relé K1. Todos los jumpers deben ser evacuados (Fig. 2.24).

e) RAMPAS

Se configura internamente dos posibles rangos de tiempo de una

rampa mediante jumpers (Tabla 2.5).

	RANGO	JUMPERS
a)	10 ms ...1 s	B12
b)	100 ms....10 s	B13

Tabla 2.5: Conexión con jumpers para la configuración de rangos de tiempos para las rampas.

Tiene dos potenciómetros V1 y V2 para regular dos rampas. Para V1 hay dos potenciómetros (interno y externo) y su selección es mediante jumpers. Para V2 hay solo un potenciómetro interno.

Estos potenciómetros se activan con relés los cuales se energizan a través de la fuente interna de la tarjeta de control proporcional cuya salida es +24 V (Tabla 2.6).

	RAMPA	JUMPERS		RELÉ
		INTERNO	EXTERNO	
a)	V1	B14	B15	K5
b)	V2	B16	-	K6

Tabla 2.6: Conexión con jumpers para la configuración de potenciómetros internos y externos para las rampas.

Las regulaciones que se pueden efectuar a la tarjeta electrónica de control proporcional se pueden resumir en la Fig. 2.25 la cual muestra las etapas de regulación en bloques.

2.7.2.7 REGULACIÓN EN LA TARJETA ELECTRÓNICA PQ 03

La regulación de una tarjeta de control proporcional se realiza para el control de una válvula específica. El objetivo es que la curva de respuesta del parámetro hidráulico (p, Q, F, n, s, v,...) tienda a acercarse a una recta que representa la relación proporcional lineal entre la señal de entrada y el parámetro de salida.

$$\boxed{\text{Parámetro Hidráulico} \propto U} \dots\dots\dots(9)$$

La Fig. 2.26 muestra gráficamente el objetivo de la regulación de la tarjeta para una válvula hidráulica.

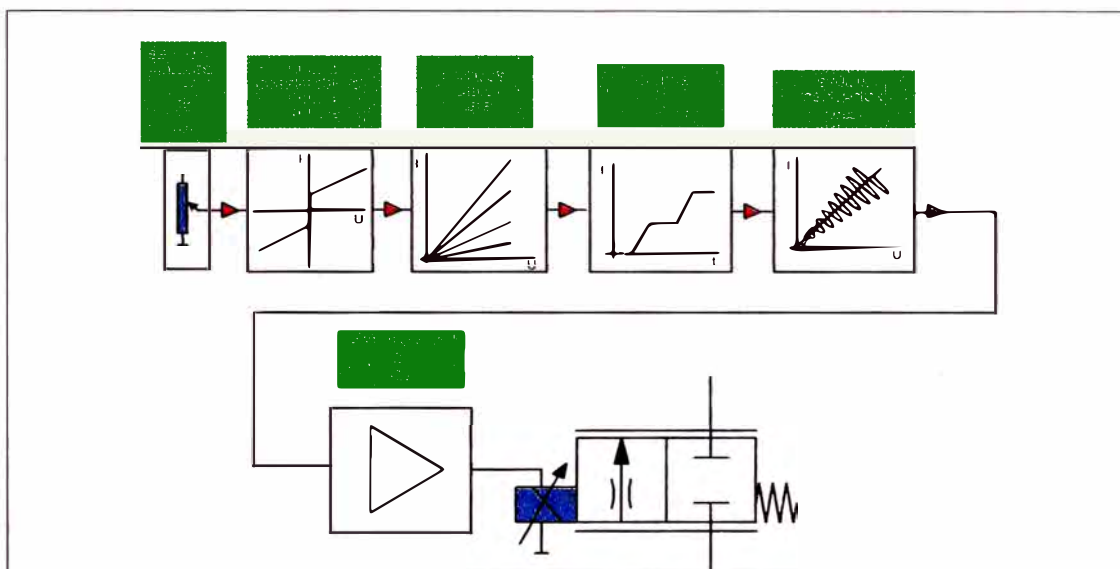


Fig. 2.25: Pasos para la regulación de la tarjeta electrónica de control proporcional.

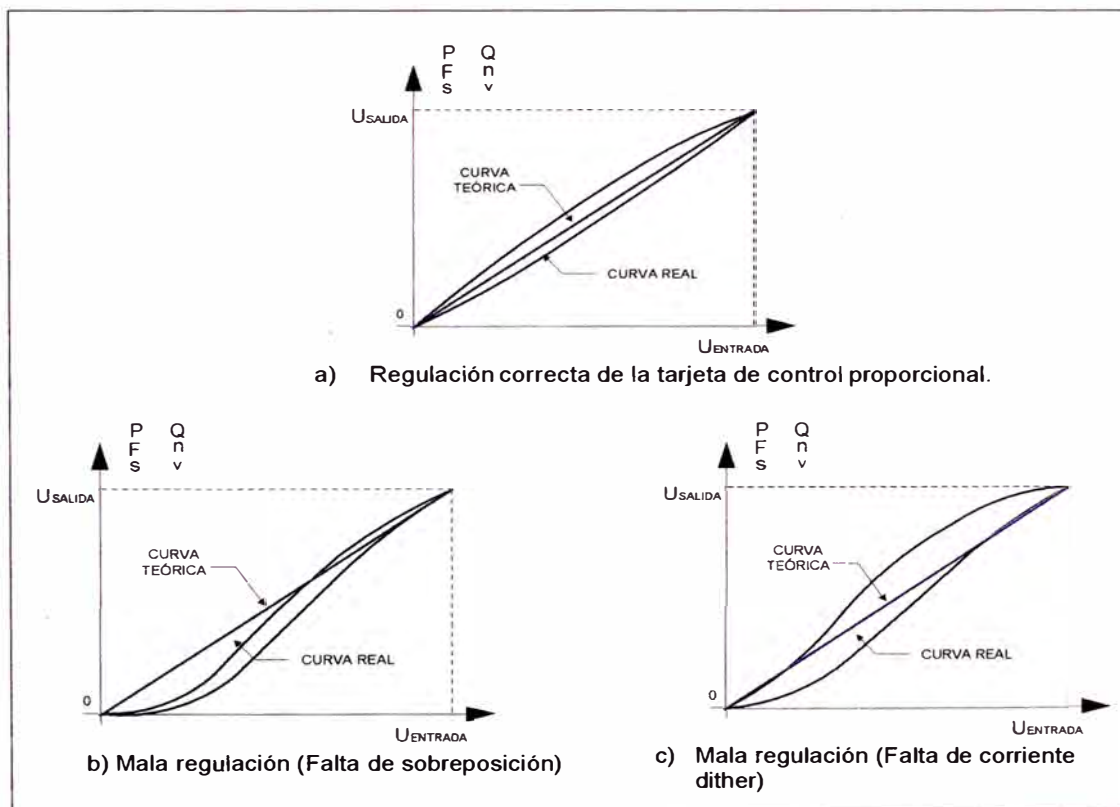


Fig. 2.26: Respuestas de las regulaciones realizadas a la tarjeta de control proporcional sobre una válvula hidráulica. Los casos b y c muestran una incorrecta regulación.

2.8 TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL P. I. D.

Una tarjeta electrónica de control, es un componente que tiene por objeto regular un parámetro para que este se mantenga constante a pesar de las perturbaciones sobre el proceso. En una tarjeta de control P. I. D. la estrategia de control es regular procesos con características proporcional, integral y derivativo.

2.8.1 REGULACIÓN

Una regulación tiene la finalidad de llevar una magnitud de salida x en un proceso técnico a un determinado valor denominado valor de regulación w y mantener ese valor aún cuando existan magnitudes de perturbación z .

Para ello, la magnitud a regular x es registrada y comparada con la magnitud de regulación ideal w . Las diferencias de regulación $e = w - x$ se procesan mediante un determinado algoritmo de regulación a una magnitud de regulación y , la cual se aplica como señal de salida sobre el proceso. El proceso es el expuesto a una magnitud de perturbación z , es nuevamente censado por un transductor y tomado como magnitud a regular x (Fig. 2.27).

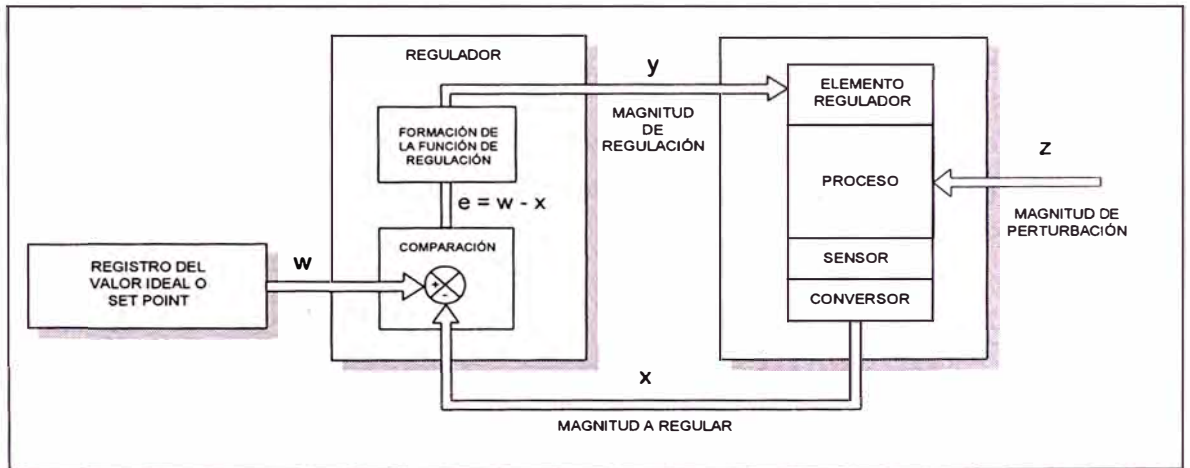


Fig. 2.27: Esquema de la función de un regulador.

La relación entre los parámetros de entrada y salida en un proceso, puede presentar diversas características. Las más usuales y comunes son las del tipo Proporcional P, Integral I y Derivativo D.

2.8.2 CONTROL PROPORCIONAL

Se aplica a un proceso tipo escalón. Esto quiere decir que la respuesta del proceso se da en forma inmediata.

En estos procesos se establece el siguiente control proporcional:

$$y = K_p * e \dots\dots\dots(10)$$

Donde: y = Magnitud de salida.

$e = (w-x)$ = Magnitud de entrada.

K_p = Constante de proporcionalidad.

En el proceso proporcional:

La salida es PROPORCIONAL a la entrada.

La salida PERMANECE CONSTANTE en el tiempo.

Ejemplos de procesos proporcionales: (Fig. 2.28)

- El movimiento de una palanca
- La amplificación que se da en una tarjeta de control proporcional.

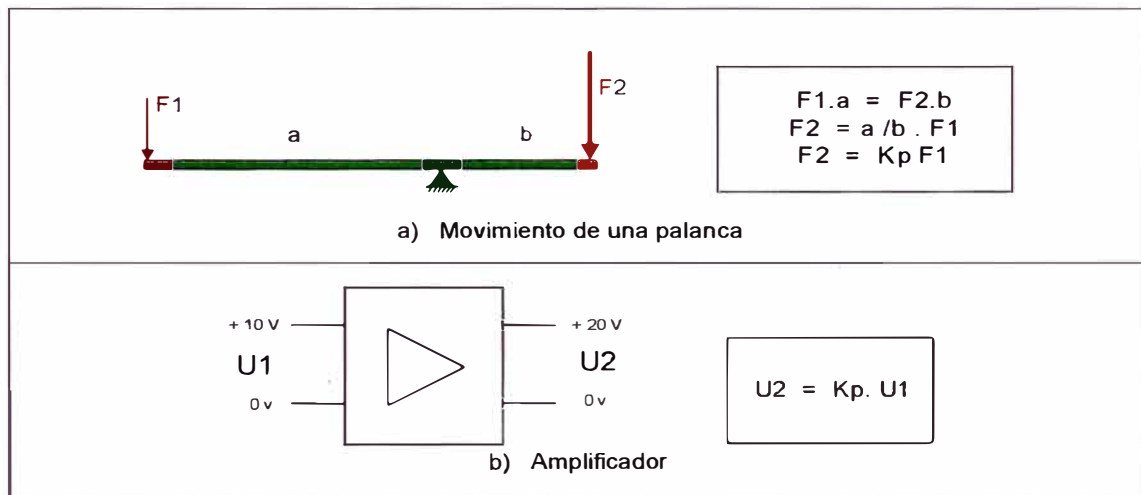


Fig. 2.28: Procesos proporcionales.

A estos procesos se los representan como lo muestra la Fig. 2.29.

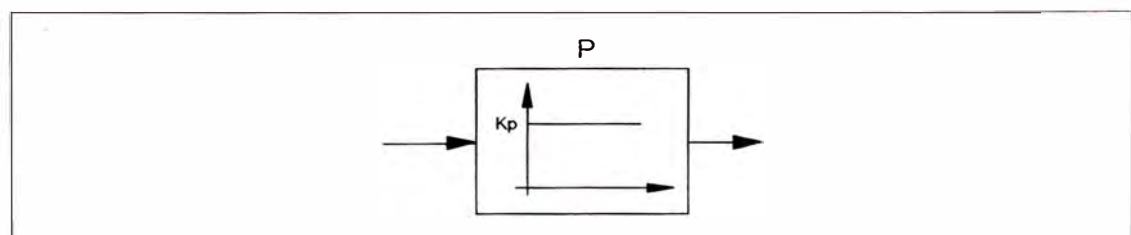


Fig. 2.29: Representación de un proceso proporcional.

2.8.3 CONTROL INTEGRAL

En el control integral la relación entre la magnitud de salida y es la integración de la magnitud de entrada e en el tiempo t .

$$y = \frac{1}{T_n} \int e^* dt \dots\dots\dots (11)$$

Donde: y = Magnitud de salida.

e = $(w-x)$ = Magnitud de entrada.

T_n = Constante de integración. ($1/T_n = I$ = Ganancia Integrativa)

Ejemplos de procesos integrales que requieren de un control integral: (Fig. 2.30)

- El espacio recorrido por un pistón al ser alimentado por un caudal Q en función del tiempo t .
- El desplazamiento de un tornillo.

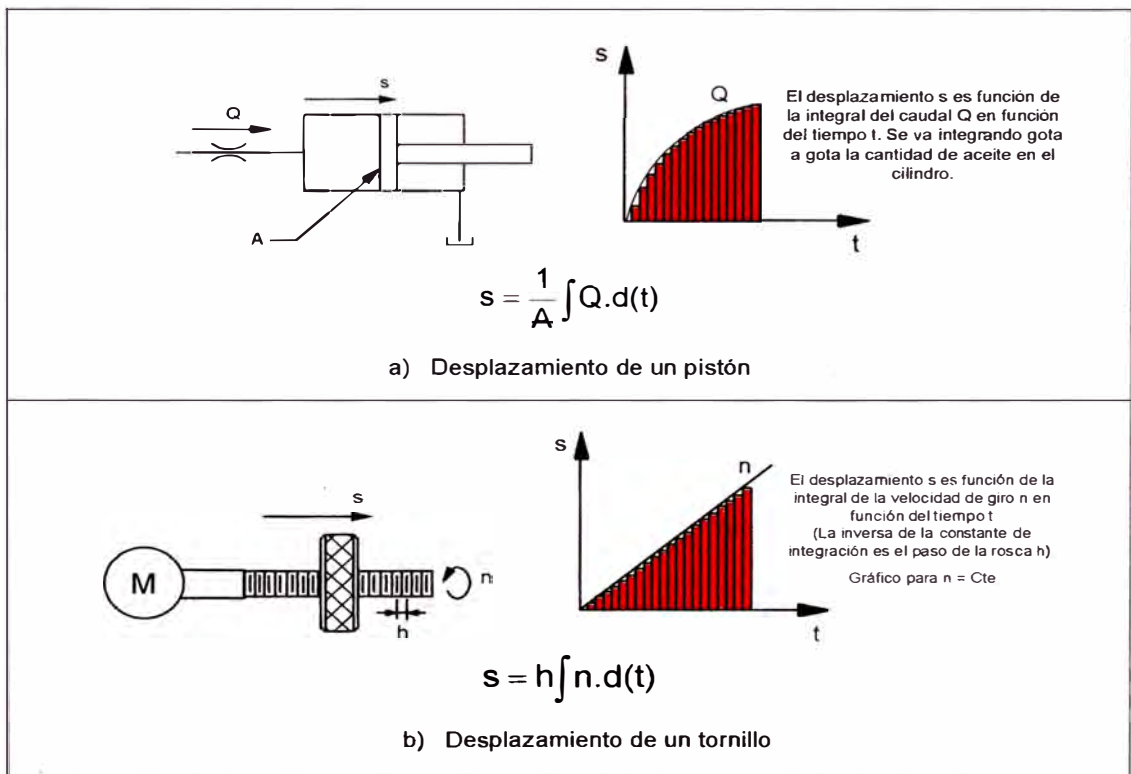


Fig. 2.30: Procesos integrales.

A estos procesos se los representan como lo muestra la Fig. 2.31.

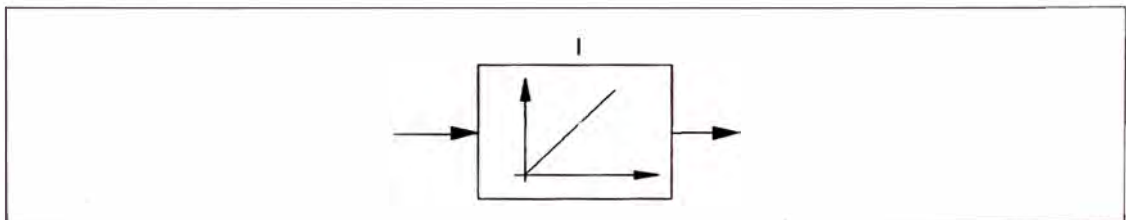


Fig. 2.31: Representación de un proceso integral.

2.8.4 CONTROL DIFERENCIAL

Se aplica a un proceso donde la relación entre la magnitud de salida y depende de la velocidad de variación de la señal de entrada e en el tiempo t .

$$y = T_v \cdot \frac{de}{dt} \dots\dots\dots (12)$$

Donde: y = Magnitud de salida.
 e = (w-x) = Magnitud de entrada.
 T_v = Constante de Derivación = D

Ejemplos de procesos integrales que requieren de un control integral: (Fig. 2.32)

- La corriente de carga de un condensador con capacidad C.
- La dependencia de la fuerza con la variación de la velocidad (aceleración).

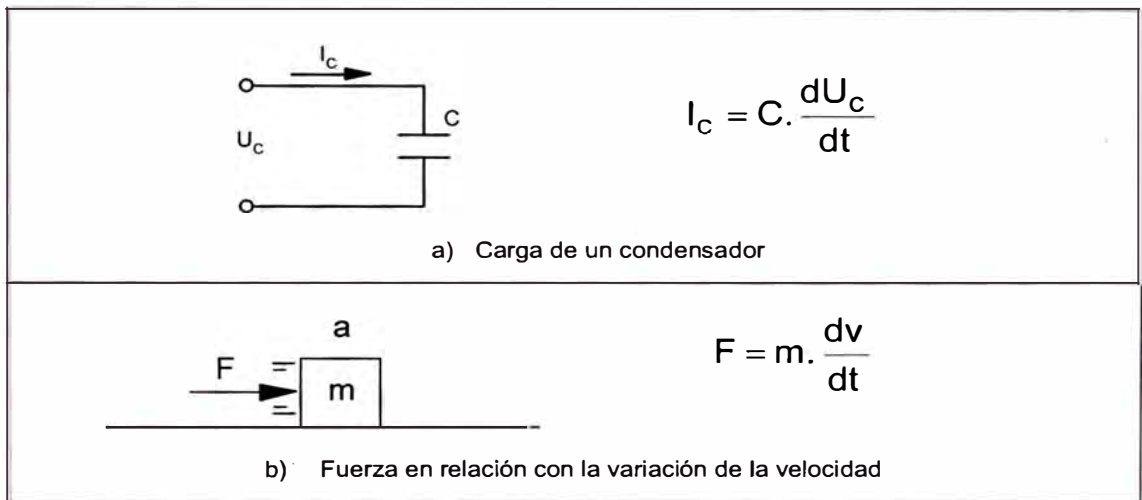


Fig. 2.32: Procesos derivativos.

A estos procesos se los representan como lo muestra la Fig. 2.33

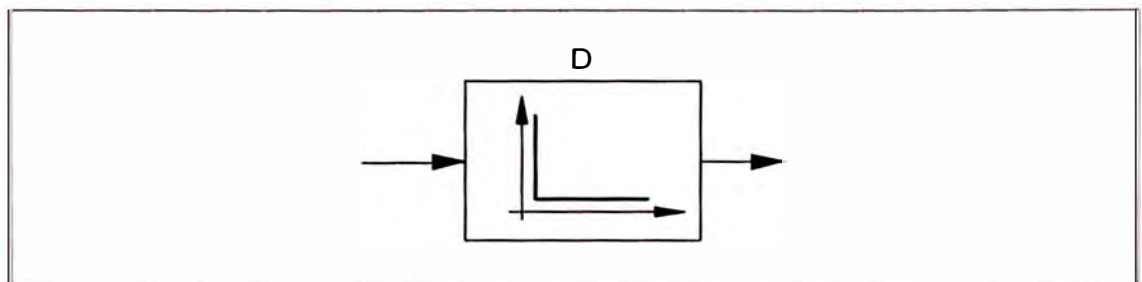


Fig.2.33: Representación de un proceso derivativo.

2.8.5 CONTROL CON ALGORITMO P.I.D.

Un sistema de control P.I.D. puede ser “modelado” y representado en forma detallada y simplificada (Fig.2.34). La formulación se muestra en (13) donde las constantes K_p , (1/ T_n), T_v son las constantes a regular, para mantener “regulado un sistema” de perturbaciones externas.

$$y = K_p \left(e + \frac{1}{T_n} \int e \cdot dt + T_v \cdot \frac{de}{dt} \right) \dots \dots \dots (13)$$

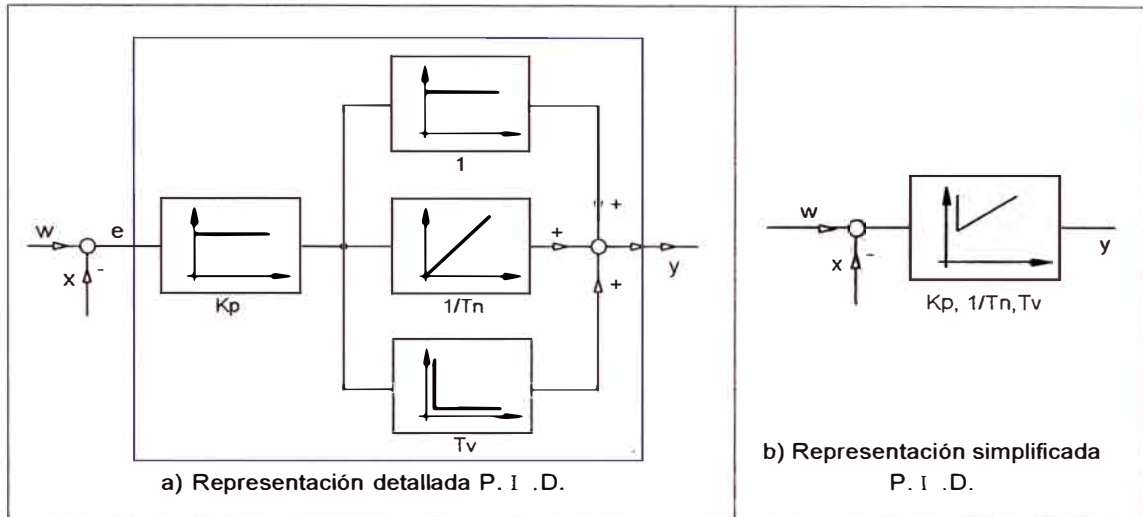


Fig. 2.34: Representaciones de un sistema de control P. I .D.

2.8.6 TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL P. I .D RV 42

La tarjeta de control RV 42 (Fig. 2.35) ha sido diseñada para el trabajo en conjunto con la tarjeta PQ 03 en un sistema de control en lazo cerrado. Esta tarjeta con parámetros de control P. I .D. permite que la señal de retorno del sistema hidráulico sea regulada al valor teórico o set point.

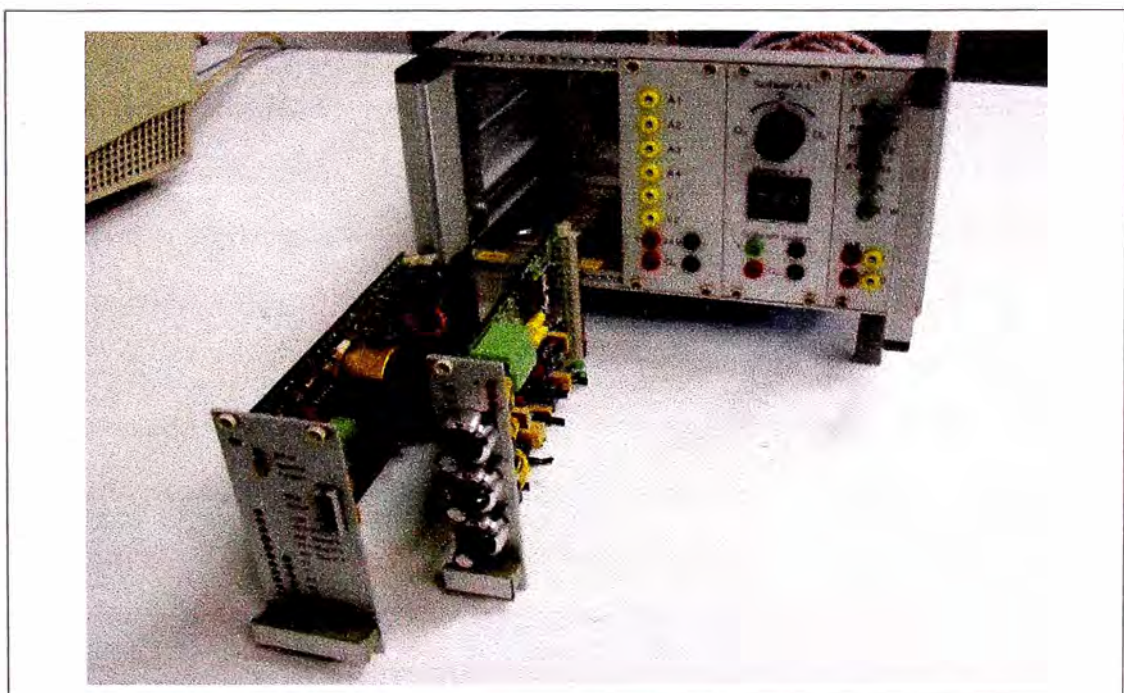


Fig. 2.35: Tarjeta PQ 03, Tarjeta RV 42 y rack de conexión.

Para introducir esta nueva etapa de control en el sistema se unen los terminales W1 con W2 e Y1 con Y2. La señal a regular proveniente del sistema hidráulico se introduce en el terminal X. (Fig. 2.36)

En el anexo 4 (Pág. 240) se muestran el catálogo y los planos de la tarjeta de regulación P.I.D. RV 42.

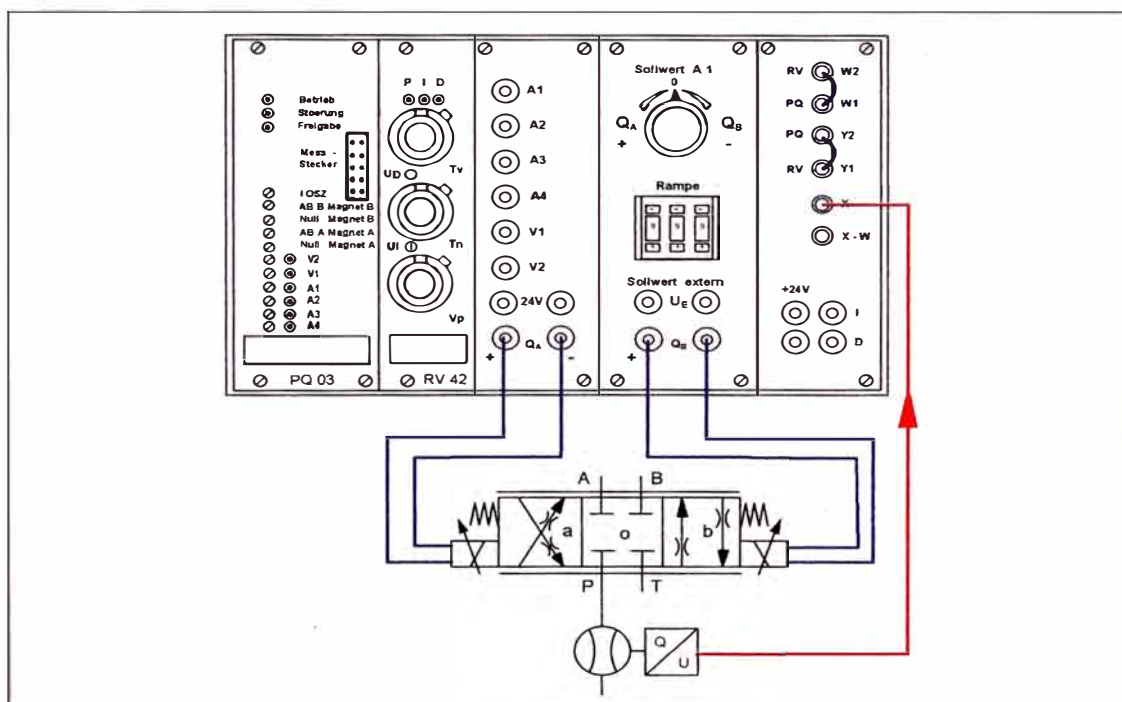


Fig. 2.36: Conexión de la tarjeta RV 42 al sistema de control de una válvula proporcional.

2.9 SOLENOIDES PROPORCIONALES

Los solenoides proporcionales son alimentados con corriente continua mientras que los solenoides convencionales son alimentados por tensión con señales discretas. En ambos casos una corriente constante I genera un campo magnético y este a su vez una fuerza magnética F_{MG} . Esta fuerza magnética produce un desplazamiento s en el inducido.

En un solenoide convencional de mando discreto, la relación entre la fuerza magnética y el desplazamiento del inducido en su tramo de trabajo es una función exponencial. (Fig. 2.37). En el Anexo 2 (Pág. 230, 231) se muestra la curva de respuesta experimental de un solenoide convencional de 24 V D.C. de una válvula distribuidora de tamaño nominal (T.N.) 6.

En un solenoide proporcional la relación entre la fuerza magnética y el desplazamiento es una función lineal.

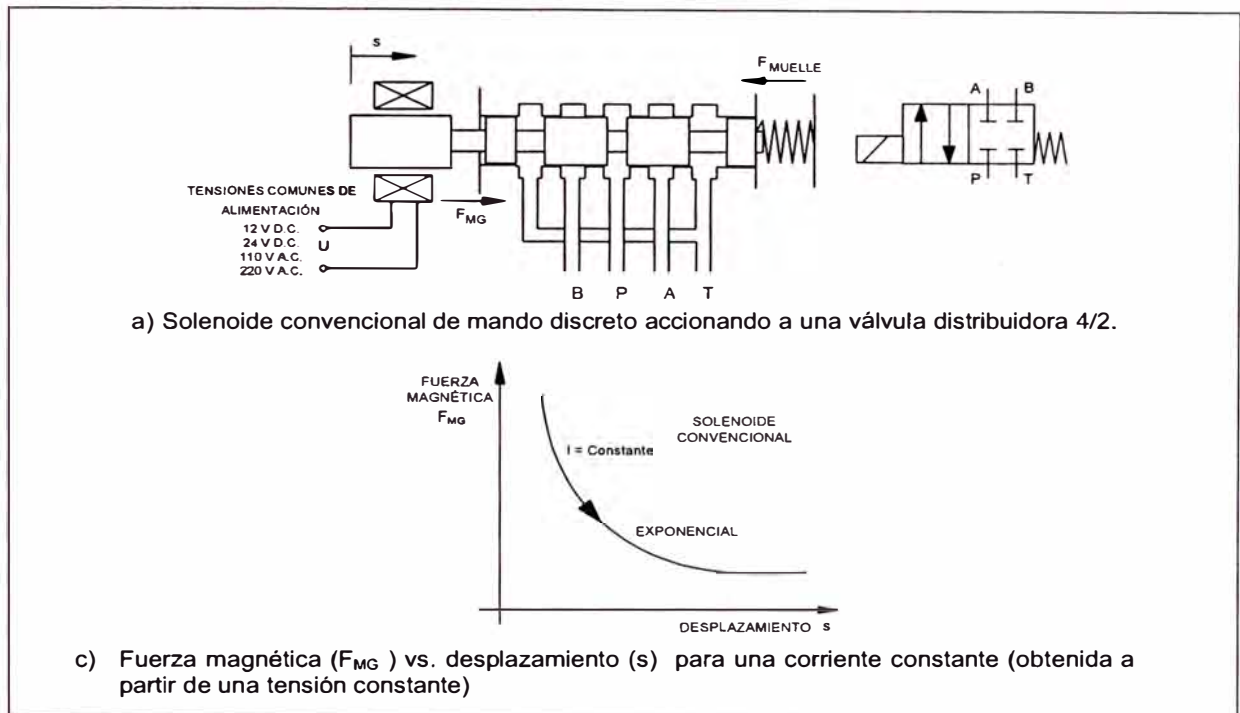


Fig. 2.37: Características de un solenoide discreto.

La diferencia estructural entre un solenoide proporcional y uno convencional esta en el diseño de la armadura, núcleo magnético y la camisa imantada central. La armadura y el núcleo del solenoide proporcional están hechos de material fácilmente magnetizable tal como en el solenoide de conmutación, pero el solenoide proporcional tiene un cono de control adicional que consiste en material no magnetizable que influye en el recorrido de las líneas del campo magnético lo que finalmente genera una fuerza magnética mas constante dentro de la carrera de trabajo de la armadura (Fig. 2.38).

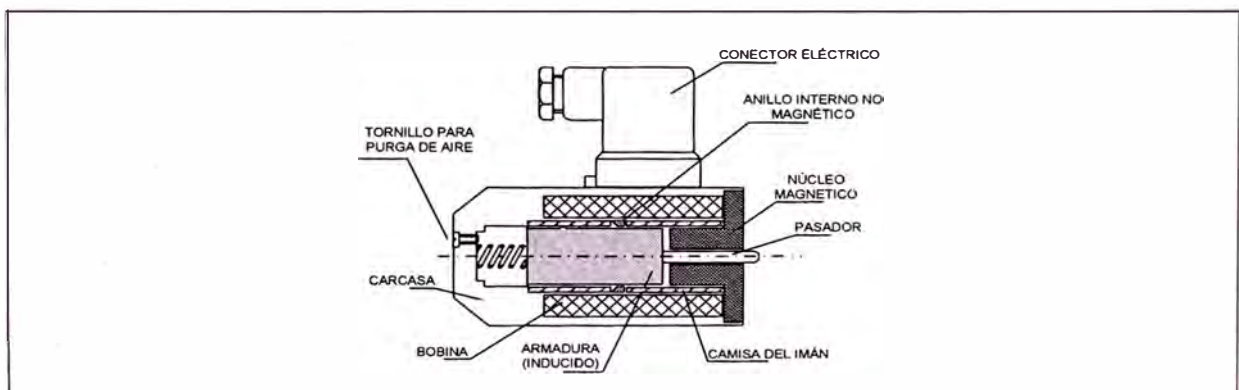


Fig. 2.38: Solenoide proporcional general.

Los solenoides proporcionales se clasifican en:

- a) Solenoide proporcional de Mando por Fuerza.
- b) Solenoide proporcional de Mando por Desplazamiento.

2.9.1 SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA

Un solenoide proporcional de mando por fuerza ejerce gran fuerza sobre el inducido y este realiza un corto desplazamiento. Se los utiliza para mandar a válvulas como la limitadora de presión de mando directo.

Inicialmente, cuando se aplica la corriente I ejerce fuerza magnética F_{MG} pero el inducido del solenoide no realiza desplazamiento s ya que actúa directamente sobre el elemento de cierre y este a su vez sobre el asiento (Fig. 2.39).

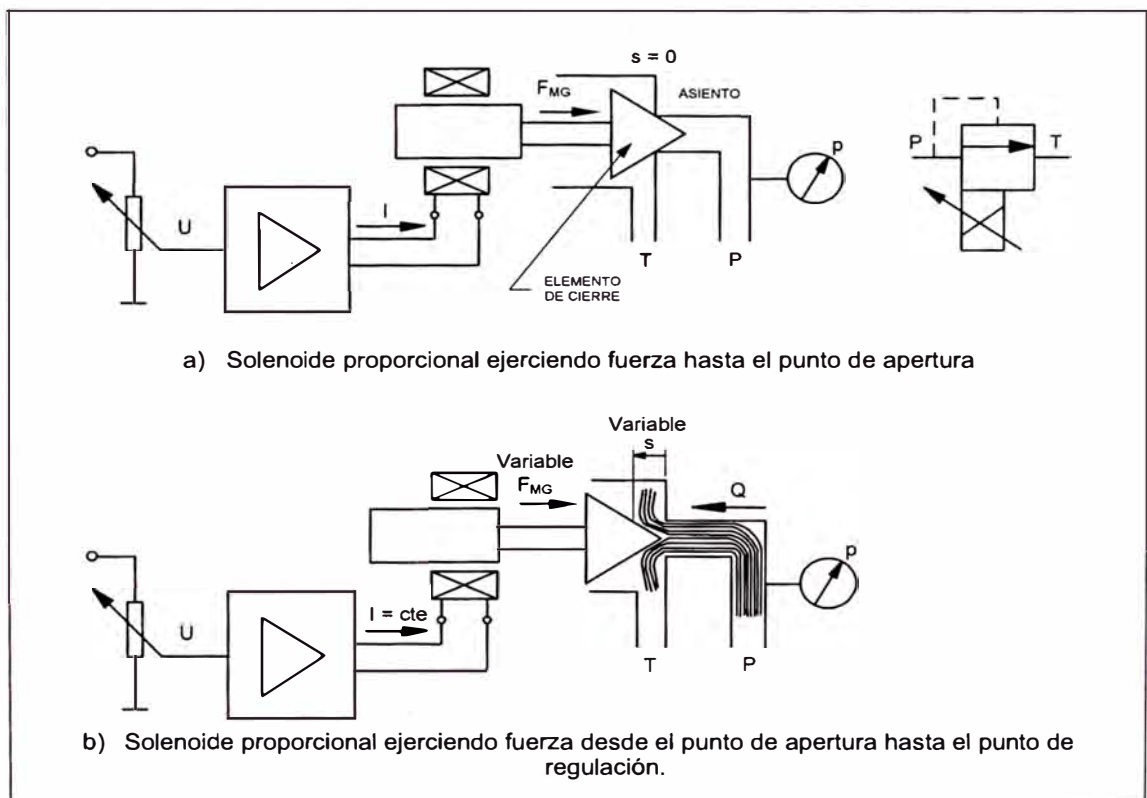


Fig. 2.39: Solenoide proporcional de mando por fuerza.

Solo cuando pasa un caudal Q de P a T , el cono se levanta una distancia proporcional al caudal, en contra de la fuerza magnética, por lo tanto el desplazamiento s se produce en contra del campo magnético. Esto significa que cuando se comienza a abrir la válvula el punto de trabajo se desplazará desde el

valor "Punto de apertura A" hasta el valor "Punto de regulación B" a través de la curva $I = \text{cte}$. Por lo tanto sube la fuerza y consecuentemente la presión de p_0 a p_{max} al igual que se produce un pequeño desplazamiento s para el paso del caudal Q . La característica de la curva de corriente constante es una respuesta lineal con una pendiente entre la fuerza magnética F_{MG} y el desplazamiento s . (Fig. 2.40).

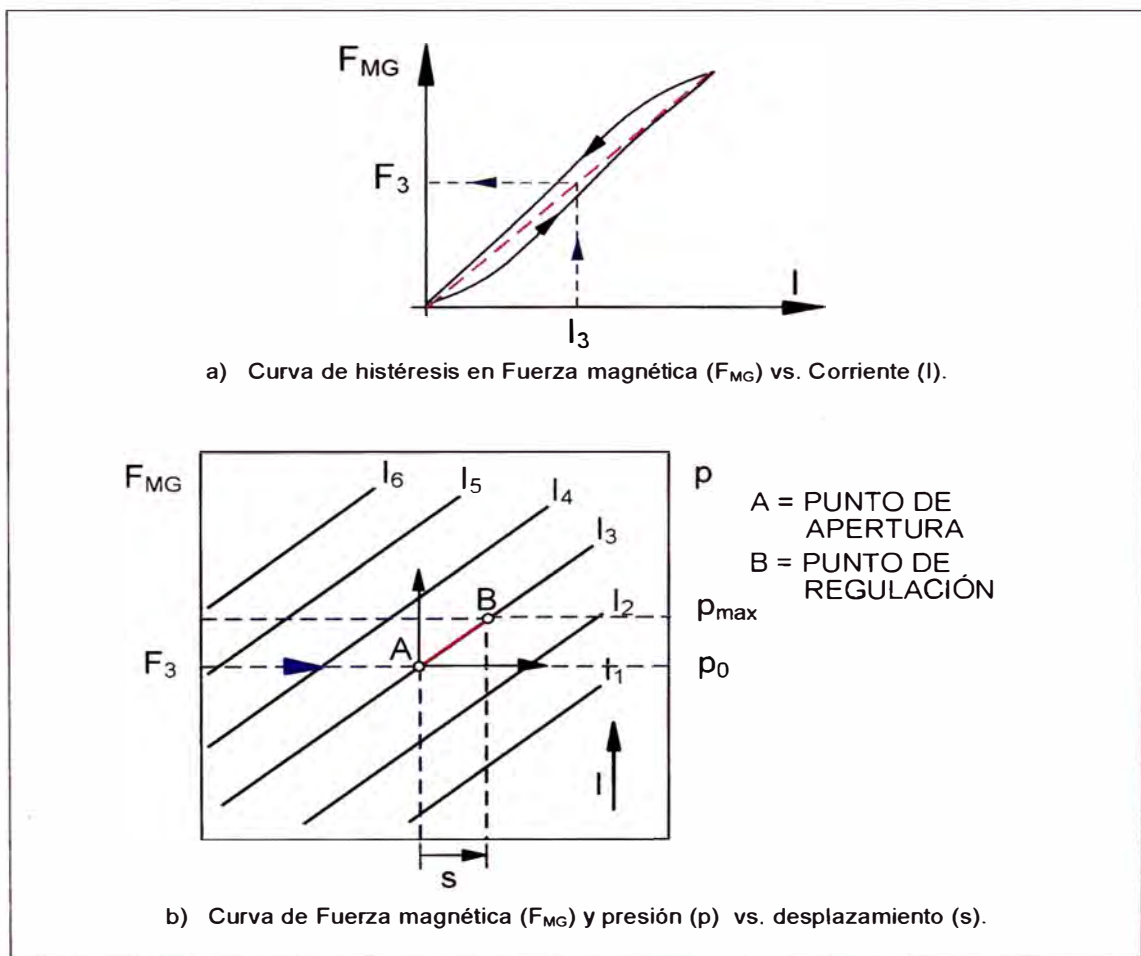


Fig. 2.40: Curvas del solenoide proporcional de mando por fuerza.

2.9.2 SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO

En el solenoide proporcional de mando por desplazamiento la corriente genera un campo magnético, y este a su vez una fuerza magnética F_{MG} el que se aplica directa o indirectamente sobre un muelle produciendo un desplazamiento s (Fig. 2.41). Su característica principal es que la fuerza magnética permanece constante en el recorrido del desplazamiento del inducido.

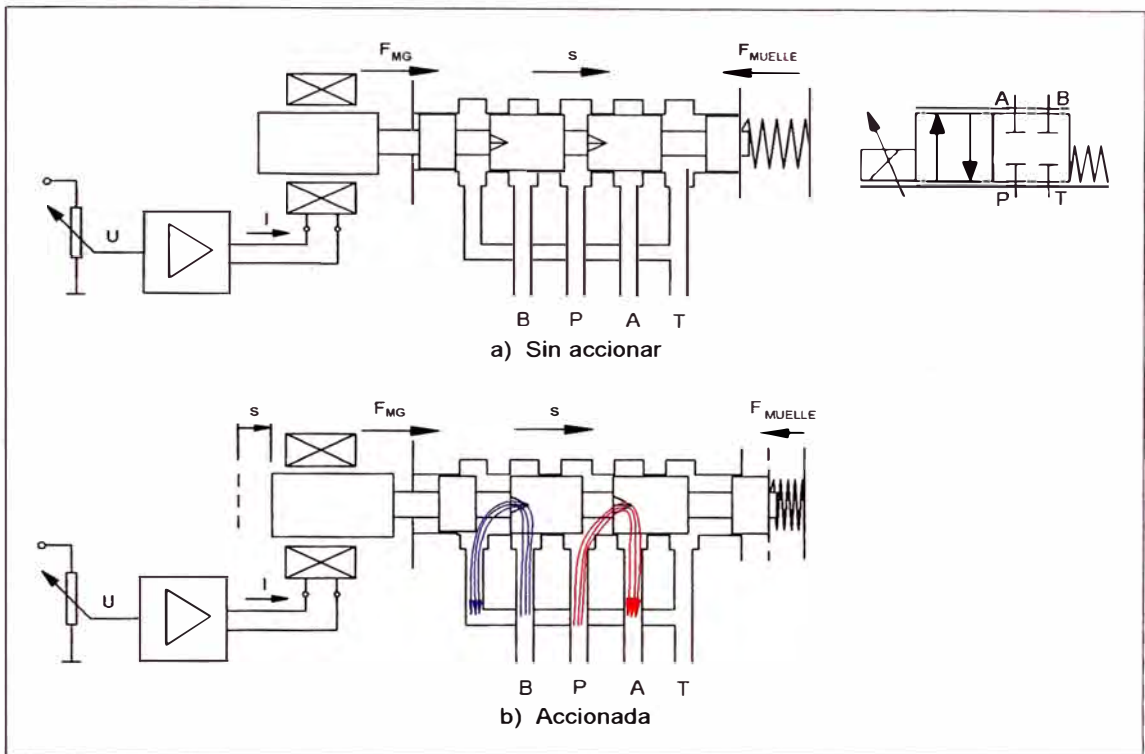


Fig. 2.41: Solenoide proporcional de mando por desplazamiento.

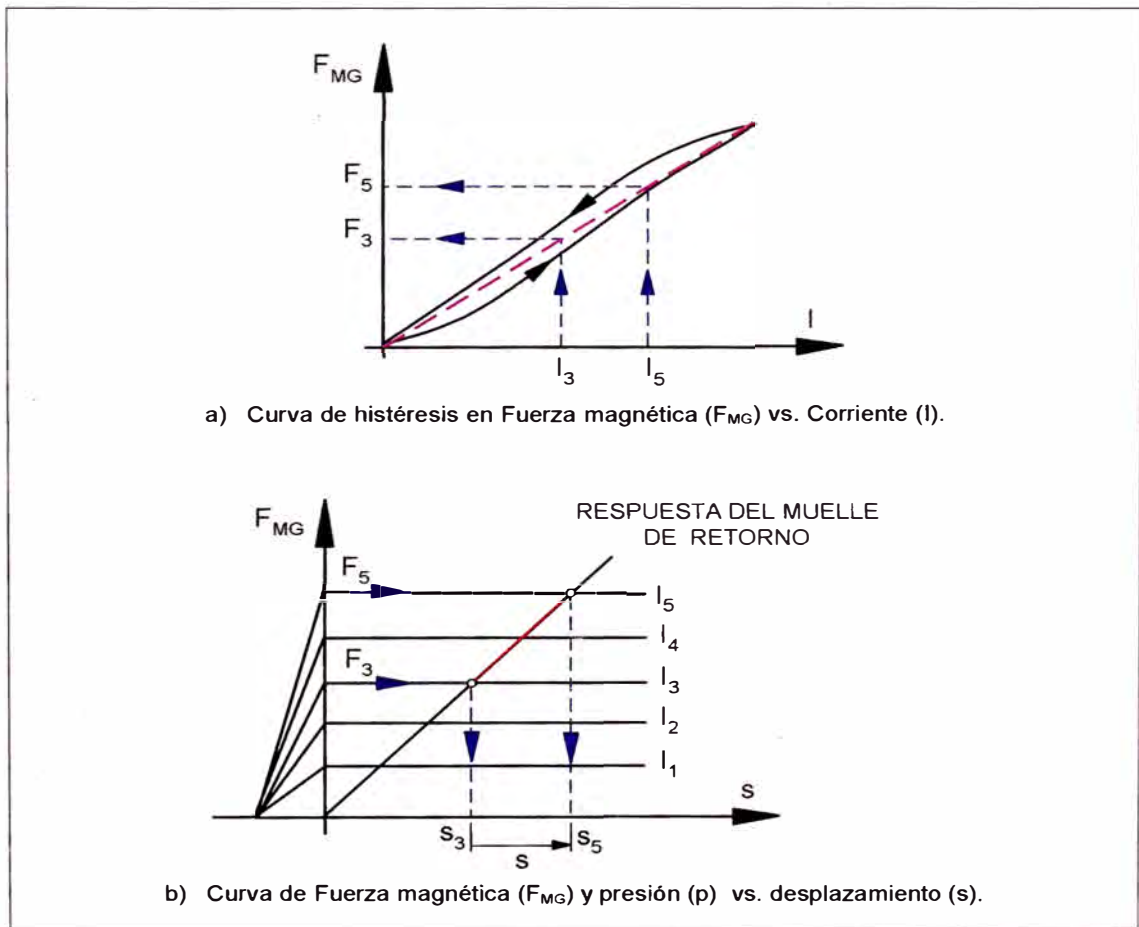


Fig. 2.42: Curvas del solenoide proporcional de mando por desplazamiento.

Esto significa que la fuerza magnética es solo función de la corriente y no del desplazamiento, por lo tanto es posible controlar la fuerza magnética con solo controlar la corriente I . Cuando la fuerza magnética se aplica sobre el inducido y este a su vez sobre el muelle de retorno le producirá una deformación hasta llegar a una posición de equilibrio ($F_{MG} = F_{MUELLE}$). Al tener en oposición la fuerza del muelle este se deformará linealmente en función a la corriente I ⁶ y el elemento accionado (corredera) se ubicará en una determinada posición, por lo tanto el desplazamiento s será proporcional lineal a la corriente I (Fig. 2.42).

Los solenoides proporcionales mandados por desplazamiento se utilizan en válvulas distribuidoras y en válvulas de presión, como el caso común de una válvula limitadora de presión de mando directo cuyo tornillo de regulación ha sido reemplazado por el inducido del solenoide proporcional.

2.10 VÁLVULAS PROPORCIONALES

Son aquellas válvulas de mando continuo, es decir que es posible posicionarla en infinitas posiciones entre dos posiciones extremas. Se debe distinguir entre:

- a) **Válvula Proporcional:** Es referida solo a la válvula como elemento mecánico y su característica fundamental es la presencia de muescas en la corredera que permitirán la apertura o cierre en forma continua. Es el caso común de las válvulas distribuidoras proporcionales utilizadas en el control de equipo móvil pero cuyo accionamiento es manual, mecánico o hidráulico (Fig. 2.43).
- b) **Válvula Proporcional con control Proporcional:** Son válvulas accionadas por un solenoide proporcional. Una tarjeta electrónica recibe una señal de tensión U , la convierte y amplifica en corriente I la que se aplica al solenoide proporcional.

⁶ Si la fuerza magnética fuese función del desplazamiento no se podría equilibrar con la fuerza del muelle de centrado ya que cada uno tendría una fuerza diferente para cada posición creando un desequilibrio, por lo tanto no se podría controlar la posición de la corredera con la corriente I .

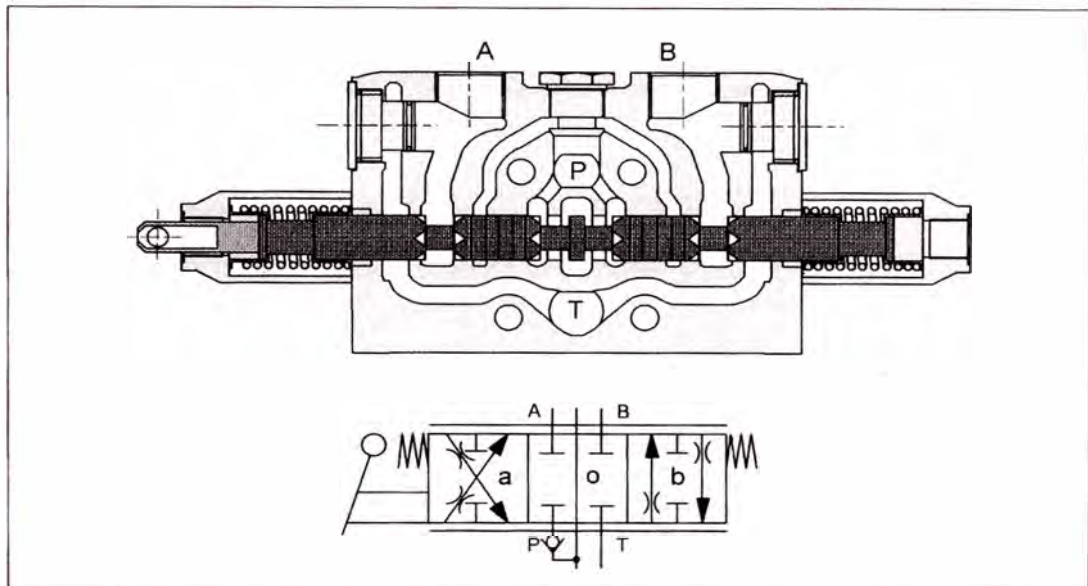


Fig. 2.43: Válvula distribuidora proporcional 6/3 de accionamiento manual.

2.10.1 CLASIFICACION

Las válvulas proporcionales constituyen una familia semejante a las válvulas convencionales, por lo tanto las podemos clasificar por:

I) La función:

a) Válvulas de presión proporcionales: Controlan la presión.

Ejemplos:

Válvula limitadora de presión: Controlan la presión máxima de un sistema.

Válvula reductora de presión: Controlan la presión máxima en la salida de la válvula.

Las válvulas de presión pueden ser accionadas por solenoides mandados por fuerza o por desplazamiento y pueden tener transductores de posición para realizar control en lazo cerrado a través de una línea feedback.

Las Fig. 2.42 y Fig. 2.43 muestran limitadoras de presión de mando directo accionadas por solenoides de fuerza y de desplazamiento respectivamente.

b) Válvulas de distribución proporcional: Controlan el caudal y la dirección.

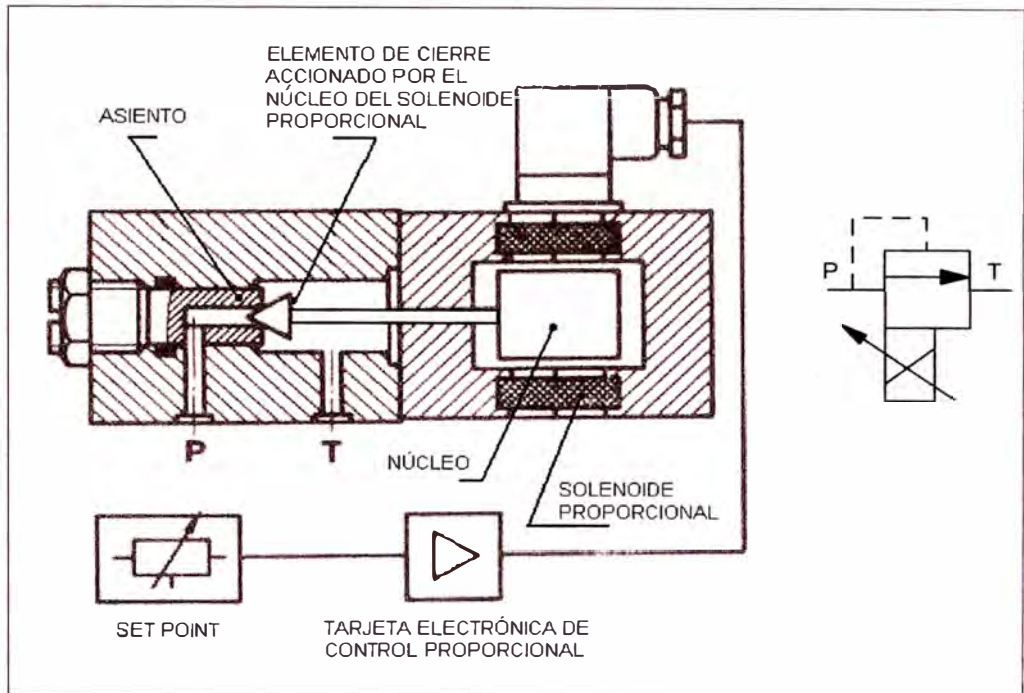


Fig. 2.44: Válvula limitadora de presión proporcional de mando directo con solenoide de mando por fuerza con control en lazo abierto.

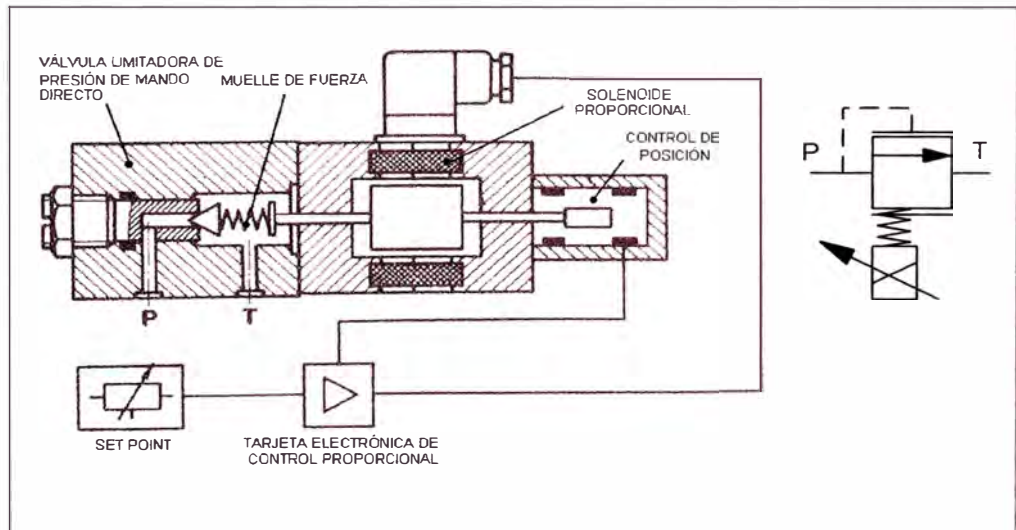


Fig. 2.45: Válvula limitadora de presión proporcional de mando directo con solenoide de mando por posicionamiento y control en lazo cerrado.

Ejemplos:

Válvulas distribuidoras proporcionales: 4/2, 4/3, 6/3, etc. Al igual que las válvulas de presión, las válvulas distribuidoras pueden tener transductores de posición para realizar control en lazo cerrado.

Las Fig. 2.46 y 2.47 muestran dos válvulas distribuidoras 4/3, la primera sin transductor de posición y la segunda con transductor de posición – tensión.

- c) Válvulas de control y regulación de caudal proporcionales: Controlan o regulan solo el caudal.

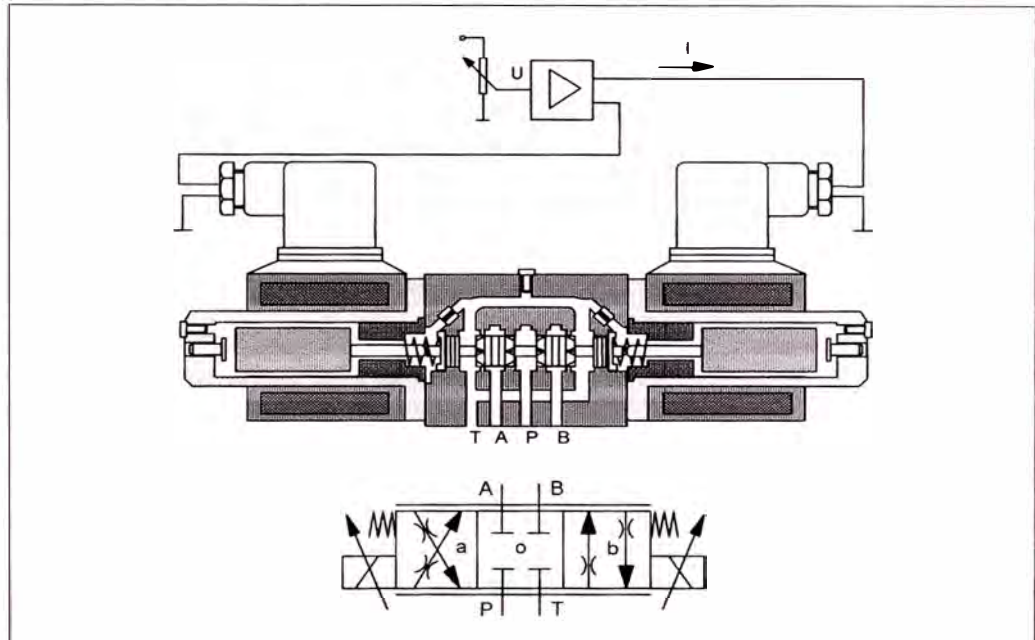


Fig. 2.46: Válvula distribuidora proporcional 4/3 con control proporcional.

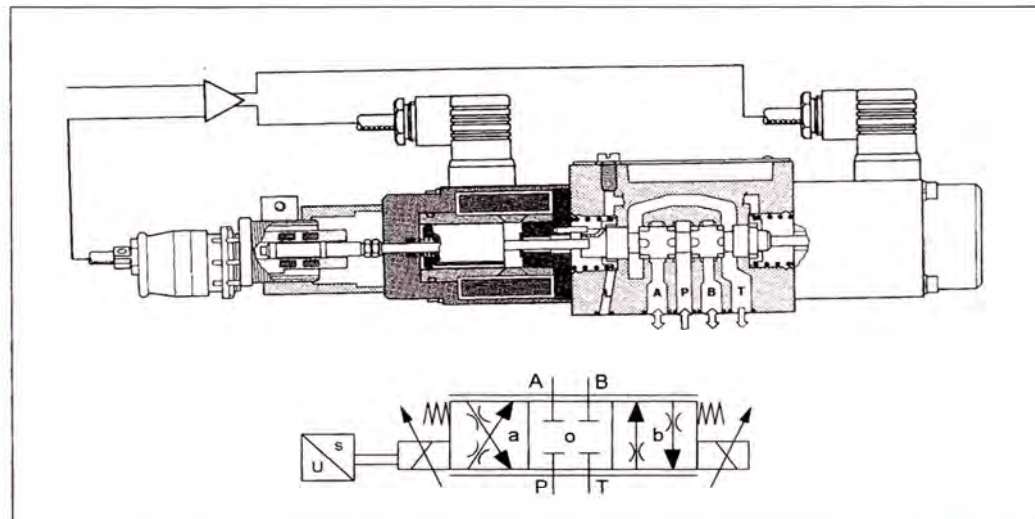


Fig. 2.47: Válvula distribuidora proporcional 4/3 de mando directo con transductor s/U.

Ejemplos:

Válvula de estrangulamiento: Generan resistencia al paso del fluido.

Válvulas reguladoras de caudal: Regulan el caudal de salida de la válvula.

En la Fig. 2.48 se muestra un ejemplo de una válvula proporcional de estrangulamiento.

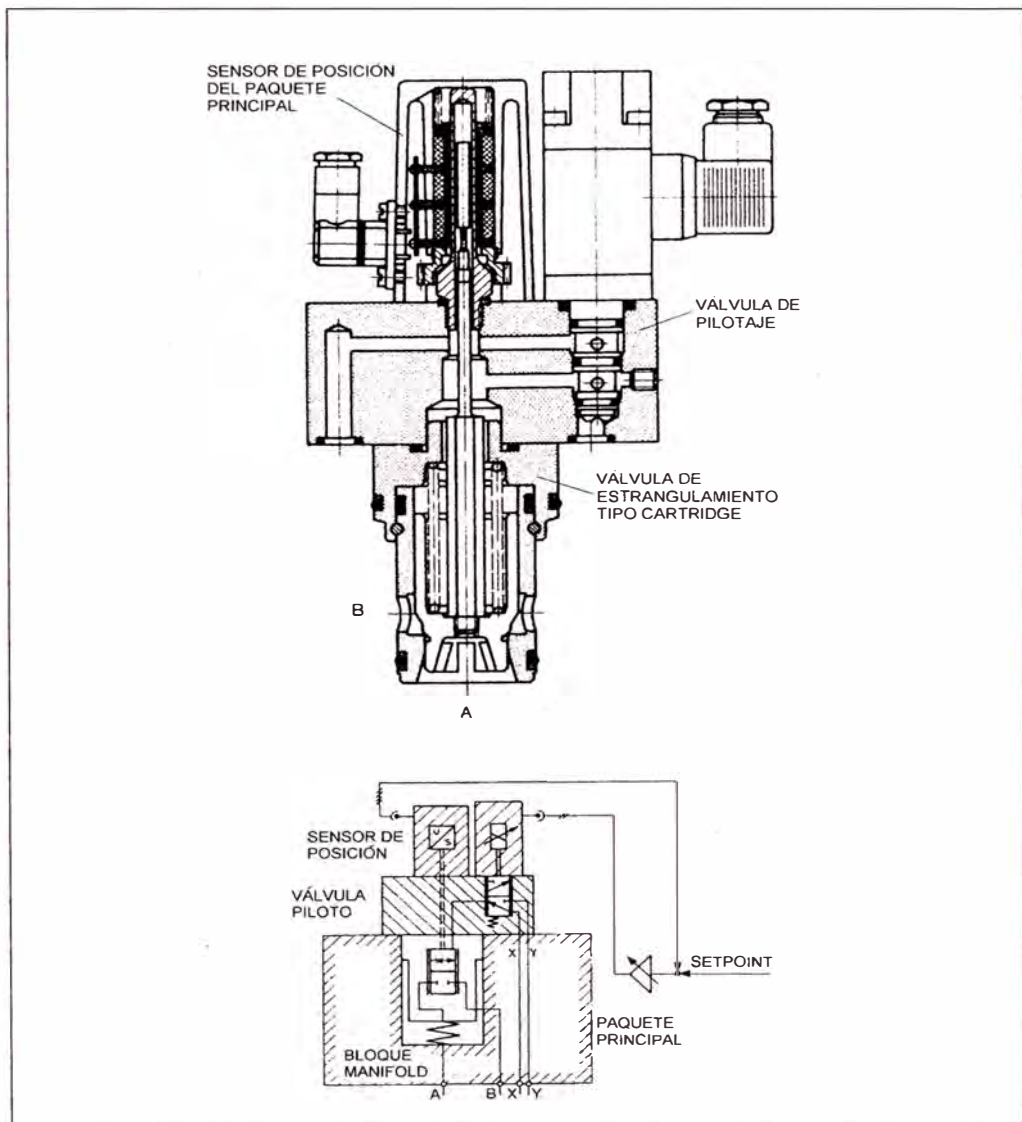


Fig. 2.48: Válvula de estrangulamiento proporcional con transductor s/U.

II) Por el caudal que controlan:

- a) Válvulas proporcionales de mando directo. Controlan bajos caudales.
- b) Válvulas proporcionales de mando indirecto. Controlan altos caudales.

Las válvulas proporcionales de mando indirecto se usan para el control de grandes caudales y para ello se utiliza una válvula proporcional de mando directo que pilotea hidráulicamente a un paquete principal o a otra válvula proporcional de mayor tamaño. Se considera un alto caudal aquellos que son mayores en promedio a 10 GPM.

Ejemplo:

V. limitadora de presión proporcional de mando indirecto. (Fig. 2.49).

V. distribuidora proporcional de mando indirecto. (Fig. 2.50).

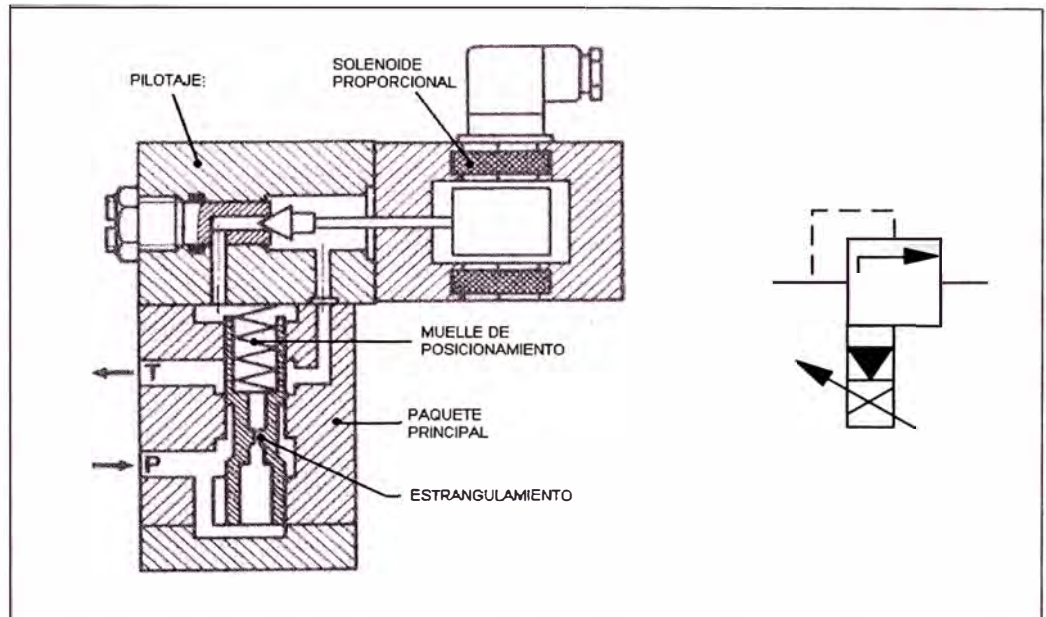


Fig. 2.49: Válvula limitadora de presión proporcional de mando indirecto.

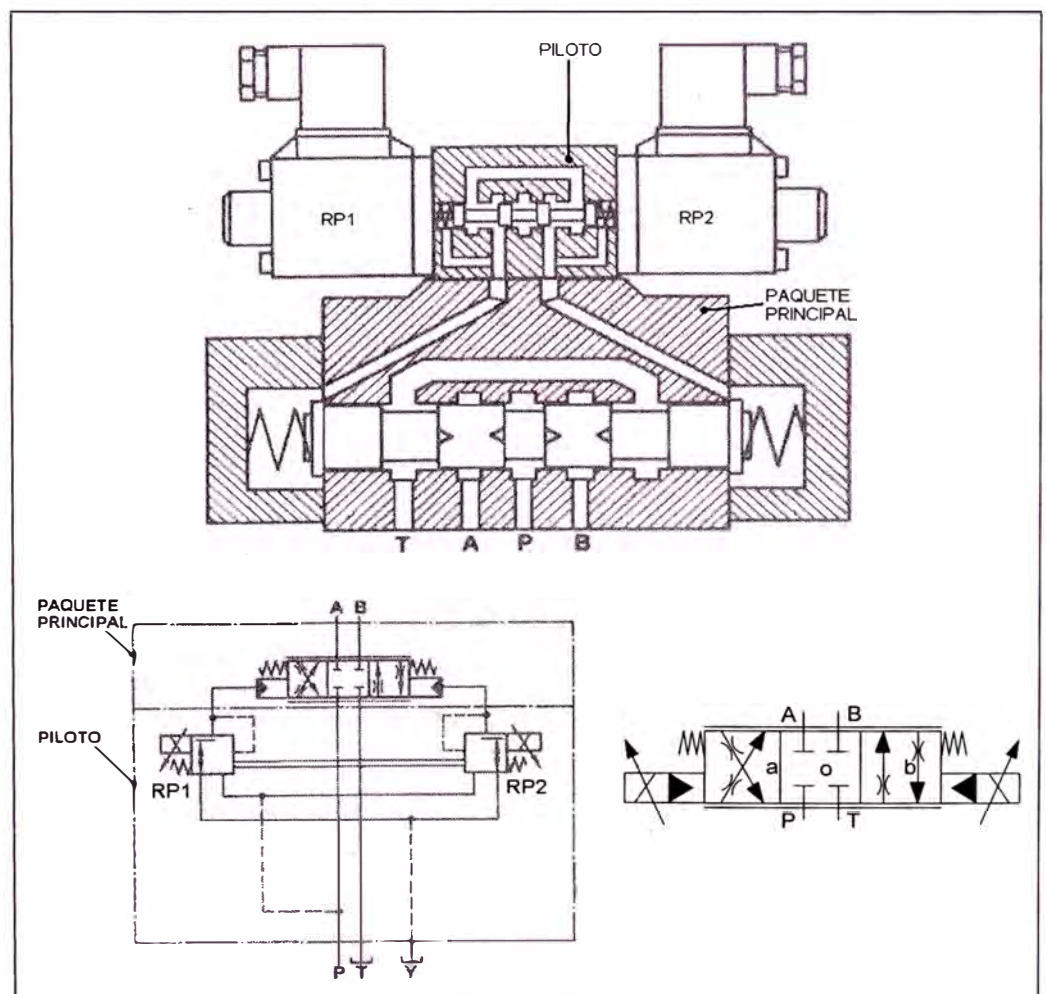


Fig. 2.50: Válvula distribuidora proporcional 4/3 de mando indirecto con sistema de pilotaje constituido por dos válvulas reguladoras de presión RP1 y RP2. Representaciones detallada y simplificada.

CAPÍTULO 3:

COMPONENTES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL MONITOREO Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se detallan las características técnicas de los equipos utilizados en el presente informe, los cuales se pueden clasificar en la Tabla 3.1:

	DESCRIPCIÓN	TABLAS
I)	Equipo hidráulico: <ul style="list-style-type: none">➤ Unidad de transformación de energía mecánica a hidráulica.➤ Componentes hidráulicos convencionales.➤ Componentes hidráulicos proporcionales.	Tabla 3.2 Tabla 3.3 Tabla 3.4
II)	Equipo electrónico: <ul style="list-style-type: none">➤ Tarjeta de control proporcional PQ 03.➤ Tarjeta de control P. I .D. RV42.	Tabla 3.5 Tabla 3.6
III)	Equipo de adquisición y monitoreo de datos: <ul style="list-style-type: none">➤ Transductores.➤ Tarjeta de adquisición de datos MFI 3.0.➤ PC, PLC.➤ Software.	Tabla 3.7 Tabla 3.8 Tabla 3.9 Tabla 3.10
IV)	Accesorios adicionales	Tabla 3.11
V)	Construcciones de apoyo	Tabla 3.12

Tabla 3.1: Clasificación de los componentes y equipos utilizados en el monitoreo y análisis.

3.1 EQUIPO HIDRÁULICO

3.1.1 UNIDAD DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA A HIDRÁULICA

ITEM	DESCRIPCIÓN (SIMBOLOGÍA)	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD
1	Compuesto de 2 bombas de paletas de caudal variable: Desplazamiento Volumétrico 7 cm ³ . Presión máxima 70 bar. Tanque de 40 l. Accionado por motor eléctrico de 1,5 KW, 220V, 1500 RPM, 60 Hz. Fluido: Aceite Hidráulico TELLUS 37 (Shell).	HPF 2 R 3X B2 G2 A7 T2 E8 L7 (REXROTH)	1

Adicionales: Filtro de 10 μ m en la línea de retorno, visor para nivel de aceite, distribuidores en las líneas P,T y descarga para el trabajo independiente de cada bomba. Todas las salidas se encuentran protegidas por válvulas de retención.

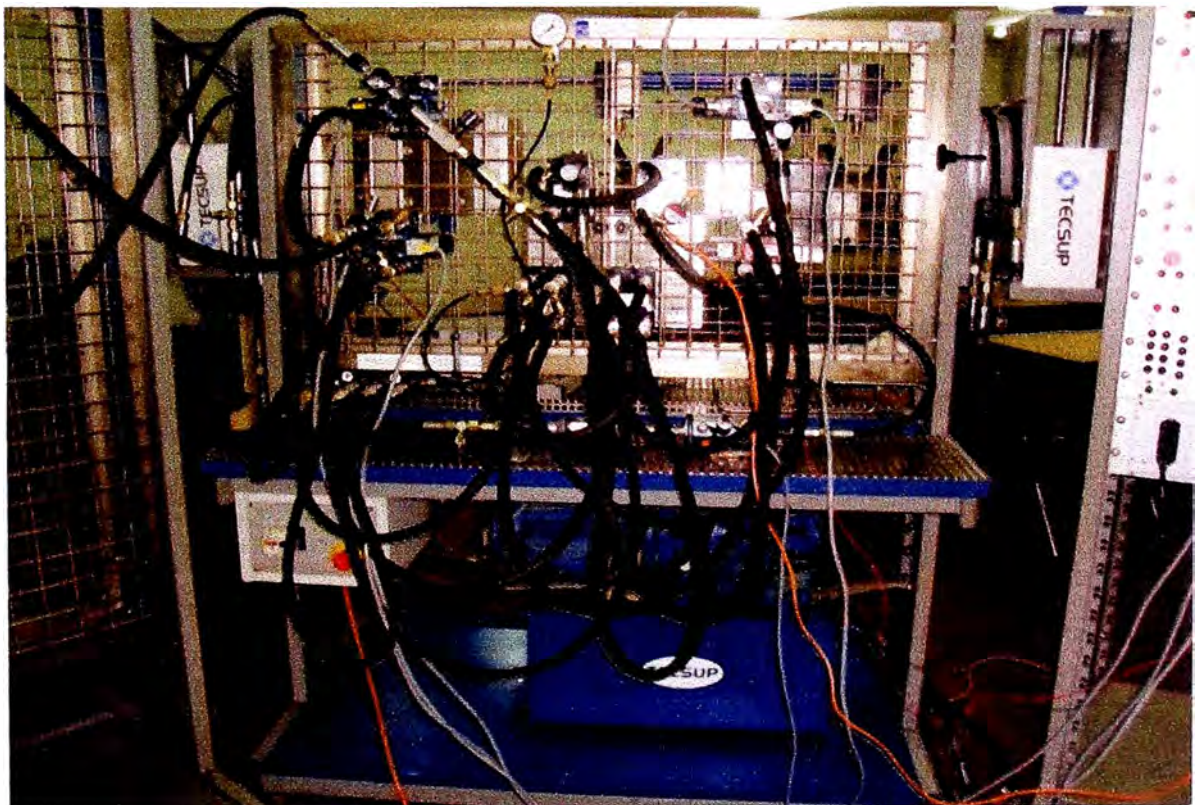
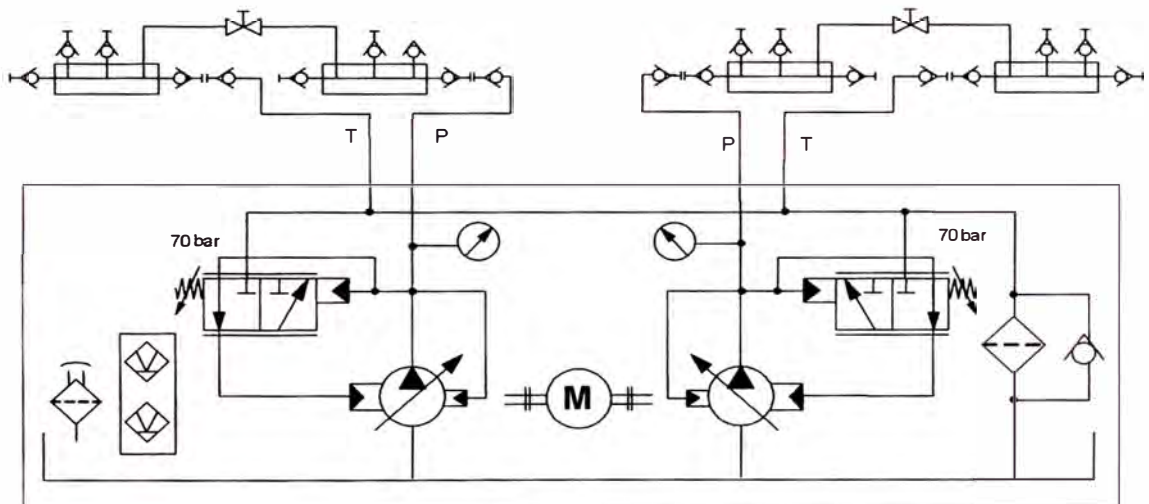
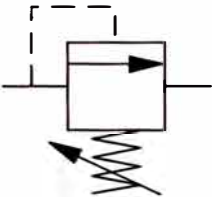
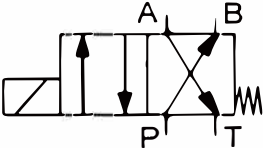
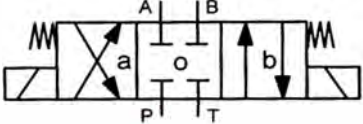
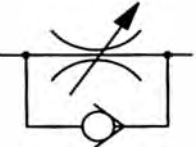


Tabla 3.2: Equipo Hidráulico utilizado en el monitoreo y análisis.

3.1.2 COMPONENTES HIDRÁULICOS CONVENCIONALES

ITEM	DESCRIPCIÓN (SIMBOLOGÍA)	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD
1	<p>Válvula limitadora de presión de mando directo DBDH6G1X/100</p> <p>$p_{m\acute{a}x} = 100 \text{ bar}$ $Q_{m\acute{a}x} = 50 \text{ l/min}$</p> 	DD1.1N (REXROTH)	2
2	<p>Válvula distribuidora 4/2, con accionamiento eléctrico.</p> <p>24 V D.C; R = 19 Ω</p> <p>$p_{m\acute{a}x} = 350 \text{ bar}$ $Q_{m\acute{a}x} = 50 \text{ l/min}$</p> 	DW3E.NV (REXROTH)	2
3	<p>Válvula distribuidora 4/3, con accionamiento eléctrico</p> <p>4WE E 6X/EG24N9K4</p> <p>24 V D.C; R = 21 Ω</p> <p>$p_{m\acute{a}x} = 350 \text{ bar}$ $Q_{m\acute{a}x} = 50 \text{ l/min}$</p> 	DW13E.NV (REXROTH)	2
4	<p>Válvula de estrangulamiento con válvula check DRV-081-1X/M</p> <p>$p_{m\acute{a}x} = 350 \text{ bar}$ $Q_{max} = 20 \text{ l/min}$ Presión de apertura de check = 0,5 bar</p> 	DF2.2N (REXROTH)	2

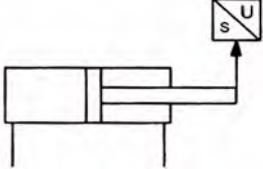
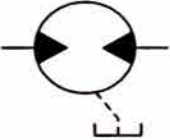

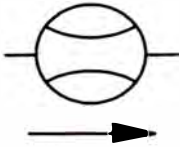

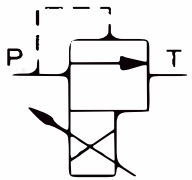

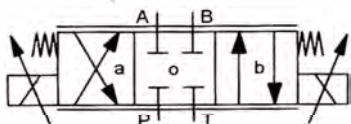
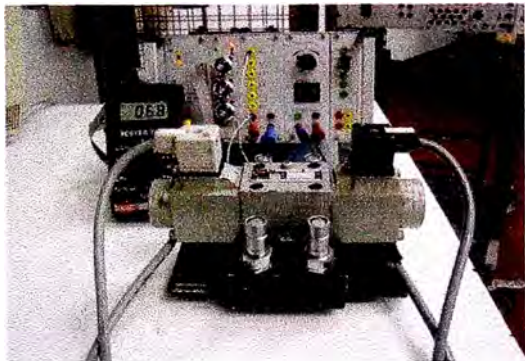
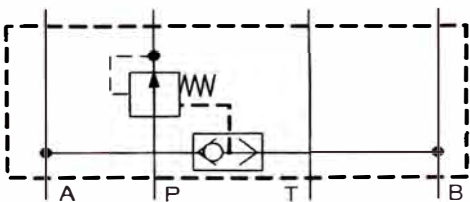
5	<p>Cilindro de doble efecto con potenciómetro CD70M25/16-200Z11/00HC Dimensiones: 25/16/200 (D/d/L) mm R (Potenciómetro) = 10 k Ω, +/- 0,1 %</p> 	ZY3.1N (REXROTH)	1
6	<p>Motor hidráulico de pistones axiales de plato inclinado A2F5W6.0C3 D.V. = 6 cm³</p> 	DM2.1N (REXROTH)	1
7	<p>Manómetros de 0 – 100 bar. G1/4 Precisión: 5 bar</p> 	DZ1.4 (REXROTH)	4
8	<p>Caudalímetro Rango: 1 – 7,5 l/min FM-26-222-112 Precisión: 0,5 l/min</p> 	DZ35.1N (REXROTH)	2
9	<p>Uniones flexibles Diámetro: ¼" $p_{m\acute{a}x}$ = 3000 psi Longitudes: 630 mm; 1000 mm; 1500 mm</p> 	DZ25.1N DZ25.3N DZ25.4N	30

Tabla 3.3: Componentes hidráulicos convencionales, códigos y simbología.

3.1.3 COMPONENTES HIDRÁULICOS PROPORCIONALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD
------	-------------	--------	----------

	(SIMBOLOGÍA)	(FABRICANTE)	
1	<p>Válvula limitadora de presión proporcional de mando directo p_{max} 100 bar, con platina base G $\frac{1}{4}$ 2400mA 3.9Ω (T = 20 °C)</p>  	<p>DBC6UPG70 002 200 (HERION)</p>	1
2	<p>Válvula distribuidora proporcional 4/3 de mando directo. I_{max}: 1600 mA 5.77Ω (T = 20 °C) p_{max} = 350 bar</p>  	<p>S6UP10G187 002 100 (HERION)</p>	1
3	<p>Compensador de presión en P con Δp = 10 bar Q = 20 l/min p_{max} = 350 bar</p> 	<p>0723117 (HERION)</p>	1

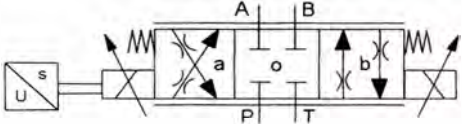
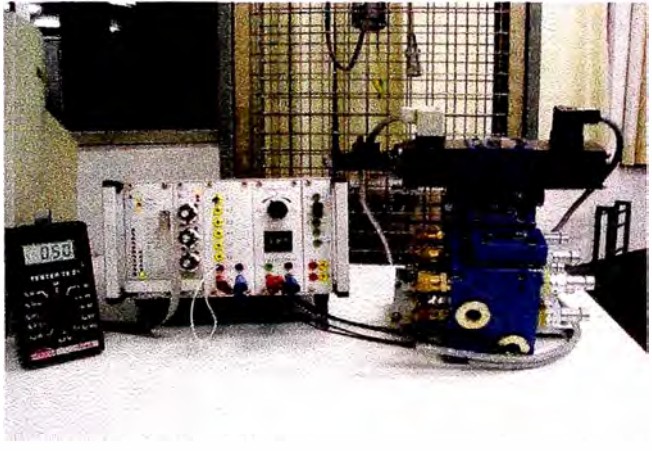
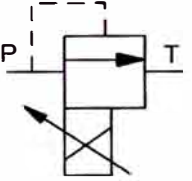
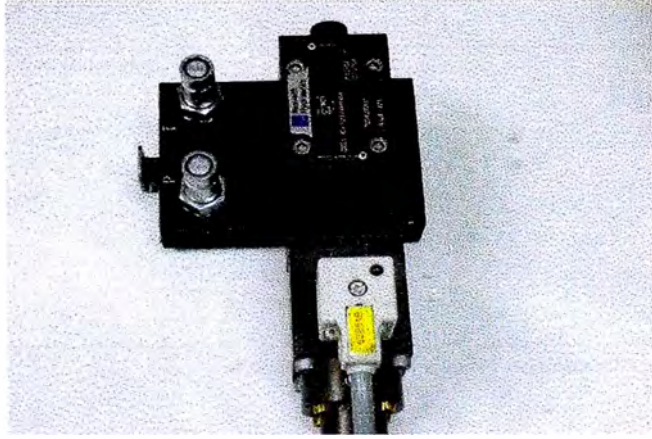
4	<p>Válvula distribuidora proporcional 4/3 de mando directo 4WRE6E08-1X HYDRONORMA 1500 mA 5,4 Ω (T = 20 °C) p_{max} = 350 bar</p>  	DW36E.N (REXROTH)	1
5	<p>Válvula limitadora de presión proporcional de mando directo p_{max} 100 bar DBE6-1X/50G24NK4M HYDRONORMA 1800 mA 5,4 Ω (T = 20 °C)</p>  	DD12E.NV (REXROTH)	1

Tabla 3.4: Componentes hidráulicos proporcionales, códigos, simbología y fotos.

3.2 EQUIPO ELECTRÓNICO

3.2.1 TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03

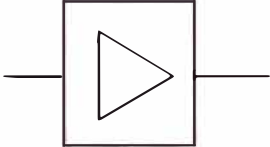
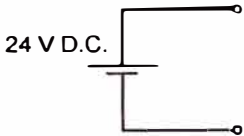
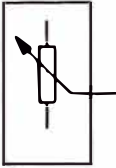
ITEM	DESCRIPCIÓN (SIMBOLOGÍA)	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD
1	Rack de tarjetas	5999123 (HERION)	2
2	Tarjeta electrónica de mando PQ 03 	5980044 8680 (HERION)	2
3	Multímetro digital: TE 01 HERION FLUIDTRONIK	5998639 (HERION)	1
4	Fuentes de tensión: 24 V D.C. 	N5	2
5	Potenciómetros 10 K Ω , +/- 0,1 % (OPERATING MODULE BPS5.1) 	545717 (REXROTH)	2

Tabla 3.5: Principales componentes electrónicos utilizados en la amplificación y control proporcional.

3.2.2 TARJETA DE CONTROL P.I.D. RV 42

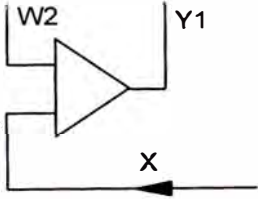
ITEM	DESCRIPCIÓN (SIMBOLOGÍA)	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Tarjeta de control P.I.D. RV 42 	(HERION)	1

Tabla 3.6: Representación de la tarjeta de control P. I .D.

3.3 EQUIPO DE ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE DATOS.

3.3.1 TRANSDUCTORES

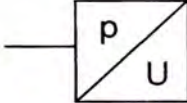

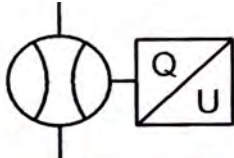

ITEM	DESCRIPCIÓN (SIMBOLOGÍA)	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD
1	<p>Transductor p/U IFM 0-100bar G ¼ Alimentación de 20 a 30 V. D.C. Señal: 0 – 10 V D.C.</p>  	6253606 (HERION)	2
2	<p>Transductor Q/U HYDROTECHNIK 1,0 a 10,0 l/min $p_{max} = 400 \text{ bar}$. G1/4 Alimentación de 20 a 30 V. D.C. Señal: 0 – 10 V D.C.</p>  	RE 4-10 (HERION)	2

Tabla 3.7: Transductores utilizados en el monitoreo.

3.3.2 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS MFI 3.0

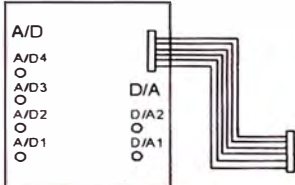
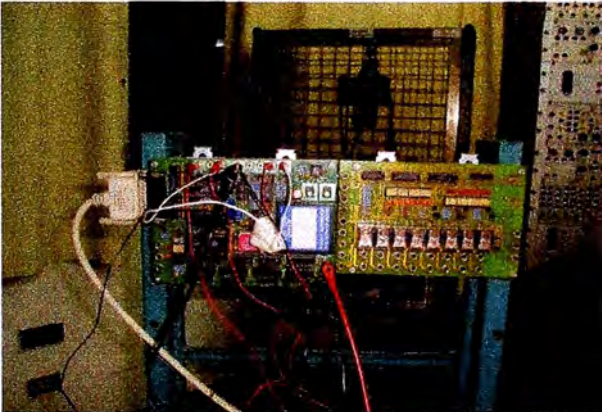
ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD
1	<p>MFI 3.0 IBES ELECTRONIC GmbH 4 Input análogos 0 -10 V 2 Output análogos 0 -10 V 8 Input Discretos 2A 8 Output Discretos 2A</p> <p>I/O (-10 ...+10)V</p>  	0584825 (HERION)	1

Tabla 3.8: Tarjeta de adquisición de datos.

3.3.3 PC, PLC

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD
1	PC: PENTIUM II Velocidad: 300 Mhz. Memoria: 128 Mbytes Disco Duro: 3 Gigabytes		1
2	PLC SIMATIC S5 – 100 U CPU 100 2 x 8 I 0,5 A 2 x 8 O 0,5 A	SIEMENS	1
3	Programador SIMATIC PG 615	SIEMENS	1

Tabla 3.9: Características de la PC y del PLC utilizados en el monitoreo.

3.3.4 SOFTWARE

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD
------	-------------	--------	----------

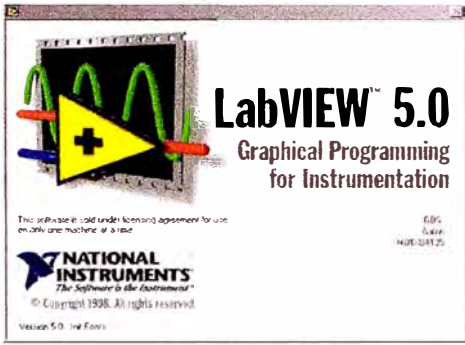
1	LabVIEW Versión 5.0 	(FABRICANTE) NATIONAL INSTRUMENTS	1
2	WINDOWS 98	MICROSOFT	1

Tabla 3.10: Principales softwares utilizados.

3.4 ACCESORIOS ADICIONALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Relés de 24 V 4 contactos N.A., 4 contactos N.C.		5
2	Cables de 2 mm y 4 mm		50
3	Pulsadores N.A., N.C.		5
4	Selectores		2
5	Multímetros		2

Tabla 3.11: Principales accesorios adicionales.

3.5 CONSTRUCCIONES DE APOYO

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura para medir desplazamiento y fuerza de un solenoide. (Representación Fig. 5.1) 	1

Tabla 3.12: Estructura construida para obtener la respuesta de I, F, s en los solenoides de las válvulas hidráulicas.

CAPÍTULO 4:

MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS SEÑALES EN LA TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03

4.1 OBJETIVO

El objetivo fundamental es visualizar y comparar las señales de entrada y salida de la tarjeta de control proporcional PQ 03, mostrando la influencia de cada parámetro en sus diversas regulaciones. Los diagramas mostrados, servirán de referencia para poder compararlos con los obtenidos con cualquier otra tarjeta de control proporcional independientemente del proveedor y del sistema hidráulico. En términos aplicativos cuando los diagramas obtenidos en una tarjeta de control proporcional no se ajusten a lo mostrado, entonces; podemos realizar un diagnóstico de falla rápido y certero.

4.2 DESCRIPCIÓN

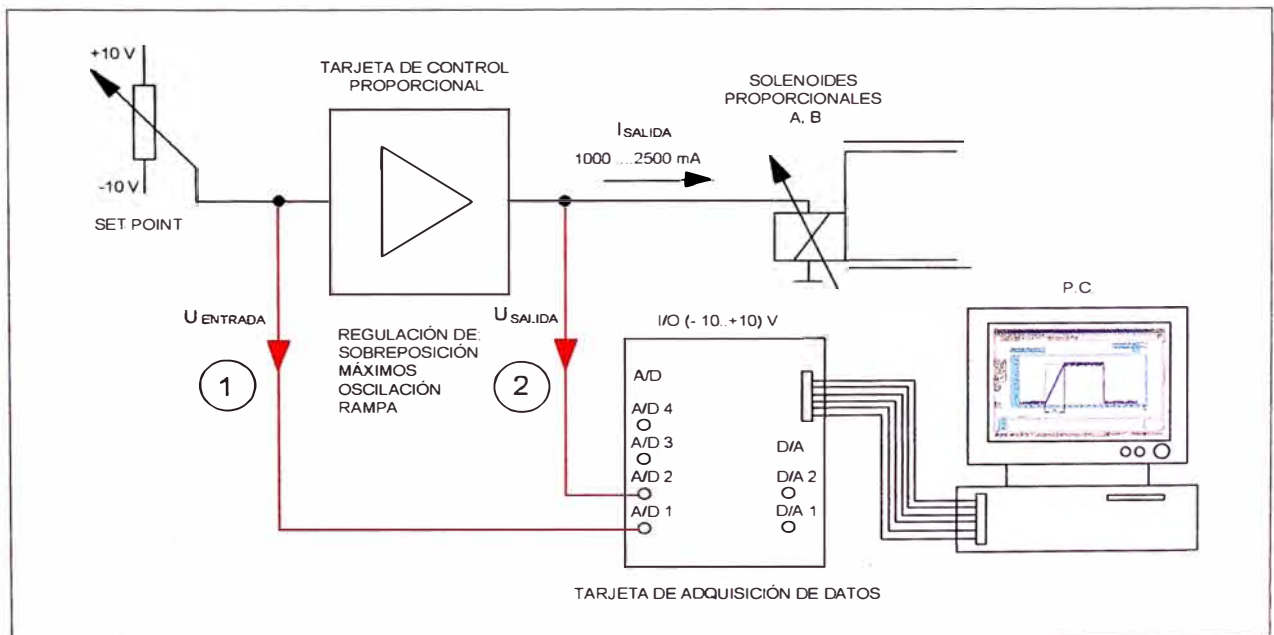


Fig. 4.1: Esquema de bloques para el análisis de la tarjeta de control proporcional PQ 03.

A una tarjeta de control proporcional ingresa una señal de entrada $U_{ENTRADA}$ (V) en el rango de ± 10 V (SET POINT), para obtener una corriente en su salida I_{SALIDA} (A) la que

comúnmente se encuentra en el rango de 1000 a 2500 mA (Fig. 4.1).

La corriente de salida de la tarjeta de control proporcional se debe aplicar sobre un solenoide para tener carga. El valor máximo de la corriente que puede enviar la tarjeta electrónica es de 1800 mA, pero el solenoide de carga utilizado en este caso; solo puede recibir como máximo 1600 mA, de aquí que se limite a este valor la corriente máxima de la tarjeta proporcional.

La corriente no puede tomarse directamente en la tarjeta de adquisición de datos. Para poder visualizar esta señal se toma las tensiones de salida $U_{\text{SALIDA}}(\text{V})$ en los bornes z8 y d8 equivalente a la corriente de salida $I_{\text{SALIDA}}(\text{A})$ de la tarjeta electrónica.

Luego, se debe de linealizar la relación entre la tensión leída U_{SALIDA} y el valor de corriente I_{SALIDA} . Para ello tomamos como dato un valor medido de corriente y tensión estableciéndose:

$$I_{\text{SALIDA}} = 2,0 U_{\text{SALIDA}}.$$

4.3 SECUENCIA DE ANÁLISIS

La secuencia de análisis esta en función a los parámetros de regulación de una tarjeta de control proporcional los cuales son:

- a) Sobreposición.
- b) Valores máximos para los solenoides A y B.
- c) Corriente de Oscilación.
- d) Rampa

De acuerdo a este orden, se procederá a regular y visualizar la respuesta de cada uno de las regulaciones indicadas, ajustándolos inicialmente a cero y luego regulándolos en un determinado valor.

4.4 ANÁLISIS DE SOBREPOSICIÓN

El valor de sobreposición, es el salto que debe dar la corriente de salida ante una leve señal de la tensión de entrada para producir igualmente un "salto" en los componentes

internos de la válvula que controlan para quedar dispuestas al trabajo de tal manera que, a partir de ese valor se establezca una relación lineal entre el parámetro hidráulico a controlar y la señal de ingreso a la tarjeta de control.

Para el caso del análisis de la sobreposición y de los valores máximos se ha generado una señal referencial estándar como señal de entrada. Esta señal es una onda senoidal de amplitud ± 10 V con periodo de 15s que se generará en la P.C. (en el programa Labview), se enviará a la tarjeta de adquisición de datos MFI 3.0, se exteriorizará en el puerto D/A 1 y se introducirá a la tarjeta de control proporcional a través del terminal z20. Esta señal será la base de comparación para las respuestas obtenidas posteriormente. La instalación de la tarjeta de control proporcional para su análisis se muestra en la Fig. 4.2.

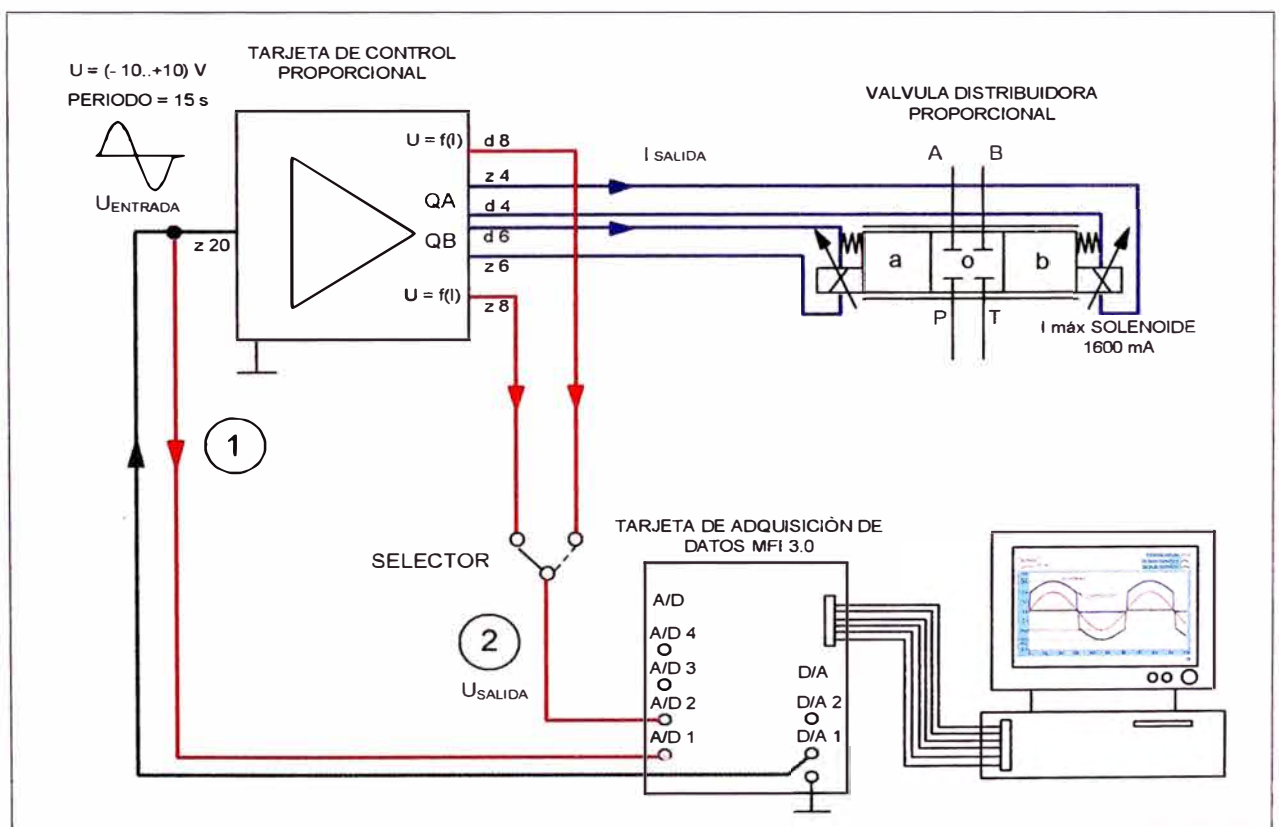


Fig. 4.2: Esquema de conexión detallada de las tarjeta PQ 03 para el monitoreo y análisis de la sobreposición y del valor máximo.

Para analizar la regulación de la sobreposición se introduce una señal senoidal de 10 V de amplitud, se regula en la tarjeta los potenciómetros NULL A y NULL B respectivamente y se visualiza en la P.C. la respuesta. Luego se compara las señales de

entrada y salida en los siguientes sistemas de coordenadas:

- Conjugación de las dos variables en un sistema. ($U_{ENTRADA}$ vs. I_{SALIDA})
- Comparación de las dos variables en el tiempo. ($U_{ENTRADA}$, I_{SALIDA} vs. t).

Para lograr una comparación gráfica se ha multiplicado la corriente de salida por 10 de tal manera que los parámetros de tensión y corriente coincidan numéricamente en el valor pico de 10 V. De esta manera se hace mas evidente los desfases entre la señal de entrada y salida en el tiempo.

Los casos analizados para la sobreposición son:

Caso I : 0,0 A de sobreposición; 0,0 A de valor máximo.

Caso II : 1,0 A de sobreposición; 0,0 A de valor máximo.

Para cada uno de estos dos casos se mostrarán los siguientes diagramas:

	DESCRIPCIÓN			SIMBOLOGÍA	DIAGRAMAS
Caso I	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida (2)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. I_{SALIDA} (A)	Fig. 4.3
	Tensión de entrada (1), Tensión equivalente a la Corriente de salida (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), I_{SALIDA} (A) vs. t (s)	Fig. 4.4
Caso II	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida (2)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. I_{SALIDA} (A)	Fig. 4.5
	Tensión de entrada (1), Tensión equivalente a la Corriente de salida (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), I_{SALIDA} (A) vs. t (s)	Fig. 4.6

Tabla 4.1: Casos de análisis de la sobreposición.

Nota:

A partir de esta seccion y en los Cap. 5, 6, 7, 8, 9 se ha mantenido un orden en la presentación de los diagramas por lo que los espacios dejados han sido con el objeto de mantener la didáctica en el informe.

4.4.1 CASO I: 0,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 0,0 A DE VALOR MÁXIMO

4.4.1.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10]$ V
2	Sobreposición en A y B	0,0 A
3	Valor de corriente máxima A y B	0,0 A
4	Oscilación	0,11 App, 70 Hz

4.4.1.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. corriente de salida (2).

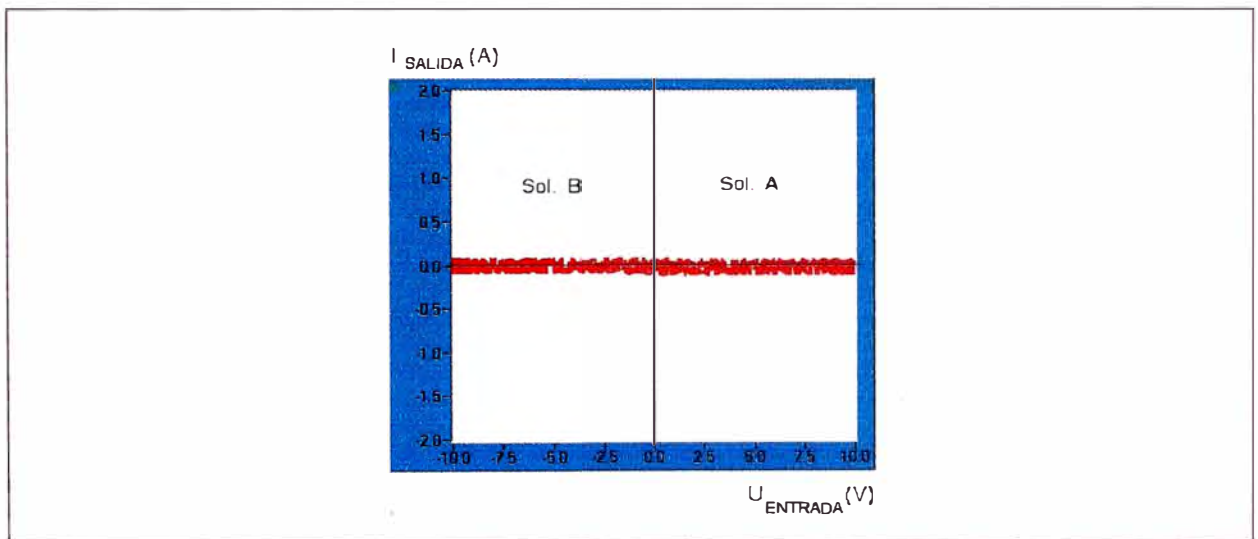


Fig. 4.3: Conjugación entre la señal de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de la tarjeta I_{SALIDA} ; con 0,0 A de sobreposición y 0,0 A de valor máximo. Los valores de amplificación y regulación están en cero.

b) Tensión de entrada (1), corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. tiempo.

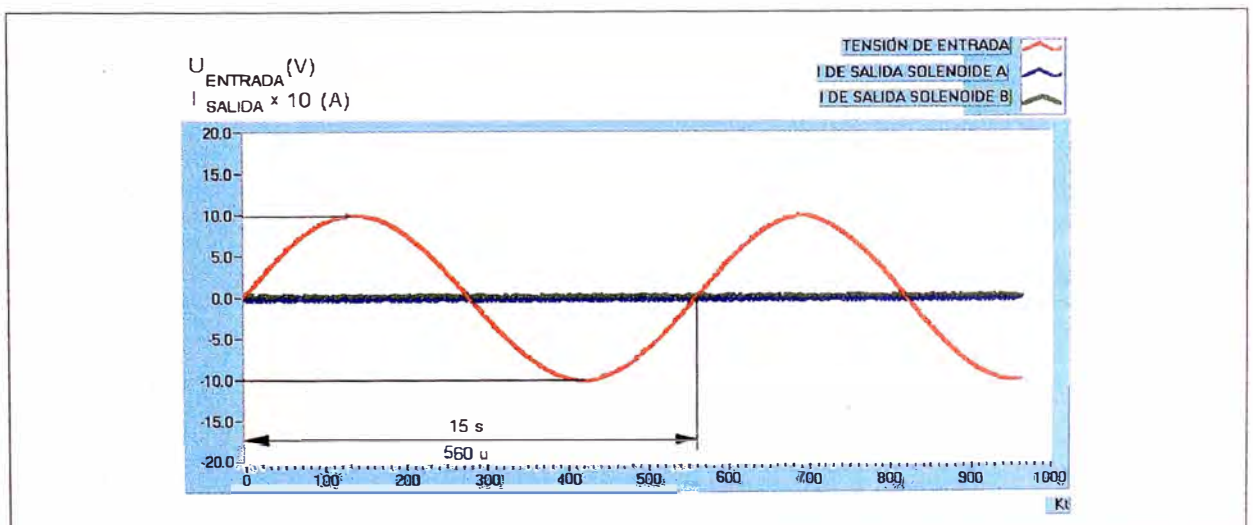


Fig. 4.4: Comparación en el eje del tiempo (k_T) de las señales de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de la tarjeta I_{SALIDA} ; con 0,0 A de sobreposición y 0,0 A de valor máximo. Los valores de amplificación y regulación están en cero y solo se visualiza la señal senoidal de entrada.

4.4.2 CASO II: 1,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 0,0 A DE VALOR MÁXIMO

4.4.2.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10] \text{ V}$
2	Sobreposición en A y B	1,0 A
3	Valor de corriente máxima A y B	1,0 A
4	Oscilación (Brumm)	0,11 App, 70 Hz.

4.4.2.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. corriente de salida (2).

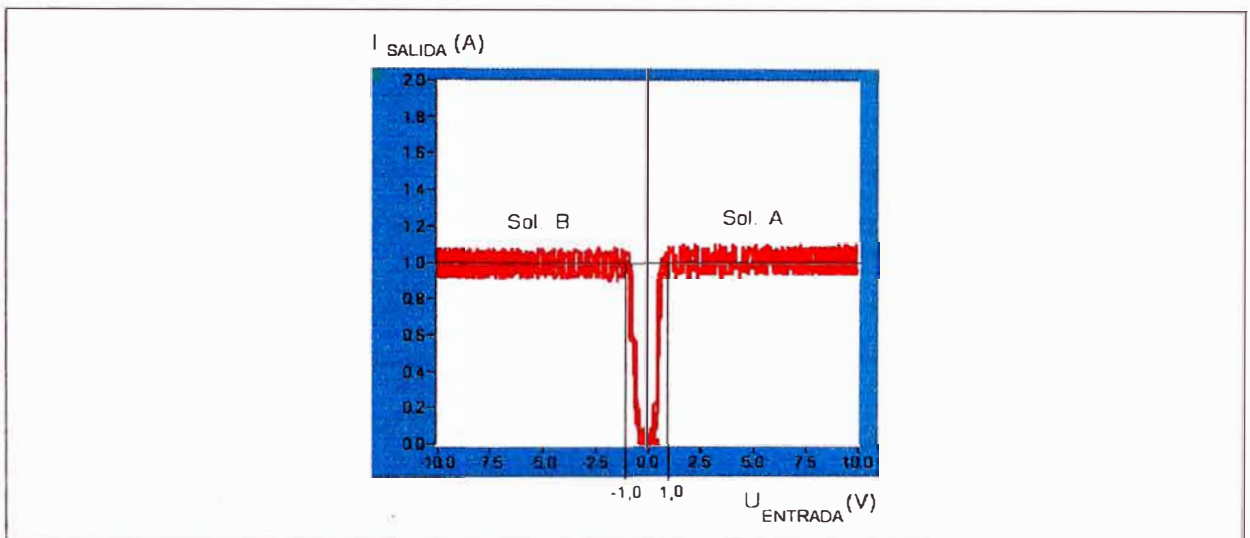


Fig. 4.5: Conjugación entre la señal de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de tarjeta I_{SALIDA} , con 1,0 A de sobreposición. Con una pequeña señal de tensión la corriente de salida “salta” al valor de 1,0 A.

b) Tensión de entrada (1), corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. tiempo.

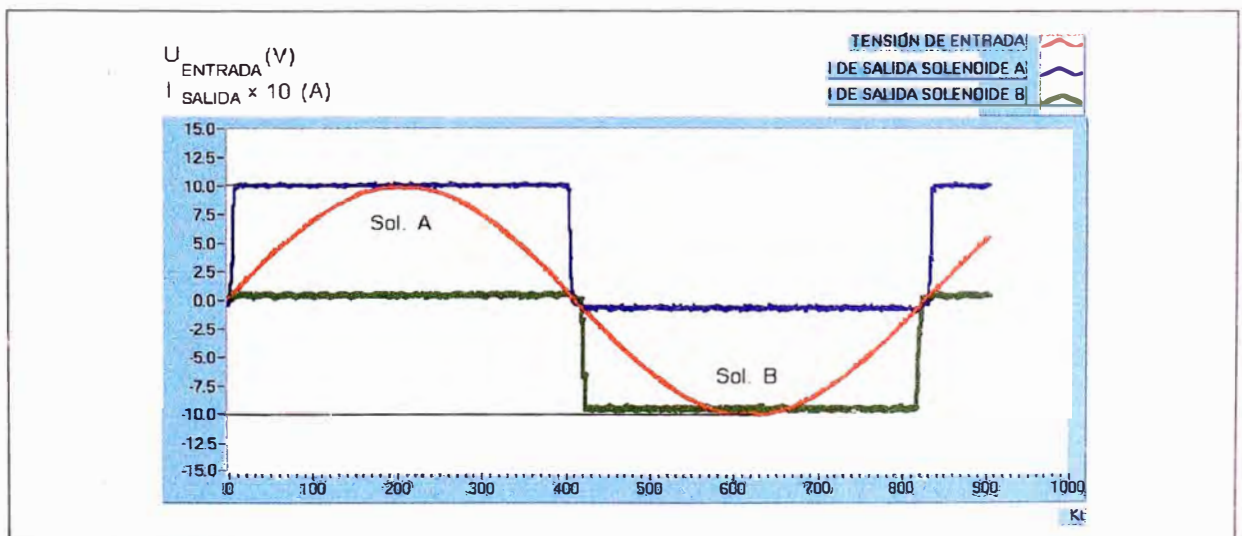


Fig. 4.6: Comparación en el eje del tiempo (k_T) de las señales de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de la tarjeta I_{SALIDA} con 1,0 A de sobreposición. El efecto en la corriente de salida es solo un escalón de 1,0 A el que permanece constante y no sigue una trayectoria paralela de la señal de entrada.

4.4.3 CONCLUSIONES

- Caso I: Regulación 0,0 A de sobreposición; 0,0 A de valor máximo: La tarjeta de control electrónico no amplifica la señal de entrada senoidal de 10 V con periodo de 15 s, por lo tanto la corriente de salida a los solenoides A y B es cero. Toda regulación debe comenzar en este punto (Fig. 4.3, Fig. 4.4).
- Caso II: Regulación 1,0 A de sobreposición; 0,0 A de valor máximo: La corriente de salida tiene un salto inicial de 1,0 A ante un pequeña variación inicial de la tensión de +/- 1,0 V en la señal de entrada. Esta corriente se mantiene constante ya que no se ha regulado aún un valor máximo (Fig. 4.5, Fig. 4.6).
- Con estas experiencias se demuestra que el valor de sobreposición es un "salto" a la corriente de salida y que lo realiza la tarjeta de control proporcional ante una pequeña señal de tensión de entrada.
- El valor de sobreposición debe determinarse para cada válvula proporcional. Esto es aplicar una corriente al componente hidráulico hasta observar el comienzo de la variación del parámetro a controlar.

4.5 ANÁLISIS DE VALORES MÁXIMOS

El valor máximo de corriente, en un control proporcional tiene las siguientes posibilidades:

- Valor máximo de corriente que puede enviar la tarjeta: El promedio para una tarjeta de control proporcional es de 1 A a 2,5 A; para el caso de la tarjeta de control proporcional PQ 03, el valor de la corriente máxima que puede enviar es de 1,8 A.
- El valor máximo que puede recibir el solenoide de la válvula proporcional: Es importante, no sobrepasar este valor ya que existe el riesgo de deteriorar el solenoide; en este caso el valor máximo de corriente que soportan los solenoide de la válvula distribuidora proporcional puesta como elemento de carga es de 1,6 A.
- El valor máximo de corriente que satura el sistema hidráulico: Existe un valor máximo de corriente, el cuál producirá en el sistema hidráulico un máximo valor en presión o caudal. Puede aplicarse mas corriente al solenoide, pero a partir de este valor no se producirá un aumento en la presión o caudal. Este valor se determina en función a la configuración geométrica y estructural de la válvula y del sistema hidráulico. Por lo tanto se determinará con precisión en la regulación que se haga sobre un componente y un sistema hidráulico específico.

El valor máximo se regulará independientemente para cada solenoide. En el caso de una válvula distribuidora proporcional 4/3 se establecerá el valor máximo de corriente para el solenoide A y el valor máximo de corriente para el solenoide B. Este valor de corriente no debe ser necesariamente igual para ambos solenoides ya que el desgaste, el centrado, y la resistencia de cada muelle puede “corregirse” con la regulación apropiada de este valor.

El valor máximo se verá influenciado de la regulación que se haga del valor de la sobreposición por lo que el método a seguir es regular:

- 1º. El valor de la sobreposición.
- 2º. El valor máximo de la corriente de saturación.

Para analizar la regulación de los valores máximos se introduce una señal senoidal de 10 V de amplitud, se regula en la tarjeta los potenciómetros NULL A y NULL B

respectivamente (regulación de sobre presión) luego se regula los potenciómetros AB - A y AB - B (regulación de valores máximos) y se visualiza la respuesta en la PC.

Las respuestas obtenidas se visualizarán en los siguientes sistemas de coordenadas:

- Conjugación de las dos variables en un sistema. ($U_{ENTRADA}$ vs. I_{SALIDA}).
- Comparación de las dos variables en el tiempo. ($U_{ENTRADA}$, I_{SALIDA} vs. t).

En este análisis, se mostrarán la respuesta para valores asumidos arbitrariamente para la sobreposición y valores máximos de A y B, ya que el objetivo en este capítulo es circunscribirse a la respuesta y al análisis solo de la tarjeta de control proporcional. Los casos analizados para la regulación del valor máximo son:

Caso I : 0,0 A de sobreposición; 1,6 A de valor máximo.

Caso II : 1,0 A de sobreposición; 1,6 A de valor máximo.

Para cada uno de estos casos se mostraran los siguientes diagramas:

	DESCRIPCIÓN			SIMBOLOGÍA	DIAGRAMAS
CASO I	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida (2)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. I_{SALIDA} (A)	Fig. 4.7
	Tensión de entrada (1), Tensión equivalente a la Corriente de salida (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), I_{SALIDA} (A) vs. t (s)	Fig. 4.8
CASO II	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida (2)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. I_{SALIDA} (A)	Fig. 4.9
	Tensión de entrada (1), Tensión equivalente a la Corriente de salida (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), I_{SALIDA} (A) vs. t (s)	Fig. 4.10

Tabla 4.2: Casos de análisis del valor máximo.

4.5.1 CASO I: 0,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 1,6 A DE VALOR MÁXIMO

4.5.1.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10]$ V
2	Sobreposición en A y B	0,0 A
3	Valor de corriente máxima A y B	1,6 A
4	Oscilación (Brumm)	0,11 App, 70 Hz.

4.5.1.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. corriente de salida (2).

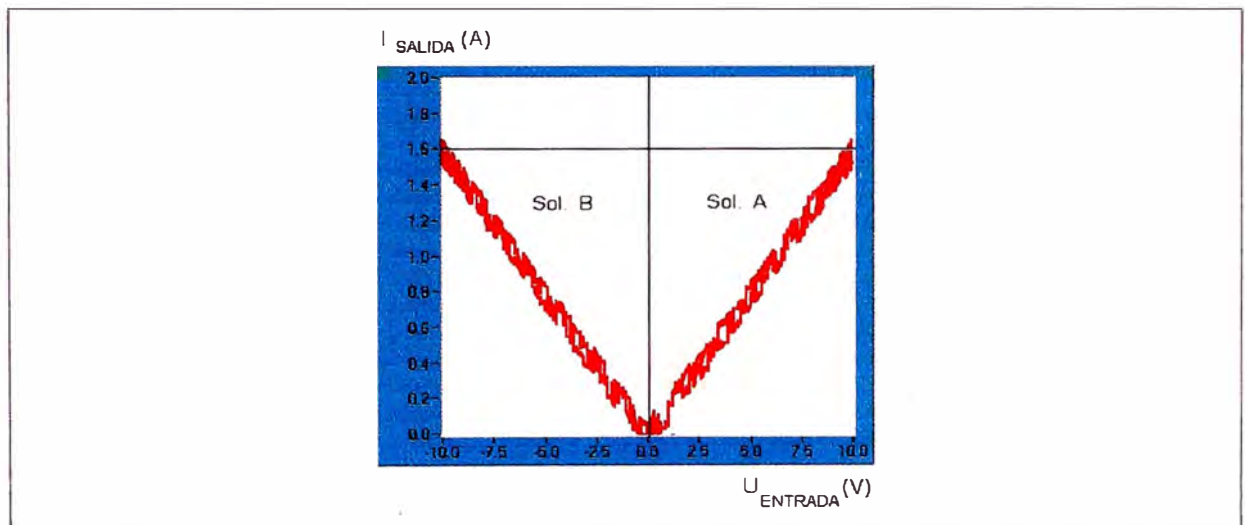


Fig. 4.7: Conjugación entre la señal de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de tarjeta I_{SALIDA} , con 0,0 A de sobreposición y 1,6 A de valor máximo. Para el rango de tensión, I_{SALIDA} parte del valor 0,0 A y alcanza el valor máximo de 1,6 A en forma lineal.

b) Tensión de entrada (1), corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. tiempo.

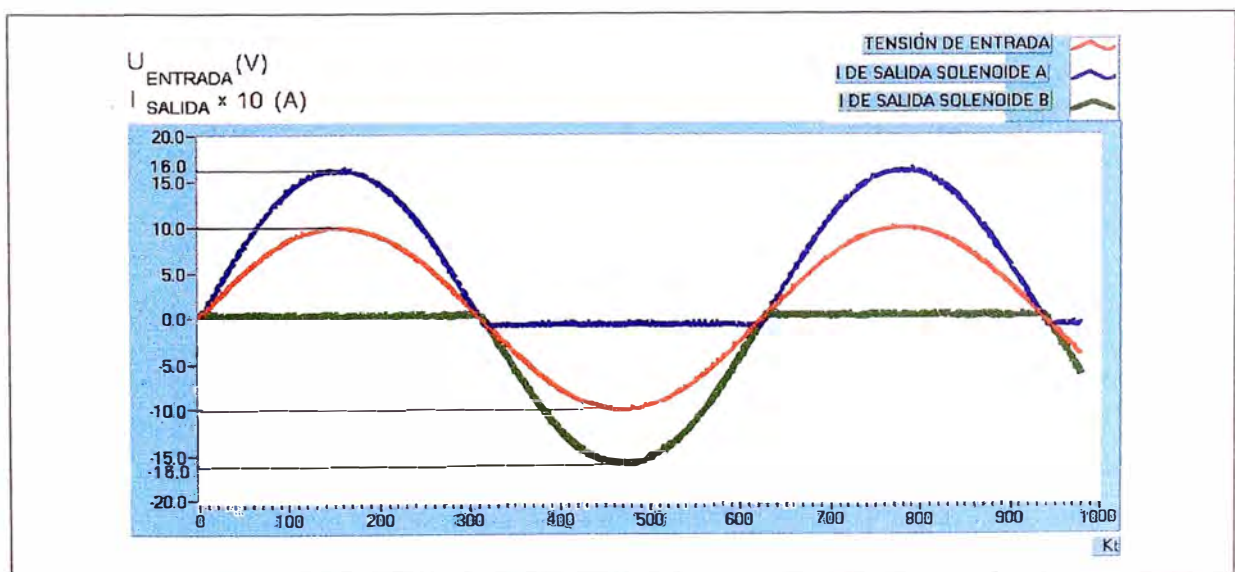


Fig. 4.8: Comparación en el eje del tiempo (k_t) de las señales de entrada a la tarjeta U y la corriente de salida de la tarjeta I_{SALIDA} con 0,0 A de sobreposición y 1,6 A de valor máximo. Las corrientes en los solenoides A y B siguen la forma de la señal de entrada desde cero hasta el valor máximo de 1,6 A.

4.5.2 CASO II: 1,0 A DE SOBREPOSICIÓN; 1,6 A DE VALOR MÁXIMO

4.5.2.2 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10] \text{ V}$
2	Sobreposición en A y B	1,0 A
3	Valor de corriente máxima A y B	1,6 A
4	Oscilación (Brumm)	0,11 App, 70 Hz.

4.5.2.3 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. corriente de salida (2).

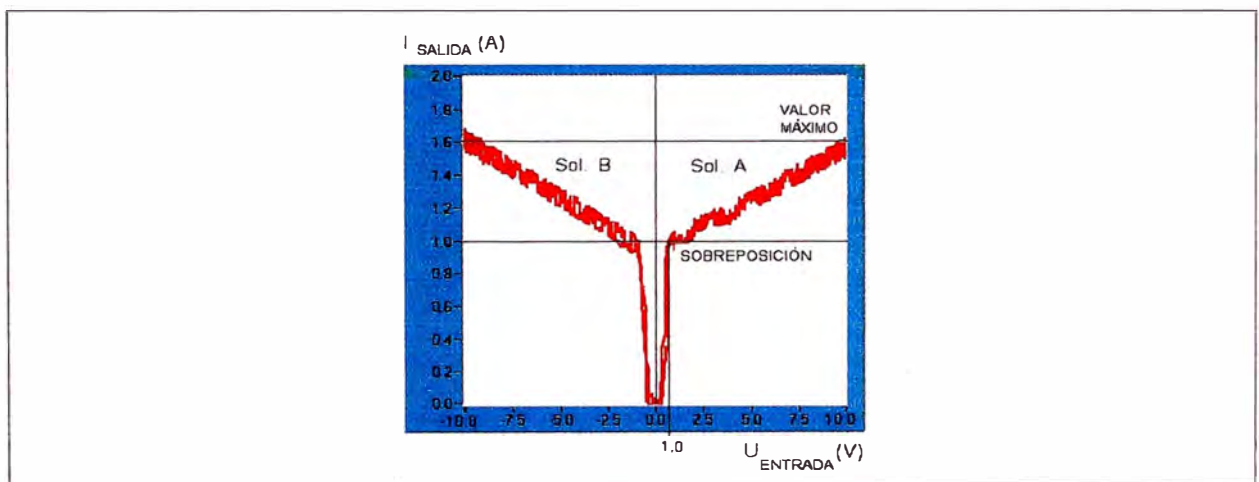


Fig. 4.9: Conjugación entre la señal de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de tarjeta I_{SALIDA} , con 1,0 A de sobreposición y 1,6 A de valor máximo. En un solenoide la corriente de salida "salta" hasta alcanzar 1,0 A, luego sigue una trayectoria lineal hasta alcanzar el valor máximo de 1,6 A.

b) Tensión de entrada (1), corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. tiempo.

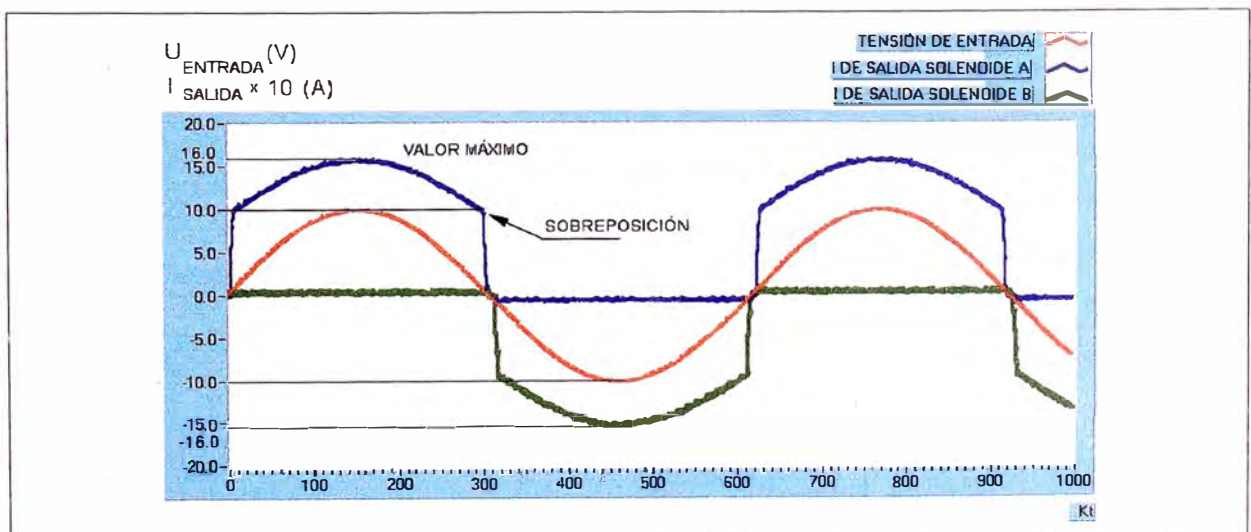


Fig. 4.10: Comparación en el eje del tiempo (k_T) de las señales de entrada a la tarjeta $U_{ENTRADA}$ y la corriente de salida de la tarjeta I_{SALIDA} con 1,0 A de sobreposición y 1,6 A de valor máximo. Las corrientes en los solenoides "saltan" hasta 1,0 A y luego siguen una trayectoria paralela a la señal de entrada.

4.5.3 CONCLUSIONES

- Caso I: Regulación de 0,0 A de Sobreposición; 1,6 A de valor máximo: Se produce una relación lineal entre la señal de entrada y la corriente de salida; ante un valor máximo de señal de entrada de 10 V, se produce 1,6 A de corriente máxima en la salida. El desfase entre ambas señales es cero (Fig. 4.7, Fig. 4.8).
- Caso II: Regulación de 1,0 A de Sobreposición; 1,6 A de valor máximo: Ante un pequeño ingreso de señal de tensión de entrada (+/- 1,0 V) se produce un salto de la corriente de salida de 1,0 A, a continuación se establece una relación proporcional lineal entre $U_{ENTRADA}$ e I_{SALIDA} teniendo como valores máximos 10 V y 1,6 A (Fig. 4.9, Fig. 4.10).
- El valor máximo se establece después de establecerse el valor de sobreposición: si se aumenta o disminuye el valor de sobreposición entonces se aumentará o disminuirá el valor máximo de corriente de salida.
- En la zona lineal se establecerá la proporcionalidad del parámetro a controlar con respecto a la señal de entrada, una vez superada la sobreposición del componente hidráulico.
- El componente electrónico no produce un desfase entre la señal de entrada y la corriente de salida.

4.6 ANÁLISIS DE RAMPAS

La rampa es una de las principales funciones de la tarjeta de control proporcional. Consiste en alcanzar un valor consigna tipo escalón ($U_{ENTRADA}$) a través de una pendiente la que retardará la respuesta de la señal (I_{SALIDA}) (Fig. 4.11). Con esta función podemos hacer cambios entre **NIVELES** de tensión de entrada teniendo como salida una corriente que alcanza controladamente, en un periodo de tiempo, el valor requerido de tal manera que no se produzcan picos de presión, los que resultan nocivos en los sistemas hidráulicos.

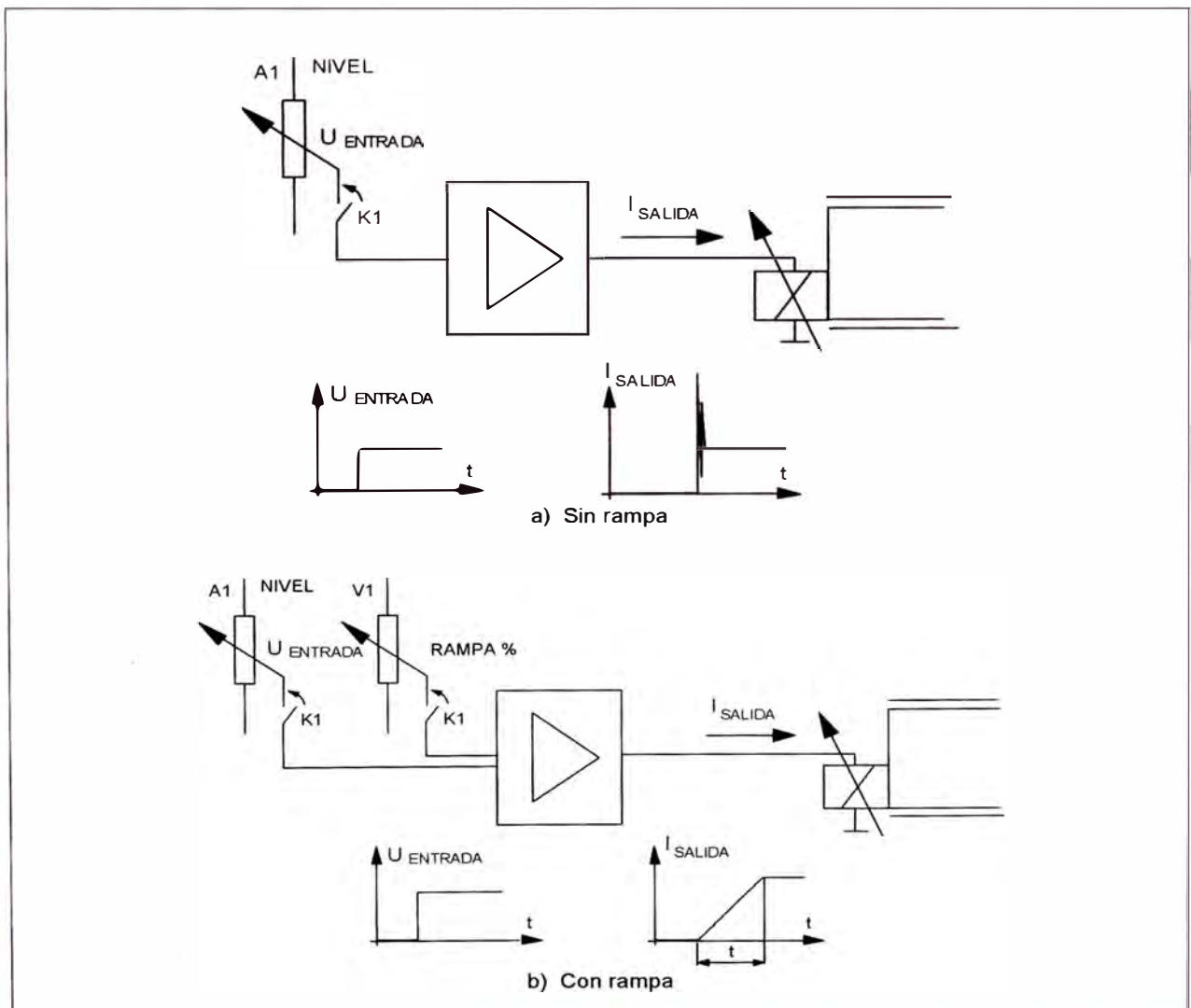


Fig. 4.11: Amplificación en una tarjeta de control. En la figura a) se muestra la señal de entrada sin el efecto rampa y en la figura b) se muestra la señal de entrada acompañada del efecto rampa.

Una rampa regula la tendencia para alcanzar un nivel de tensión, por lo tanto se medirán en valor %. El valor máximo 100 % es el que alcance en función de su

resistencia de regulación y de sus parámetros electrónicos internos. En el caso de las tarjetas de control proporcional los valores de regulación de la rampa alcanza los centésimos de segundos hasta los segundos.

La tarjeta de control proporcional PQ 03 nos permite la opción de seleccionar 2 rangos de tiempos: (10 ms – 1 s), (100 ms – 10 s) mediante el cambio de jumpers. También cuenta con 2 potenciómetros ligados a la regulación de la rampa (rampas V1 y V2), las que pueden ser utilizadas indistintamente mediante la activación de los relés correspondientes.

En algunos casos, para identificar el valor de una rampa, el valor de la resistencia asociada a la rampa son potenciómetros de precisión que están cuantificados de tal manera que puede identificarse el valor y reproducirse exactamente el mismo valor.

En la practica, se define un nivel de tensión de entrada tipo escalón ($U_{ENTRADA}$) a través del potenciómetro A1 el cual se activa a través del relé k1, se define una rampa (%) con el potenciómetro de control de rampa V1 el que también se activa con el relé K1 (Fig. 4.11).

Para el análisis, se ha generado dos niveles de tensión: 5 V y 10 V con dos fuentes externas de tal manera que con un relé y un selector se pueda introducir estas señales por el punto z20 de la tarjeta de control proporcional. De esta manera se puede censar el valor de entrada (para la tarjeta de adquisición de datos FMI 3.0) ya que no se tiene acceso practico a través de un terminal del punto que conduce la señal generada internamente proveniente de los potenciómetros A1, A2, A3, A4 como comúnmente se realiza⁷. Para activar y regular la rampa se debe de energizar el relé asociado a través de las conexiones V1 o V2 y se debe regular sus potenciómetros, en cuanto a la elección del rango de trabajo se unen terminales B12 (10 ms a 1 s) o B13 (100 ms a 10 s) (Cap. 2 Tabla 2.4). a través de jumpers. En cuanto a la señal de salida se toma la tensión equivalente a la corriente de salida proveniente del conector z8 (Fig. 4.12).

⁷ Con esto se muestra otra alternativa de generación de señal de entrada.

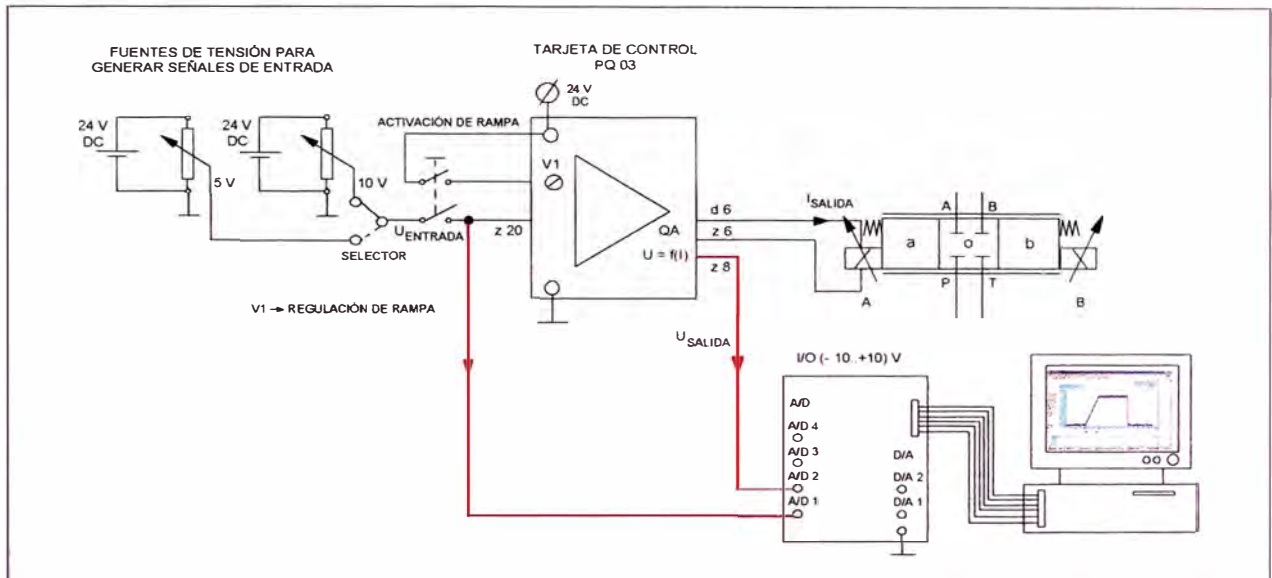


Fig. 4.12: Esquema de conexión detallada de la tarjeta para el análisis de las rampas.

Además de los valores % se ha procedido a tomar un tiempo proporcional equivalente en el sistema de gráficos del software Labview que pueda ser cuantificado; esto se ha aplicado para el caso de tiempos pequeños.

El sistema de coordenadas utilizado para el análisis es: ($U_{ENTRADA}$, I_{SALIDA} vs. t).

Los casos analizados de rampa son las siguientes:

	DESCRIPCIÓN	REGULACIÓN	DIAGRAMAS
Caso I	Rampa constante: 100 %. Tensión de entrada variable. Rango: 100 ms – 10 s.	a) Tensión de entrada: 5V	Fig. 4.13
		b) Tensión de entrada: 10 V	Fig. 4.14
Caso II	Rampa constante: 100 %. Tensión de entrada variable. Rango: 100 ms – 10 s.	a) Rampa 50 %	Fig. 4.15
		b) Rampa 100 %	Fig. 4.16
Caso III	Rampa variable. Tensión de entrada constante: 10 V, Rango: 10 ms – 1 s.	a) Rampa 50 % b) Rampa 100 %	Fig. 4.17 Fig. 4.18
Caso IV	Rampa mas sobreposición y oscilación Sobreposición 0,5 A., Frecuencia de oscilación 70 Hz.	a) Rampa 25 %. Oscilación 0,1 App.	Fig. 4.19
		b) Rampa 25 %. Oscilación 0,4 App.	Fig. 4.20

Tabla 4.3: Casos de análisis de rampa.

Nota:

En los casos I, II, III la amplitud de la frecuencia de oscilación es mínima.

4.6.1 CASO I : RAMPA CONSTANTE: 100 %. TENSIÓN DE ENTRADA VARIABLE.

(RANGO: 100 ms – 10 s)

a) Tensión de entrada: 5 V.

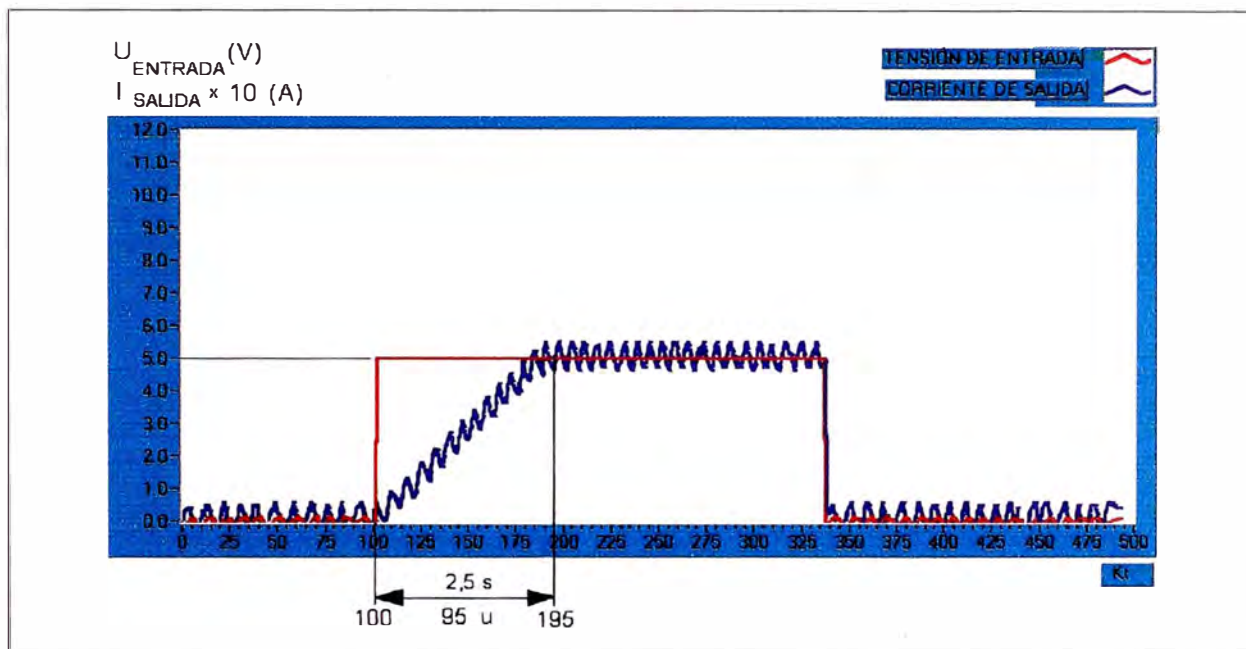


Fig. 4.13: Rampa del 100 % para una señal de entrada de 5 V para el rango de 100 ms a 10 s. Para alcanzar 0,5 A se necesitan 2,5 s equivalentes a 95 u de tiempo.

b) Tensión de entrada: 10 V.

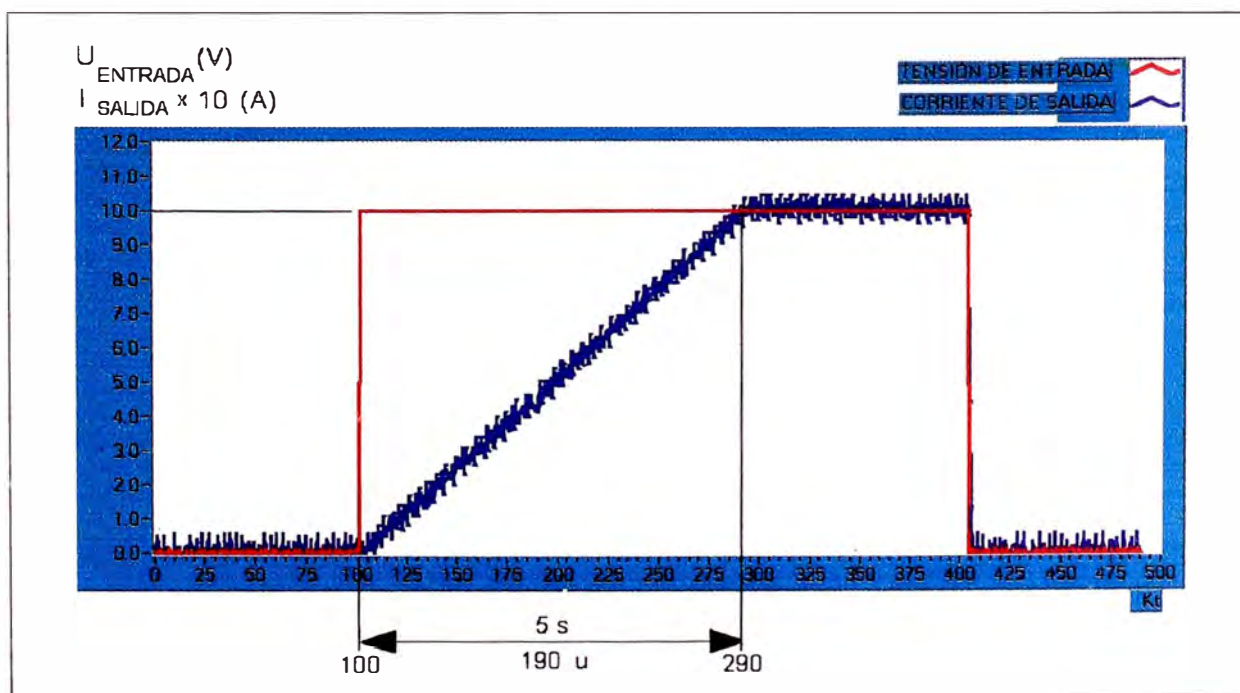


Fig. 4.14: Rampa del 100 % para una señal de entrada de 10 V para el rango de 100 ms a 10 s. Para alcanzar 1,0 A se necesitan 5 s equivalentes a 190 u de tiempo. La pendiente se mantiene igual al caso anterior (Fig. 4.13)

4.6.2 CASO II : RAMPA VARIABLE. TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE 10 V.

(RANGO: 100 ms – 10 s)

a) Rampa 50 %.

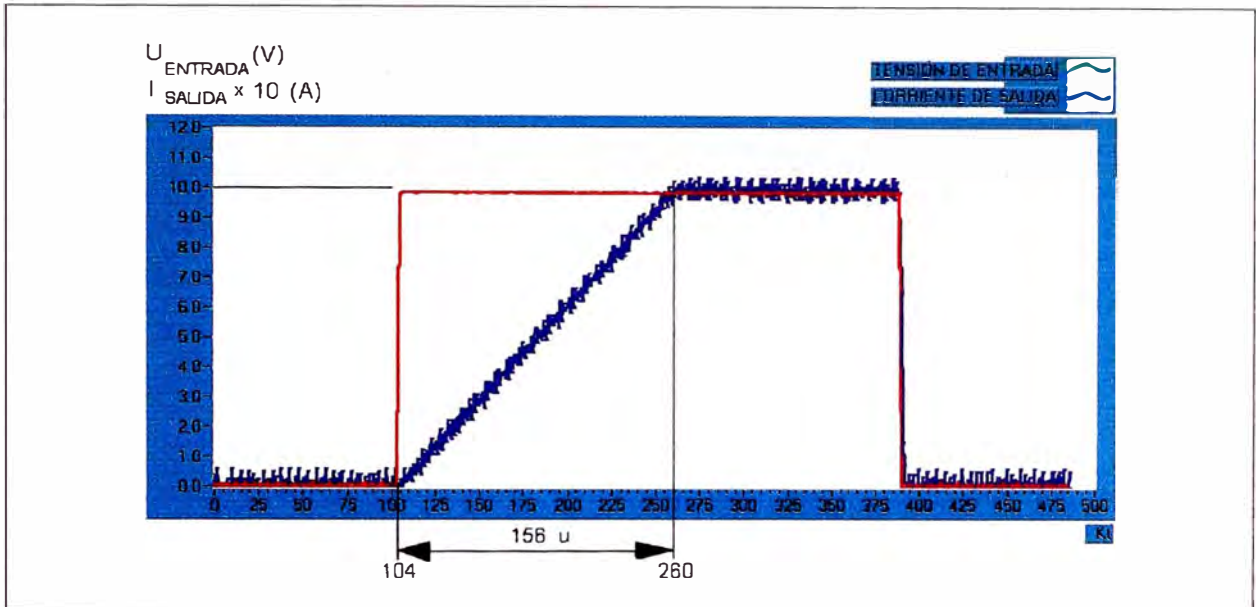


Fig. 4.15: Rampa del 50 % para una tensión de entrada de 10 V en el rango de 100 ms a 10 s. Para alcanzar 1,0 A se necesitan 156 μ de tiempo.

b) Rampa 100 %.

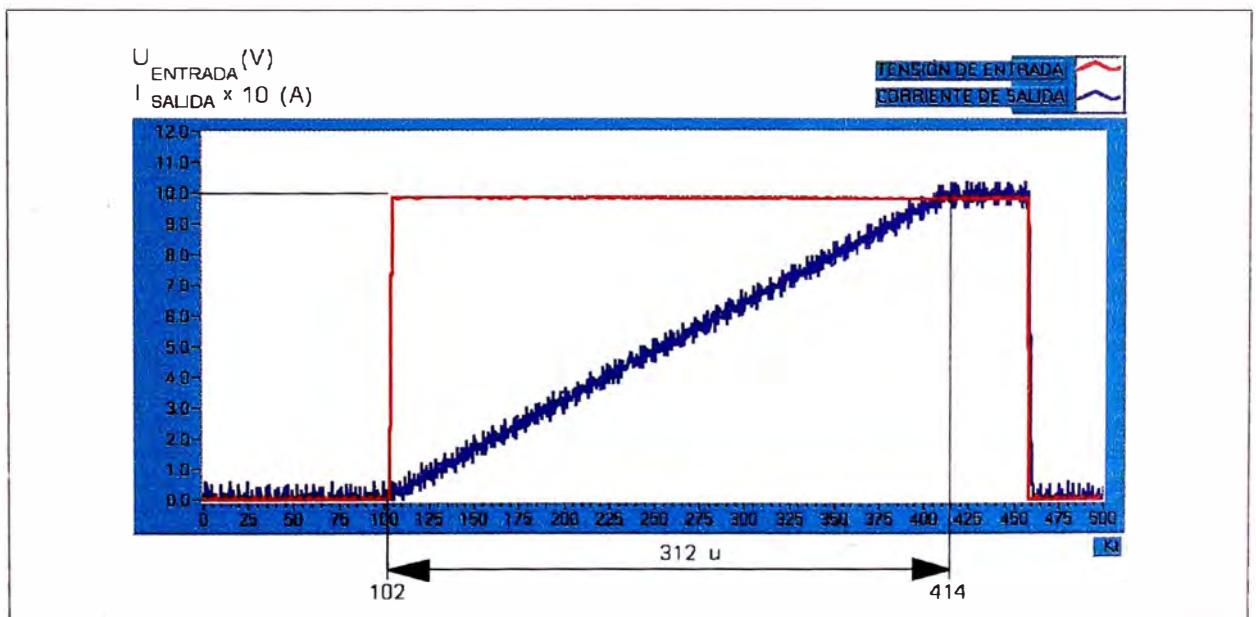


Fig. 4.16: Rampa del 100 % para una tensión de entrada de 10 V en el rango de 100 ms a 10 s. Para alcanzar 1,0 A se necesitan 312 μ de tiempo, es decir el doble de tiempo que el caso anterior (Fig. 4.15). Por lo tanto una rampa del 100 % es más lenta que una rampa del 50 %. El tiempo referido al valor de 10 V será el máximo que se puede lograr en la tarjeta.

4.6.3 CASO III : RAMPA VARIABLE. TENSIÓN DE ENTRADA CONSTANTE 10 V.

(RANGO: 10 ms – 1 s)

a) Rampa 50%.

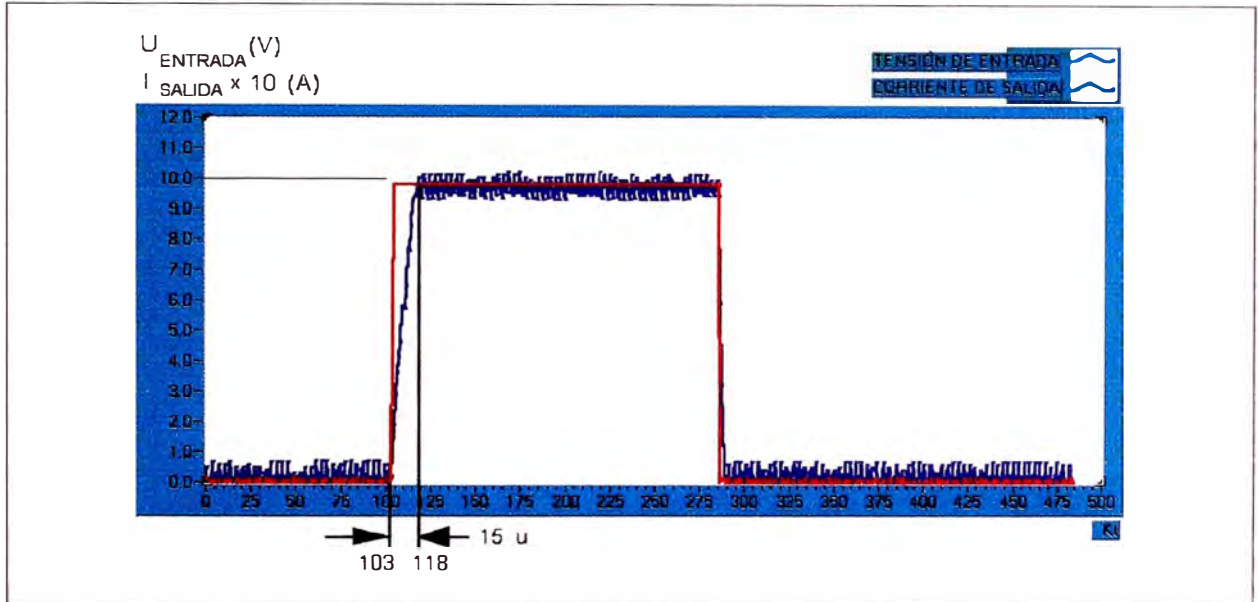


Fig. 4.17: Rampa del 50 % para una tensión de entrada de 10 V en el rango de 10 ms a 1 s. Dado el rango de tiempo, ahora la rampa es más rápida y la corriente de salida alcanza el valor de 1,0 A en solo 15 μ s de tiempo (equivalente aprox. a 0,4 s) y no podría ser medida directamente. Esto es una ventaja de la técnica de monitoreo.

b) Rampa 100%.

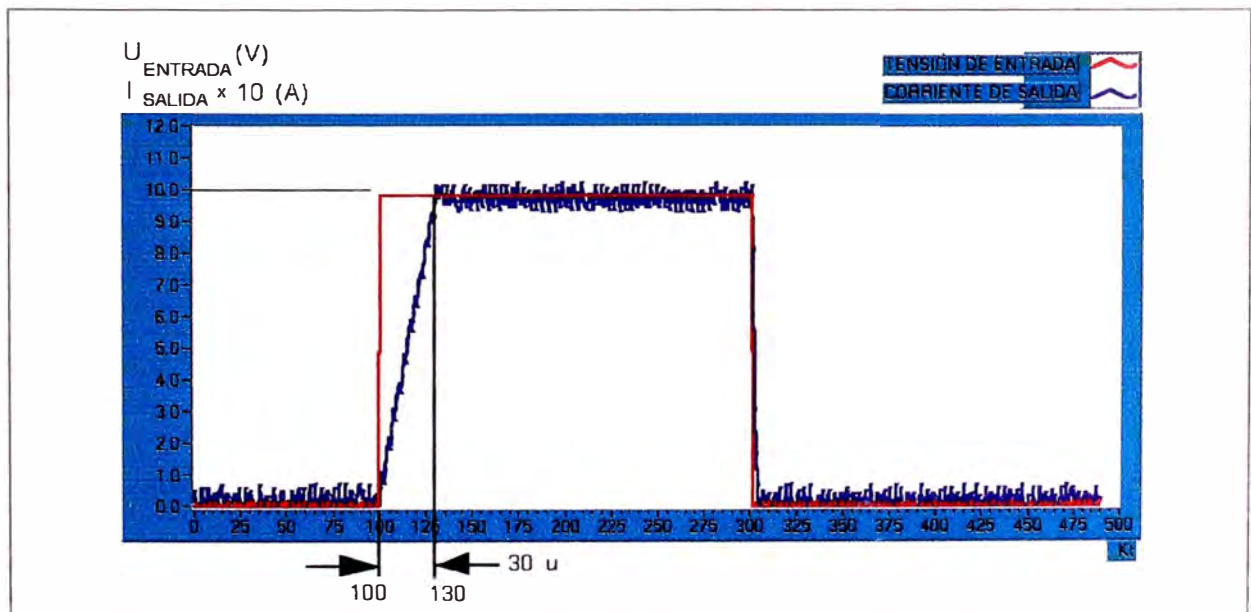


Fig. 4.18: Rampa del 100 % para una tensión de entrada de 10 V en el rango de 10 ms a 1 s. La corriente de salida alcanza el valor de 1,0 A en 30 μ s de tiempo (equivalente aprox. a 0,8 s). Esto significa que una rampa del 100% demora el doble de tiempo que una rampa del 50% para un mismo valor.

4.6.4 CASO IV: RAMPA MAS SOBREPOSICIÓN Y OSCILACIÓN.

(SOBREPOSICIÓN 0,5 A. FRECUENCIA DE OSCILACIÓN 70 Hz.)

a) Rampa 25 %. Oscilación 0,1 App.

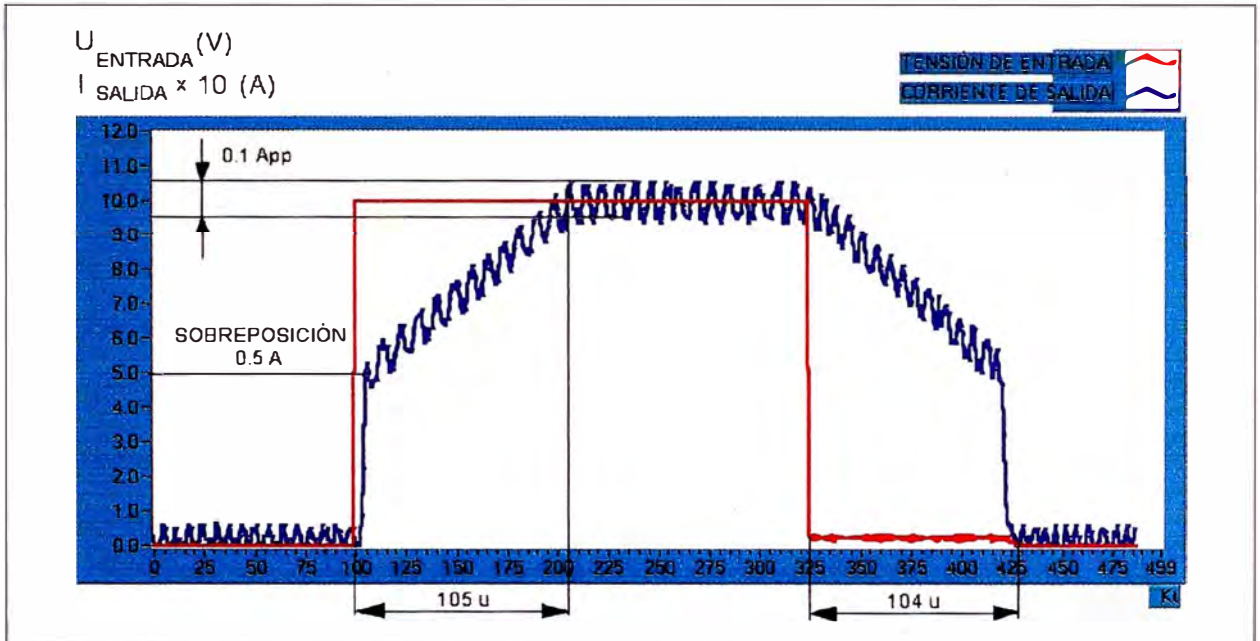


Fig. 4.19: Efecto conjunto de una rampa del 25 % para una tensión de entrada de 10 V con sobreposición de 0,5 A y oscilación de 0,1 App a 70 Hz. El efecto rampa comienza a influenciar después de la sobreposición. No afecta a la oscilación.

b) Rampa 25 %. Oscilación 0,4 App.

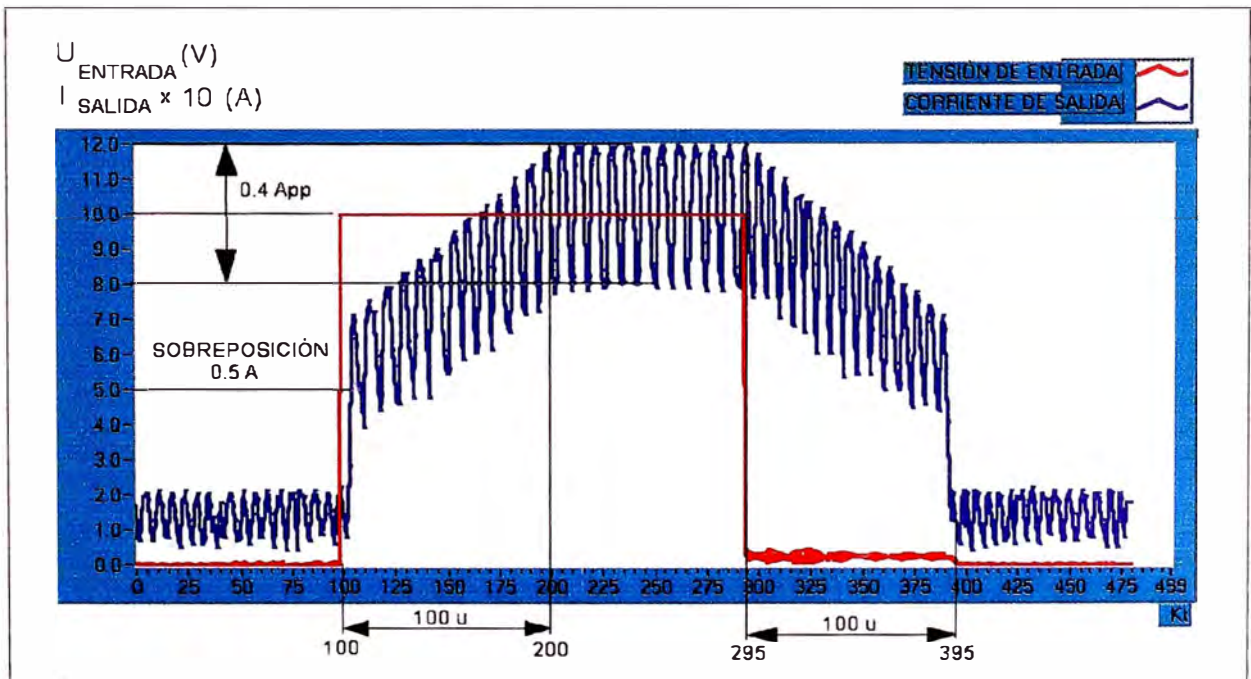


Fig. 4.20: Efecto conjunto de una rampa de 25 % para una tensión de entrada de 10 V con sobreposición de 0,5 A y oscilación de 0,4 App a 70 Hz. El efecto rampa comienza a influenciar después de la sobreposición. No afecta a la oscilación.

4.6.5 CONCLUSIONES:

- Caso I: Rampa constante 100 %; Tensión de entrada variable (Rango 100ms – 10s): Si se mantiene la rampa, se mantiene la inclinación de la tendencia de la corriente hasta alcanzar el nivel consigna. En el primer caso, el escalón de tensión de entrada es de 0 a 5 V, mientras que la corriente de salida varía de 0,0 a 0,5 A en 2,5 s (Fig. 4.13). Cuando el escalón de tensión de entrada es de 0 a 10 V la corriente de salida varía de 0,0 a 1,0 A en 5 s (Fig. 4.14), lo que demuestra que la rampa permanece constante.
- Caso II: Rampa variable. Tensión de entrada constante de 10 V. (Rango de 100 ms - 10 s): En el primer caso de una rampa del 50 % el “tiempo” que demora la tendencia de la corriente para alcanzar 1,0 A, es de 156 u, mientras que, cuando se usa una rampa del 100 % la duración para alcanzar 1,0 A, es de 312 u, es decir; el doble de duración (Fig. 4.15, Fig. 4.16).
- Caso III: Rampa variable. Tensión de entrada constante de 10 V. (Rango de 10 ms - 1 s): Es similar al caso anterior. Un nivel de corriente de salida de 1 A con una rampa del 50 % demora en evolucionar 15 u mientras que con una rampa del 100 % demora 30 u (Fig. 4.17, Fig. 4.18).
- Caso IV: Rampa más sobreposición y oscilación. (Sobreposición 0,5 A. Frecuencia de oscilación de 70 Hz). Diversas amplitudes de oscilación: En ambos casos, se muestra una sobreposición de 0,5 A y la presencia de una corriente de oscilación de la misma frecuencia pero de diferentes amplitudes. En el primer caso la amplitud máxima de la corriente de oscilación es de 0,1 App y en el segundo caso es de 0,4 App (Fig. 4.19, Fig. 4.20) y de ambas figuras se concluye que el efecto rampa se aplica después de la sobreposición y que la oscilación no se ve afectada.

4.7 ANÁLISIS DE LA OSCILACIÓN

La tarjeta de control proporcional adiciona una corriente de oscilación sobre la corriente de salida. Esta corriente de oscilación se caracteriza por su frecuencia y amplitud. La razón del que se sobreponga esta corriente sobre la corriente de salida es que al ser aplicada sobre las válvulas proporcionales disminuye la inercia, haciendo que estas reaccionen con mayor rapidez. Esto se visualizará y analizará en los capítulos 6 (Monitoreo y análisis de respuestas de la válvula distribuidora proporcional) y 7 (Monitoreo y análisis de respuestas de la válvula limitadora de presión proporcional), observándose que la corriente de oscilación disminuye la histéresis, lo que se refleja en una respuesta rápida y precisa del componente hidráulico. Para obtener las respuestas a los análisis descritos se ha realizado la instalación eléctrica mostrada en la Fig. 4.21.

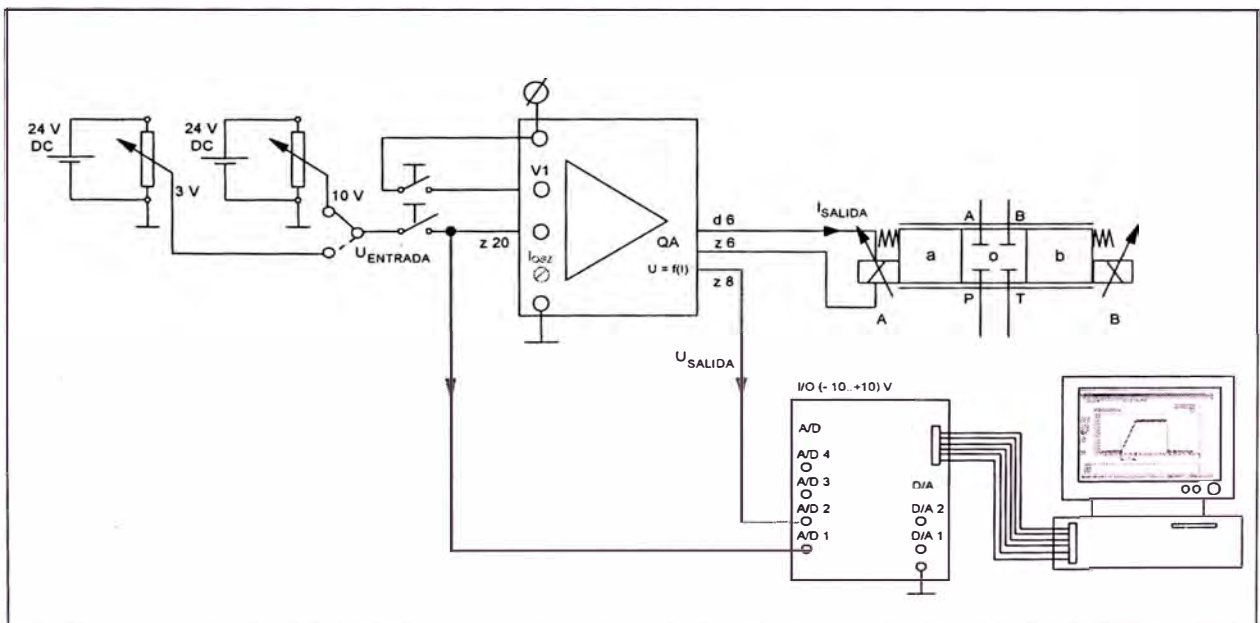


Fig. 4.21: Esquema de conexión detallada de la tarjeta para el análisis de la oscilación.

En términos de regulación para el mando de una válvula proporcional, la determinación de la amplitud y de la frecuencia de la corriente de oscilación representa la mayor dificultad de regulación. De aquí que el método desarrollado nos permite obtener la mejor regulación de estos parámetros para un componente hidráulico proporcional cualquiera.

La oscilación siempre está presente en el trabajo de la tarjeta de control proporcional, en cambio su amplitud, se puede regular a través del potenciómetro $losz$ y su frecuencia

se selecciona a través de los jumpers B19 (70 Hz) y B20 (140 Hz) (Cap. 2 Tabla 2.3)

El análisis que se realizará a la corriente de oscilación será:

	DESCRIPCIÓN	REGULACIÓN	DIAGRAMAS
Caso I	Oscilación con diversas amplitudes, corriente de salida constante. (Nivel de corriente de salida constante: 1A. Frecuencia constante 70 Hz)	a) Amplitud de corriente de oscilación de 0,3 App.	Fig. 4.22
		b) Amplitud de corriente de oscilación de 0,5 App.	Fig. 4.23
Caso II	Oscilación constante, salida de corriente variable. (Amplitud constante. Frecuencia constante)	a) Nivel de corriente de salida variable en escalones : 0,0; 0,3; 1,0 A	Fig. 4.24
		b) Nivel de corriente de salida variable uniformemente.	Fig. 4.25
Caso III	Oscilación con amplitud variable, corriente de salida constante, diversas frecuencias de oscilación. (Nivel de corriente de salida constante: 0,5 A. Frecuencia variable)	a) Frecuencia de oscilación 70 Hz	Fig. 4.26
		b) Frecuencia de oscilación 140 Hz.	Fig. 4.27

Tabla 4.4: Casos de análisis de oscilación.

4.7.1 CASO I : OSCILACIÓN CON DIVERSAS AMPLITUDES, CORRIENTE DE SALIDA CONSTANTE

4.7.1.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	+10 V
2	Valor de corriente máxima A	1,0 A
3	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,3 App en 1 A 0,5 App en 1 A
4	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz.

4.7.1.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Amplitud de corriente de oscilación: 0,3 App.

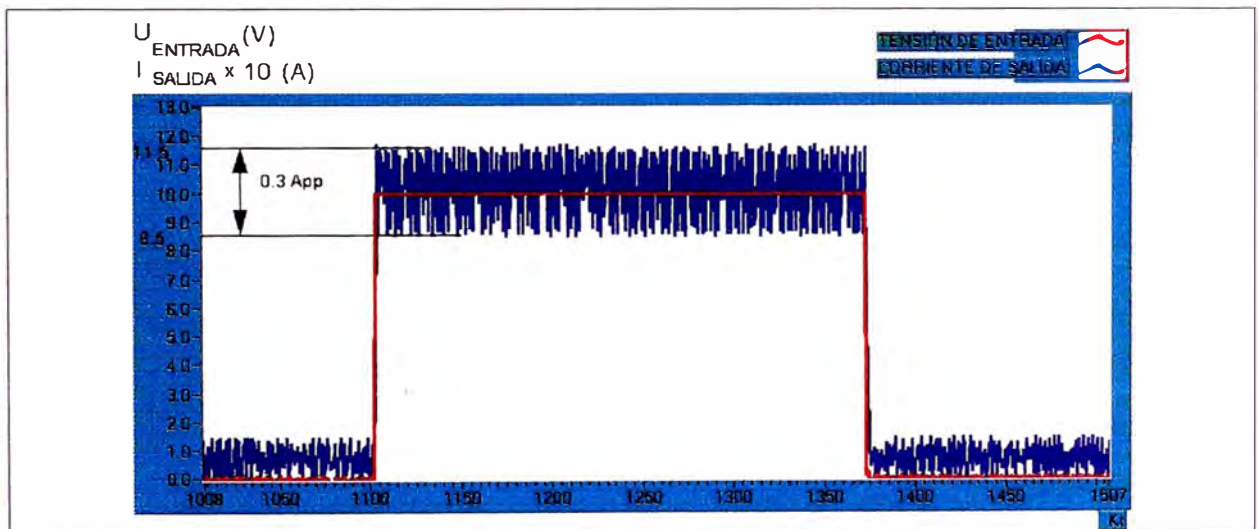


Fig. 4.22: Oscilación de 0,3 A sobre una corriente de 1,0 A. Tensión de entrada de 1 V. La corriente resultante es la suma del valor constante mas la oscilación.

b) Amplitud de corriente de oscilación: 0,5 App.

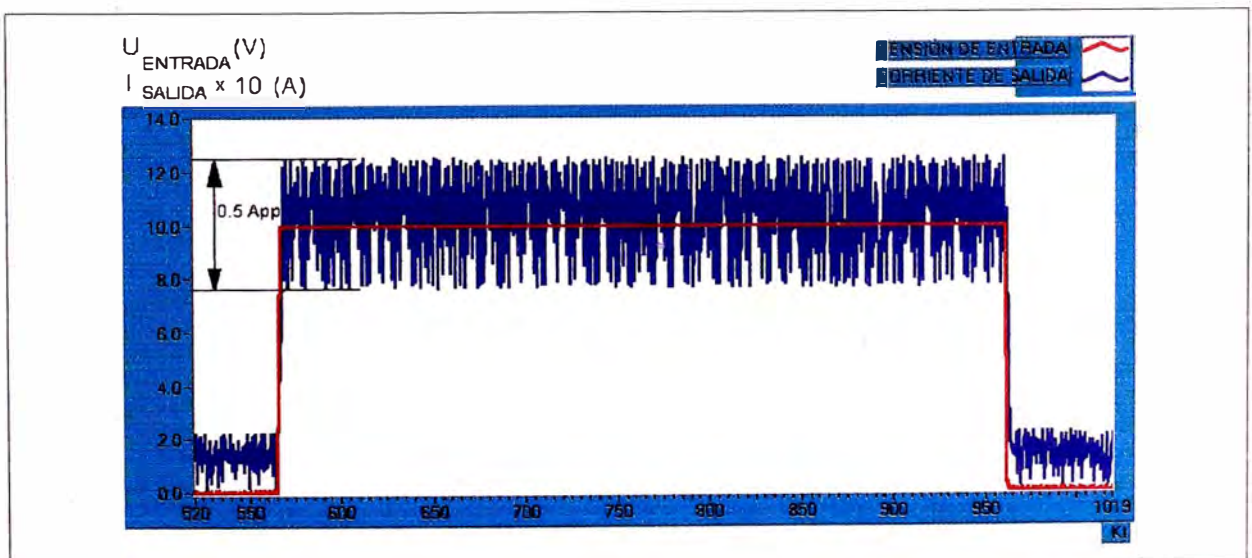


Fig. 4.23: Oscilación de 0,5 A sobre una corriente de 1,0 A. Tensión de entrada de 1 V. La corriente resultante es la suma del valor constante mas la oscilación.

4.7.2 CASO II : OSCILACIÓN CONSTANTE, SALIDA DE CORRIENTE VARIABLE.

4.7.2.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	+10 V
2	Valor de corriente máxima A	Variable
3	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,3 App para $I_{SALIDA} = 1,0 A$
4	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz.

4.7.2.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Nivel de corriente de salida variable en escalones: 0,0; 0,3; 1,0 A.

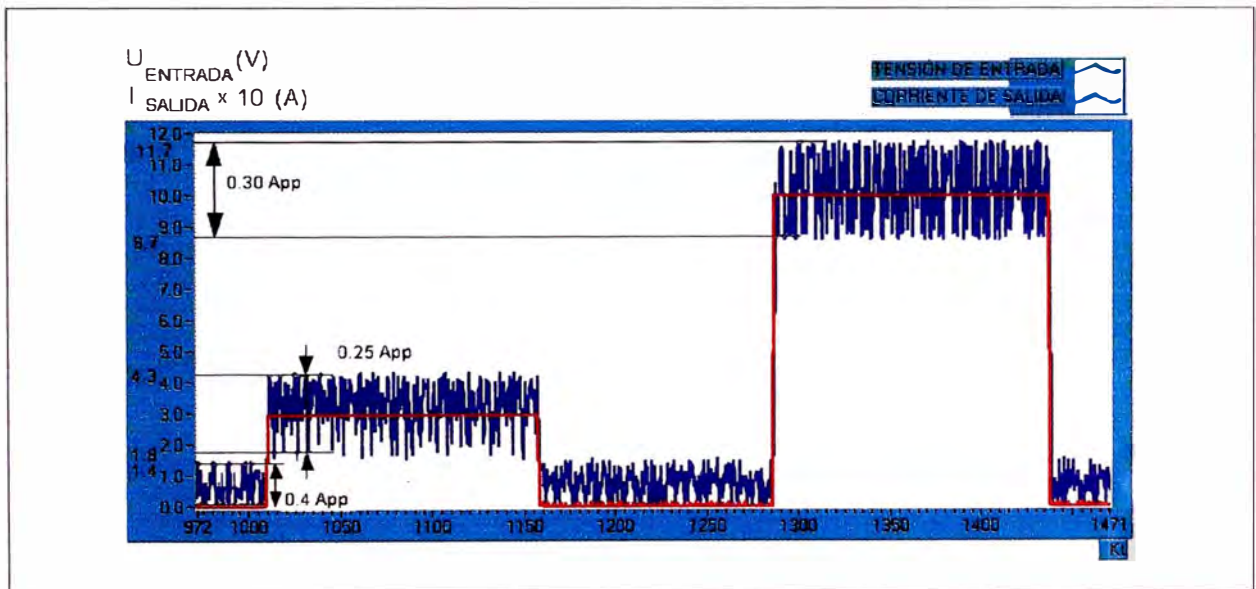


Fig. 4.24: Oscilación sobre diversos niveles de corriente.

b) Nivel de corriente de salida variable uniformemente

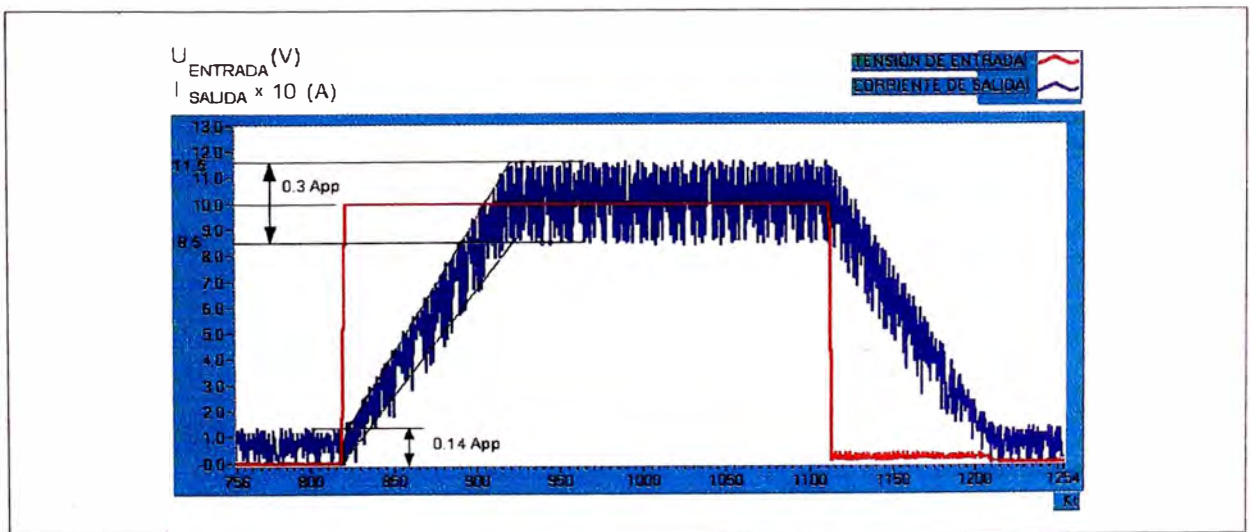


Fig. 4.25: Oscilación sobre corriente de salida variable. La amplitud de la oscilación no permanece constante, crece en función a la corriente de salida.

4.7.3 CASO III : OSCILACIÓN CON AMPLITUD VARIABLE, CORRIENTE DE SALIDA CONSTANTE, DIVERSAS FRECUENCIAS DE OSCILACIÓN

4.7.3.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	5 V.
2	Amplitud de Oscilación (Brumm)	Variable
3	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz. 140 Hz.

4.7.3.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Frecuencia de oscilación 70 Hz.

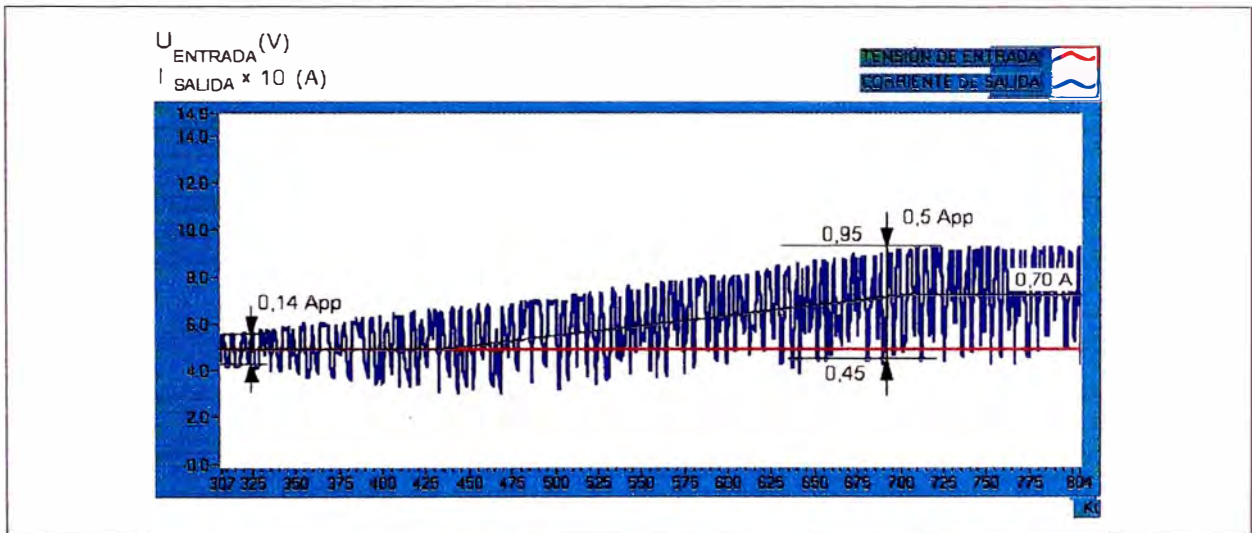


Fig. 4.26: Oscilación de 70 Hz de amplitud variable sobre corriente de salida constante. Al aumentar la amplitud el valor eficaz de la oscilación se suma al valor constante de la corriente de salida.

b) Frecuencia de oscilación 140 Hz.

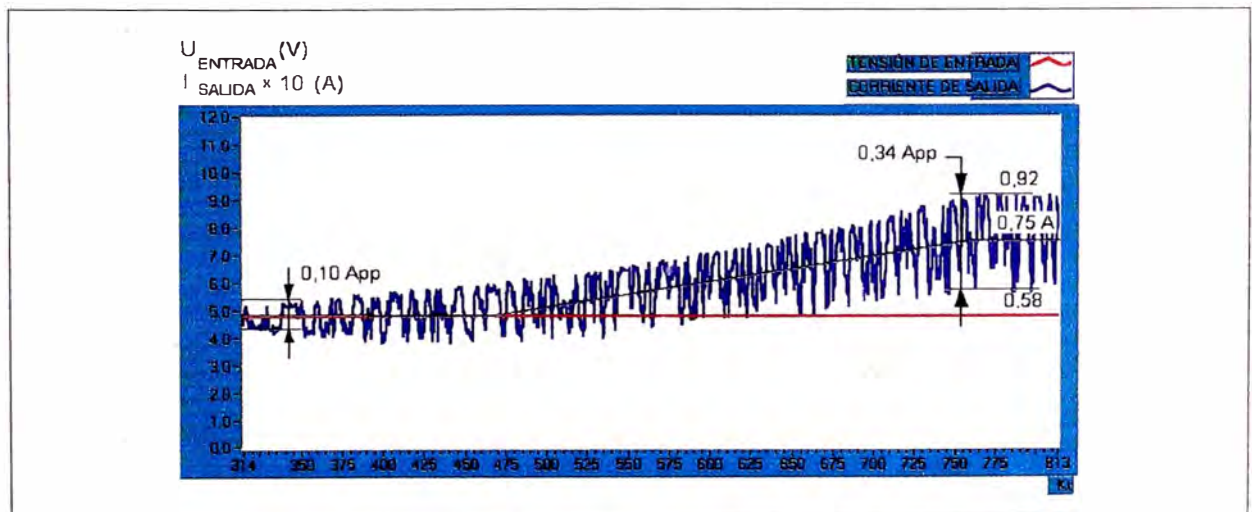


Fig. 4.27: Oscilación de 140 Hz de amplitud variable sobre corriente de salida constante. Al aumentar la frecuencia no solo aumenta el valor eficaz de esta, produciendo un aumento en la corriente de salida sino que loase en un valor mayor que el caso anterior (Fig. 4.26).

4.7.4 CONCLUSIONES:

- Caso I: Oscilación con diversas amplitudes, corrientes de salida constante: En el primer diagrama se muestra una corriente de oscilación de 0,3 App, sobre un valor eficaz de 1,0 A y en el segundo caso una corriente de oscilación de 0,5 App sobre un valor eficaz 1,0 A. (Fig. 4.22, Fig. 4.23), de ambos casos concluimos que la corriente resultante es la suma del valor constante de salida mas la oscilación.
- Caso II: Oscilación constante, salida de corriente variable: En este caso, no se ha variado la amplitud y la frecuencia de la corriente de oscilación. En la Fig. 4.24 se muestra la oscilación con dos niveles eficaces de corriente: uno de 0,3 A y el otro de 1,0 A. Cuando el nivel de salida eficaz de corriente es de 0,3 A, la amplitud de la corriente de oscilación es de 0,25 App y cuando el nivel de corriente es de 1,0 A, la amplitud de la corriente de oscilación es de 0,30 App. Por lo tanto se concluye que la amplitud de la corriente de oscilación es función del nivel de corriente eficaz sobre la que se sobrepone. Esto se visualiza con mayor claridad en la Fig. 4.25 donde a medida que aumenta o disminuye el nivel de corriente (a la cual se le ha aplicado una rampa) aumenta o disminuye la amplitud de la oscilación (variación desde 0,14 App hasta 0,30 App).
- Caso III: Oscilación con amplitud variable, corriente de salida constante, diversas frecuencias de oscilación: Cuando se agrega una corriente de oscilación se suma su valor eficaz al nivel de corriente sobre el que se sobrepone. En la Fig. 4.26 se va agregando una corriente de oscilación variable de 0,14 App hasta 0,50 App a la frecuencia de 70 Hz y se observa como se eleva el valor eficaz de la corriente de salida desde 0,50 hasta 0,70 A. Lo mismo sucede en la Fig. 4.27. En este caso se va agregando una corriente de oscilación variable de 0,10 App hasta 0,34 App a la frecuencia de 140 Hz y se visualiza como se eleva el valor eficaz de la corriente de salida desde 0,50 hasta 0,75 A.

CAPÍTULO 5:

VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LOS SOLENOIDES DE CONTROL PROPORCIONAL

5.1 OBJETIVO

El objetivo es, obtener las curvas de respuestas que relacionen la corriente I , la Fuerza Magnética F_{MG} y el desplazamiento s , de un solenoide de control proporcional. Estas respuestas permitirán cuantificar y establecer conclusiones que expliquen el funcionamiento de los dos tipos de solenoides proporcionales.

El solenoide es un componente de accionamiento que esta adosado a una válvula y en muy pocos casos se hace un estudio aislado de éste, por lo que, los diagramas obtenidos nos permitirán analizar y obtener conclusiones sobre el comportamiento objetivo del solenoide ya que, se lo ha aislado del componente mecánico al que actúa.

Este análisis ha sido realizado con la ayuda de un sencillo mecanismo diseñado y construido para tal fin, por lo que uno de los objetivos planteados fue el de obtener las respuestas de un solenoide sin contar con sensores o transductores de fuerza y posición.

5.2 ESTRUCTURA PARA LAS PRUEBAS

Se ha construido la estructura de la Fig. 5.1 al cual se ensambla un solenoide y se procede a medir el desplazamiento s_3 , la fuerza F_2 y la corriente I , obteniéndose de manera indirecta los valores de s_1 y F_1 correspondientes al desplazamiento y fuerza del solenoide en estudio.

El mecanismo amplifica el desplazamiento del núcleo en 12,25 y por lo tanto puede ser medido con una regla graduada (el desplazamiento real s_1 es del orden de 2 a 5 mm), El mecanismo también disminuye la fuerza en 10 veces y puede ser

cuantificada por un dinamómetro convencional de 0 a 25 N. (La fuerza llega a tener valores de hasta 50 N⁸ en el caso de un solenoide de mando por fuerza).

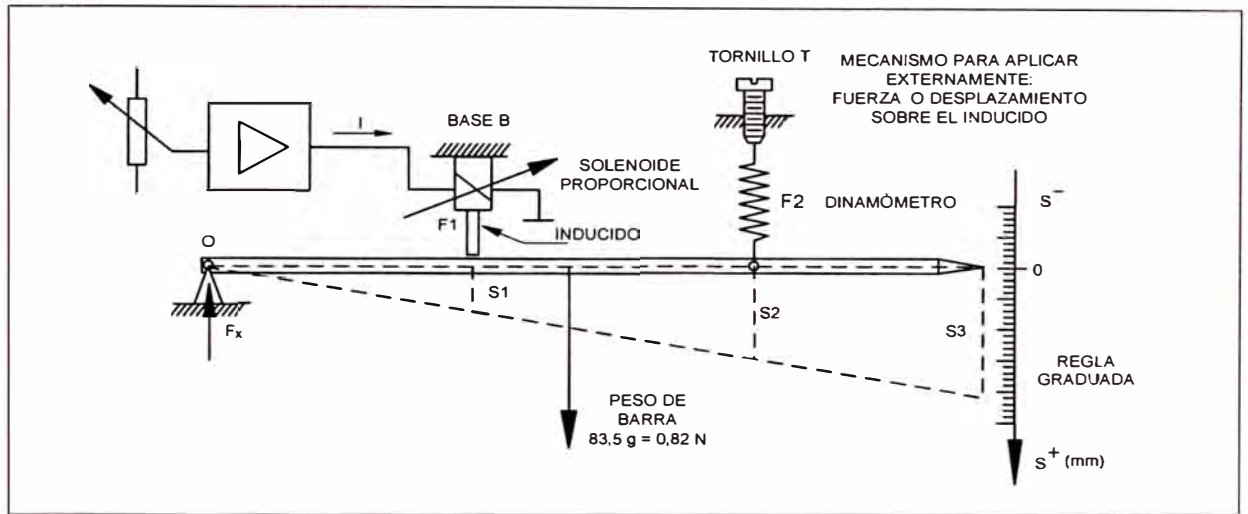


Fig. 5.1: Mecanismo diseñado para cuantificar el desplazamiento, la fuerza de un solenoide proporcional.

El mecanismo ha sido diseñado para probar cualquier tipo de solenoide debido a que estos solo se adosan a la base B, diseñada para sujetar diversos tipos de solenoides.

Un elemento importante es el tornillo T el cual nos permite:

- Regular el dinamómetro para calibrar el "cero" en la regla.
- Aplicar una fuerza externa F_2 para un valor de corriente I constante.
- Aplicar un desplazamiento s_2 al dinamómetro para un valor de corriente I constante, sin necesidad de variar su fuerza.

5.3 SECUENCIA DE ANÁLISIS

La secuencia de análisis se realizará en función a la clasificación de los solenoides proporcionales. Esto es:

- a) Análisis a las curvas de respuestas de un solenoide proporcional de mando por fuerza.
- b) Análisis a las curvas de respuestas de un solenoide proporcional de mando por desplazamiento.

⁸ La comprobación de este valor es multiplicando el área en contacto del elemento de cierre de la válvula por la presión máxima que la válvula puede controlar. Datos: $\Phi = 2,5 \text{ mm}$, $p = 100 \text{ bar}$.

5.4 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE RESPUESTAS DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA.

5.4.1 CONSIDERACIONES

Para cuantificar y visualizar las respuestas de un solenoide proporcional de mando por fuerza se utiliza la estructura de la Fig. A.1 (Anexo 1, Pág. 219). Además se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un solenoide de mando por fuerza generalmente acciona a una válvula de presión, en este caso el solenoide analizado acciona a la válvula limitadora de presión proporcional HERION TN 6.
- La presión p queda determinada por la fuerza magnética ($F_{MG} = F1$) que se aplica a la válvula, la cual a su vez queda determinada por la corriente que envía la tarjeta de control proporcional.

$$I \rightarrow F1 \rightarrow p$$

Estos constituyen los “valores de preajuste” (Fig. 5.2)

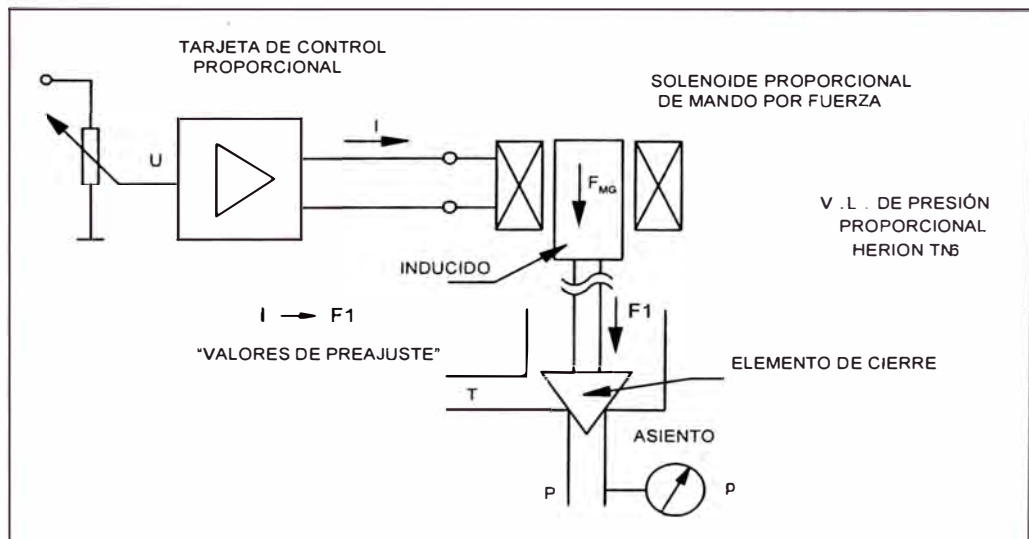


Fig. 5.2: Solenoide proporcional de fuerza accionando a una válvula limitadora de presión.

- Para obtener los valores de preajuste de I y $F1$ no hay necesidad que exista desplazamiento físico en el inducido, ya que; éste comúnmente descansa sobre un asiento. (En el experimento realizado si hubo un desplazamiento de $s1$ ya que; el instrumento utilizado es un dinamómetro, cuyo principio de funcionamiento para medir la fuerza es

la deformación de un muelle), pero cuya significación es nula porque lo que interesa en esta fase es la fuerza F_1 como consecuencia de la aplicación de la corriente I .

- El Cuadro de Datos 1 (Anexo 1, Pag. 221) muestra los valores de I y F_1 . Se han tomado valores ascendentes y descendentes lo que determina la presencia de histéresis entre las variables (Fig. 5.5).

Además:

- La regulación de la presión de una válvula limitadora (independientemente de ser accionada manual o electrónicamente) se realiza para un determinado caudal.
- Los valores del desplazamiento s_1' del inducido del solenoide, surgen en el momento en que la válvula (alimentada con una corriente constante I) comienza a aperturarse; permitiendo el paso de un determinado valor de caudal Q . Por lo tanto:

$$Q \rightarrow s_1'$$

Al variar el caudal, varía la resistencia, luego hay una variación de la presión p con lo cual variará la fuerza F_1 . Por lo tanto:

$$p \rightarrow F_1$$

Los valores de s_1' y F_1 constituyen los "valores de regulación" (Fig. 5.3).

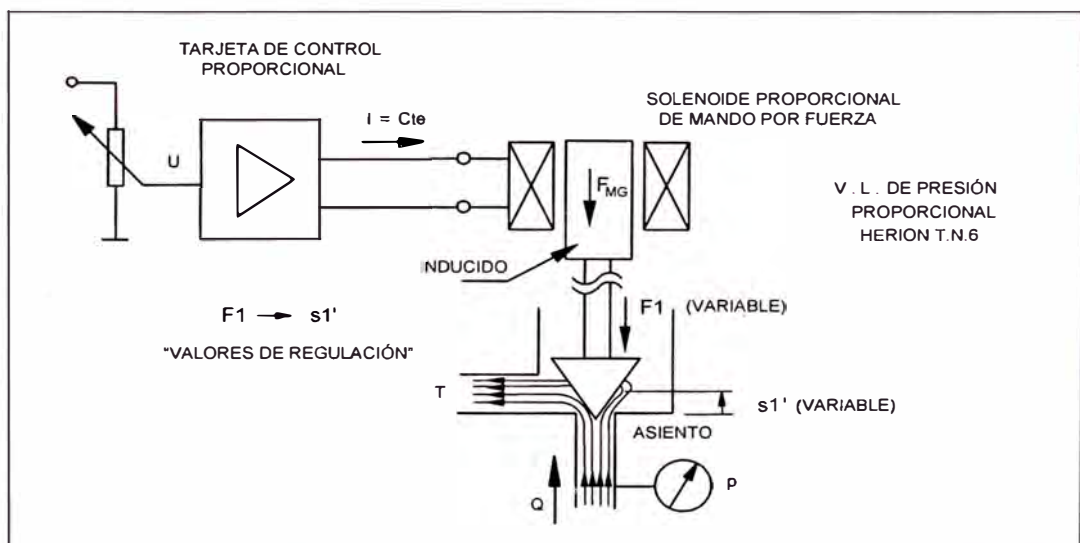


Fig. 5.3: Desplazamiento del inducido en el momento en que se alcanza la presión regulada en una válvula limitadora de presión proporcional.

- Al aplicar una corriente constante I , el inducido se desplaza una distancia (cuyo valor no es trascendente). A partir de este momento se comienza a aplicar una fuerza externa F_2 al tensionar el dinamómetro a través del tornillo T ; esta fuerza producirá una fuerza externa contraria a F_1 en el inducido del solenoide produciendo un desplazamiento s_1' medido con respecto al punto desde el cual se comenzó a aplicar la fuerza, simulando la apertura de la válvula.
- En la experiencia se ha realizado el proceso descrito anteriormente a partir del punto de referencia ubicada en $s_3 = 17 \text{ mm}$ ($s_1 = 1,39 \text{ mm}$). A partir de este punto se obtienen los valores s_3' y correspondientemente s_1' (Este es un punto elegido arbitrariamente correspondiente al máximo desplazamiento s_3 hallado en las pruebas para una $I = \text{cte}$).
- El Cuadro de Datos 2 (Anexo 1, Pag. 222) muestra los valores de s_1' y F_1 para corrientes constantes (Fig. 5.6).
- Para ubicar un punto de trabajo en el diagrama s_1' vs. F_1 se debe de ubicar el valor de preajuste o PUNTO DE APERTURA. Este punto está determinado por una corriente I la que determina un valor de fuerza F_1 (Fig. 5.7).
- A medida que la válvula comienza a abrirse va aumentando la presión (y la fuerza F_1) a lo largo de la corriente I dando como resultado el PUNTO DE REGULACIÓN el cual define la presión máxima p_{max} .
- El desplazamiento s_1' es la medida desde el punto de apertura hasta el punto de regulación.

Las respuestas del solenoide proporcional de mando por fuerza, estudiado se sintetizan en el diagrama de la Fig. 5.8.

De lo anterior se deduce, que el proceso de apertura de una válvula limitadora de presión tiene dos puntos importantes:

- a) "Punto de apertura", ligado a un valor de preajuste del cual la válvula

comienza a aperturarse y cuyo valor solo se conoce en forma experimental (equivale a la presión desde el cual la válvula comienza a aperturarse).

- b) “Punto de regulación”, ligado a la presión de regulación de la válvula para un determinado caudal. Este valor es el que se conoce y es el que comúnmente se indica en un plano hidráulico.

El diagrama que sintetiza las relaciones descritas anteriormente lo muestra el Texto de Hidráulica Proporcional elaborado por la Comunidad Europea, editorial TECSUP (Fig. 5.4).

Las experiencias se han orientado a verificar este diagrama permitiendo la interpretación correcta del funcionamiento de este componente, ya que existe información distorsionada al respecto en otras literaturas.

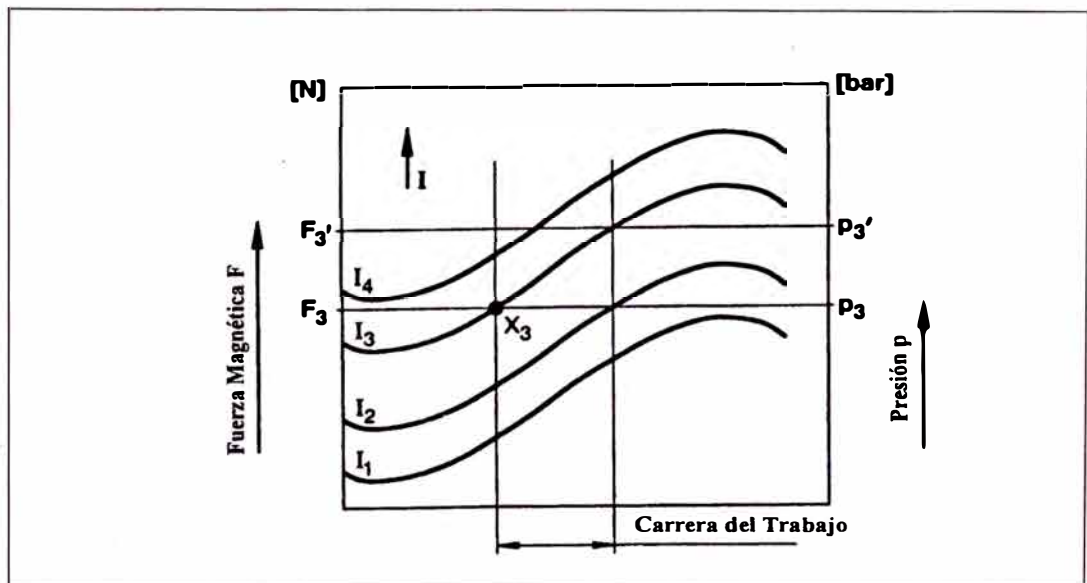


Fig. 5.4: Curva característica de un solenoide de mando por fuerza. (Texto de Hidráulica Proporcional. Editorial TECSUP).

5.4.2 DIAGRAMAS

	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	DATOS
a)	I vs. F1	Fig. 5.5	Pág. 221
b)	s1' vs. F1 (Tendencias).	Fig. 5.6	Pág. 222
c)	s1' vs. F1 (Con los valores de preajuste).	Fig. 5.7	Pág. 221-223
d)	Determinación del punto de regulación para una corriente de 1,0 A; Fuerza de preajuste 17,5 N; apertura 0,5 mm.	Fig. 5.8	

Tabla 5.1: Casos de análisis de las respuestas del solenoide proporcional de mando por fuerza.

a) I vs. F1

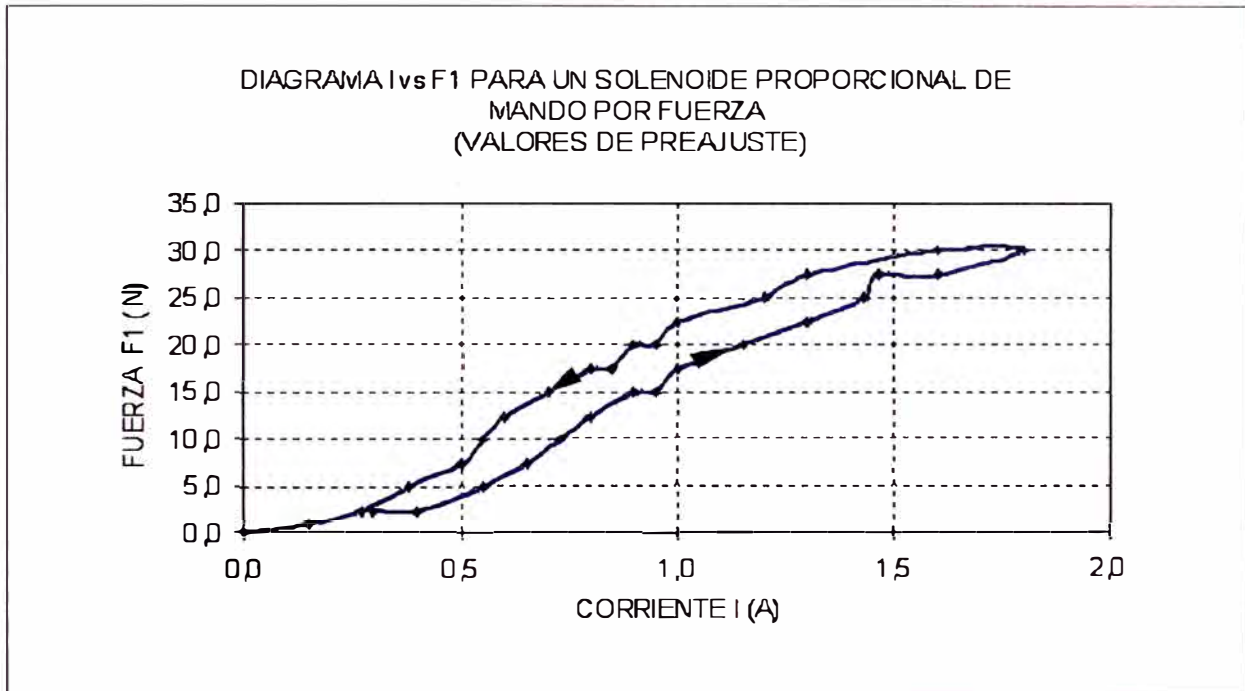


Fig. 5.5: Curva de histéresis generada entre la fuerza magnética en función de la corriente, en el solenoide de mando por fuerza.

b) s1' vs. F1 (Tendencias)

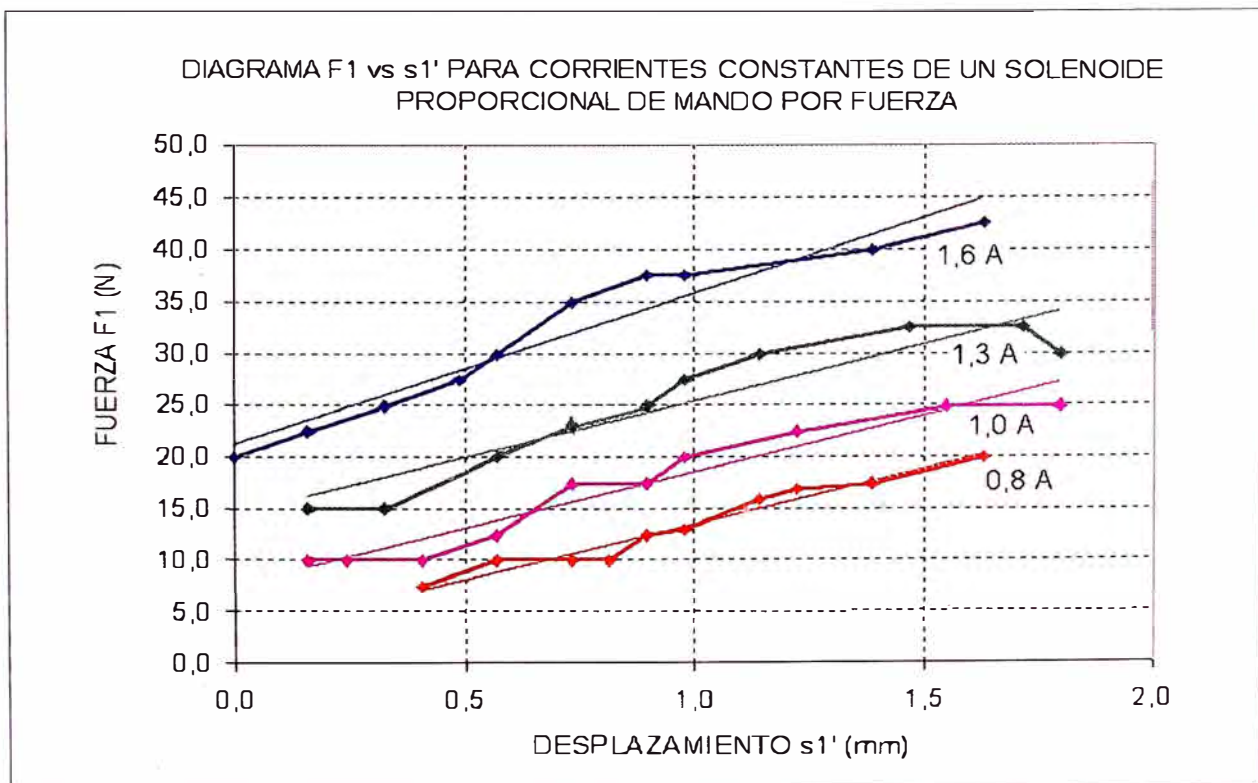


Fig. 5.6: Relación entre desplazamiento y fuerza magnética para diversos valores de corriente. Se muestra además la linealización de las tendencias. En un sentido estricto el desplazamiento es función de la fuerza (como consecuencia de la presión hidráulica) para una corriente dada.

c) s_1' vs. F_1 (Con los valores de preajuste).

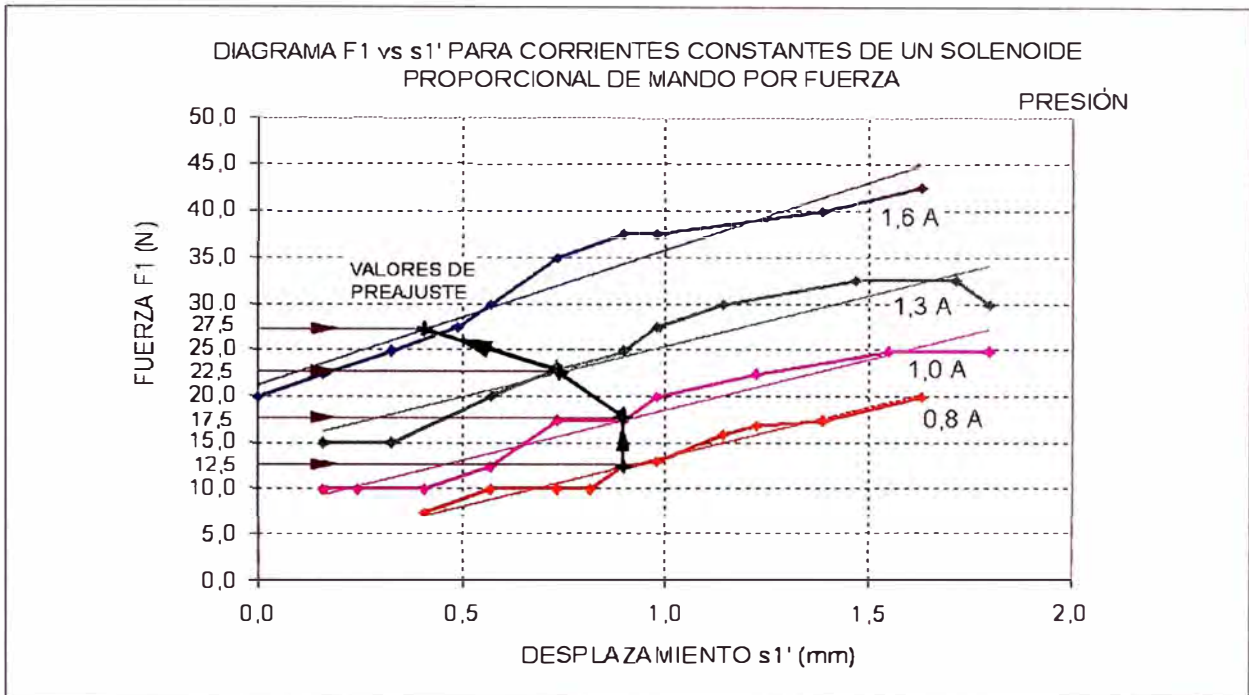


Fig. 5.7: Relación corriente - fuerza, en el momento del "preajuste" de una válvula limitadora de presión. En el momento del preajuste el desplazamiento del inducido es cero por lo que a partir de la coordenada del valor de ajuste se debe de medir el desplazamiento "real" del inducido.

d) Determinación del punto de regulación para una corriente de 1,0 A; Fuerza de preajuste 17,5 N; apertura 0,5 mm.

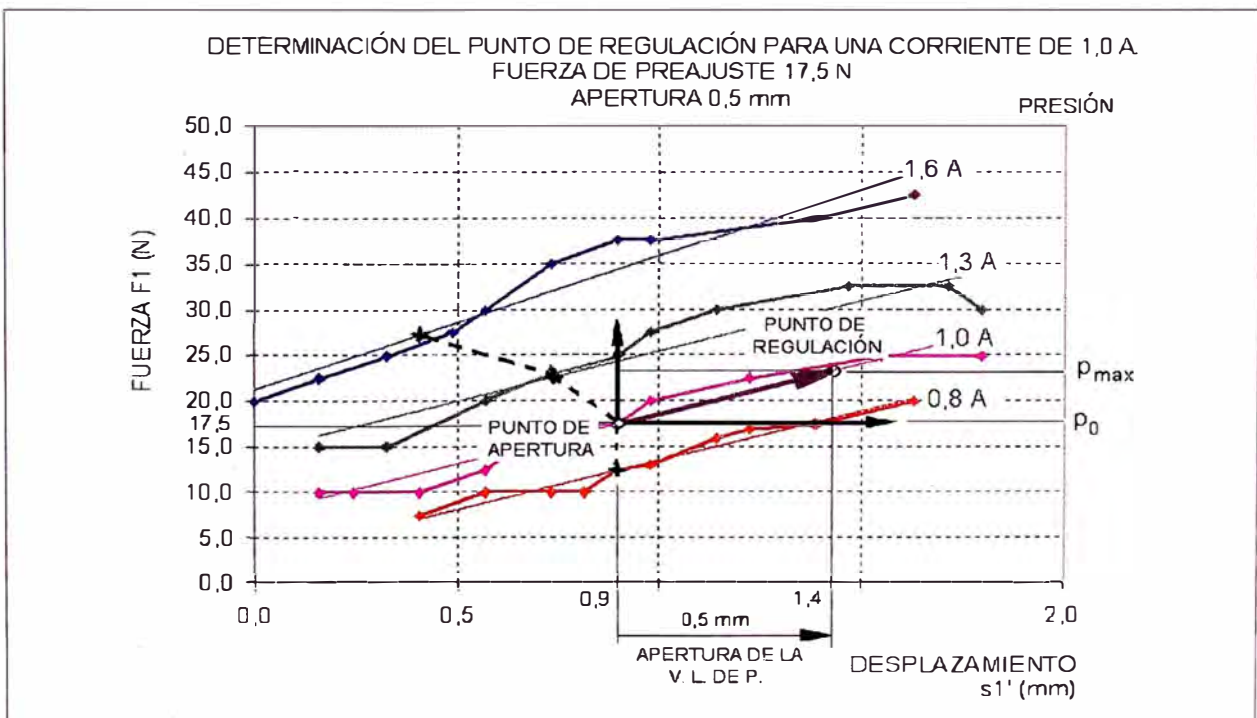


Fig. 5.8: Determinación del punto de regulación para una válvula de presión, esto es presión máxima y desplazamiento para un determinado caudal.

5.4.3 CONCLUSIONES

- a) La tendencia de la relación entre la corriente I vs. fuerza $F1$ (de los valores de preajuste) es proporcional lineal y presenta histéresis, de aquí que parte de la histéresis de la válvula se genere en el solenoide de la válvula (Fig. 5.5)
- b) Para una corriente constante la relación entre la $F1$ y el desplazamiento $s1'$ es lineal y sin histéresis (Fig. 5.6).
- c) El punto de apertura (VALOR DE PREAJUSTE) se determina en el diagrama que relaciona I y $F1$ (Fig. 5.7). Se ingresa a este diagrama con el valor de corriente I (0,80; 1,00; 1,30; 1,60 A) los que determinan la fuerza $F1$ (Cuadro de datos 1, Anexo 1, valores resaltados). Estos valores definen el punto de inicio de la apertura de la válvula; a partir de este valor recién se debe evaluar la apertura.
- d) La válvula comienza a abrirse desde el valor p_0 correspondiente al PUNTO DE APERTURA y se abre totalmente en p_{max} correspondiente al PUNTO DE REGULACIÓN. El solenoide proporcional de fuerza se comporta como un "muelle" de tal manera que; se establece la relación: $F1 = k * s1'$ (Fig. 5.8).
- e) La apertura o desplazamiento de la válvula es proporcional al caudal. Para el ejemplo mostrado (Fig. 5.8), la apertura de la válvula es: $1,4 - 0,9 = 0,5$ mm. Los valores de p_0 y p_{max} quedan determinados por el área en contacto del elemento de cierre multiplicado por la fuerza $F1$.
- f) Se ha comprobado que el método seguido para obtener la curva característica de un solenoide de mando por fuerza es correcto al comprobar la similitud de la Fig. 5.8 (experimental) y la Fig. 5.4 (teórica).

5.5 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE RESPUESTAS DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO.

5.5.1 CONSIDERACIONES

Para cuantificar y visualizar las respuestas de un solenoide de mando por desplazamiento, se utiliza la estructura de la Fig. A.2 (Anexo 1, Pag. 224). Además se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El solenoide de mando por desplazamiento generalmente acciona a una válvula distribuidora, en este caso; el solenoide analizado acciona a la válvula distribuidora proporcional 4/3 de centro cerrado HERION TN 6.
- La fuerza magnética F_{MG} queda determinada por la corriente que envía la tarjeta de control proporcional. Esta fuerza ($F_{MG} = F1$) origina el desplazamiento $s1$ de la corredera al equilibrarse con la fuerza de oposición del muelle F_{MUELLE} (Fig. 5.9).

$$I \rightarrow F1 \rightarrow s1$$

$$(F1 = F_{MUELLE})$$

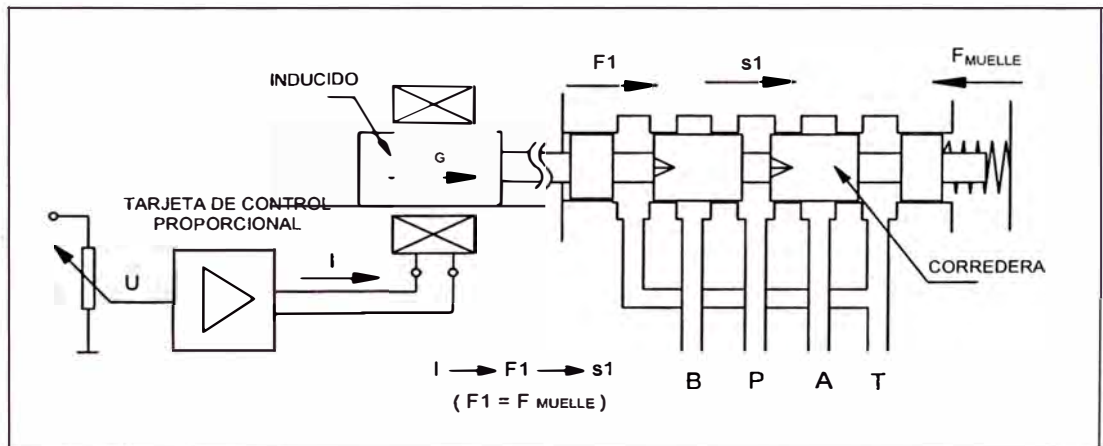


Fig. 5.9: Solenoide proporcional de mando por desplazamiento accionando a la corredera de una válvula distribuidora.

- El desplazamiento $s1$ y la fuerza $F1$ se relacionan a través de una recta que es la respuesta del muelle. Luego:

$$F1 = k * s1 \dots \dots \dots (14)$$

- En este experimento solo se analiza al solenoide y su inducido, no se ha utilizado el muelle de la válvula a la cual acciona el solenoide

normalmente, en realidad se ha utilizado la resistencia del muelle del dinamómetro (multiplicado por un factor) para equilibrar al inducido, de esta manera se ha obtenido un “equivalente a la respuesta del muelle”.

- El Cuadro de Datos 3 (Anexo 1, Pág. 226) muestra los valores de I , s_1 y F_1 . Se han tomado valores ascendentes y descendentes para determinar la presencia de histéresis (Fig. 5.11 y 5.12).
- El Cuadro de Datos 4 (Anexo 1, Pág. 227) muestra los valores de s_1 y F_1 para la corriente constante de 1A con valores ascendentes y descendentes. Se muestra el efecto de histéresis (externamente se varía el desplazamiento y se observa la variación de la fuerza) (Fig. 5.13).
- En el Cuadro de Datos 5 (Anexo 1, Pág. 228) se muestran los valores de s_1 y F_1 para diversos valores de corriente constante. Solo se han tomado valores ascendentes ya que, el Cuadro de Datos 4 muestra el efecto de histéresis entre estas variable (Fig. 5.14).
- Un punto de trabajo del solenoide de mando por desplazamiento se ubicará necesariamente sobre la “curva equivalente a la respuesta del muelle” ya que, se establecerá equilibrio entre la fuerza magnética y la fuerza del muelle. Luego, la respuesta del solenoide proporcional de mando por fuerza estudiado se sintetiza en el diagrama de la Fig. 5.15.

El diagrama “teórico” de las relaciones descritas anteriormente es citado en el Texto de Hidráulica Proporcional (Comunidad Europea. editorial TECSUP) (Fig. 5.10) y las experiencias lo corroboran plenamente.

4.5.2 DIAGRAMAS

	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMA	DATOS
a)	I vs. F_1	Fig. 5.11	Pág. 226
b)	s_1 vs. F_1	Fig. 5.12	Pág. 226
c)	s_1 vs. F_1 (Para $I = 1 A$)	Fig. 5.13	Pág. 227
d)	s_1 vs. F_1 (Para corrientes constantes)	Fig. 5.14	Pág. 228-229
e)	s_1 vs. F_1 (Se muestra la “Curva equivalente a la respuesta del muelle”)	Fig. 5.15	

Tabla 5.2: Casos de análisis de las respuestas del solenoide proporcional de mando por desplazamiento.

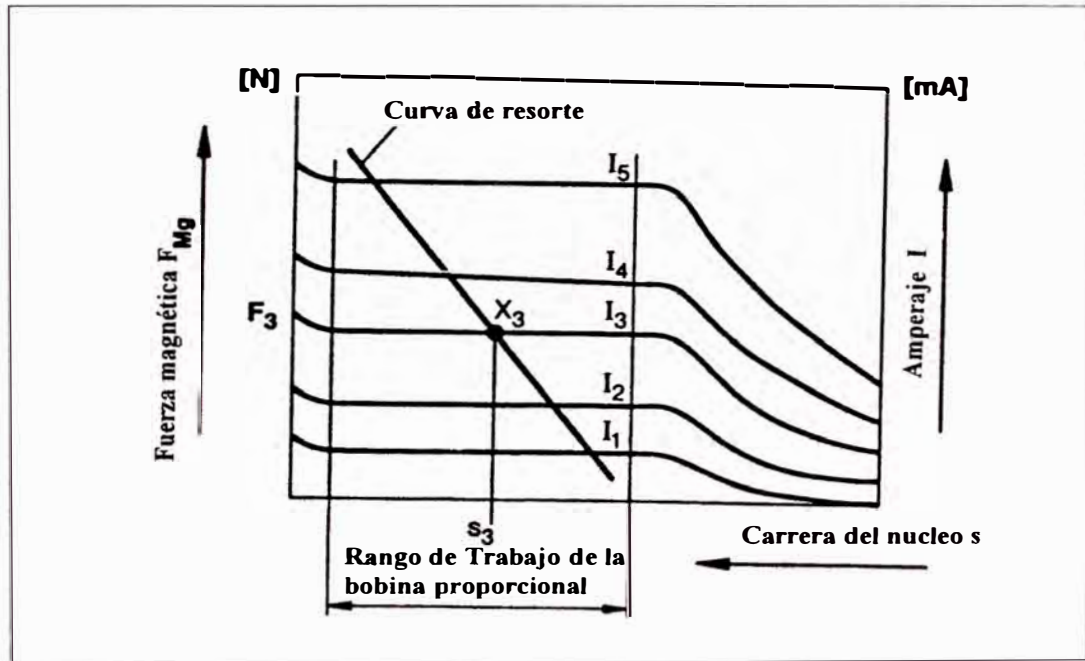


Fig. 5.10: Curva característica de un solenoide de mando por desplazamiento. (Texto de Hidráulica Proporcional. Editorial TECSUP).

a) I vs. F1

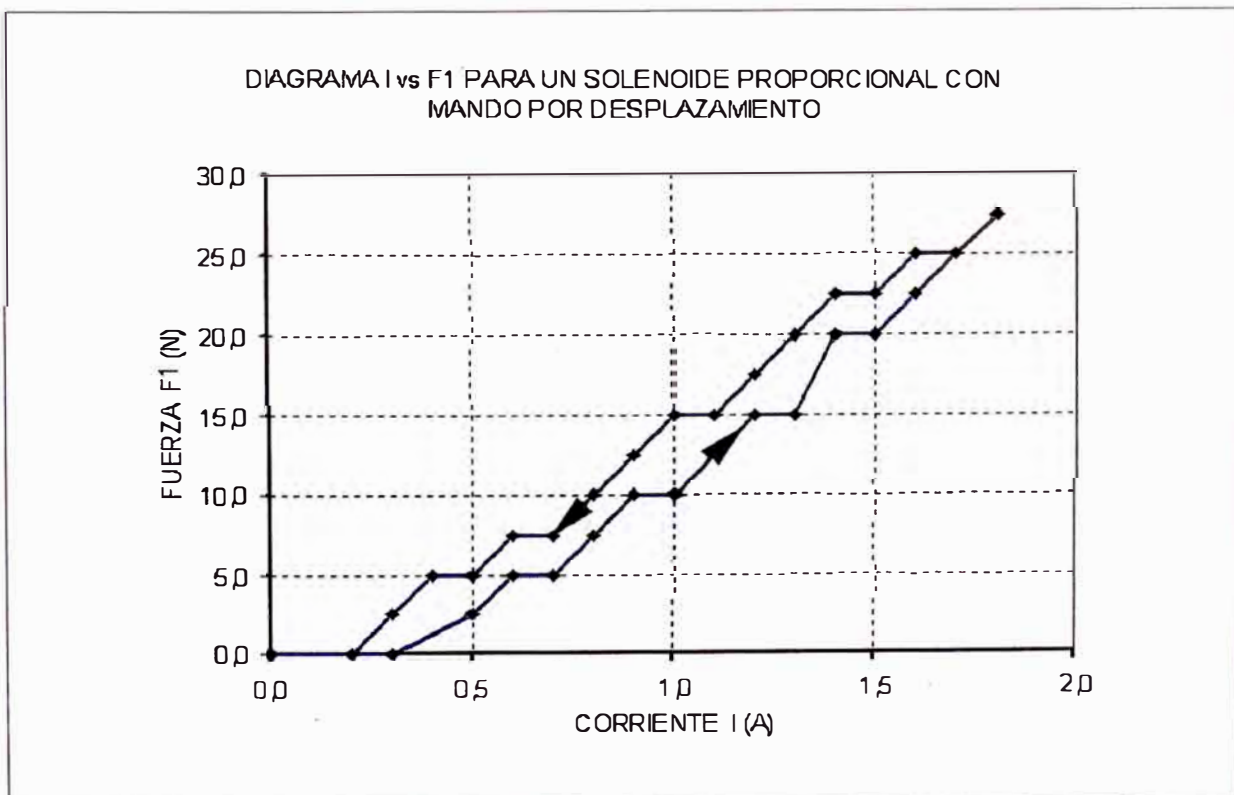


Fig. 5.11: Curva de histéresis generada entre la fuerza magnética en función de la corriente, en el solenoide de mando por desplazamiento.

s1 vs. F1

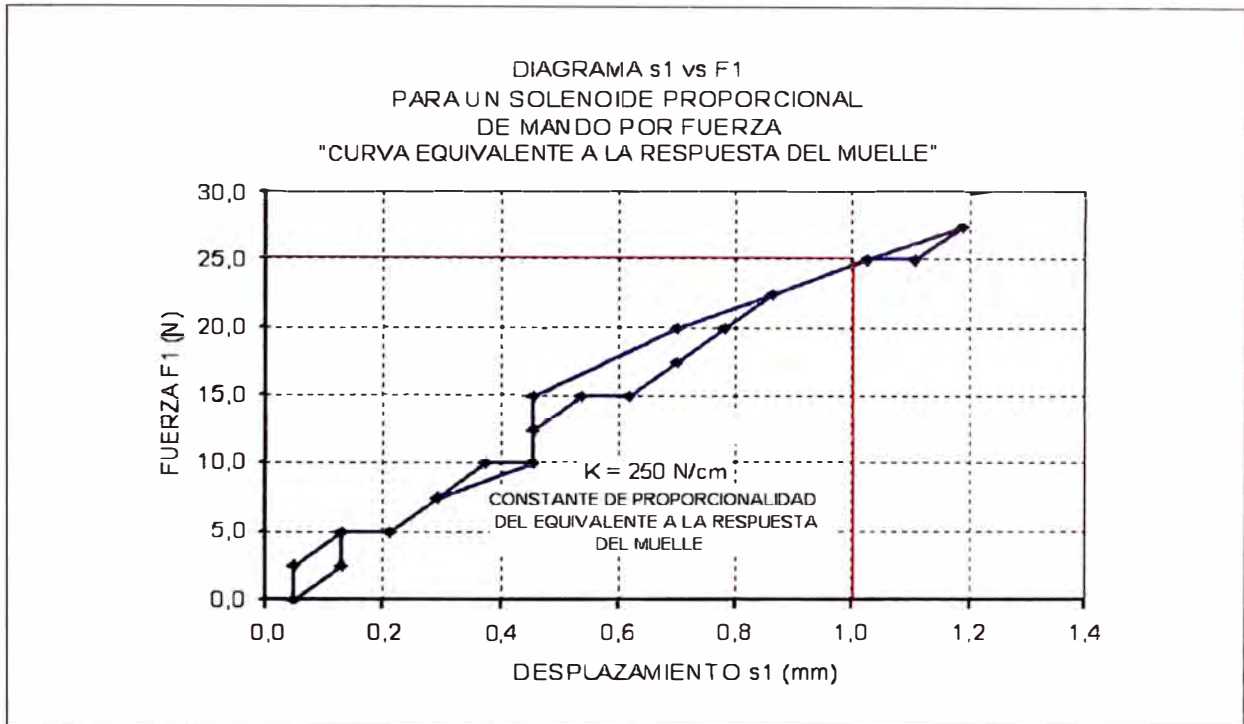


Fig. 5.12: Respuesta del muelle que se opone al desplazamiento del inducido en un solenoide de mando por desplazamiento (Recta).

c) s1 vs. F1 (Para I = 1 A)

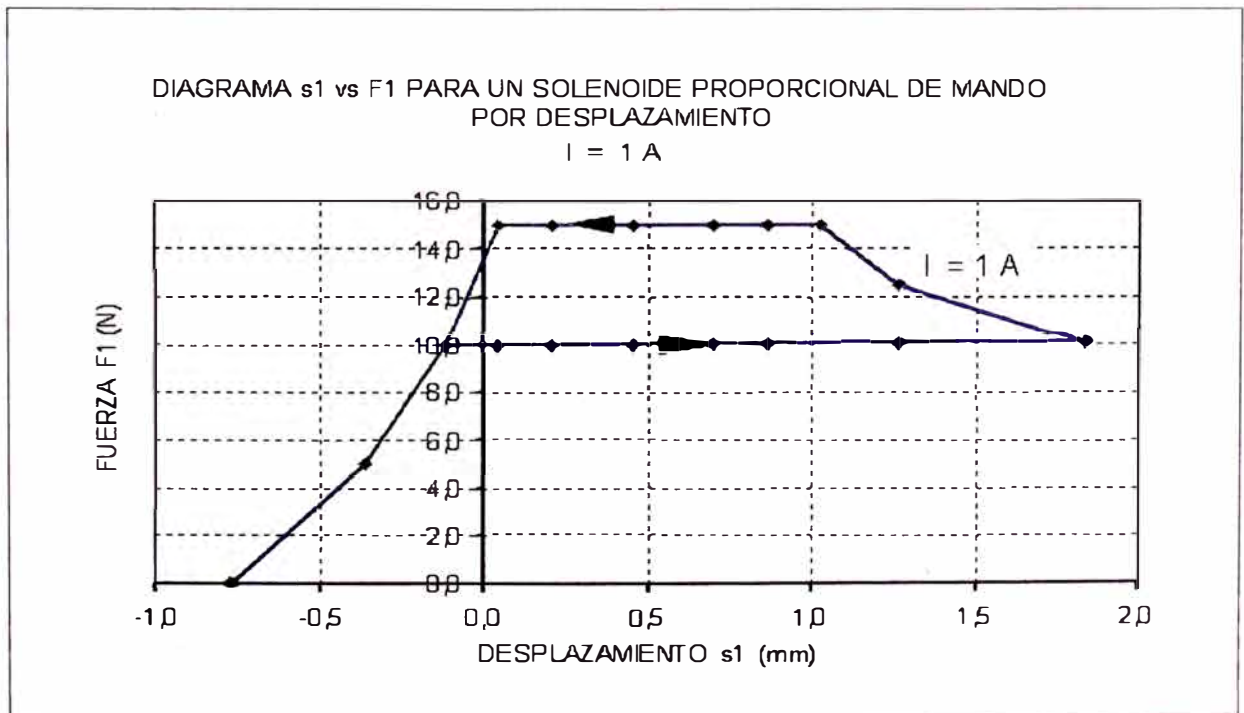


Fig. 5.13: Fuerza en función al desplazamiento, el cual nos muestra que se produce histéresis; la fuerza permanece constante para una corriente dada a lo largo de todo el desplazamiento del inducido.

d) s_1 vs. F_1 (Para corrientes constantes)

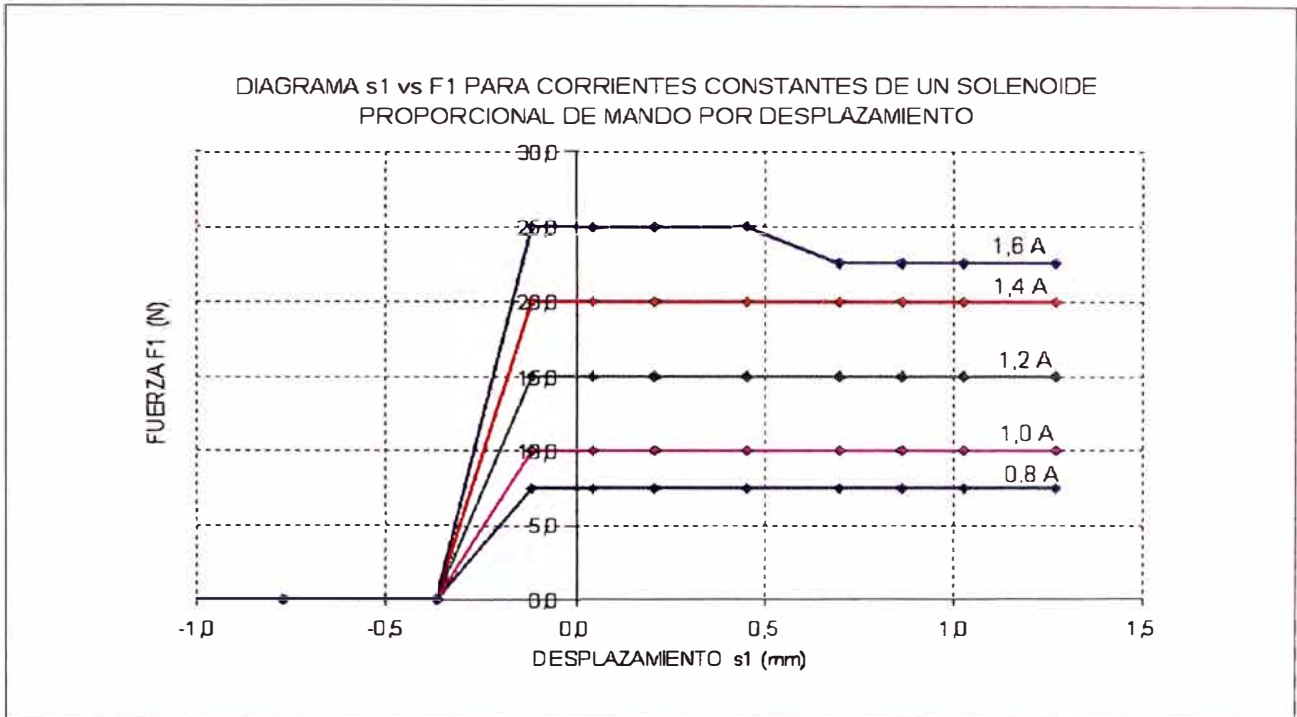


Fig. 5.14: Fuerza en función al desplazamiento para valores de corriente constante. (Solo se muestran valores en un solo sentido ya que la corriente en función a la fuerza presenta histéresis).

e) s_1 vs. F_1 (Se muestra la "Curva equivalente a la respuesta del muelle")

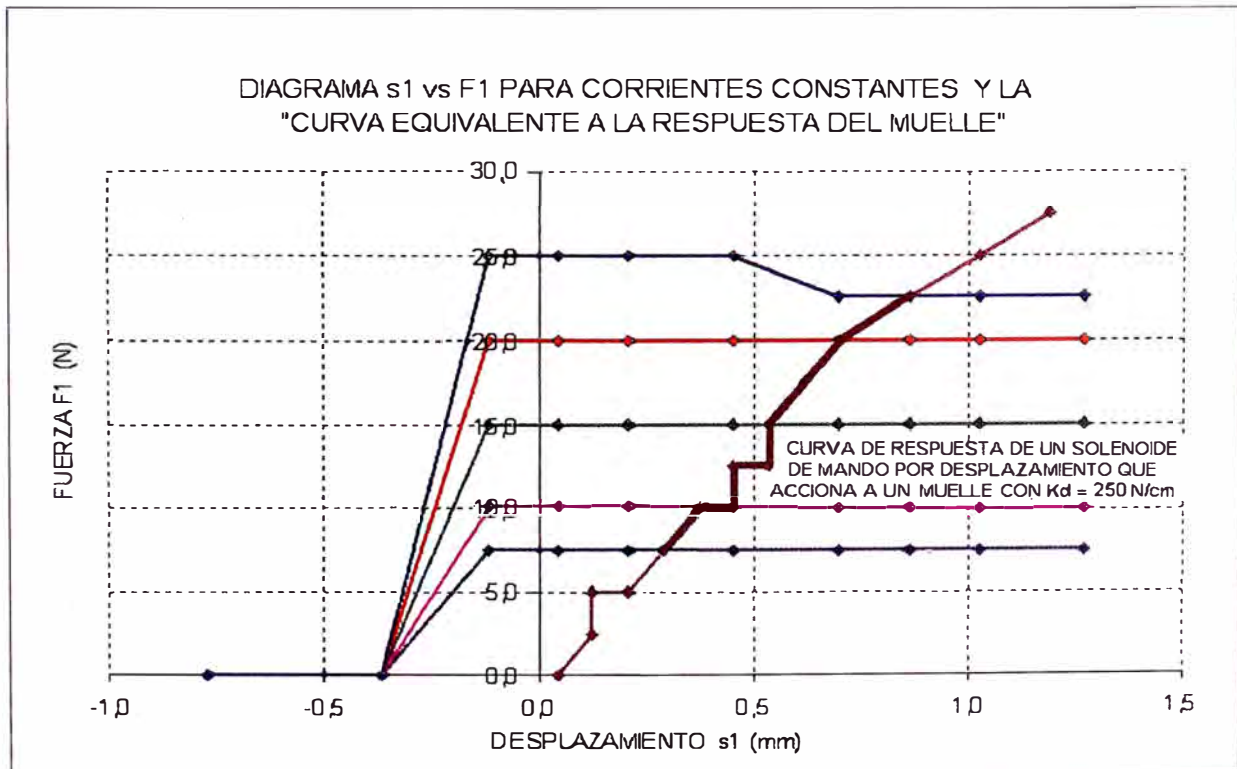


Fig. 5.15: Curva característica de un solenoide de mando por desplazamiento y la curva de posicionamiento del inducido para un muelle determinado.

5.5.1 CONCLUSIONES

- a) La tendencia de la relación entre la corriente I vs. fuerza F_1 es proporcional lineal, pero con la presencia de histéresis, de aquí que la histéresis de la válvula se genere en el solenoide (Fig. 5.11).
- b) La relación desplazamiento s_1 en función de la fuerza F_1 (donde F_1 es a su vez consecuencia de I) es en realidad, la respuesta del muelle del dinamómetro (multiplicado por el factor), cuya constante de proporcionalidad es $K = 250 \text{ N/cm}$ a la cual conoceremos como "curva equivalente a la respuesta del muelle", por lo tanto; esta respuesta es lineal y no presenta histéresis (Fig. 5.12).
- c) La relación desplazamiento s_1 con la fuerza F_1 es lineal y constante, es decir; para cualquier valor del desplazamiento s , la fuerza F_1 permanece constante. Esta relación también se ve afectada por la histéresis (Fig. 5.13).
- d) Las dos observaciones anteriores, nos permiten comprender la importancia de reducir los efectos de histéresis en una válvula con control proporcional, con vibración o dither, efectos que se han de agregar y cuyos resultados se pueden apreciar en los capítulos 6 y 7 de este informe.
- e) Una corriente constante define una fuerza constante a lo largo del desplazamiento. Si esto no fuera así, entonces la fuerza magnética sería función de la corriente y del desplazamiento y no se podría controlar la posición de equilibrio con la fuerza del muelle (Fig. 5.14).
- f) El punto de trabajo se establece en la intersección de la curvas de corriente constante, con la curva "equivalente de la respuesta del muelle". Así con la corriente se puede controlar la fuerza y con esta se puede controlar el desplazamiento de la corredera. (Fig. 5.15).
- g) El diagrama de la Fig. 5.15 corrobora y detalla la curva teórica de la Fig. 5.10.

CAPÍTULO 6:

MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL

6.1 OBJETIVO

El objetivo es visualizar, comparar y analizar las señales de entrada a la tarjeta, la corriente de salida y las respuestas en tensión correspondiente al caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional HERION TN 6. Para ello se mostrará la influencia de la regulación de la tarjeta electrónica en el control de la válvula distribuidora. Con respecto a la regulación el objetivo será regular la tarjeta de control para que el flujo Q guarde relación proporcional lineal con respecto a la señal de entrada U .

6.2 VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL

La función que cumple la válvula distribuidora es controlar el paso del fluido hidráulico.

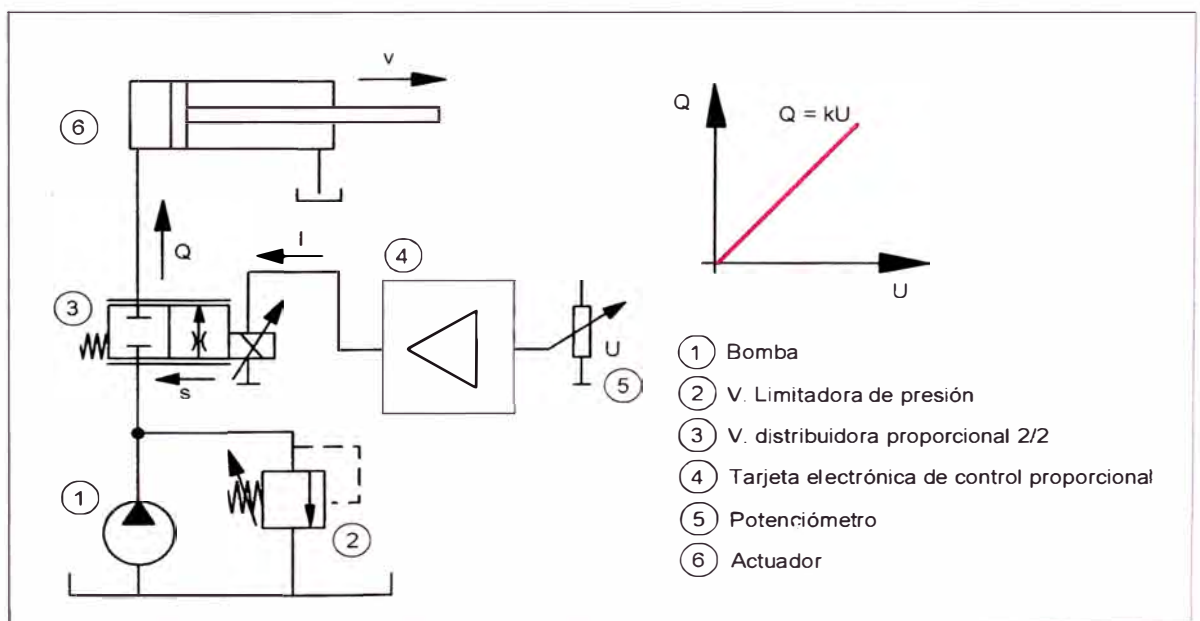


Fig. 6.1: Función de la válvula distribuidora proporcional.

Para el caso de una válvula distribuidora proporcional, la corredera podrá desplazarse una distancia (s) proporcional a la corriente (I) que recibe el solenoide y por lo tanto restringir el flujo (Q). Se establece un control proporcional cuando el flujo (Q) es una función lineal con respecto a la señal de entrada (U) Fig. 6.1.

$$\boxed{Q \propto U} \dots\dots\dots(15)$$

6.3 PARÁMETROS DE REGULACIÓN

La válvula distribuidora proporcional, se comportará de manera equivalente a un estrangulamiento variable; por lo tanto el paso de fluido a través de la válvula distribuidora pasará restringido. El grado de restricción estará determinado por la posición de la corredera de la válvula distribuidora. La corredera podrá desplazarse de una posición extrema a otra, a través de infinitas posiciones, determinando diferentes grados de resistencia lo que a su vez determinará diferentes valores de caudal y velocidad lineal o rotacional del actuador (Fig. 6.1). La válvula distribuidora presenta las siguientes características:

- a) Sobreposición (Traslape entre la corredera y las vías de paso).
- b) Valor máximo (Valor de corriente que logra el máximo desplazamiento de la corredera).
- c) Inercia (Retraso en la respuesta de la válvula manifestado en el caudal, con respecto al valor de tensión como señal de entrada).

Dichas características se visualizan a través del método del monitoreo de las curvas de respuestas de la válvula.

6.4 DESCRIPCIÓN

6.4.1 GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE ENTRADA

Las curvas de respuesta se ven afectadas cuando la señal de entrada se introduce manualmente, por lo tanto se generará una señal de tensión senoidal de amplitud +/- 10 V con un periodo de 15 s en el programa Labview. Esta señal se exteriorizará a través de la tarjeta de adquisición de datos MFI 3.0 en el

puerto D/A 1 y se introducirá a la tarjeta de control proporcional, a través del terminal z20 (Fig. 6.2). Esta señal, será la base de comparación para las respuestas obtenidas en la tarjeta (I) y en el sistema hidráulico, en este caso, la válvula distribuidora proporcional (Q).

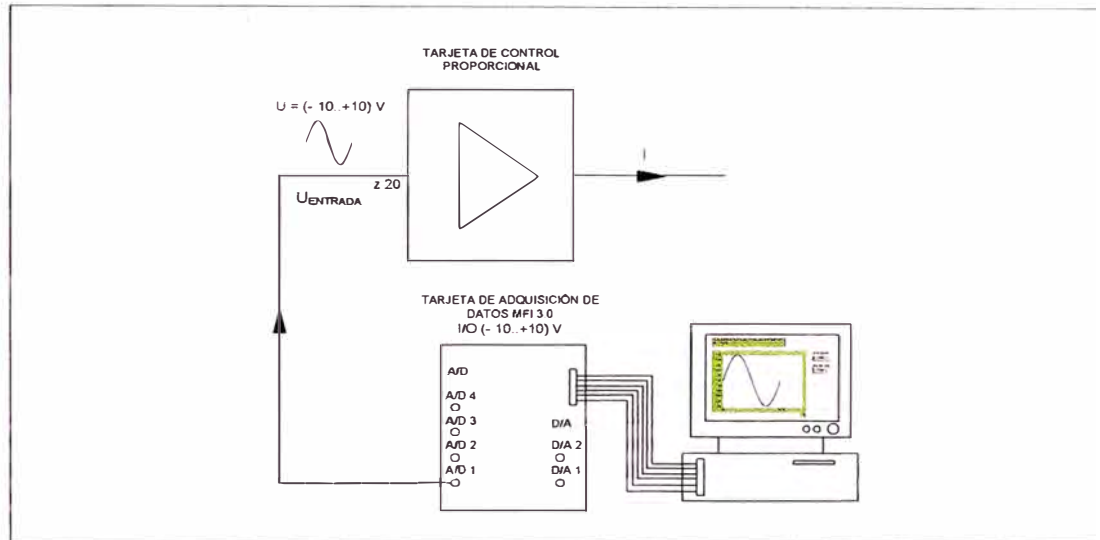


Fig. 6.2: Instalación para la generación de la señal de entrada.

Si se realiza las experiencias con una señal generada manualmente entonces las respuestas serían distorsionadas tal como se muestra en la Fig. 6.3.

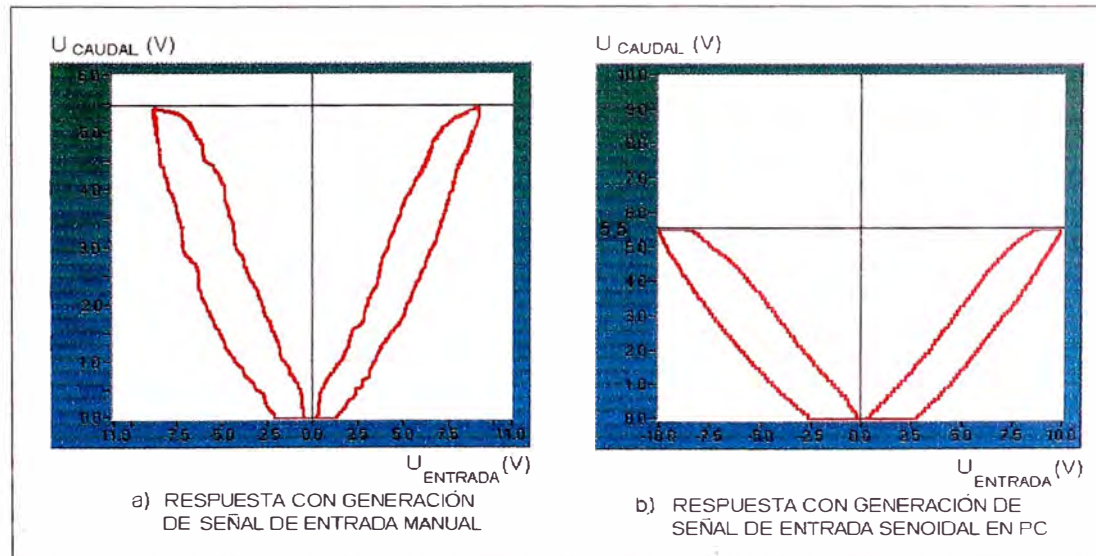


Fig. 6.3: Respuestas en el caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional con: a) Generación de señal de entrada manual y b) Generación de señal de entrada en la P.C.

6.4.2 INSTALACIONES

Abarcan instalaciones eléctricas e instalaciones hidráulicas⁹. En el esquema de la Fig. 6.4 muestra la aplicación de la señal de tensión proveniente del potenciómetro, a la tarjeta de control proporcional. Esta señal es la transformada y amplificada en una corriente I_{SALIDA} la que se aplica a los solenoides de la válvula distribuidora proporcional. Se capta la señal de entrada en el punto (1); una señal de tensión equivalente a la corriente de salida de la tarjeta en el punto (2) y una señal de tensión equivalente al caudal en el punto (3).

Se ha instalado un transductor caudal – tensión (Q/U) en la entrada de la válvula distribuidora para censar y transmitir una señal de tensión (3) equivalente al caudal que esta circulando por el circuito hidráulico,

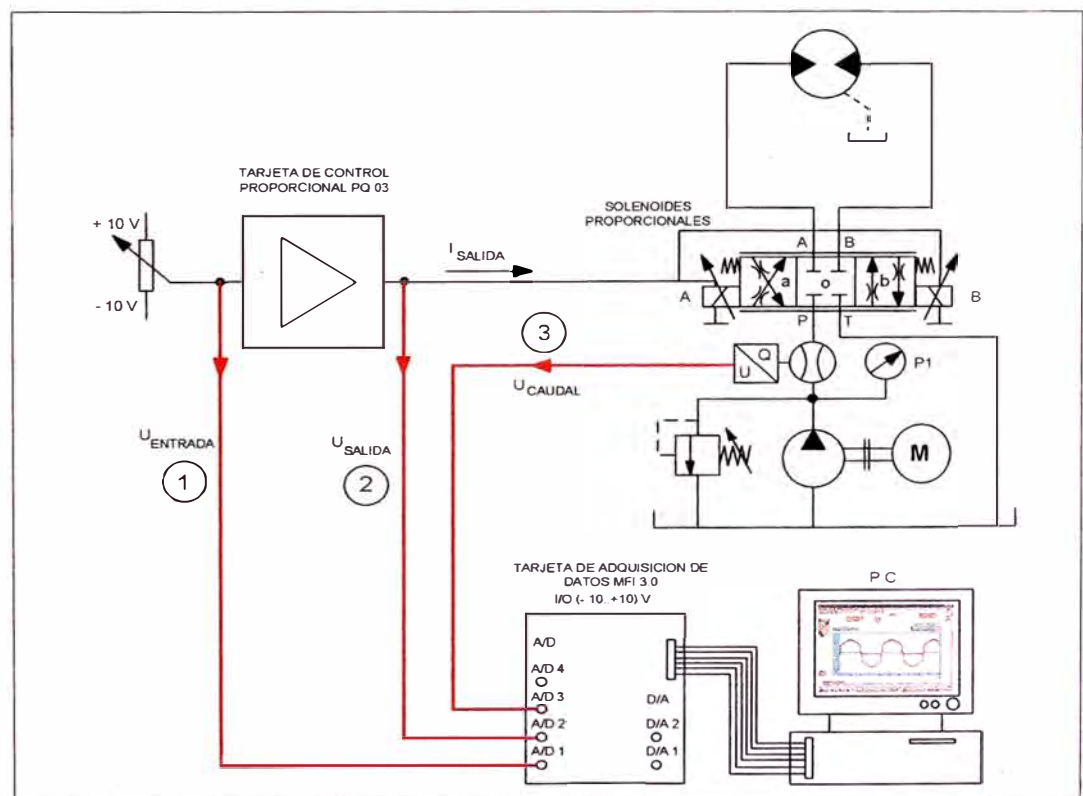


Fig. 6.4: Esquema general para el monitoreo y análisis de la válvula distribuidora proporcional.

En el transductor Q/U la relación entre el caudal Q (l/min) y la tensión U_{CAUDAL} (V) es $U_{\text{CAUDAL}} = Q$ lo que significa que el valor de U_{CAUDAL} es el mismo valor del

caudal.

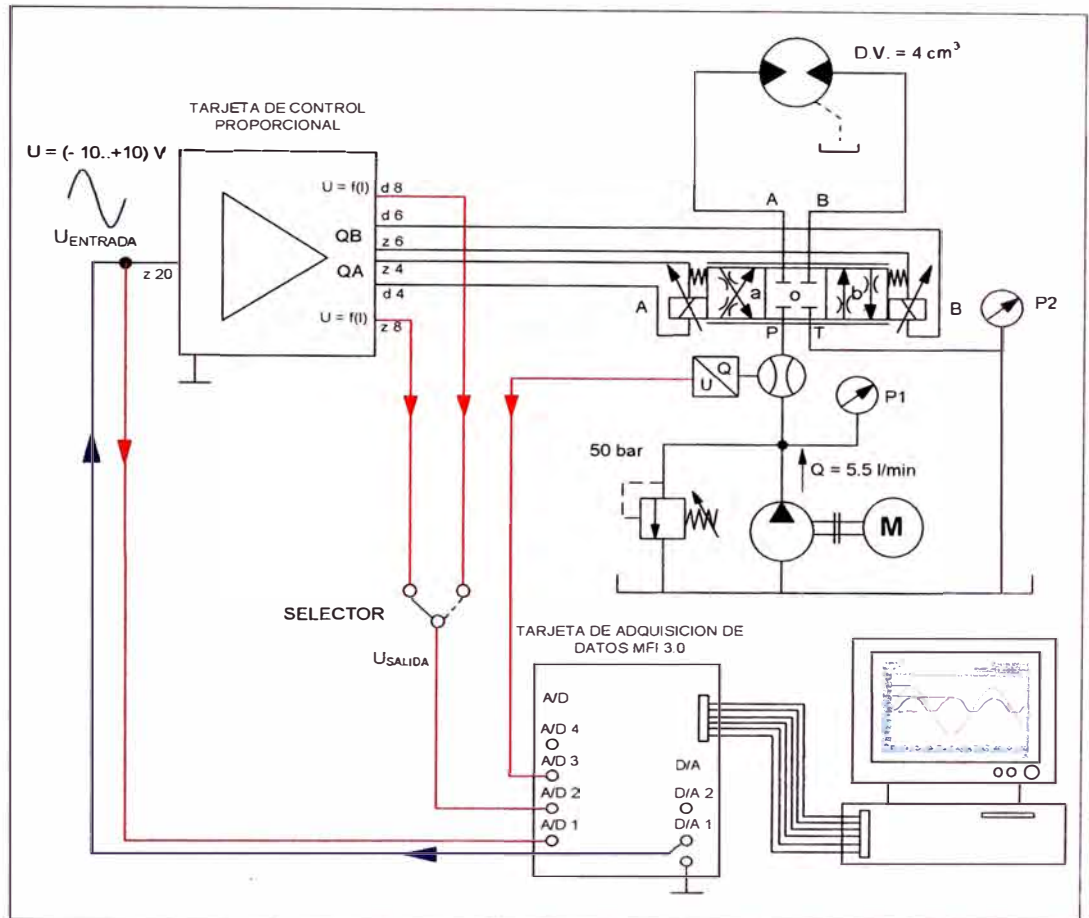


Fig. 6.5: Esquema de conexiones detalladas para el monitoreo y análisis de la válvula distribuidora proporcional.

La instalación hidráulica de la Fig. 6.5 muestra un sistema hidráulico el cual controla la velocidad de giro del motor hidráulico con el control del caudal. Esta prueba se ha realizado sin carga. La instalación hidráulica consta de una bomba de caudal constante de 5,5 l/min, una válvula limitadora de presión regulada en 50 bar, una válvula distribuidora proporcional y de un motor hidráulico de 4 cm³ de giro en ambos sentidos.

6.5 SECUENCIA DE ANÁLISIS:

Los casos a analizar mostraran secuencialmente la forma de regulación de la tarjeta

⁹ Cada una de estas instalaciones debe tener un plano individual; pero se conviene en presentar el esquema de la Fig. 6.4 para mejor comprensión de la instalación.

electrónica de control proporcional para una válvula distribuidora cualquiera y la regulación de los parámetros de la sobreposición, valores máximos en A y B, frecuencia y amplitud de oscilación para un sistema hidráulico determinado.

Los casos analizados de las respuestas de la válvula distribuidora son:

Caso I : Sin regulación (valor máximo 1,6 A)

Caso II : Con regulación de sobreposición (valor máximo 1,6 A)

Caso III : Con regulación de sobreposición y valor máximo.

Caso IV : Con regulación de sobreposición, valor máximo y oscilación.

Para cada uno de estos cuatro casos se mostraran los siguientes diagramas:

	DESCRIPCIÓN			SIMBOLOGÍA	DIAGRAMAS
a)	Tensión de entrada (1)	vs.	Caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional (3)	$U_{ENTRADA}(V)$ vs. $U_{CAUDAL}(V)$	Figuras: 6.6, 6.11, 6.16, (6.21, 6.22)
b)	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)	$U_{ENTRADA}(V)$ vs. $I_{SALIDA}(A)$	Figuras: 6.7 6.12 6.17 (6.23, 6.24)
c)	Corriente de salida de la tarjeta de control proporcional (2)	vs.	Caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional (3)	$I_{SALIDA}(A)$ vs. $U_{CAUDAL}(V)$	Figuras: 6.8 6.13 6.18 6.25
d)	Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}(V), I_{SALIDA}(A)$ vs. $t(s)$	Figuras: 6.9 6.14 6.19 6.26
e)	Tensión de entrada (1), Caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional (3)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}(V), U_{CAUDAL}(V),$ vs. $t(s)$	Figuras: 6.10 6.15 6.20 6.27

Tabla 6.1: Casos de análisis de las respuestas de la válvula distribuidora proporcional.

El objetivo es tratar de establecer la proporcionalidad lineal entre la señal de entrada y la respuesta del sistema, para ello en los diagramas se mostrará LA LÍNEA REFERENCIAL a la cual deben de tender las respuestas.

$$Q \propto U_{CAUDAL}$$

También se podrá observar como la señal de salida (Q) entra en fase con la señal de entrada (U)

6.5.1 CASO I : SIN REGULACIÓN (VALOR MÁXIMO 1,6 A).

6.5.1.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10]$ V
2	Corriente de salida de tarjeta	1,6 A
3	Sobreposición en A y B	0 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App.

6.5.1.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS.

a) Tensión de entrada (1) vs. Caudal (3).

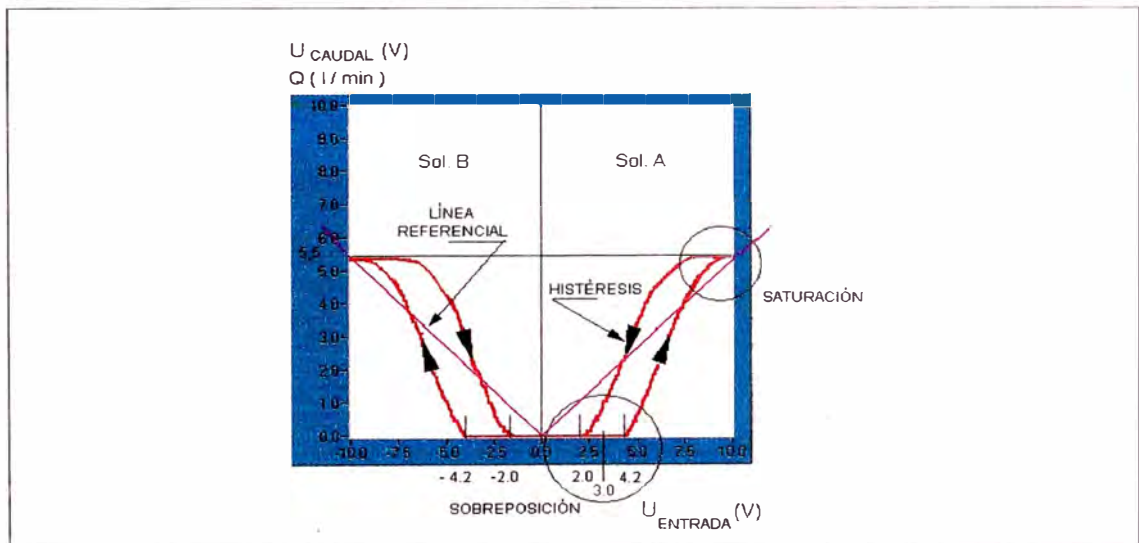


Fig. 6.6: Válvula sin regulación. Tensión de entrada de 10 V, corriente max. de salida 1,6 A, caudal de salida 5,5 l/min. Se distingue el lazo de histéresis, la sobreposición en tensión de 3,0 V y la saturación del caudal.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)

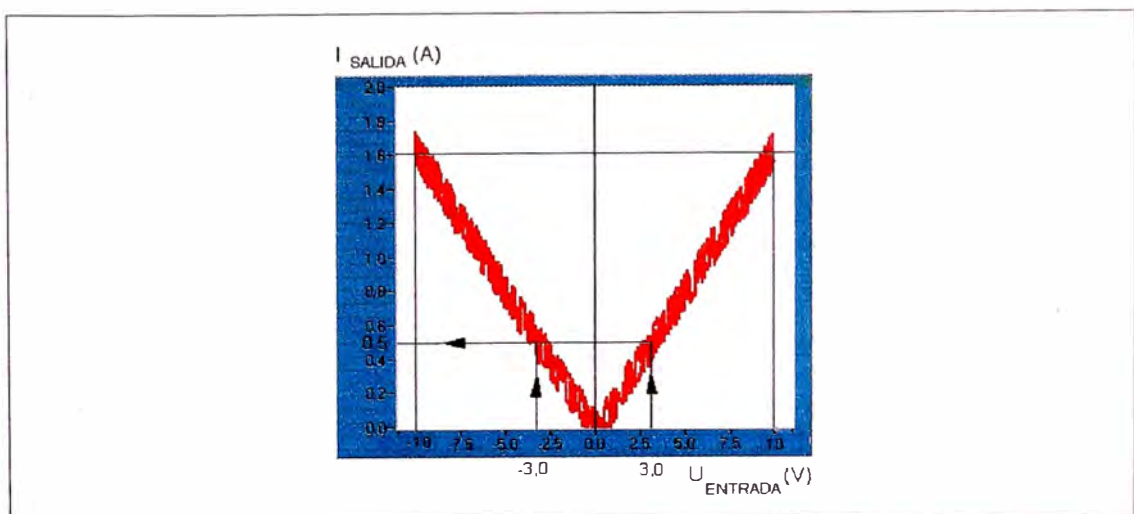


Fig. 6.7: Tensión vs. corriente en la tarjeta de control proporcional. A partir de la Fig. 6.6 se toma la tensión de entrada de 3,0 V y se halla 0,5 A como corriente necesaria de sobreposición.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Caudal (3).

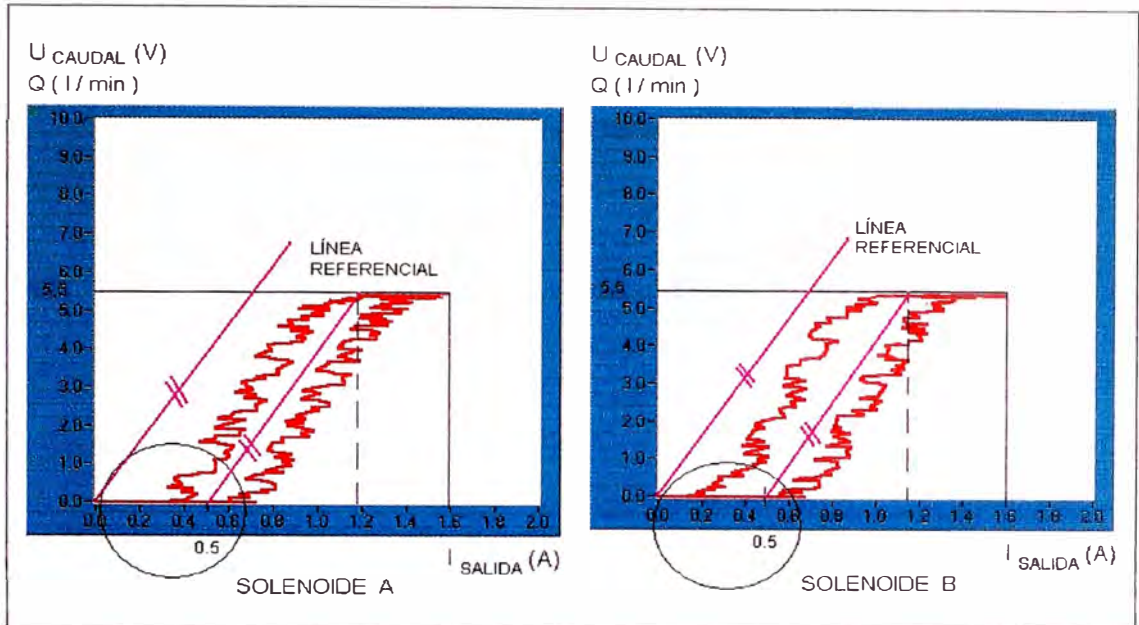


Fig. 6.8: Corriente de salida aplicada sobre los solenoides A y B proporcionales. Observar como los diagramas determinan el valor de superposición de 0,5 A.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

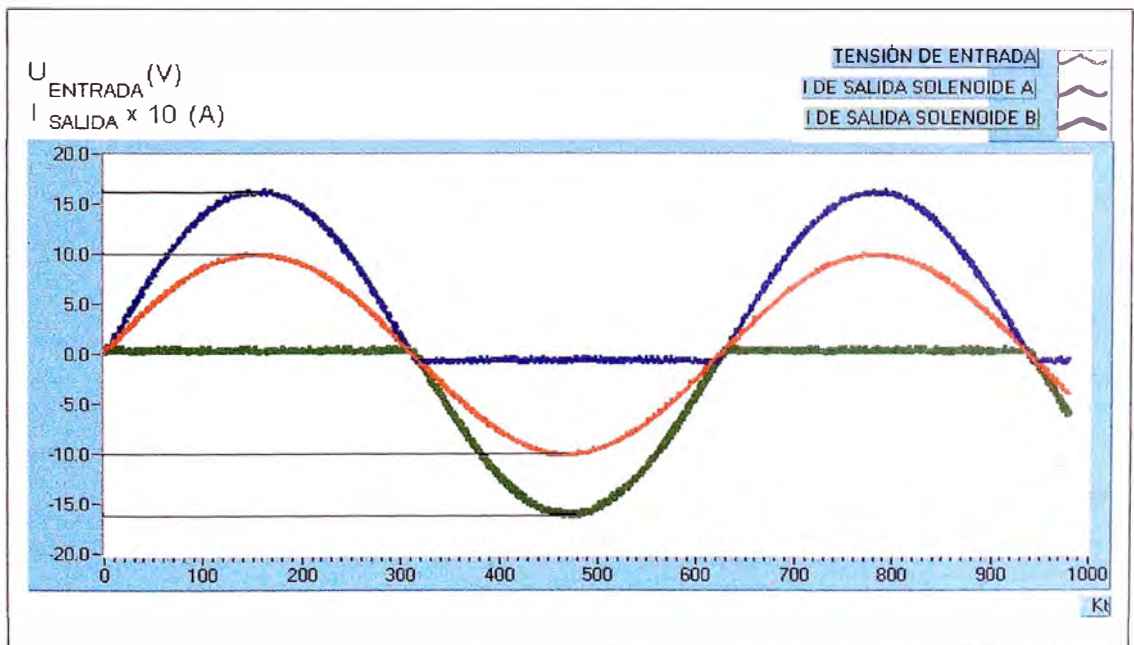


Fig. 6.9: Tensión de entrada senoidal de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada a los solenoides A y B.

e) Tensión de entrada (1), Caudal (3) vs. Tiempo.

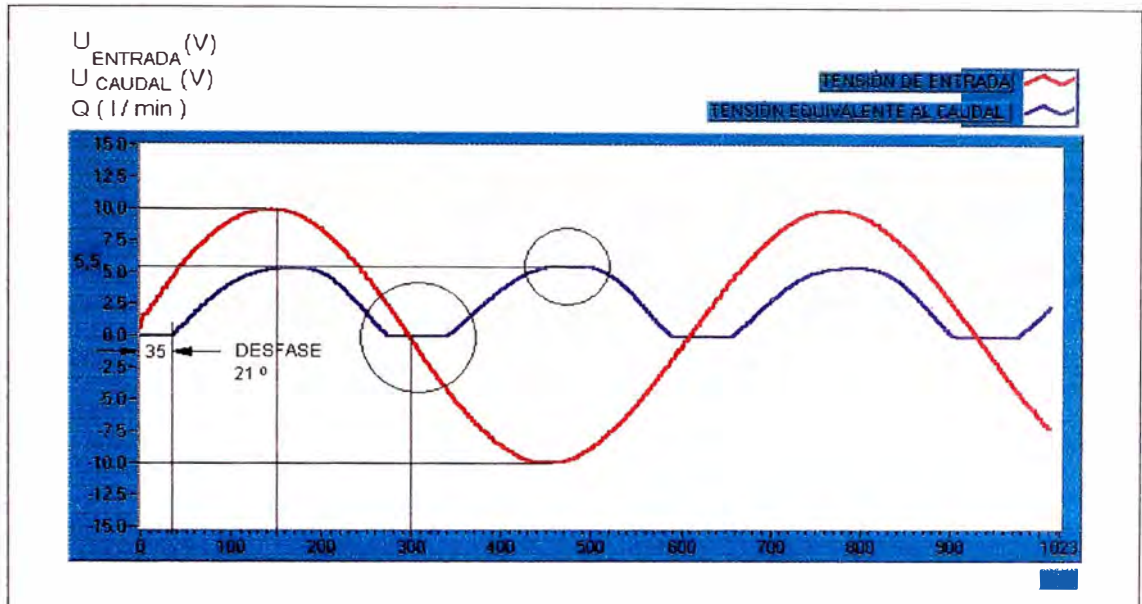


Fig. 6.10: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. la respuesta del caudal controlado por la válvula proporcional sin tener regulación de sobreposición y valor máximo.

6.5.1.3 CONCLUSIONES:

- La relación entre la $U_{ENTRADA}$ y U_{CAUDAL} (Fig. 6.6) demuestra la presencia de sobreposición, saturación e histéresis. Esto indica la necesidad de regulación de la tarjeta para el control de la válvula distribuidora.
- Es posible estimar el valor de la corriente de sobreposición en 0,5 A, que es la corriente necesaria para que la corredera de la válvula salte al punto que permita el paso de fluido a las vías A o B. (Fig. 6.8). Este valor se determinó a través del gráfico de la Fig. 6.7
- La corriente de 1,6 A es excesiva para lograr la máx. apertura de la válvula, es decir el máximo caudal de 5,5 l/min se obtiene con una corriente menor de 1,6 A (Fig. 6.6).
- Se produce un lazo de histéresis (Fig. 6.6; Fig. 6.8), esto es; para una señal de entrada se producen dos valores diferentes de caudal, dependiendo si se va abriendo o cerrando la válvula.
- Hay un desfase de 21° entre $U_{ENTRADA}$ y U_{CAUDAL} . (Fig. 6.10).

6.5.2 CASO II: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN (VALOR MÁXIMO 1,6 A)

6.5.2.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10]$ V
2	Corriente de salida de tarjeta	1,6 A
3	Sobreposición en A y B	0,5 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App.

6.5.2.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. Caudal (3).

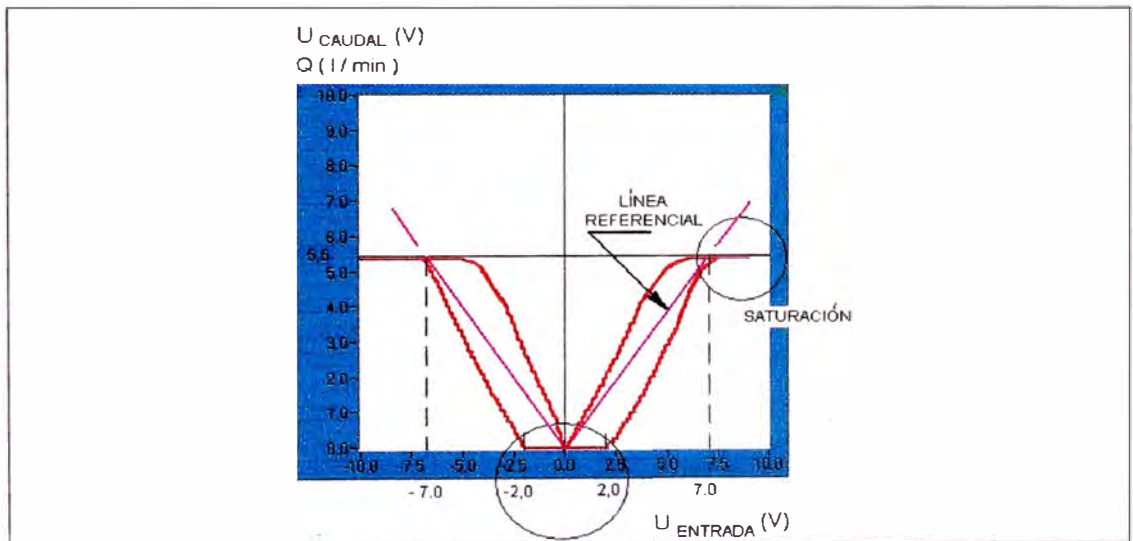


Fig. 6.11: Válvula regulada con sobreposición. Tensión de entrada de 10 V, corriente max. de salida de 1,6 A, caudal de 5,5 l/min. Se distingue la coincidencia de la curva (con histéresis) a la recta proporcional referencial. El caudal se satura a 7,0 V.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

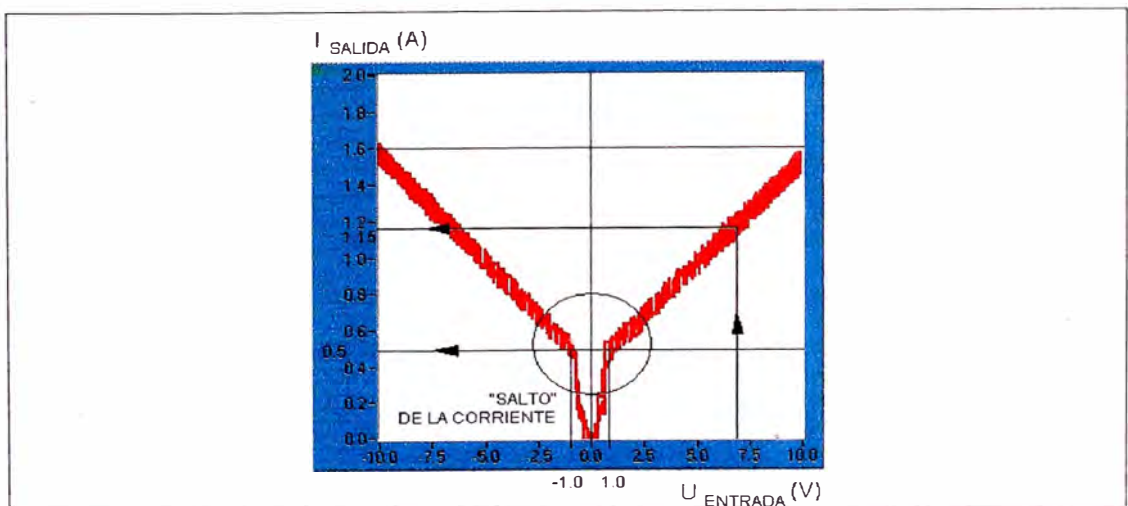


Fig. 6.12: Tensión vs. corriente en la tarjeta. Se observa que la corriente necesaria para "saltar" la sobreposición es de 0,5 A la cual se logra con solo ± 1 V de señal de entrada. La corriente máxima para lograr el máximo desplazamiento de la válvula es de 1.15 A correspondiente a 7.0 V de señal de entrada.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Caudal (3).

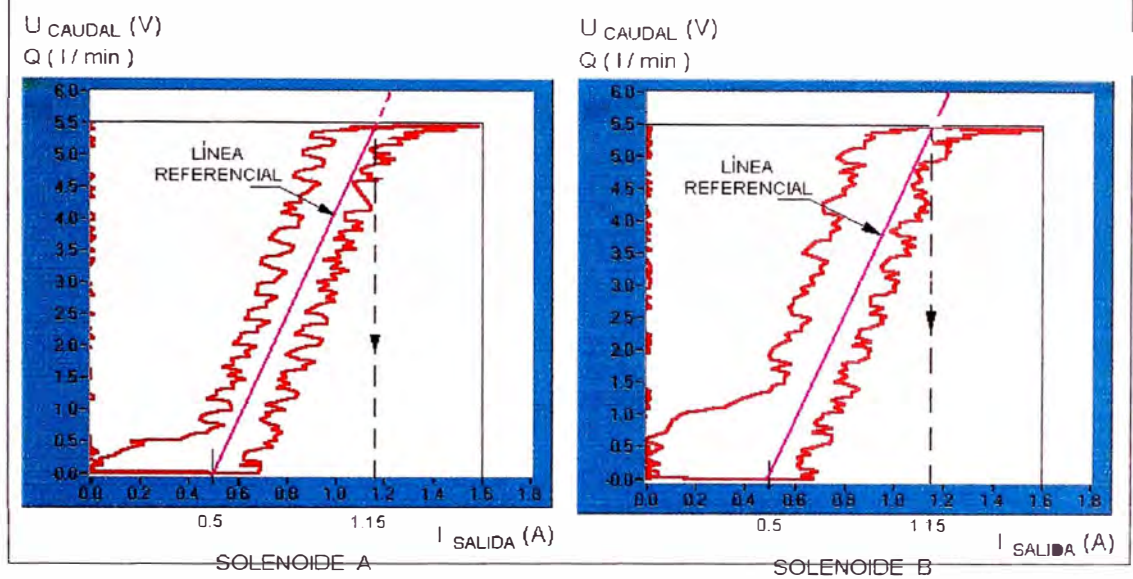


Fig. 6.13: Corriente de salida aplicada sobre los solenoides A y B. Después de la regulación, se observa la coincidencia del lazo de histéresis a la línea referencial la cual parte de 0,5 A hasta alcanzar la saturación en 1,15 A para ambos solenoides.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

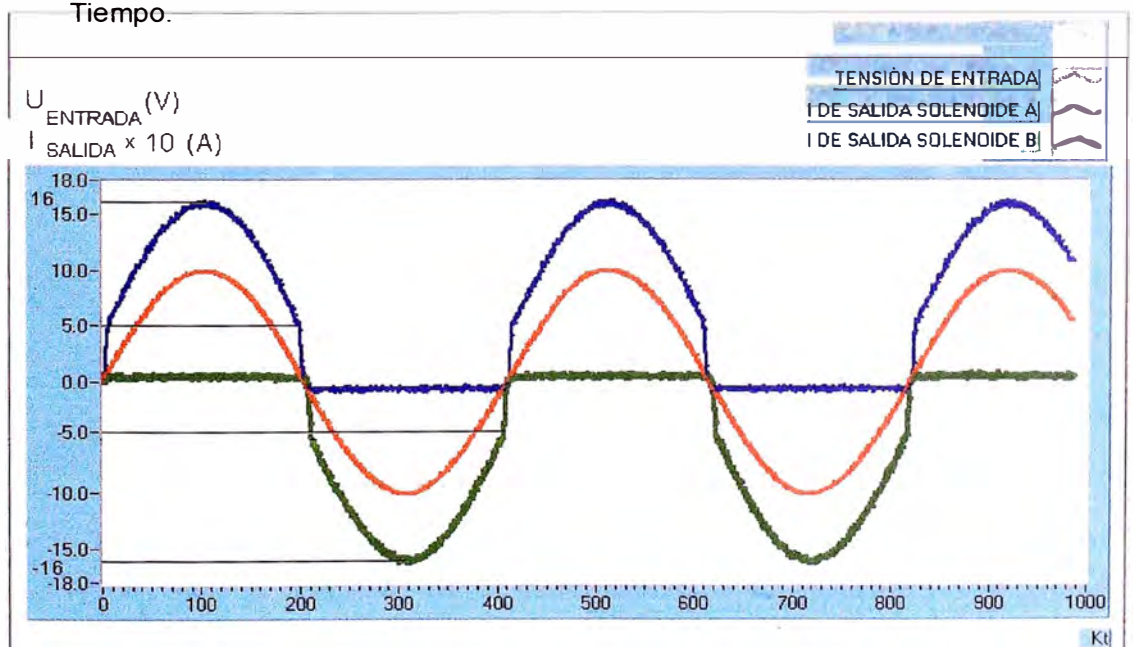


Fig. 6.14: Tensión de entrada senoidal de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada a los solenoides A y B. Se distingue el salto de 0,5 A en la corriente de salida para cada solenoide debido a la regulación de la sobreposición.

e) Tensión de entrada (1), Caudal (3) vs. Tiempo.

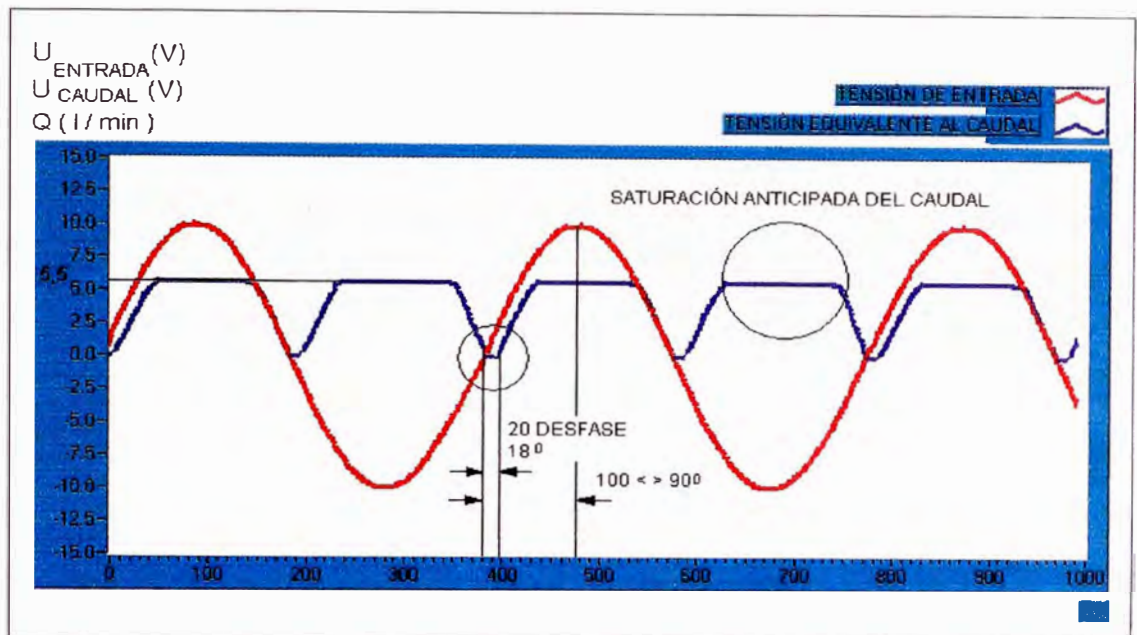


Fig. 6.15: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. caudal controlado por la válvula proporcional. Se observa que el desfase del caudal con respecto a la señal de entrada ha disminuido, además la señal de caudal se satura anticipadamente.

6.5.2.3 CONCLUSIONES:

- La corriente necesaria para cubrir la sobreposición es de 0,5 A, la que se logra con una pequeña señal de entrada de 1 V. (Fig. 6.12, 6.13).
- Se mantiene la saturación del caudal, esto es; un aumento en la tensión de entrada no genera un aumento proporcional del caudal (Fig. 6.11, 6.13), esto se debe a que para un determinado desplazamiento de la corredera se ha alcanzado el máximo caudal que envía la bomba. Se manifiesta como un recorte en la señal de caudal (Fig. 6.15).
- Después de regular la sobreposición, es posible estimar el valor de la corriente máxima en 1,15 A que se debe aplicar a los solenoides A y B para lograr el máximo paso de caudal de 5,5 l/min. (Fig. 6.13).
- Con la aplicación de la sobreposición se ha disminuido el ángulo de desfase de 21° a 18° entre la señal de entrada y la señal equivalente al caudal (Fig. 6.15).
- Se sigue produciendo un lazo de histéresis (Fig. 6.11)

6.5.3 CASO III: CON SOBREPOSICIÓN Y VALOR MÁXIMO.

6.5.3.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	[-10 ... +10] V
2	Corriente de salida máxima de tarjeta	1,2 A
3	Sobreposición en A y B	0,5 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App en 0,0 A

6.5.3.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS.

a) Tensión de entrada (1) vs. Caudal (3).

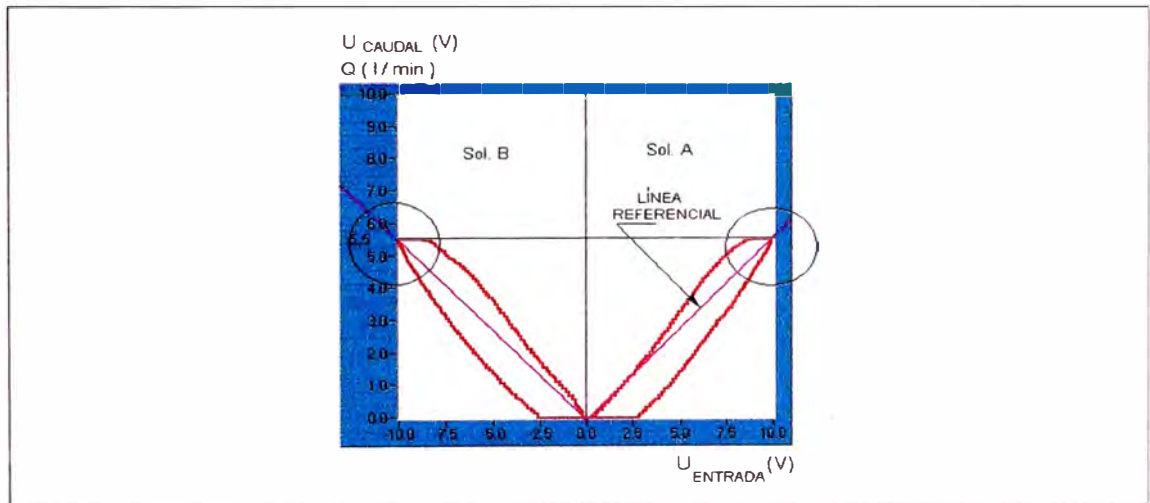


Fig. 6.16: Válvula regulada con sobreposición y valor máximo. Tensión de entrada de 10 V. Se distingue la coincidencia de la curva (con histéresis) a la recta proporcional referencial la que tiene todo el rango de variación de la señal de entrada (10 V).

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

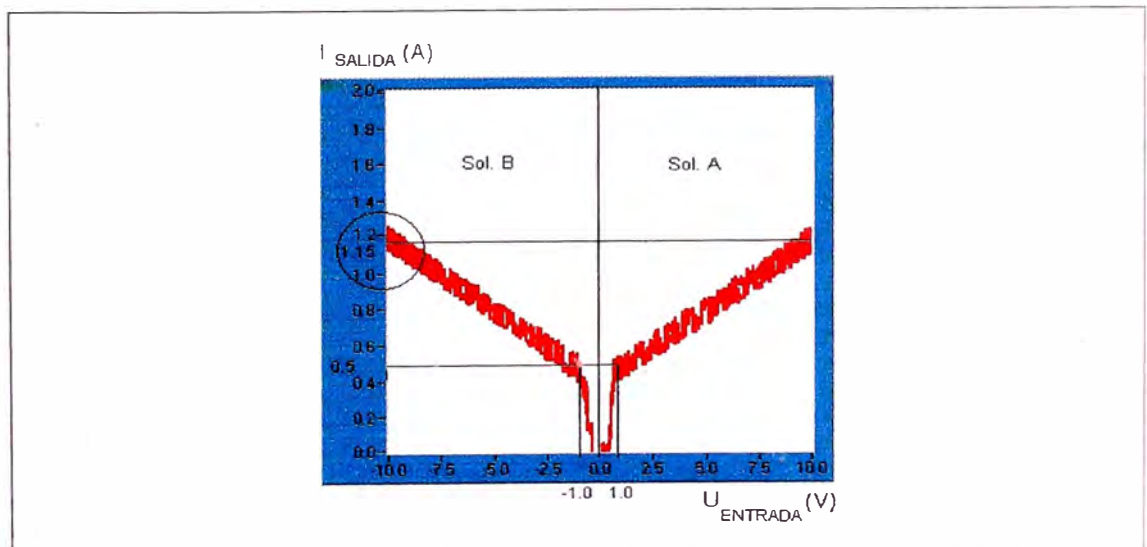


Fig. 6.17: Tensión vs. corriente en la tarjeta. Se distingue la sobreposición y la limitación del valor máximo de la corriente en 1,15 A. Este valor se obtuvo del resultado gráfico de la Fig. 6.12.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Caudal (3).

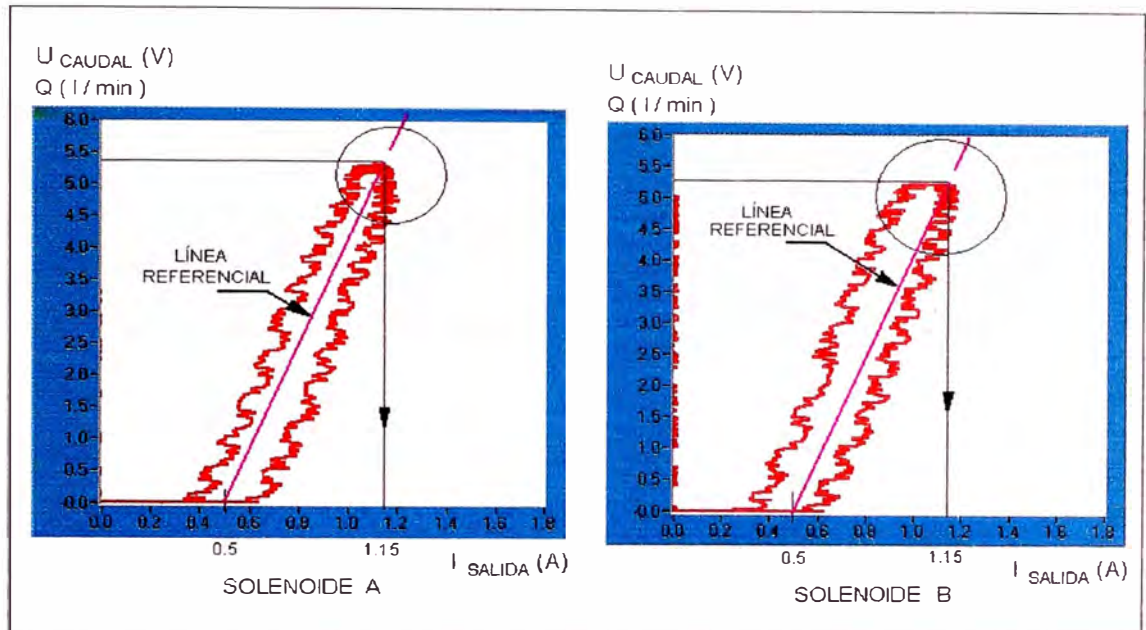


Fig. 6.18: Corriente de salida aplicada a los solenoides A y B. Se distingue el salto de sobreposición de 0,5 A y el valor máximo alcanzado de 1,15 A sin saturación por efecto de la regulación.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

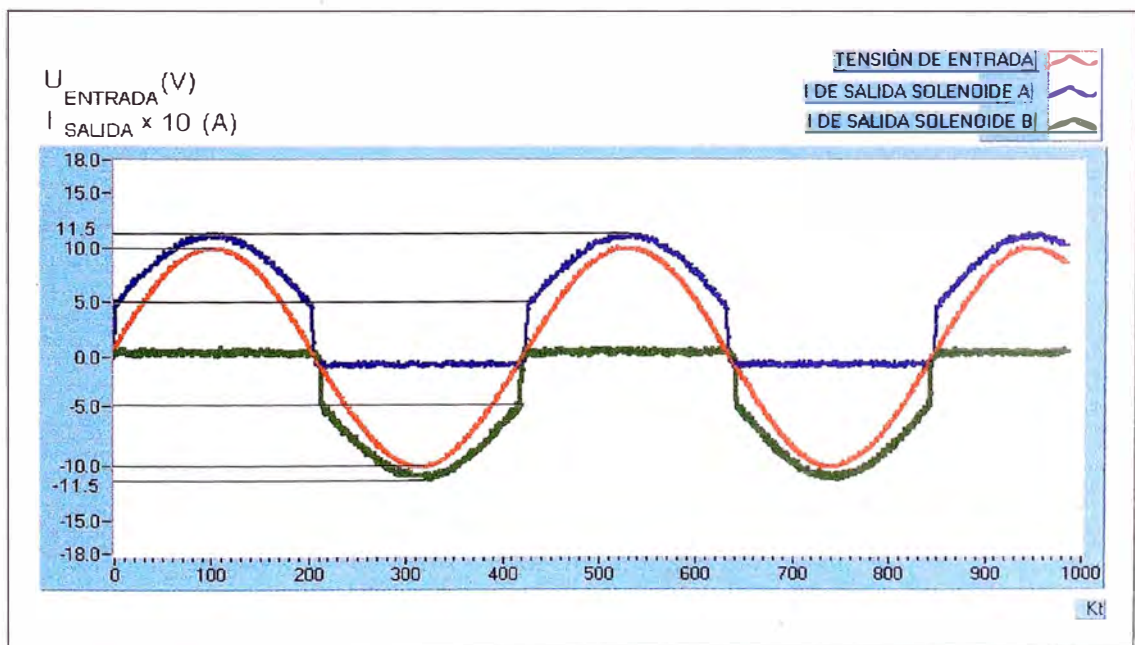


Fig. 6.19: Tensión de entrada de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada a los solenoides A y B. Se distingue el salto de 0,5 A y el valor máximo alcanzado de 1,15 A. aplicado a cada solenoide.

e) Tensión de entrada (1), Caudal (3) vs. Tiempo.

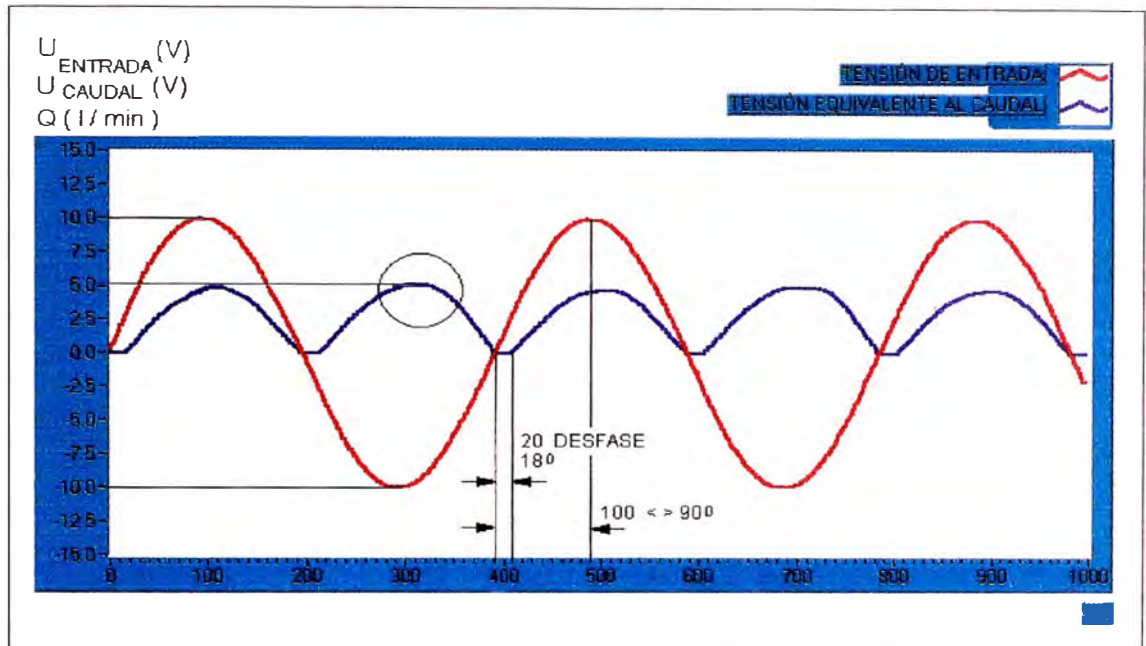


Fig. 6.20: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. caudal controlado por la válvula proporcional. Se distingue que el caudal mantiene la misma proporcionalidad de la señal de entrada. Las señales de entrada negativa significa señal sobre el solenoide B, pero la respuesta en caudal siempre será positiva.

6.5.3.3 CONCLUSIONES:

- La corriente máxima que se debe aplicar es 1,15 A a ambos solenoides para lograr el máximo paso de caudal (Fig. 6.17).
- Al realizar la regulación del valor máximo del caudal, alcanza valores de 5 a 5,5 l/min (Fig. 6.16, 6.18).
- Se sigue manteniendo un desfase de 18° entre la señal de entrada y el caudal (Fig. 6.20).
- La regulación del valor máximo a permitido obtener una señal semi senoidal porque solo se mide el paso del caudal independientemente si el paso es por los solenoides A o B (Fig. 6.20),
- Se sigue produciendo un lazo de histéresis.

6.5.4 CASO IV : CON SOBREPOSICIÓN, VALOR MÁXIMO Y OSCILACIÓN

6.5.4.1 CONDICIONES ELECTRÓNICAS DE LA PRUEBA.

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	$[-10 \dots +10]$ V
2	Corriente de salida máxima de tarjeta	1,2 A
3	Sobreposición en A y B.	0,5 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0.2 App. 0.3 App. 0.5 App. 0.6 App.
5	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz. 140 Hz.
6	Periodo de la señal de entrada	15 s

6.5.4.2 DIAGRAMAS OBTENIDOS

a) Tensión de entrada (1) vs. Caudal (3).

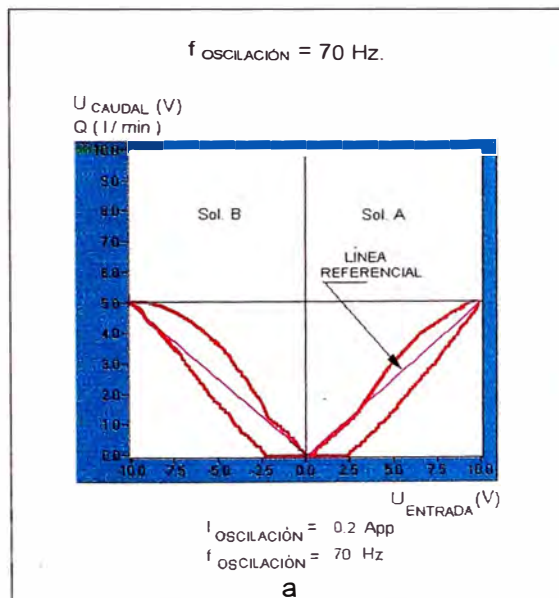


Fig. 6. 21... continúa página siguiente.

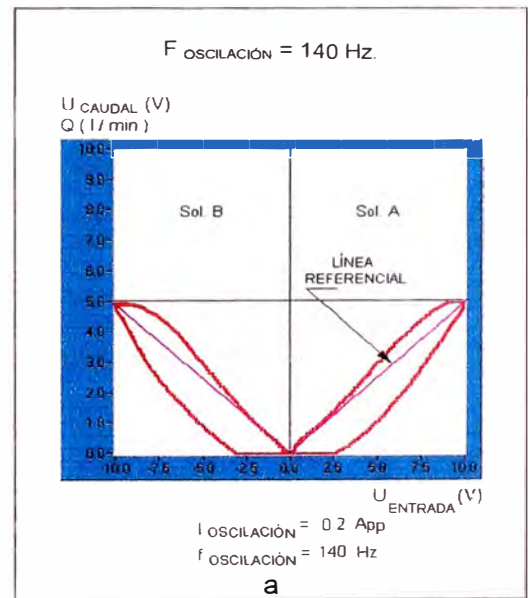
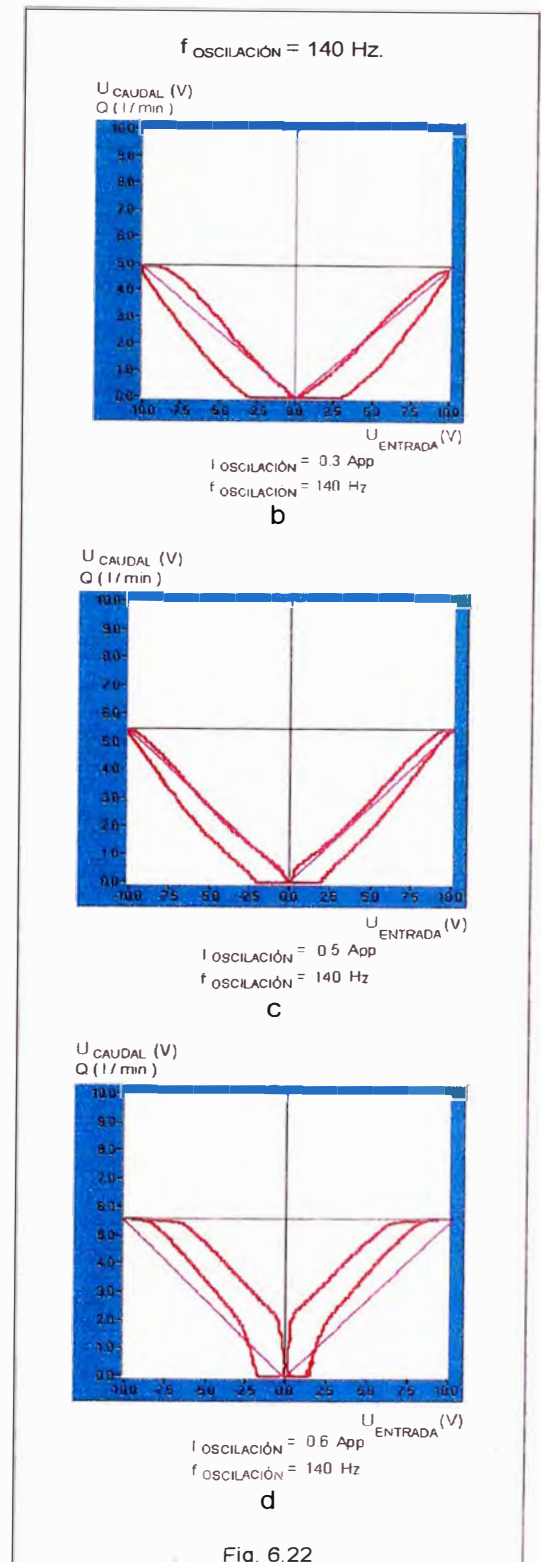
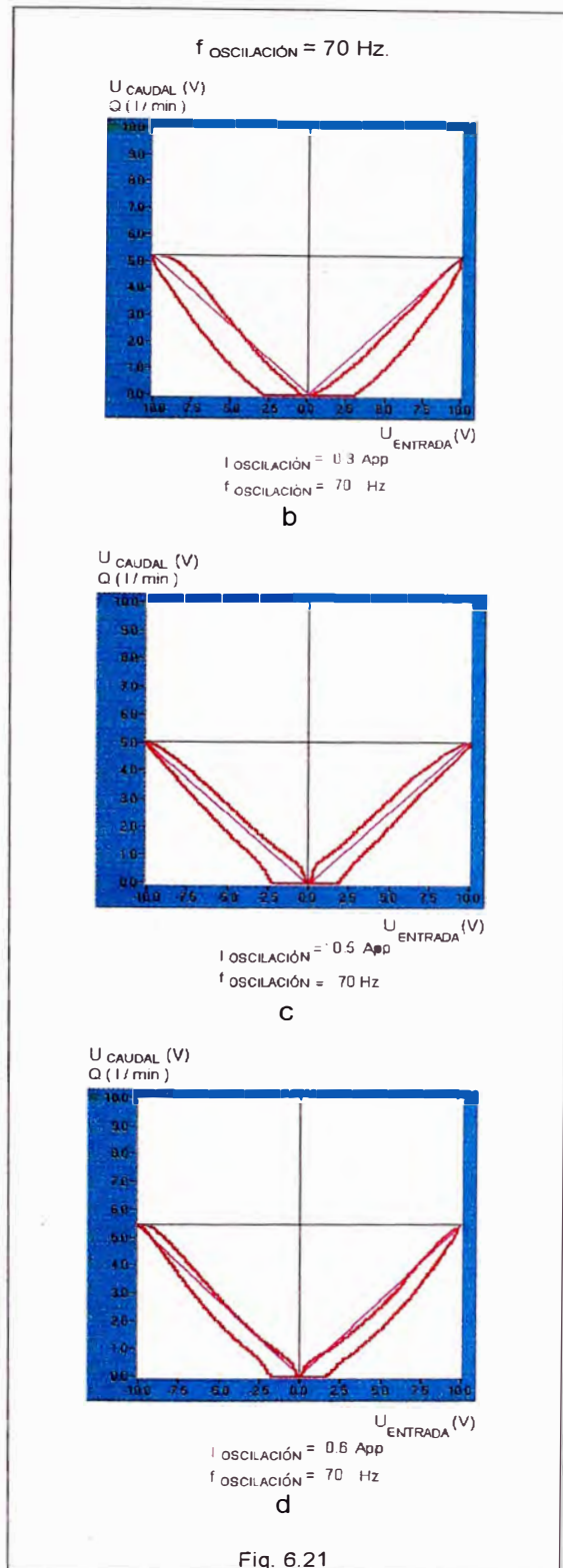


Fig. 6. 22.. continúa página siguiente.



Búsqueda de la amplitud de oscilación necesaria para que la respuesta de la válvula se acerque a la línea referencial proporcional para una frecuencia de 70 Hz. Podemos observar que la mejor respuesta corresponde al diagrama c de la Fig. 7.21 con una corriente de oscilación de 0.5 App y una frecuencia de oscilación de 70 Hz.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

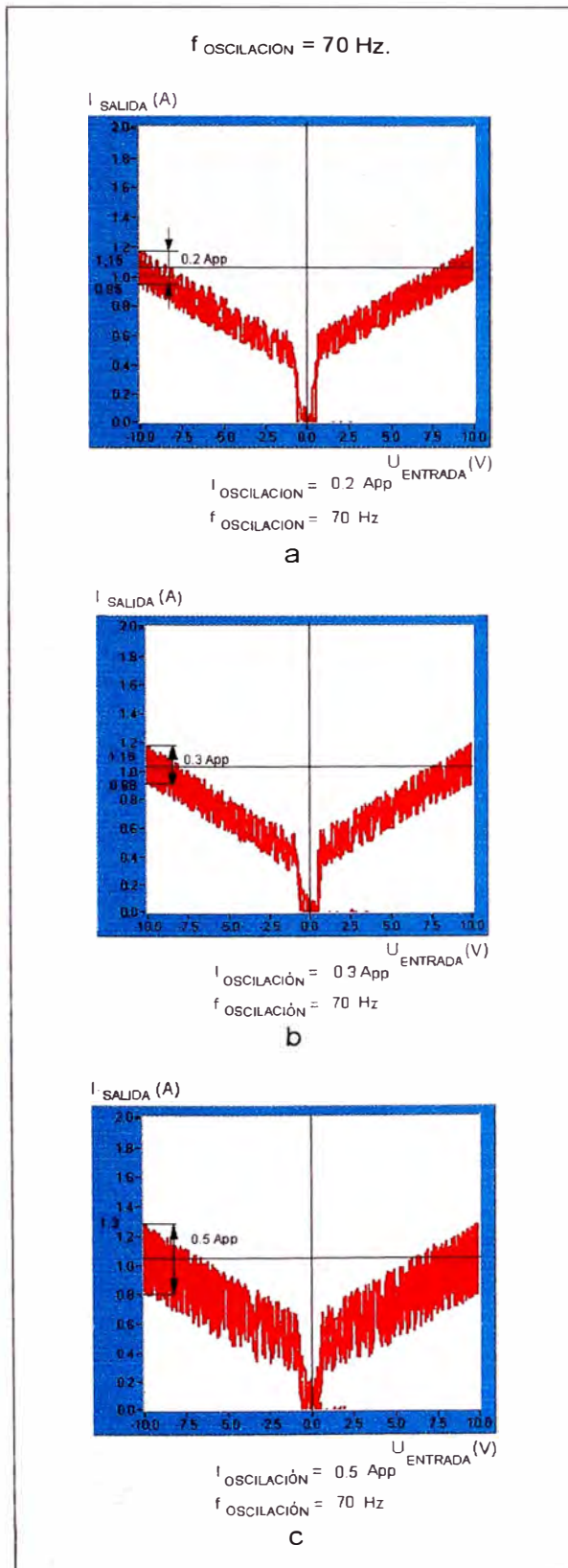


Fig. 6.23 ... continua página ste.

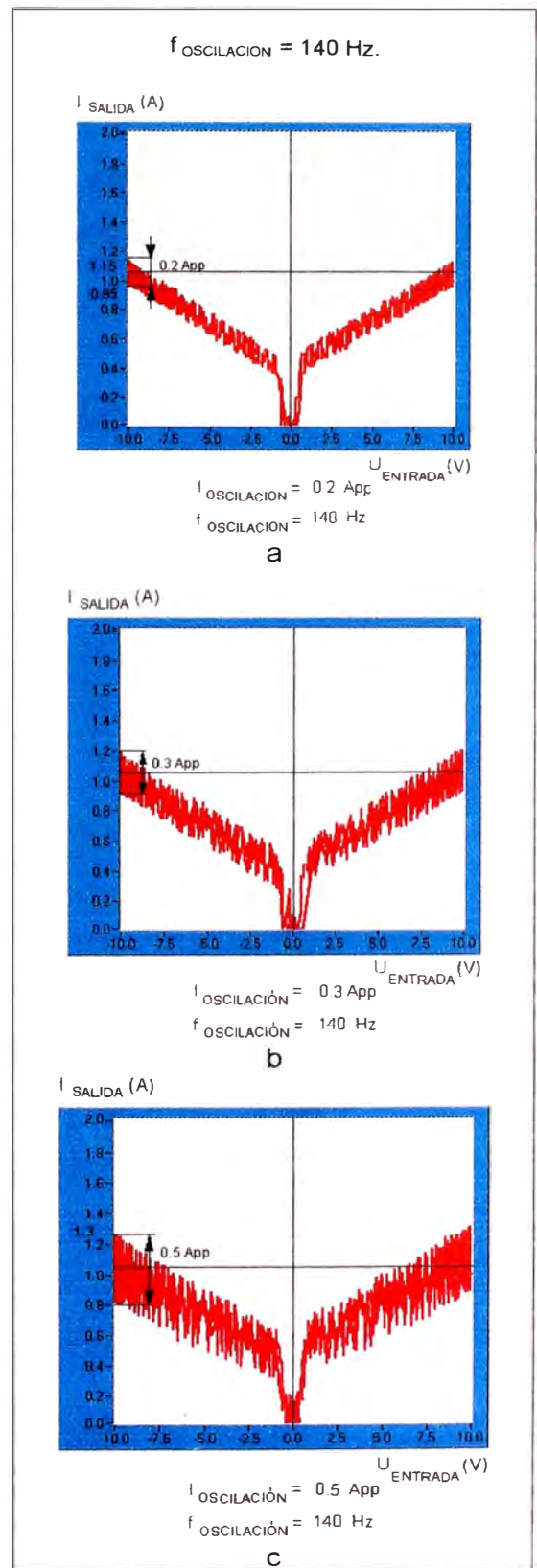


Fig. 6.24...continua página ste.

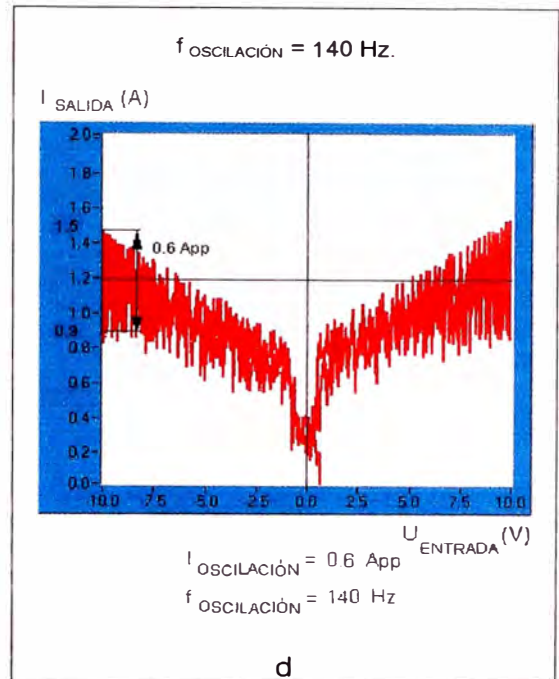
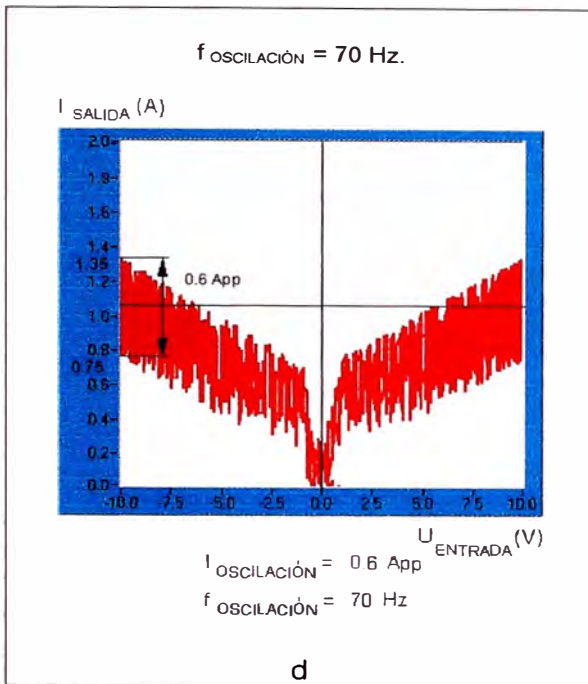


Fig. 6.23: Señal de tensión de entrada vs. corriente, con señal de oscilación sobrepuesta para las diferentes amplitudes y oscilación de 70 s.f.

Fig. 6.24: Señal de tensión de entrada vs. corriente, con señal de oscilación sobrepuesta para las diferentes amplitudes y oscilación de 140 Hz.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Caudal (3)

($f = 70$ Hz, $I_{osc.} = 0,5$ App).

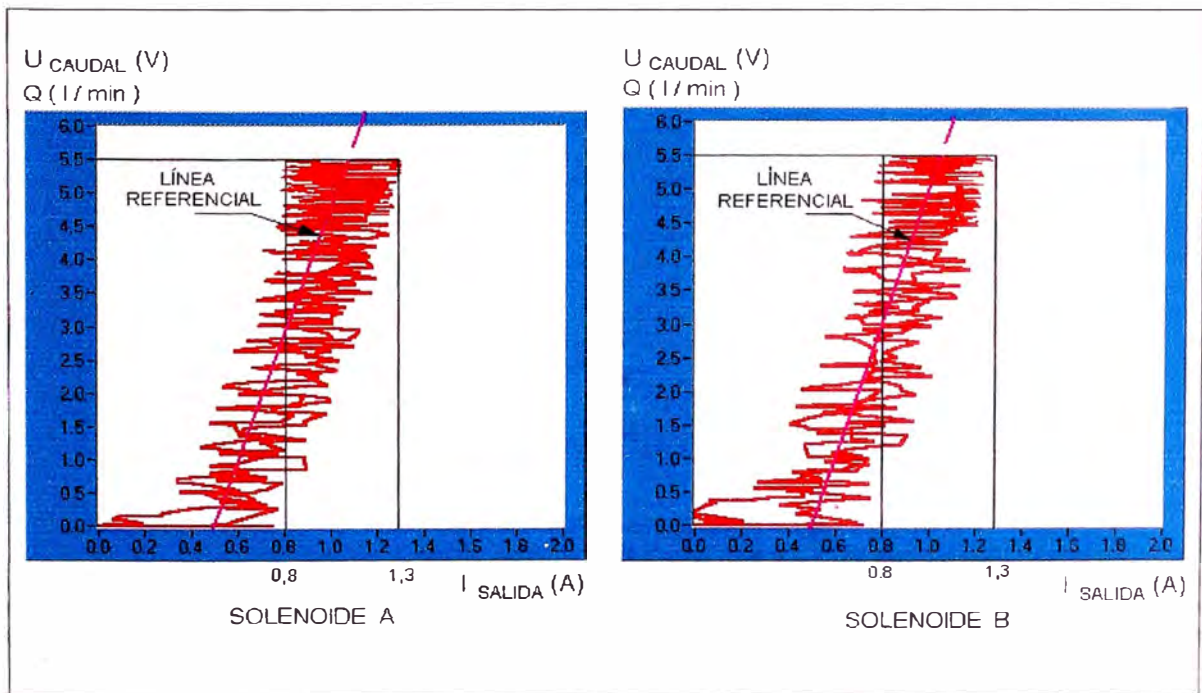


Fig. 6.25: Corriente de salida aplicada a los solenoides A y B. Se distingue el salto de sobreposición de 0,5 A, el valor máximo alcanzado de 1,15 A y la señal de oscilación superpuesta de 0.5 App. El valor de la corriente de oscilación se determinó en los diagramas de la Fig. 6.21 y 6.22.

d) Tensión de entrada (1), Corriente (2) vs. Tiempo. ($f = 70 \text{ Hz}$, $I_{\text{osc.}} = 0,5 \text{ App}$)

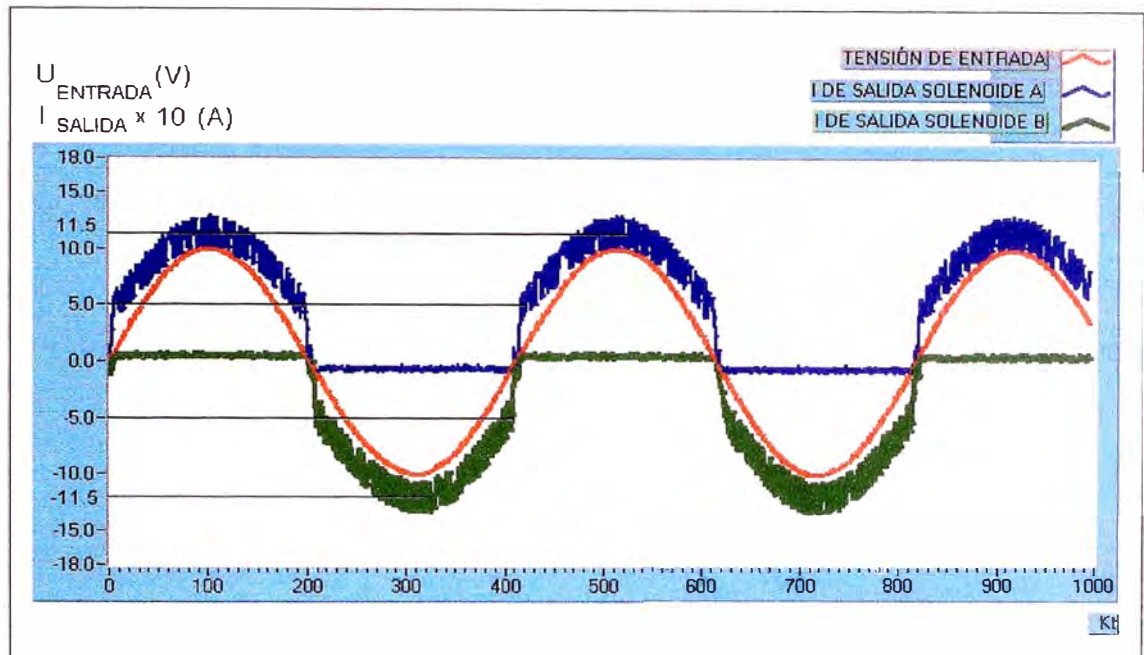


Fig. 6.26: Tensión de entrada de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada a los solenoides A y B. Se distingue el salto de 0,5 A, el valor máximo alcanzado de 1,15 A y la señal de oscilación superpuesta, aplicado a cada solenoide.

e) Tensión de entrada (1), Caudal (3) vs. tiempo. ($F = 70 \text{ Hz}$, $I_{\text{osc.}} = 0,5 \text{ App}$)

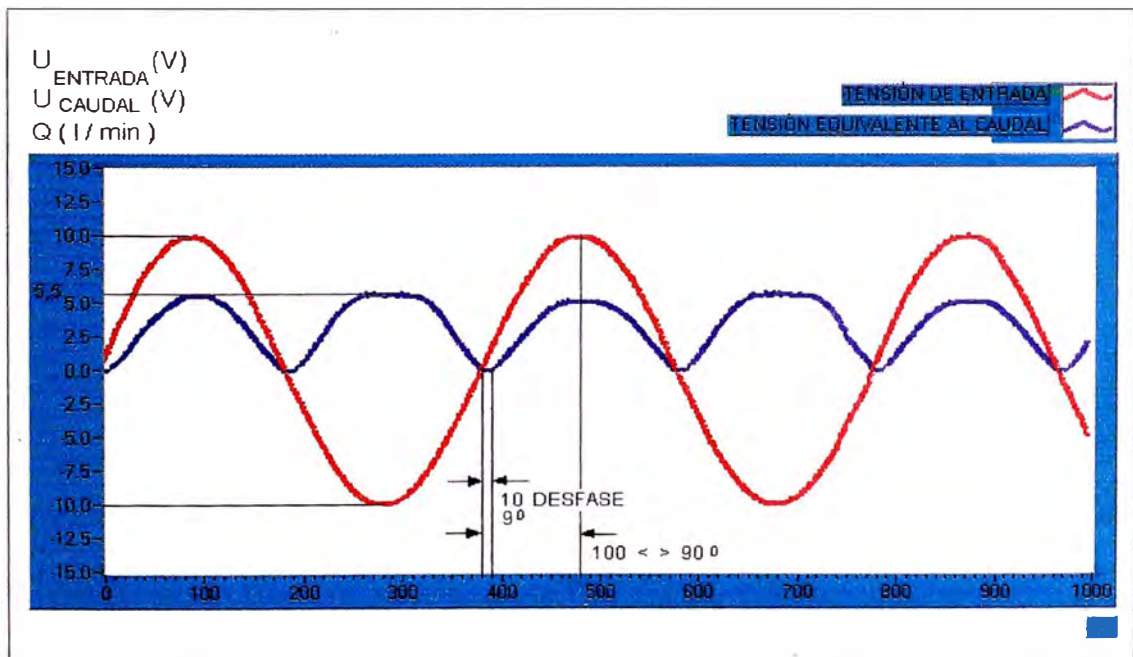


Fig. 6.27: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. caudal controlado por la válvula proporcional. Se distingue que el caudal mantiene la misma proporcionalidad de la señal de entrada, el desfase ha disminuido notablemente y la oscilación no ha afectado la señal del caudal.

6.5.4.3 CONCLUSIONES:

- A medida que se aumenta la amplitud de la corriente de oscilación, la histéresis va reduciéndose (Fig. 6.21, 6.22).
- Con la frecuencia de 70 Hz. se obtiene mejores respuestas, ya que los lazos de histéresis son mas reducidos que con la frecuencia de 140 Hz. (Fig. 6.21, 6.22).
- La mejor regulación se logra con la frecuencia de 70 Hz y una amplitud de 0,5 App (Fig. 6.21 c).
- El máximo caudal controlado es de 5,5 l/min con una corriente de 1,1 A (Fig. 6.25).
- Después de la regulación se sigue produciendo histéresis, pero en menor proporción.
- El desfase entre la señal de entrada y el caudal se ha reducido a 9° (Fig. 6.27).
- Estos valores de regulación no hubiesen sido posible de obtener, si no se cuenta con una herramienta de visualización como la técnica de monitoreo propuesta. En muchos casos, una vuelta en las perillas de regulación ocasionaban grandes variaciones de los parámetros regulados.

6.6 PRECISIÓN EN LA RESPUESTA DE UNA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL

La precisión en la respuesta de una válvula distribuidora proporcional, se logra agregando diversos componentes que permiten un mejor control del sistema, así tenemos tres alternativas:

- I) Agregando a la válvula distribuidora un compensador de presión¹⁰ y convertir la válvula distribuidora, en una válvula reguladora de caudal, la cual entrega un caudal constante en función de la posición de la corredera independientemente de la carga del actuador (Fig. 6.28).

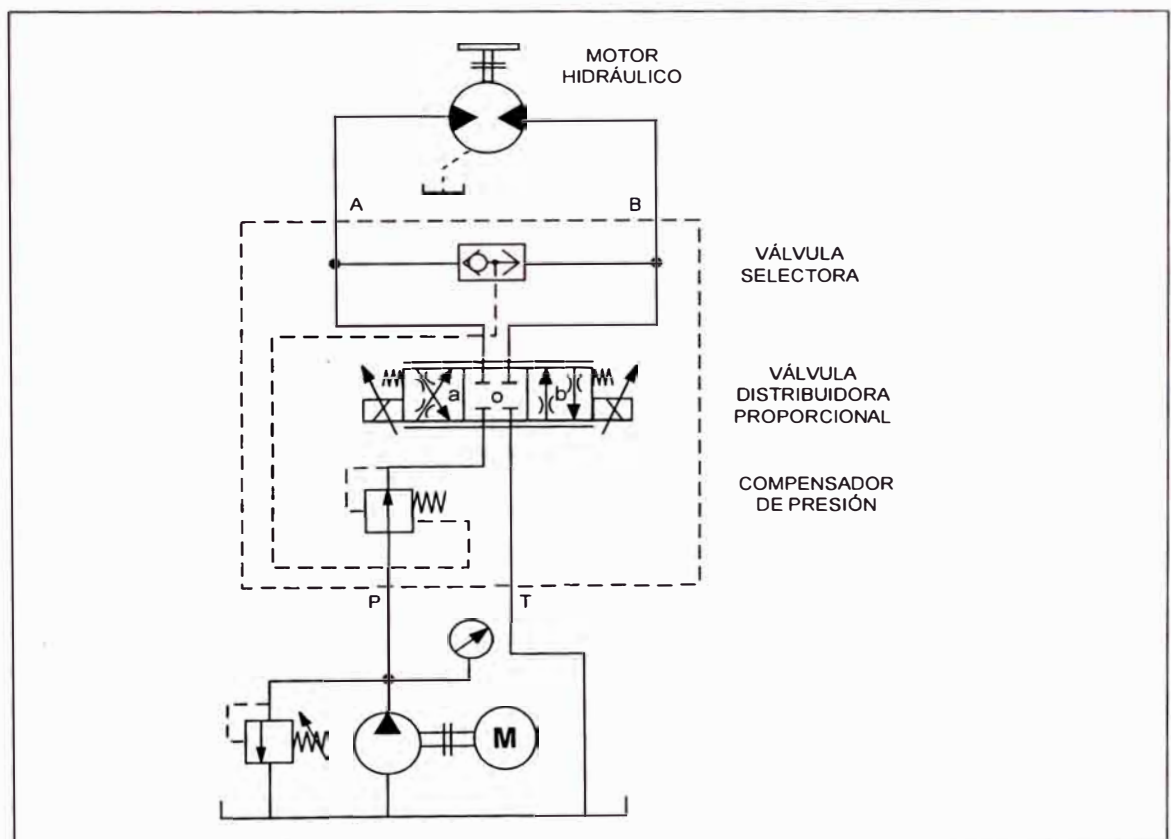


Fig. 6.28: Válvula distribuidora proporcional con compensador de presión en la línea P, controlando a un motor hidráulico de giro en doble sentido. Se distingue el censado de presión de las líneas A o B a través de una válvula selectora.

- II) Adquirir una válvula distribuidora con transductor posición – tensión (s/U), para realizar una realimentación (Feed back) con una tarjeta de control P.I.D y lograr un mejor control del posicionamiento de la corredera de la válvula (Fig. 6.29).

¹⁰ Físicamente esto es posible ya que el compensador de presión o balanza de presión es un componente adicional que puede unirse a la válvula distribuidora.

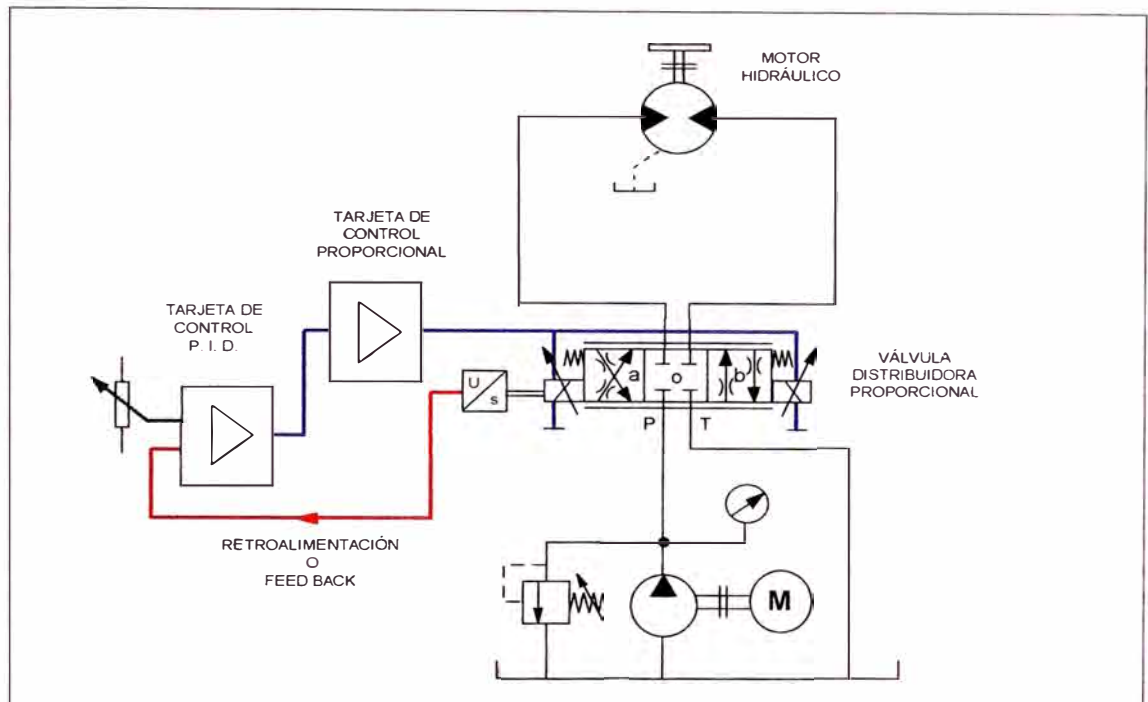


Fig. 6.29: Válvula distribuidora proporcional con transductor posición – tensión s/U en la corredera. Se distingue la línea de Feed Back en realimentación sobre una tarjeta de control P. I. D. en una estrategia de control de lazo cerrado.

- III) Insertar al sistema un transductor del parámetro que se desea controlar con la válvula como velocidad, posición o RPM y tomar la señal de este como feed back y dirigirla sobre un sistema de control P. I. D (Fig. 6.30).

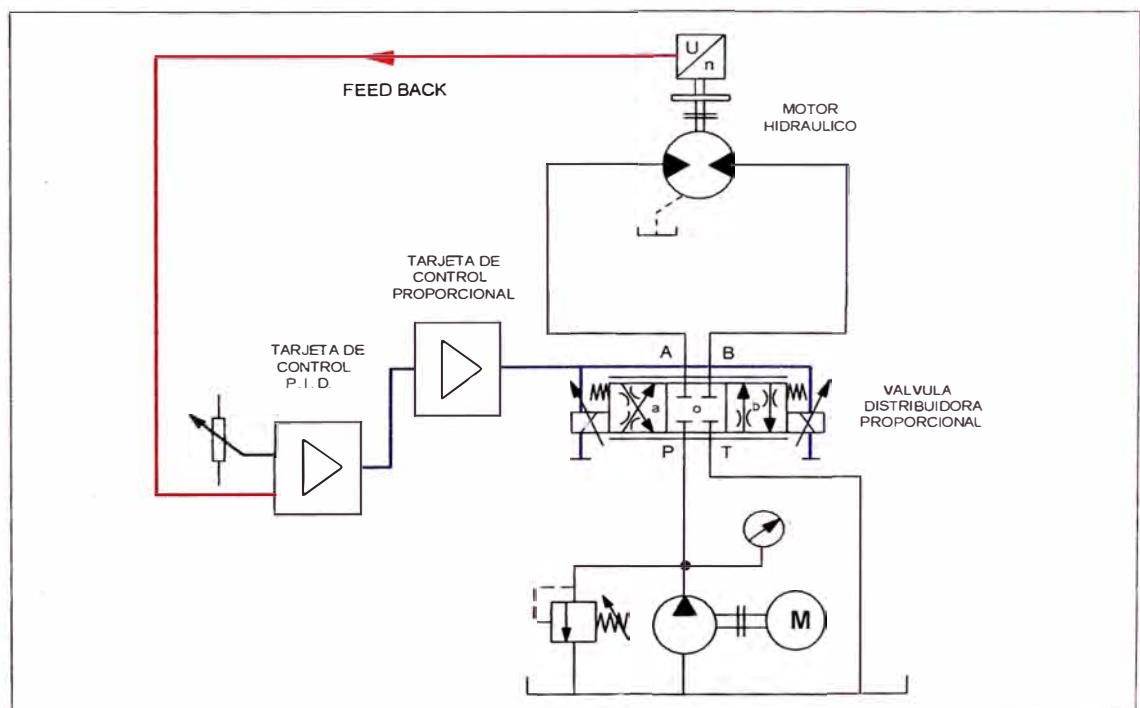


Fig. 6.30: Válvula distribuidora proporcional con transductor RPM – tensión (n/U) en el eje del motor hidráulico. Se distingue la línea de Feed Back en realimentación sobre una tarjeta de control P.I.D. en una estrategia de control de lazo cerrado.

Estos métodos nos permiten analizar:

- La influencia del compensador de presión en una válvula distribuidora proporcional convirtiendo el conjunto en un regulador de caudal el cual regulará el caudal independientemente de las cargas del sistema.

Sistemas de control proporcional en lazo cerrado con transductor de posición en la válvula distribuidora y sistema de control P. I. D., el cual es muy común en los sistemas hidráulicos proporcionales.

Sistemas de control proporcional en lazo cerrado con transductor del parámetro a controlar y sistema de control P. I. D., con el cual se obtendrá un resultado mas eficiente ya que directamente se controla el parámetro que se desea regular.

En este capítulo analizaremos la influencia del compensador de presión y en el Capítulo 8 analizaremos los sistemas de control proporcional para un sistema en lazo cerrado y regulación P. I. D. utilizando transductores de presión y caudal.

6.7 INFLUENCIA DEL COMPENSADOR DE PRESIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la válvula distribuidora proporcional trabaja como un dispositivo de estrangulamiento regulable, por ello es posible agregarle un componente adicional denominado compensador de presión, con el cual el conjunto seria equivalente a una válvula reguladora de caudal de dos vías. Esta tiene la característica de regular el caudal y por lo tanto la velocidad del actuador independientemente de la carga (Fig. 6.31).

Para analizar la influencia del compensador de presión se analizarán dos casos:

Caso I : Válvula distribuidora proporcional sin compensador de presión.

Caso II : Válvula distribuidora proporcional con compensador de presión.

Para ello se introducirá una señal de tensión constante a la tarjeta de control proporcional, con lo que se obtiene una corriente de salida constante y permitirá una posición fija de la corredera.

Para poder simular una carga variable sobre el motor hidráulico, se ha agregado una válvula limitadora de presión la que se desempeñará como "válvula de carga" (Fig.6.32

y Fig. 6.36).

Cuando la válvula de carga esta totalmente abierta la carga simulada es mínima, y cuando se cierre paulatinamente se agregará mas carga al sistema.

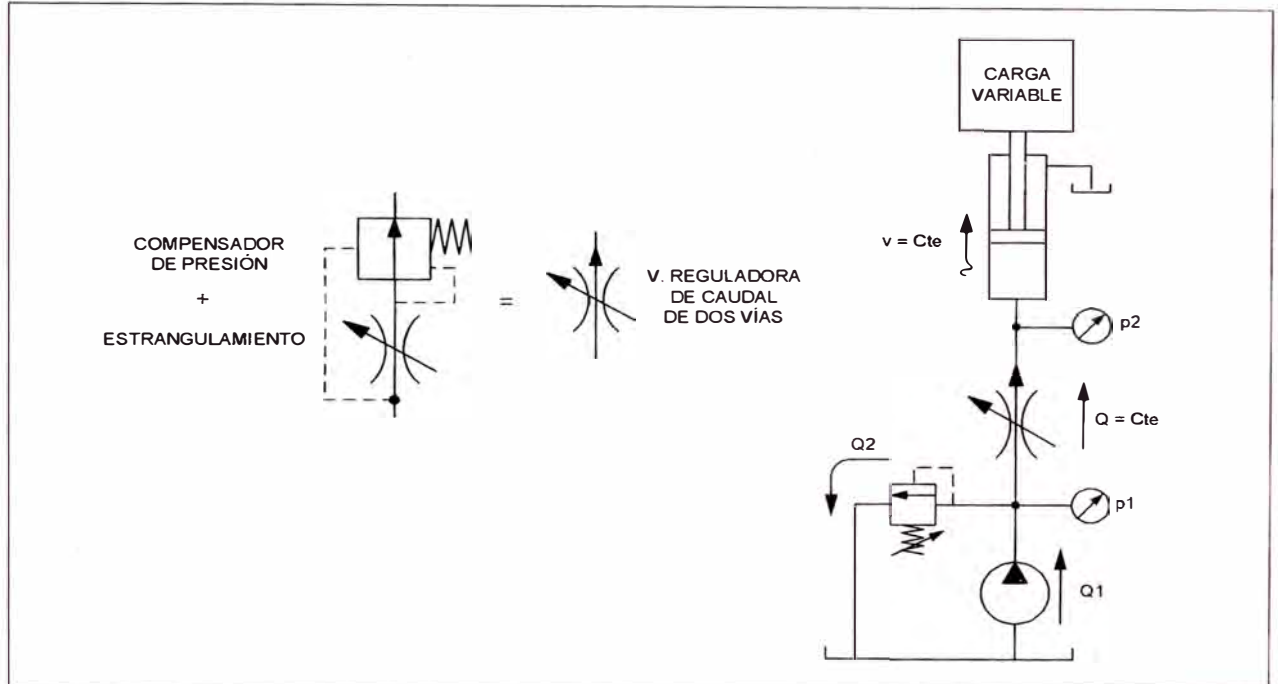


Fig. 6.31: Regulador de caudal de dos vías. Esta constituido por un estrangulamiento y un compensador de presión. Mantiene el caudal constante independientemente de la carga.

La carga es censada a través del $\Delta p = p_1 - p_2$, que es el estrangulamiento formado en el interior de la válvula distribuidora. Estos valores se censan a través de los transductores presión – tensión (p/U) p_1 y p_2 y son dirigidos a los terminales A/D1 y A/D2 de la tarjeta de adquisición de datos.

El caudal es censado en la entrada a la válvula distribuidora a través del transductor caudal – tensión (Q/U) y su señal se dirige al terminal A/D3 de la tarjeta de adquisición de datos. Estas señales se conjugan en los diagramas:

- I) Q, p_1, p_2 vs. t .
- II) Q vs. Δp .
- III) Caso práctico: Q, p_1, p_2 vs. t .

Para el caso de los diagramas Q, p_1, p_2 vs. t para poder comparar las señales, el eje vertical de presiones es el mismo eje de caudal, para ello Q se ha multiplicado por el factor 10.

6.7.1 VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL SIN COMPENSADOR DE PRESIÓN

El sistema ensamblado se muestra en la Fig. 6.32. La tarjeta de control proporcional alimenta a un solo solenoide, con $I = 1,2 \text{ A}$ y el motor gira en un solo sentido. En la línea de salida del motor hay una válvula limitadora de presión la que simulará la mayor o menor carga sobre el motor. La electroválvula no es accionada y la presión máxima del sistema ha sido fijada en 50 bar.

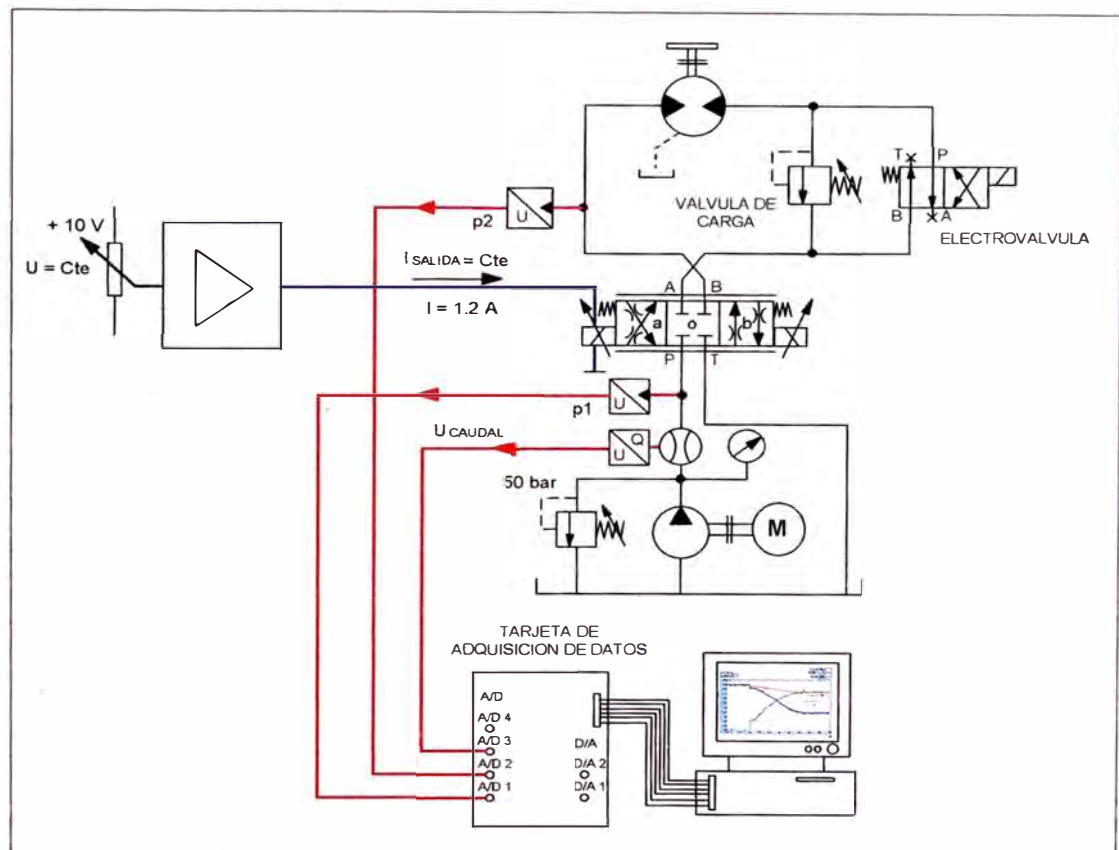


Fig. 6.32: Esquema de las instalaciones para el análisis de la respuesta de una válvula distribuidora proporcional sin compensador de presión.

Los diagramas analizados son:

	DESCRIPCIÓN	
a)	Diagrama: Q, p_1, p_2 vs. t	Fig. 6.33 a Fig. 6.33 b
b)	Diagrama: Q vs. Δp	Fig. 6.34
c)	Caso práctico: Q, p_1, p_2 vs. t	Fig. 6.35

Tabla 6.2: Casos de análisis a la válvula distribuidora sin compensador de presión.

a) Diagrama: Q, p1, p2 vs. t.

Este diagrama nos permite analizar la evolución de los valores de la presiones de p1 y p2 (luego darán origen al Δp) y el caudal a medida que se va disminuyendo o aumentando la carga.

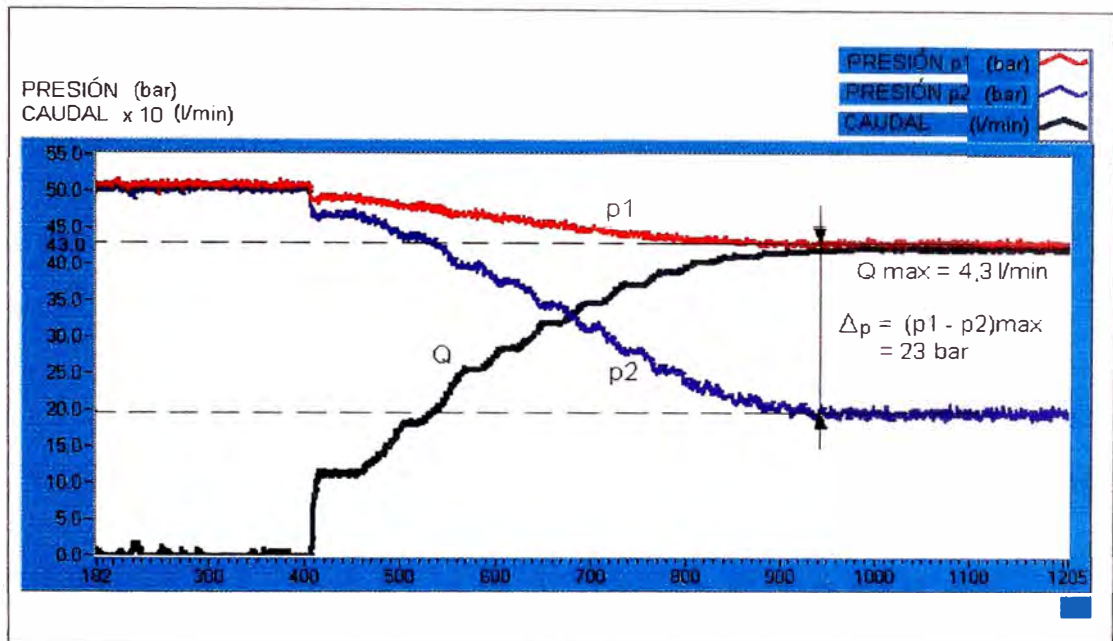


Fig. 6.33 a: Curva de respuestas de p1, p2 y Q en el estrangulamiento formado en la válvula distribuidora proporcional cuando se va abriendo la válvula de carga. Se distingue que el caudal aumenta cuando la carga va disminuyendo, consecuentemente Δp aumenta.

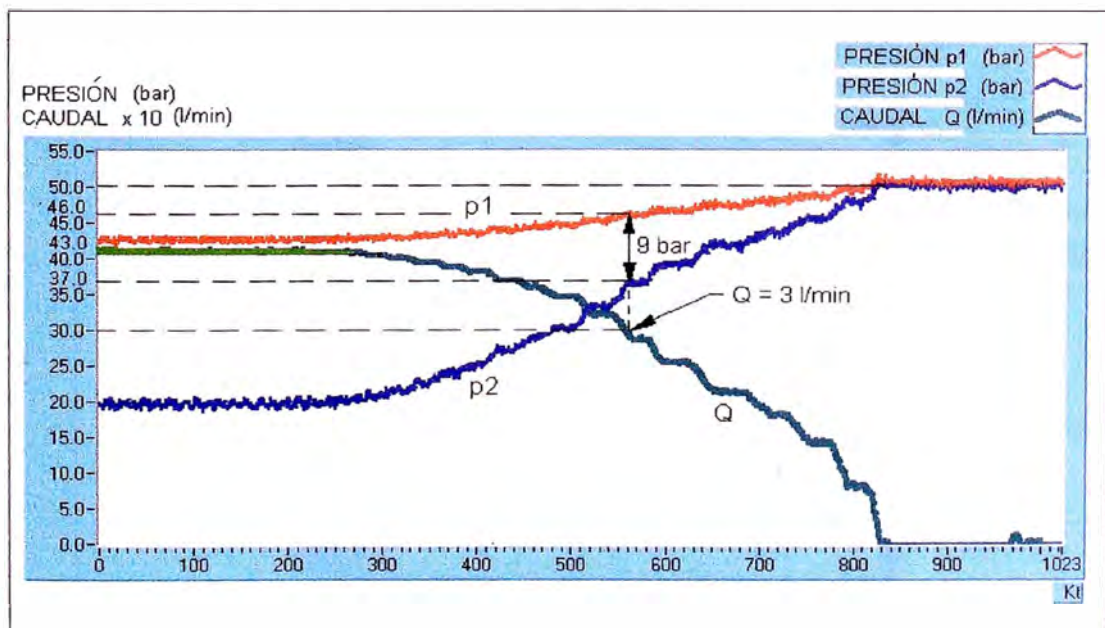


Fig. 6.33 b: Curva de respuestas de p1, p2 y Q en el estrangulamiento formado en la válvula distribuidora proporcional cuando se va cerrando la válvula de carga. Se distingue que el caudal disminuye cuando la carga va aumentando, consecuentemente Δp disminuye.

De estos diagramas se concluye:

- Para una corriente de $I = 1,2 \text{ A}$ se puede permitir el paso de un caudal de hasta $4,3 \text{ l/min}$ en función a la apertura de la válvula de carga. Cuando la válvula de carga se encuentra cerrada el caudal es cero, las presiones p_1 y p_2 son iguales a 50 bar , luego la diferencia de presión $\Delta p = 0$.
- Cuando disminuye la carga (es decir se comienza a abrir la válvula de carga) la presión p_2 disminuye (de 50 a 20 bar), mientras que la presión p_1 disminuye ligeramente de 50 a 43 bar ; esto quiere decir que el Δp aumenta, luego el caudal aumenta de 0 a $4,3 \text{ l/min}$ (Fig. 6.33 a).
- Cuando aumenta la carga (es decir se comienza a cerrar la válvula de carga) la presión p_2 aumenta de 20 a 50 bar , la presión p_1 aumenta de 43 a 50 bar ; esto quiere decir que el Δp disminuye, luego el caudal disminuye de $4,3$ a 0 l/min (Fig. 6.33 b).

b) Diagrama Q vs. Δp .

En el diagrama de la Fig. 6.34 se muestra la relación típica de un estrangulamiento: Δp vs. Q.

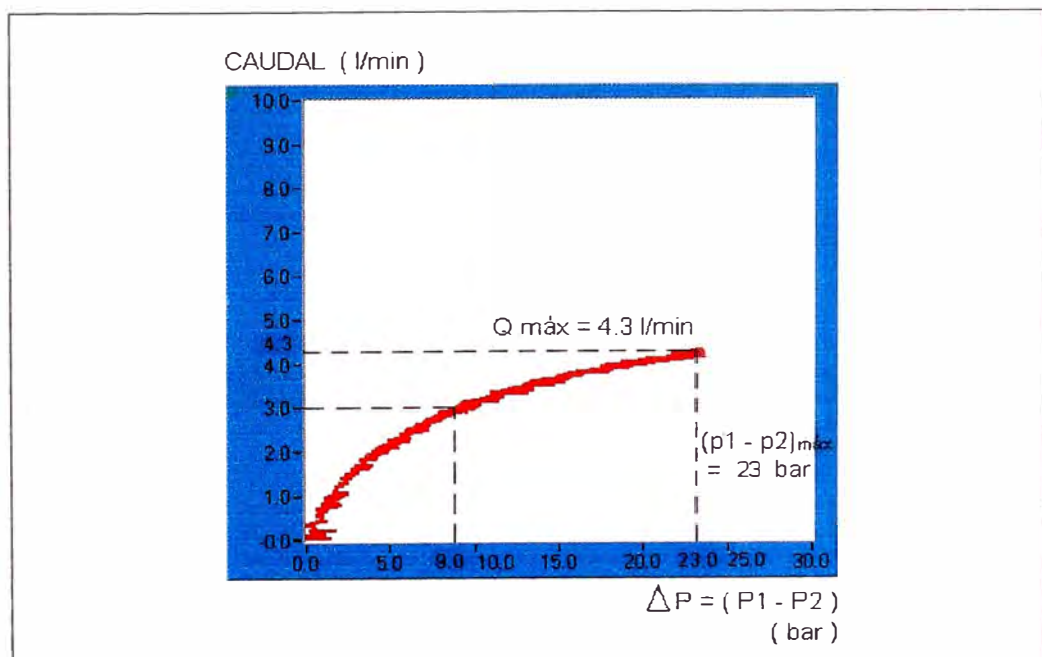


Fig. 6.34: Curva característica del estrangulamiento formado al posicionar la válvula distribuidora proporcional en una posición.

De este diagrama se concluye:

- La válvula distribuidora proporcional no mantiene constante el caudal ante una variación de carga, a pesar que esta tiene una posición fija de la corredera. Por ejemplo:

$$p_1 = 46 \text{ bar}, p_2 = 37 \text{ bar}, \Delta p = 9 \text{ bar}. Q = 3 \text{ l/min.}$$

$$p_1 = 43 \text{ bar}, p_2 = 20 \text{ bar}, \Delta p = 23 \text{ bar}. Q = 4,3 \text{ l/min.}$$

- Para una carga fija el caudal se mantiene constante.

- $CARGA \downarrow \Rightarrow \Delta p \uparrow \Rightarrow Q \uparrow$
 $CARGA \uparrow \Rightarrow \Delta p \downarrow \Rightarrow Q \downarrow$

c) Caso práctico: Q, p_1, p_2 vs. t .

Para mostrar el efecto de la carga en forma discreta sobre un sistema, en este caso se activará y desactivará la electroválvula que se encuentra en paralelo con la válvula de carga, con lo cual se analizará el efecto inercial sobre la válvula distribuidora proporcional sin compensador de presión.

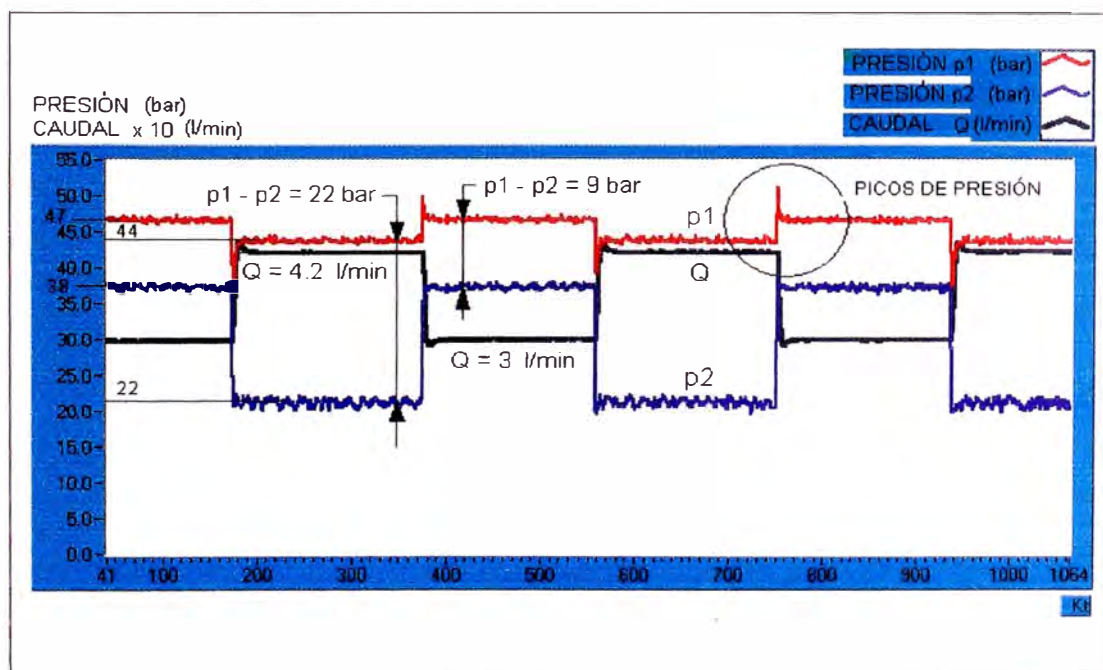


Fig. 6.35: Efecto de la válvula de carga sobre el estrangulamiento formado en la válvula distribuidora proporcional. Se activa y desactiva la electroválvula produciendo una variación de caudal de 3 a 4,2 l/min. Puede observarse los picos de presión en el momento que se actúa la carga cuando se desactiva la electroválvula.

De la figura 6.35 podemos observar:

- Se producen picos de presión en p_1 originados por la apertura/cierre de la electroválvula.
- Las presiones p_1 y p_2 se ven afectadas por la carga.
- Se produce variación de caudal cuando se activa y desactiva la electroválvula.
- Cuando se activa la electroválvula (sin carga): $Q = 4,2 \text{ l/min}$, $\Delta p = 22 \text{ bar}$.
- Cuando no se activa la electroválvula (con carga): $Q = 3,0 \text{ l/min}$, $\Delta p = 9 \text{ bar}$.

6.7.2 VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL CON COMPENSADOR DE PRESIÓN

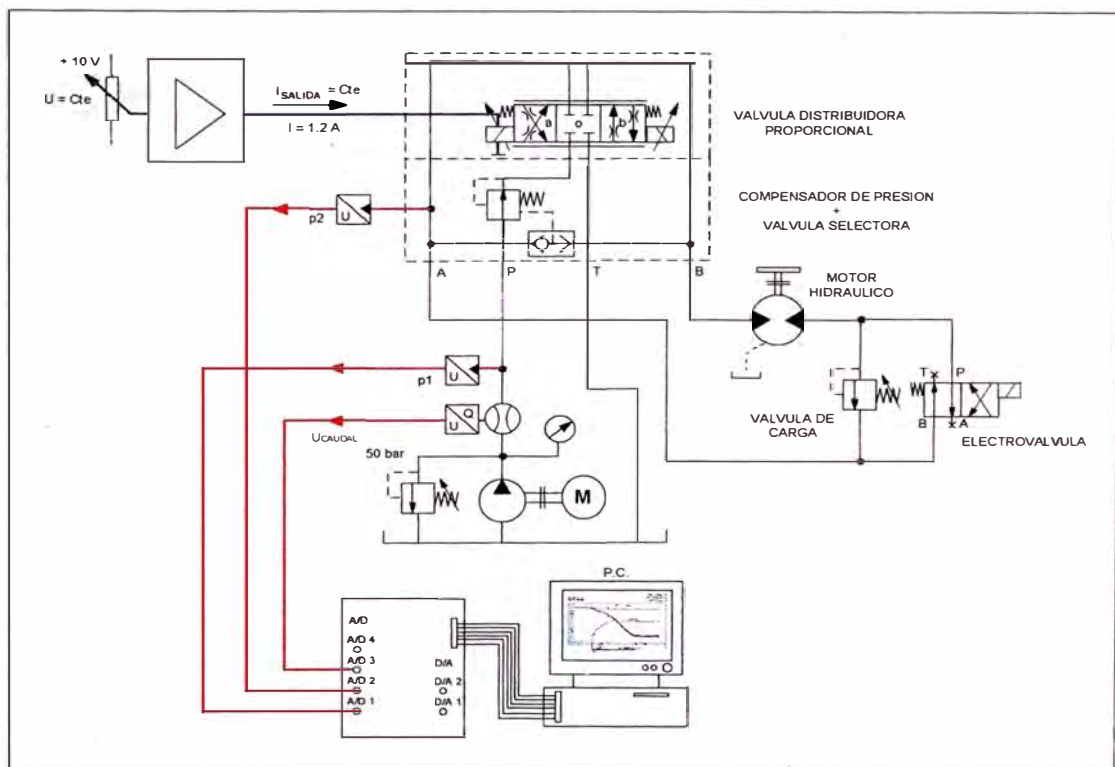


Fig. 6.36: Esquema de las instalaciones para el análisis de la respuesta de una válvula distribuidora proporcional con compensador de presión.

El sistema ensamblado se muestra en la Fig. 6.36, aquí se puede observar con líneas punteadas la forma del ensamble de la válvula distribuidora con el compensador de presión. Este presenta además una válvula selectora la que

permite censar la señal de presión p_2 de las líneas A o B de acuerdo a como se active a la válvula distribuidora.

El compensador de presión censa las presiones p_1 y p_2 y regula el caudal en función a esta diferencia.

Cuando la carga disminuye, la diferencia de presión es grande y el compensador se cierra, evitando que pase un excesivo caudal, (en realidad, evita el paso excesivo de caudal manteniendo el caudal constante).

Cuando la carga aumenta la diferencia de presión es pequeña y el compensador se abre haciendo que pase mas caudal, (en realidad evita que disminuya el caudal manteniendo el caudal constante)

$$\begin{aligned} \text{CARGA } \downarrow &\Rightarrow \Delta p \uparrow \Rightarrow \text{Válvula Cierra} \Rightarrow Q = \text{Constante} \\ \text{CARGA } \uparrow &\Rightarrow \Delta p \downarrow \Rightarrow \text{Válvula Abre} \Rightarrow Q = \text{Constante} \end{aligned}$$

La metodología de trabajo es igual al caso anterior; el objetivo es: analizar las curvas de respuesta de la válvula distribuidora proporcional con compensador de presión, estando la válvula distribuidora proporcional accionada con una corriente constante, luego la corredera estará en una posición fija. El motor hidráulico girará solo en un sentido, la electroválvula no es accionada en los casos a y b y la presión máxima del sistema es 50 bar.

Los diagramas analizados son:

	DESCRIPCIÓN	
a)	Diagrama: p_1, p_2, Q ; vs. T	Fig. 6.37 a Fig. 6.37 b
b)	Diagrama: Q vs. Δp	Fig. 6.38
c)	Caso práctico: Q, p_1, p_2 vs. T	Fig. 6.39

Tabla 6.3: Casos de análisis a la válvula distribuidora con compensador de presión.

a) Diagrama: $Q, \Delta p$ vs. t.

En la Fig. 6.37 a se muestra los valores individuales de p_1, p_2 y Q cuando se va reduciendo la carga al motor hidráulico (abriendo la válvula de carga),

mientras que en la figura 6.35 b se muestra el caso en el cual se va agregando carga (cerrando la válvula de carga).

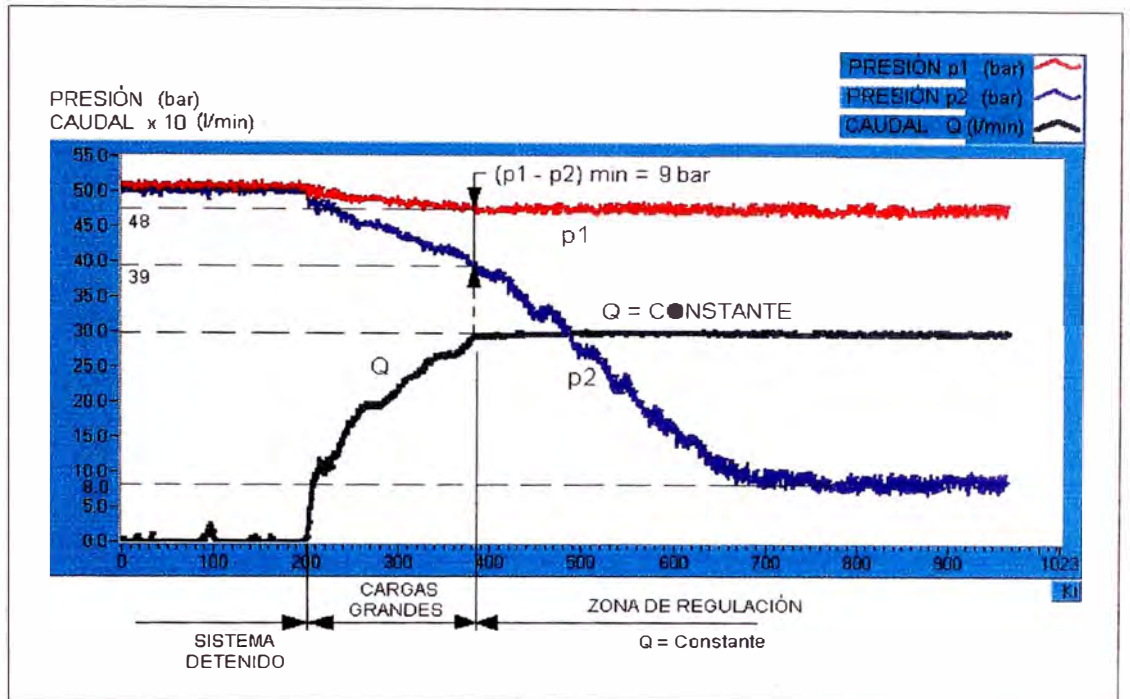


Fig. 6.37 a: Curva de respuestas de p1, p2 y Q en el conjunto del estrangulamiento formado por la válvula distribuidora proporcional con el compensador de presión, cuando se va abriendo la válvula de carga. Se observa que el caudal permanece constante cuando la carga va disminuyendo, consecuentemente Δp aumenta.

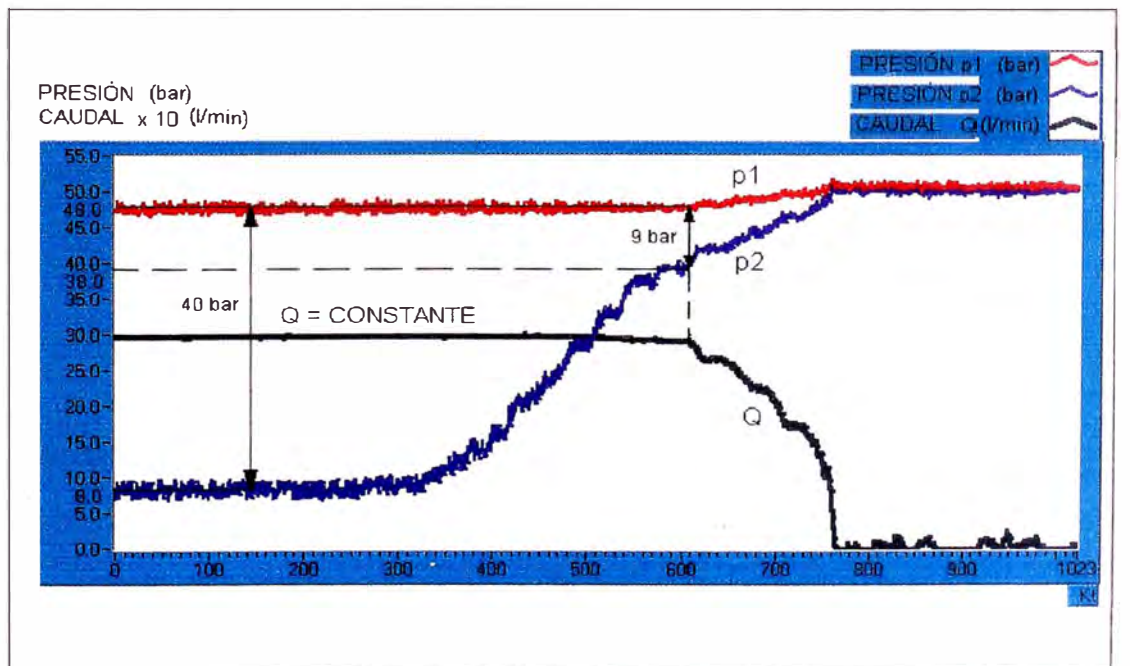


Fig. 6.37 b: Curva de respuestas de p1, p2 y Q en el conjunto del estrangulamiento formado por la válvula distribuidora proporcional con el compensador de presión, cuando se va cerrando la válvula de carga. Se observa que el caudal permanece constante cuando la carga va aumentando, consecuentemente Δp disminuye.

De las figuras podemos concluir:

- Para una corriente de $I = 1,2 \text{ A}$, se puede permitir el paso de un caudal de 0 hasta 3,0 l/min, en función a la apertura de la válvula de carga. Cuando la válvula de carga se encuentra cerrada, el caudal es cero, las presiones p_1 y p_2 son iguales a 50 bar, luego la diferencia de presión $\Delta p = 0$, el motor hidráulico esta detenido.
- Cuando disminuye la carga, (es decir se comienza a abrir la válvula de carga) la presión p_2 disminuye (de 50 a 8 bar), mientras que la presión p_1 disminuye ligeramente de 50 a 48 bar; el caudal aumenta de 0 a 3,0 l/min y a partir de una diferencia de presión de 9 bar permanece constante (Fig. 6.37 a).
- Cuando aumenta la carga, (se comienza a cerrar la válvula de carga) la presión p_2 aumenta de 8 a 50 bar, la presión p_1 aumenta de 48 a 50 bar y el caudal permanece constante en 3,0 l/min desde una diferencia de presión $\Delta p = 40$ bar hasta 9 bar, luego comienza a disminuir hasta 0 l/min lo que indica que la carga es demasiado grande para poder mantener constante el caudal (esta ingresando menos de 3 l/min a la válvula distribuidora, el caudal comienza a derivarse por la válvula limitadora de presión) (Fig. 6.37 b).
- Cuando la carga es excesiva se detiene el sistema y se igualan las presiones p_1 y p_2 a la presión máxima del sistema de 50 bar.

b) Diagrama Q vs. Δp .

En el diagrama de la Fig. 6.38 se muestra la relación típica de una válvula que regula el caudal independientemente de la carga, esto quiere decir que una variación de la carga no origina una variación del caudal. De aquí podemos concluir:

- La válvula distribuidora proporcional con el agregado del compensador

de presión, mantiene constante el caudal ante variaciones de carga.

- Una corriente I define un caudal Q independientemente de la carga en el sistema hidráulico. Luego se puede establecer una relación lineal PROPORCIONAL entre I y Q . En este caso una corriente de 1.2 A define un caudal $Q = 3 \text{ l/min}$.
- Existe valores limites de carga hasta donde puede permanecer constante el caudal, ya que; al aumentar la presión p_1 influye para que la válvula limitadora de presión se aperture y se produzca una derivación del caudal, con lo cual, el caudal es insuficiente para alimentar a la válvula distribuidora.

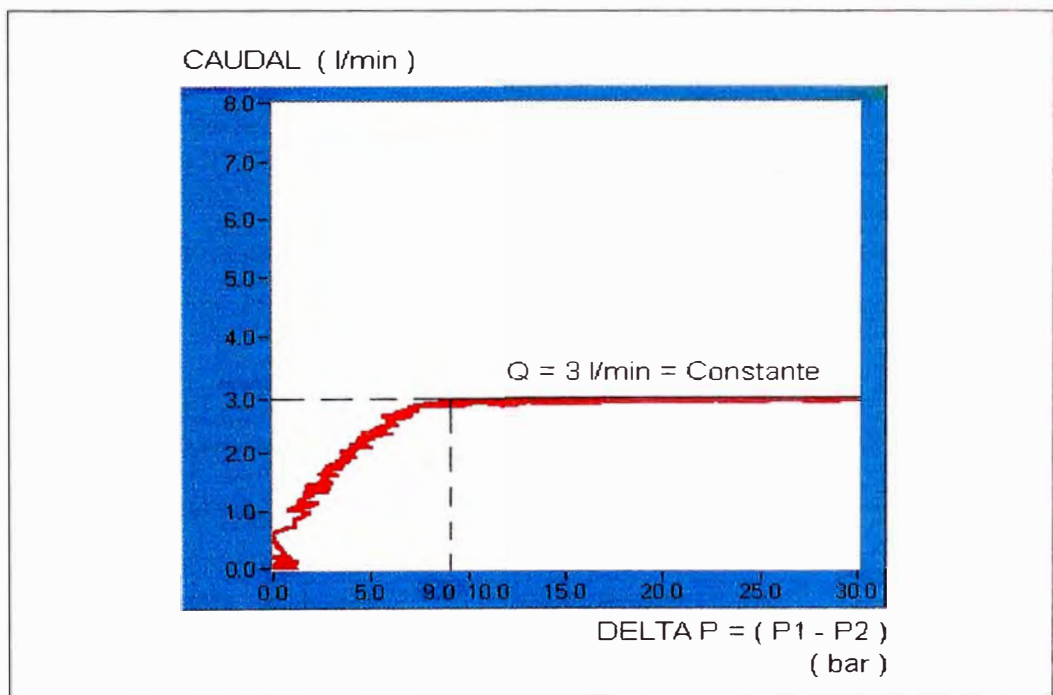


Fig. 6.38: Diagrama Q vs Δp , característico de la válvula de estrangulamiento unida al compensador de presión, formando en su conjunto una "válvula reguladora de caudal" para un valor de 3 l/min al posicionar en un punto a la válvula distribuidora proporcional.

c) Caso práctico Q , p_1 , p_2 vs. t .

Al igual que el caso anterior, para mostrar el efecto de la carga en forma discreta sobre un sistema, se activará y desactivará la electroválvula, que se encuentra en paralelo con la válvula de carga; con lo cual se analizará el efecto inercial de la carga y descarga sobre la válvula distribuidora

proporcional con compensador de presión, esto quiere decir, como afecta la carga o descarga sobre el control del caudal.

De la figura 6.39 podemos concluir:

- Se siguen produciendo picos de presión en p2, originados por la apertura cierre de la electroválvula.
- La presión p1 permanece constante, en cambio p2 censa la variación de la carga.
- El caudal no se ve afectado cuando se activa y desactiva la electroválvula.
- Cuando se activa la electroválvula (sin carga): $Q = 3,0 \text{ l/min}$, $\Delta p = 32 \text{ bar}$.
- Cuando no se activa la electroválvula (con carga): $Q = 3,0 \text{ l/min}$, $\Delta p = 9 \text{ bar}$.
- El caudal permanece constante a pesar de las variaciones de carga.

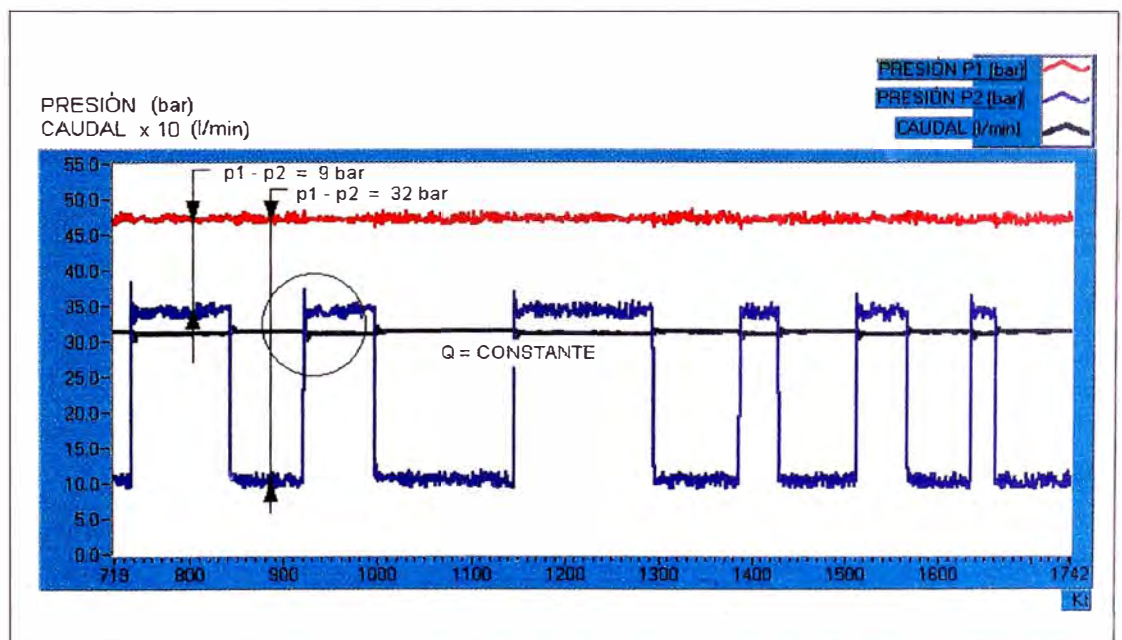


Fig. 6.39: Efecto de la válvula de carga sobre el regulador de caudal formado por el estrangulamiento de la válvula distribuidora proporcional y el compensador de presión. Se activa y desactiva la electroválvula produciendo picos de presión pero no afectando el caudal el cual se mantiene constante y en un valor de 3 l/min.

CAPÍTULO 7:

MONITOREO Y ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL

7.1 OBJETIVO

El objetivo es monitorear, visualizar, comparar y analizar las señales de entrada a la tarjeta, la corriente de salida al solenoide y la respuesta en presión controlado por la válvula limitadora de presión proporcional HERION TN 6. Se mostrará los pasos a seguir de la regulación de la tarjeta electrónica para el control de una válvula limitadora de presión, esto es: que la presión p guarde relación proporcional lineal con respecto a la señal de entrada U . Al igual que los casos anteriores los diagramas patrones obtenidos servirán como referencia para poder realizar un diagnóstico eficiente de un sistema hidráulico con control proporcional en presión.

7.2 VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL

La función de una válvula limitadora de presión es controlar la máxima presión en un sistema hidráulico.

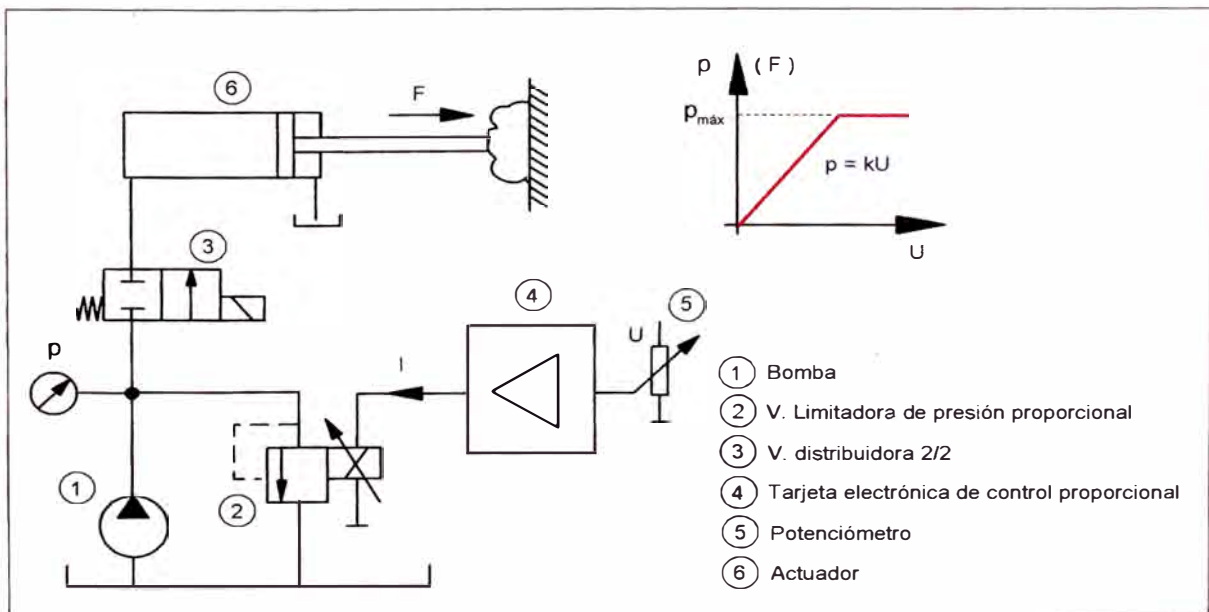


Fig. 7.1: Función de la válvula distribuidora proporcional.

Para el caso de una válvula limitadora proporcional, la presión máxima (p) del sistema se puede controlar a distancia a través de la señal de entrada U. La tarjeta de control enviará una corriente I al solenoide de la válvula limitadora de presión, la que define la presión máxima. Se establece un control proporcional cuando la presión (p) es una función lineal con respecto a la señal de entrada (U) (Fig. 7.1).

$$p \propto U \dots\dots\dots(16)$$

La válvula limitadora de presión proporcional, se comporta como una válvula limitadora convencional que puede regular la presión a voluntad, esto es; abrir o cerrar la válvula de acuerdo a las necesidades, con lo que es posible:

- Trabajar con válvulas distribuidoras bloqueadas en la vía P, (por ejemplo una válvula distribuidora 4/3 con centro bloqueado) disminuyendo parcialmente la presión a cero para el ahorro de energía en el caso de no ser accionado.
- Alcanzar una presión en forma progresiva, así se evita los picos de presión.
- Controlar la presión a distancia eléctricamente con lo que se controla la fuerza o el torque de los actuadores.

7.3 PARÁMETROS DE REGULACIÓN

Independientemente del tipo de válvula limitadora (de cierre o corredera, de mando directo o indirecto) la válvula limitadora de presión proporcional será regulada en la tarjeta de control proporcional en los siguientes parámetros:

- a) Sobreposición (Corriente necesaria para vencer la caída de presión en la válvula, cuando actúa solo como estrangulamiento a un caudal determinado)
- b) Valor máximo (Valor de corriente que logra la presión máxima del sistema en el rango de trabajo).
- c) Inercia (Atraso en la respuesta de la válvula frente a un valor de corriente en el solenoide).

La técnica del monitoreo permitirá visualizar la regulación de estos parámetros y las respuestas de una válvula limitadora de presión proporcional.

7.4 DESCRIPCIÓN

7.4.1 GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE ENTRADA

Para que las curvas de respuestas no se vean afectadas cuando la señal de entrada se introduce manualmente, se generará una señal de tensión senoidal de amplitud ± 10 V en el programa Labview constituyéndose en la señal de entrada $U_{ENTRADA}$ la que se aplicará a la tarjeta de control proporcional.

7.4.2 INSTALACIONES.

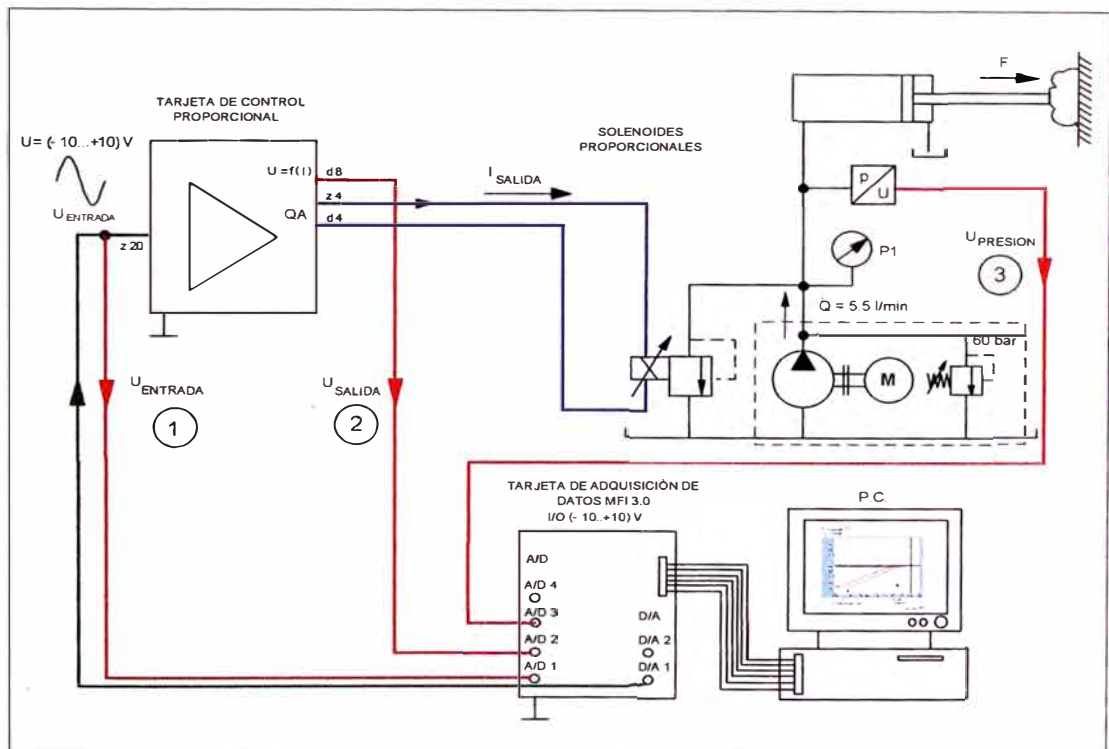


Fig. 7.2: Esquema de las conexiones detalladas para el monitoreo y análisis de la válvula limitadora de presión proporcional.

Son instalaciones eléctricas e hidráulicas¹¹. En el plano de la Fig. 7.2 la instalación eléctrica muestra la aplicación de una señal de tensión (1) a la tarjeta de control proporcional. Esta envía una corriente I_{SALIDA} al solenoide de la válvula limitadora de presión proporcional. La tarjeta de control nos permite tomar una señal equivalente en tensión U_{SALIDA} (2) a la corriente I_{SALIDA} ¹².

¹¹ Cada una de estas instalaciones debe tener un plano individual; pero se conviene en presentar el plano de la Fig. 7.3 para mejor comprensión de la instalación.

¹² Ver capítulo 4 en 4.2

En la instalación hidráulica se muestra un sistema para controlar la fuerza que aplica el vástago de un cilindro hidráulico para la conformado en frío de un material, para ello se debe controlar la presión hidráulica a través de la válvula limitadora de presión proporcional. El transductor p/U (3) enviará una señal en tensión equivalente a la presión en un valor equivalente en tensión. La relación entre la presión p (bar) y la señal enviada por el transductor $U_{PRESIÓN}$ (V) es:

$$U_{PRESIÓN} = \frac{1}{10} p$$

7.5 SECUENCIA DE ANÁLISIS:

Los casos analizados, muestran la forma de regulación de la tarjeta para cualquier válvula limitadora de presión proporcional. Los casos analizados son:

- I. Sin regulación (valor máximo 1,8 A)
- II. Con regulación de sobreposición (valor máximo 1,8 A)
- III. Con regulación de sobreposición y valor máximo.
- IV. Con regulación de sobreposición, valor máximo y oscilación.

Para cada uno de estos cuatro casos se mostraran los siguientes diagramas:

	DESCRIPCIÓN		SIMBOLOGÍA	DIAGRAMAS	
a)	Tensión de entrada (1)	vs.	Presión (3)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. $U_{PRESIÓN}$ (V)	Figuras: 7.3 7.8 7.13 7.18
b)	Tensión de entrada (1)	vs.	Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)	$U_{ENTRADA}$ (V) vs. I_{SALIDA} (A)	Figuras: 7.4 7.9 7.14 7.19
c)	Corriente de salida de la tarjeta de control proporcional (2)	vs.	Presión (3)	I_{SALIDA} (A) vs. $U_{PRESIÓN}$ (V)	Figuras: 7.5 7.10 7.15 7.20
d)	Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), I_{SALIDA} (A) vs. t (s)	Figuras: 7.6 7.11 7.16 7.21
e)	Tensión de entrada (1), Caudal controlado por la válvula distribuidora proporcional (3)	vs.	Tiempo.	$U_{ENTRADA}$ (V), $U_{PRESIÓN}$ (V), vs. t (s)	Figuras: 7.7 7.12 7.17 7.22

Tabla 7.1: Casos de análisis de las respuestas para una válvula limitadora de presión proporcional.

7.5.1 CASO I: SIN REGULACIÓN (VALOR MÁXIMO: 1,8 A)

7.5.1.1 DATOS

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	[0...+10] V
2	Corriente de salida de tarjeta	1,8 A
3	Sobreposición en A y B	0,0 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App en 0,0 A
5	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz.

7.5.1.2 DIAGRAMAS

a) Tensión de entrada (1) vs. Presión (3).

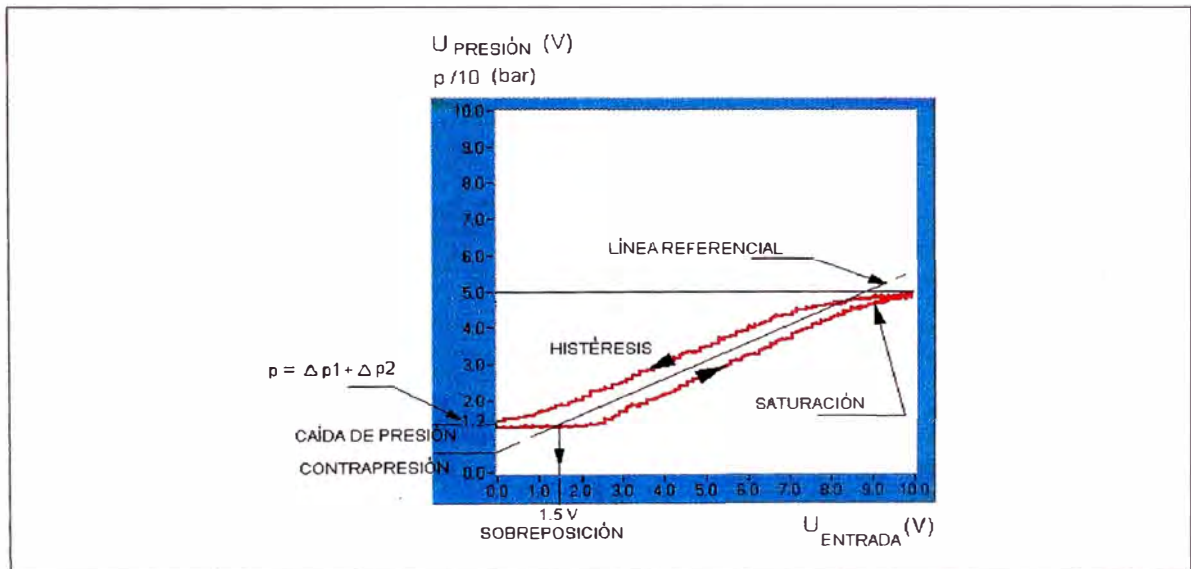


Fig. 7.3: Válvula limitadora no regulada. Tensión de entrada 10 V, corriente máxima de salida 1,8 A, presión máxima 50 bar. Se distingue la sobrepresión necesaria en tensión (1,2 V) y la histeresis.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2)

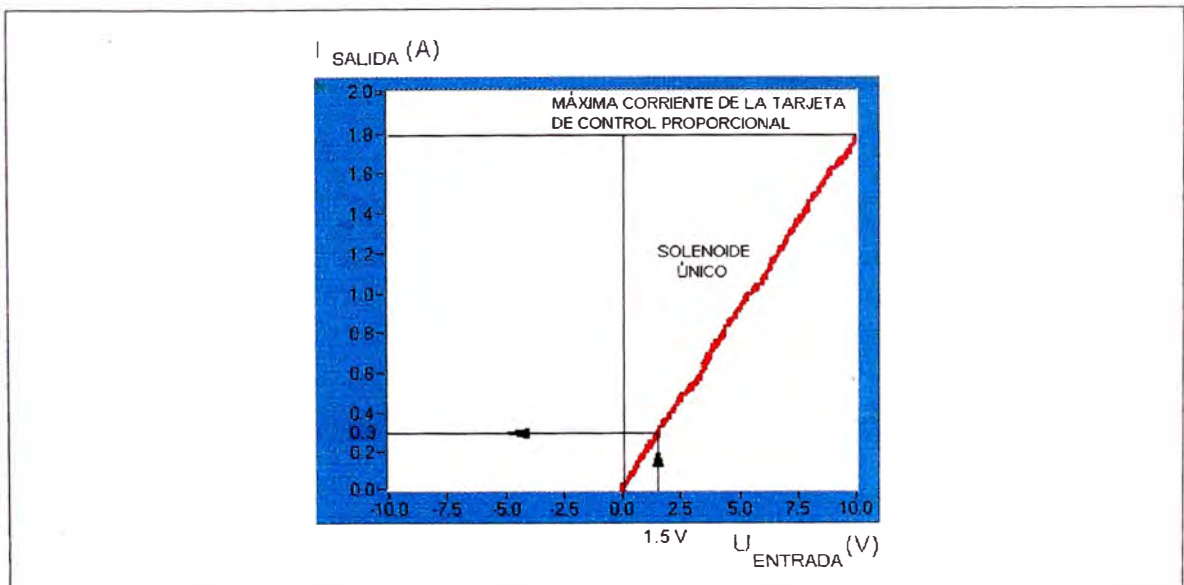


Fig. 7.4: Tensión vs. corriente en la tarjeta de control proporcional. Con la información de la Fig. 7.3 una sobrepresión de 1.5 V determina que la corriente necesaria de sobrepresión es de 0.3 A.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Presión (3).

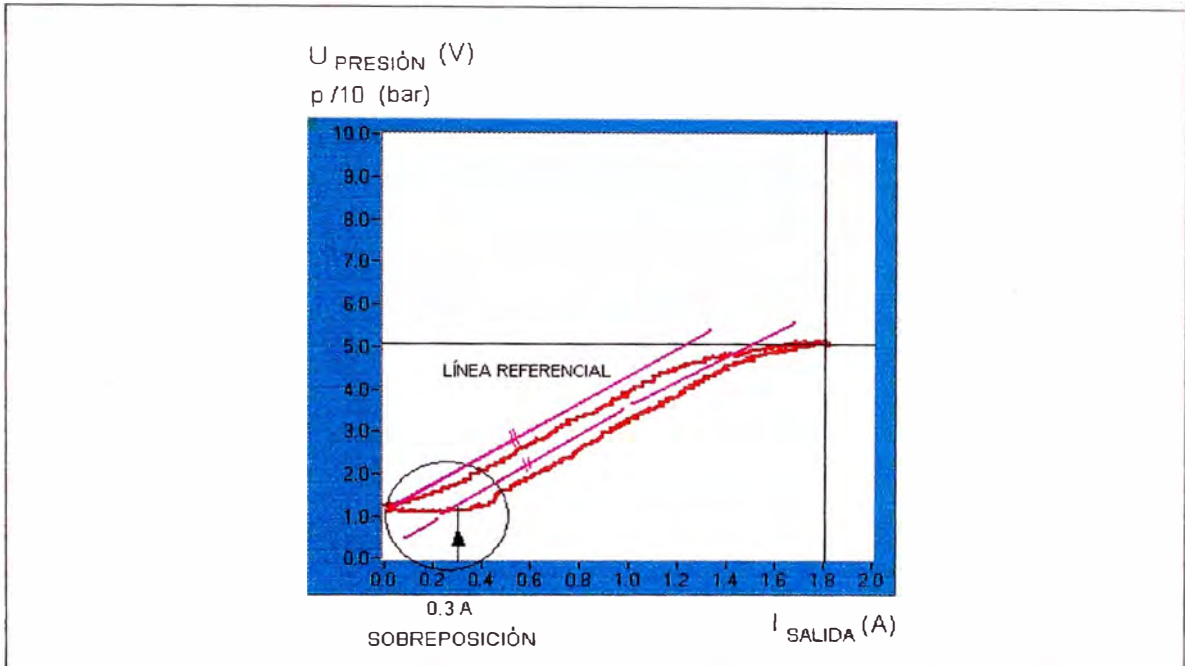


Fig. 7.5: Corriente de salida aplicada sobre el solenoide de la válvula limitadora de presión proporcional. Este diagrama confirma la sobreposición necesaria en corriente de 0,3 A para lograr la respuesta en presión proporcional.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

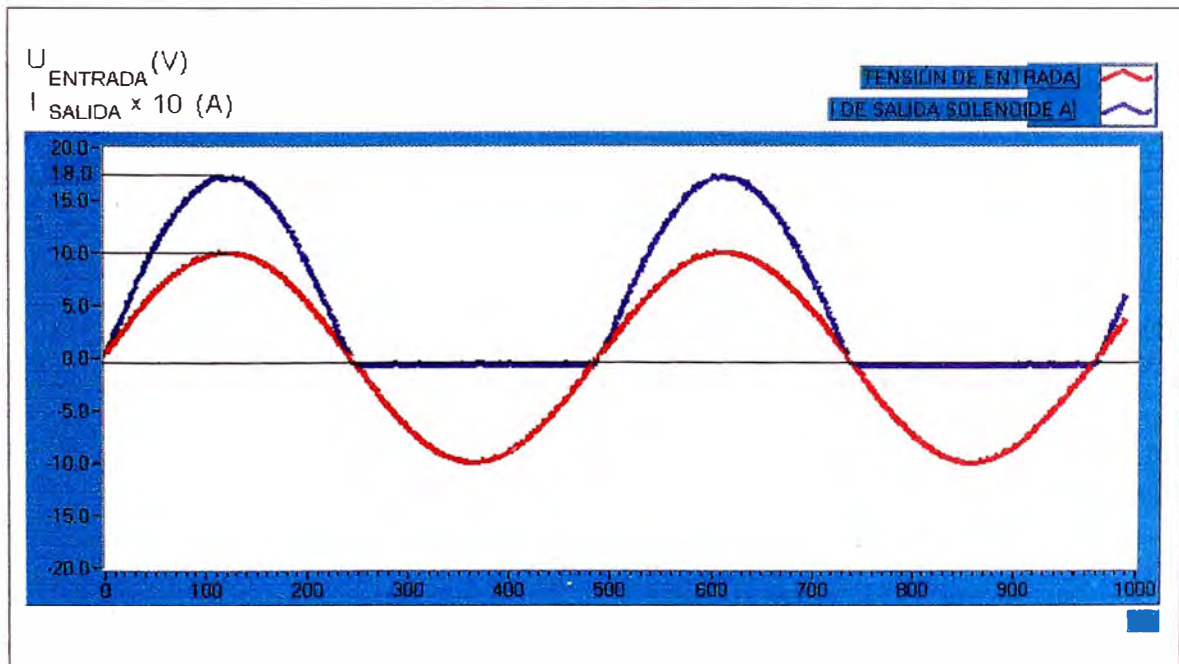


Fig. 7.6: Tensión de entrada senoidal de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada al solenoide A. Se observa que en la entrada y salida de la tarjeta de control las señales están en fase. La corriente solo tiene una componente positiva ya que la tarjeta de control proporcional solo envía corriente por la salida Q_A .

e) Tensión de entrada (1), Presión (3) vs. Tiempo.

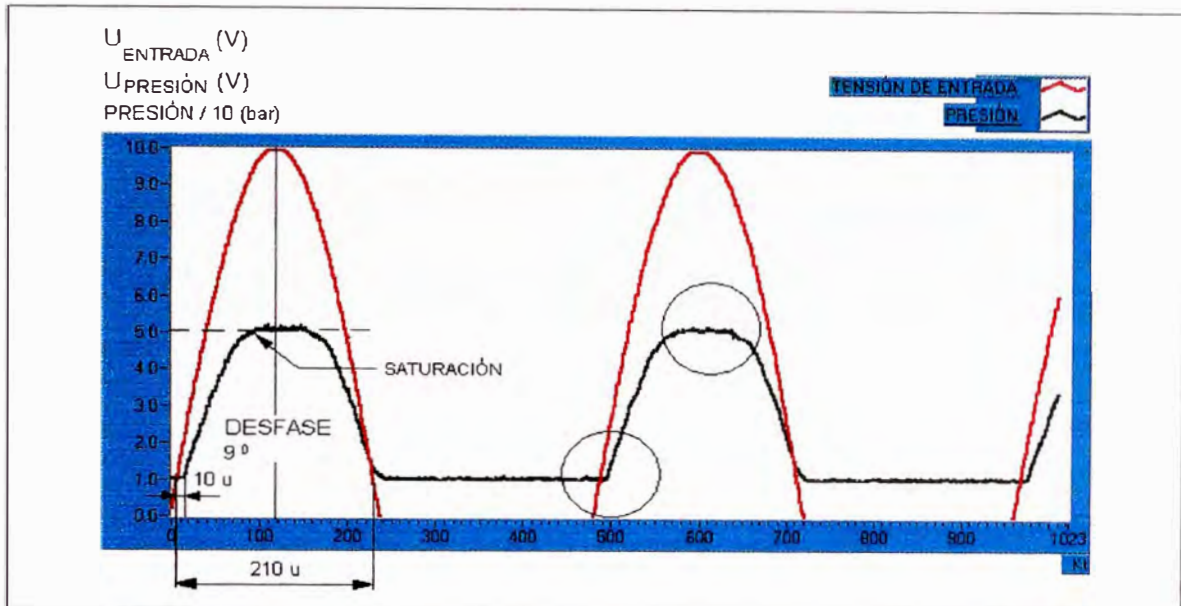


Fig. 7.7: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. la respuesta de presión controlado por la válvula limitadora proporcional sin tener regulación de sobrepresión y valor máximo. Se distingue un desfase de 9° entre la señal de entrada y la respuesta en presión, así mismo se distingue la saturación de la presión a 50 bar.

7.5.1.3 CONCLUSIONES:

- La relación entre la $U_{ENTRADA}$ y $U_{PRESION}$ demuestra la presencia de sobreposición, saturación, histéresis y contrapresión¹³. Esto indica la necesidad de regulación de la tarjeta para el control de la válvula limitadora de presión. (Fig. 7.3).
- La Fig. 7.3 nos muestra que la sobrepresión de la válvula es de 1,5V. Con este valor se determina en el diagrama de la Fig. 7.4 la corriente (0,3 A). Este valor luego se confirma en el diagrama de la Fig. 7.5.
- El valor de sobrepresión es necesario para vencer la caída de presión (Δp_2) en la válvula cuando está totalmente abierta (Fig. 7.3).
- El conjunto de la caída de presión en la válvula mas la contrapresión ($\Delta p_1 + \Delta p_2$) es de 12 bar (Fig. 7.3).
- Se produce un lazo de histéresis (Fig. 7.3).
- La Fig. 7.7 muestra el desfase inicial entre la señal de entrada y la señal de presión es de 9° (210 u equivalen a 180°)

¹³ Ver Capítulo 2: 2.6.9 y 2.7.2

7.5.1 CASO II: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN (VALOR MÁXIMO 1,8 A)

7.5.2.1 DATOS

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	[0 ... +10] V
2	Corriente de salida de tarjeta	1,8 A
3	Sobreposición en A y B	0,3 A
4	Frecuencia de Oscilación	70 Hz.
5	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App en 0,0 A

7.5.2.2 DIAGRAMAS

a) Tensión de entrada (1) vs. Presión (3).

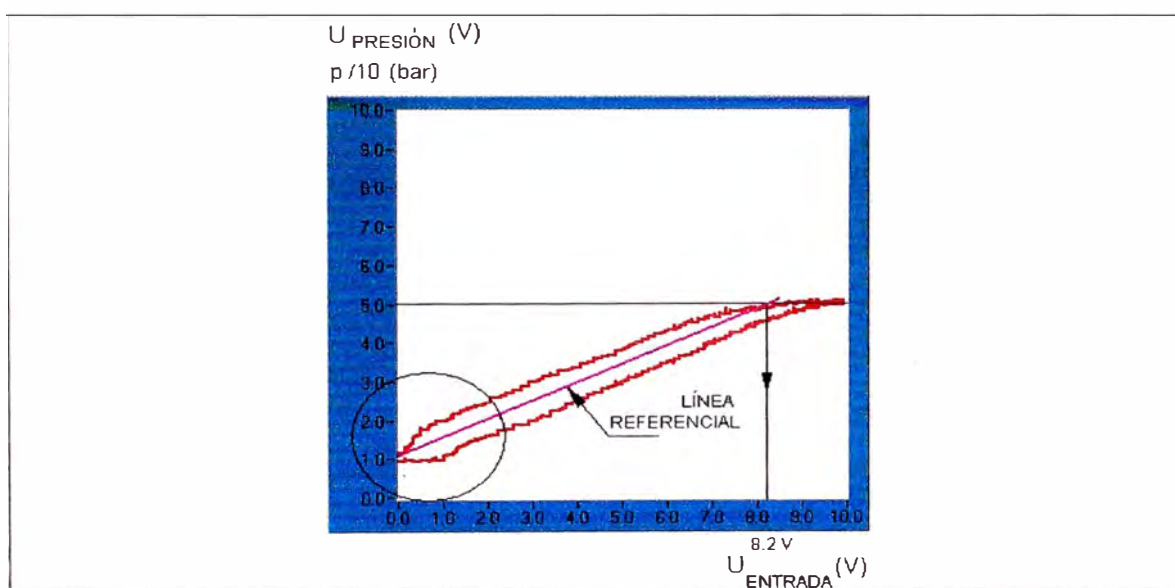


Fig. 7.8: Válvula regulada con sobreposición. Tensión de entrada de 10 V, corriente max. De salida de 1,8A; presión 50 bar. Se distingue la coincidencia de la curva (con histéresis) a la recta proporcional referencial lo que indica la correcta regulación en sobreposición. La presión se satura en 8,2 V.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

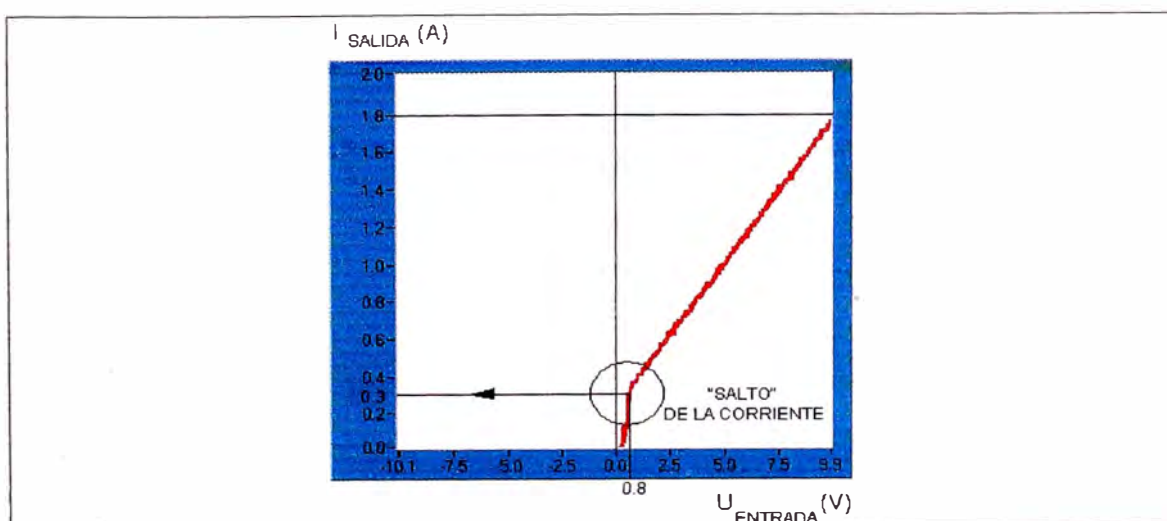


Fig. 7.9: Tensión vs. corriente en la tarjeta. Se distingue el "salto" de la sobreposición de 0,3 A. Ahora la tensión de entrada es de solo 0,8 V.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Presión (3).

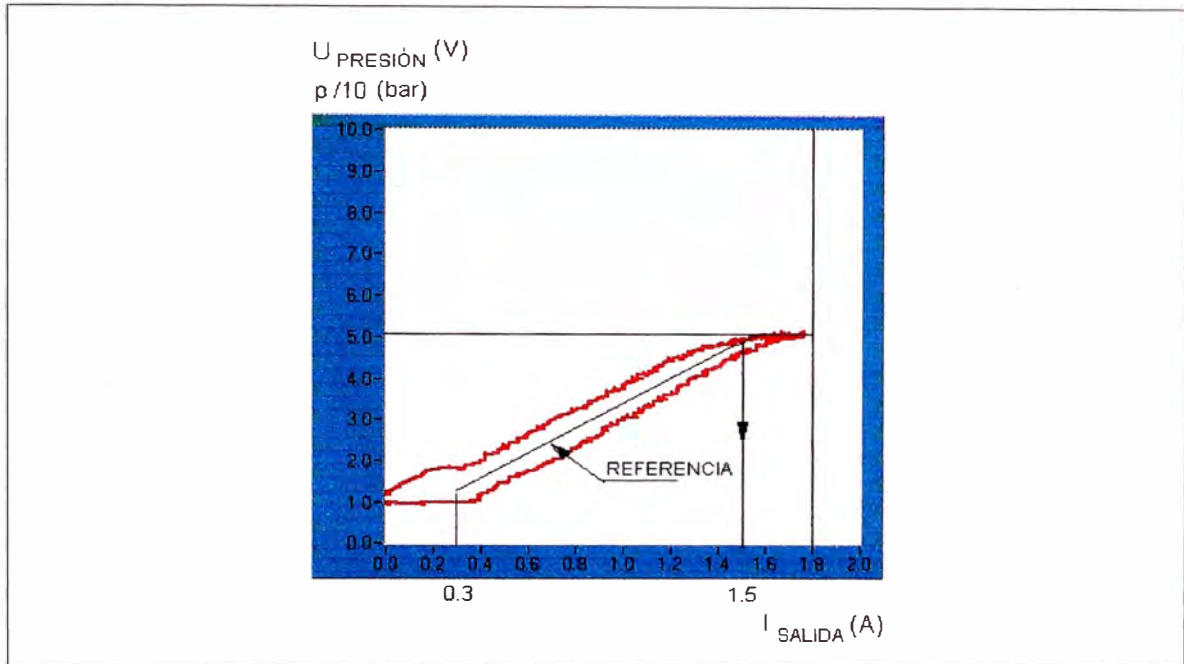


Fig. 7.10: Corriente de salida aplicada sobre el solenoide. Se distingue la coincidencia del lazo de histéresis a la línea referencial la cual parte de 0,3 A; alcanza su saturación en 1,5 A, esto quiere decir que a partir de este valor la presión no crece en la misma proporción de la corriente.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

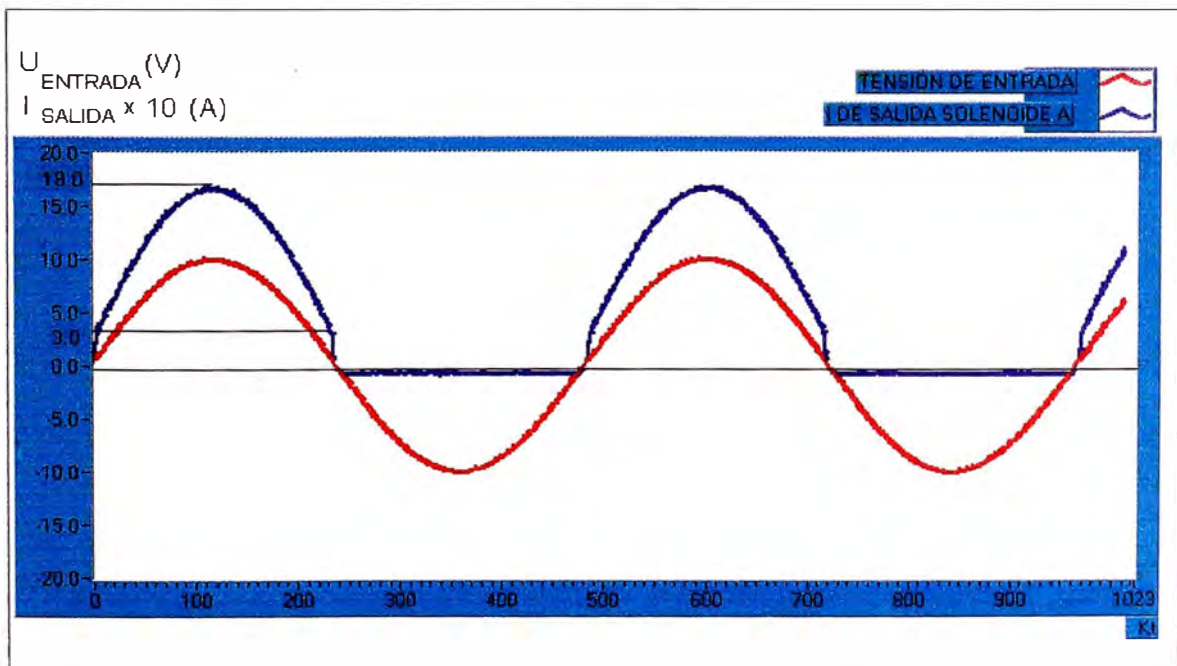


Fig. 7.11: Tensión de entrada senoidal de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada a los solenoides. Se distingue el salto de corriente de 0,3 A correspondiente a la superposición. Se ha cuidado de mantener el máximo valor de corriente en 1,8 A debido a que es el máximo valor que el solenoide proporcional soporta.

e). Tensión de entrada (1), Presión (3) vs. Tiempo.

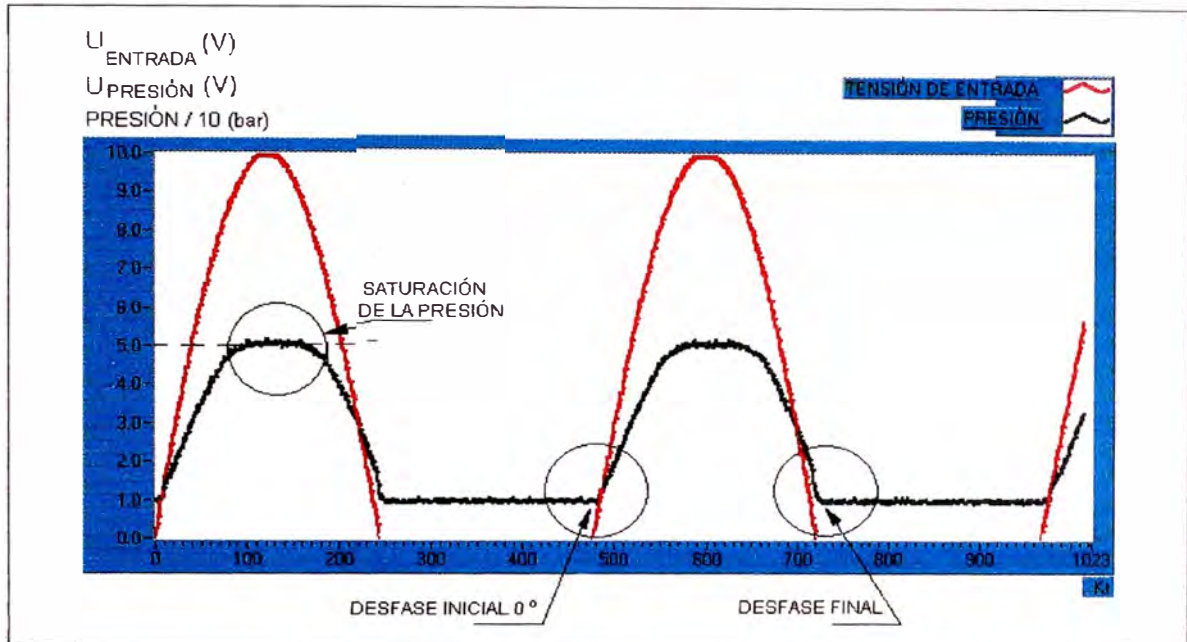


Fig. 7.12: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. presión controlada por la válvula limitadora proporcional. Se distingue que el desfase de la presión con respecto a la señal de entrada es prácticamente 0° , además la señal de presión se satura anticipadamente.

7.5.2.3 CONCLUSIONES:

- La corriente necesaria para cubrir la sobreposición es de 0,30 A; esta es una consecuencia de una pequeña señal de entrada de 0,8 V (Fig. 7.9).
- Realizado la regulación de la sobreposición, la línea referencial en $U_{ENTRADA}$ y $U_{PRESION}$ sugiere a 8.2 V como valor máximo, esto es, a pesar que se aumenta la tensión de entrada ya no aumenta la presión en la misma proporción (Fig. 7.8).
- La línea referencial en el lazo de histerésis de I_{SALIDA} vs. $U_{PRESION}$ sugiere a 1.5 A como valor máximo de corriente a regularse para el valor máximo (Fig. 7.10).
- Con la sobreposición se ha disminuido el ángulo de desfase de 8° a 0° entre $U_{ENTRADA}$ y $U_{PRESION}$ (Fig. 7.12).
- Hay un desfase final lo que indica que se mantiene la presión a pesar que $U_{ENTRADA}$ ha dejado de estar presente¹⁴. (Fig. 7.12).

¹⁴ Esto es posible en el módulo de prueba debido a las válvulas check de seguridad de cada componente los que evitan descargar la presión con facilidad. En un equipo convencional este valor este desfasaje es cero.

7.5.3 CASO III: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN Y VALOR MÁXIMO.

7.5.3.1 DATOS

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	[0 ... +10] V
2	Corriente de salida máxima de tarjeta	1,5 A
3	Sobreposición en A y B	0,3 A
4	Periodo de la señal de entrada	15 s
5	Frecuencia de Oscilación	70 Hz.
6	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,05 App en 0,0 A

7.5.3.2 DIAGRAMAS

a) Tensión de entrada (1) vs. Presión (3).

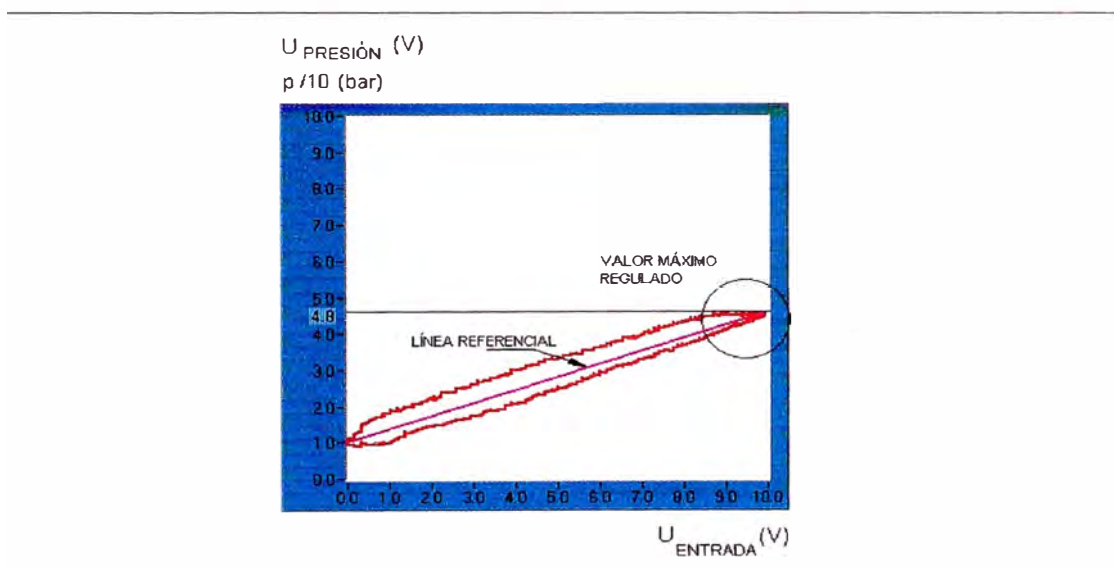


Fig. 7.13: Válvula regulada con sobreposición y valor máximo. Tensión de entrada de 10 V. Se distingue la coincidencia de la curva (con histéresis) a la recta proporcional referencial.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

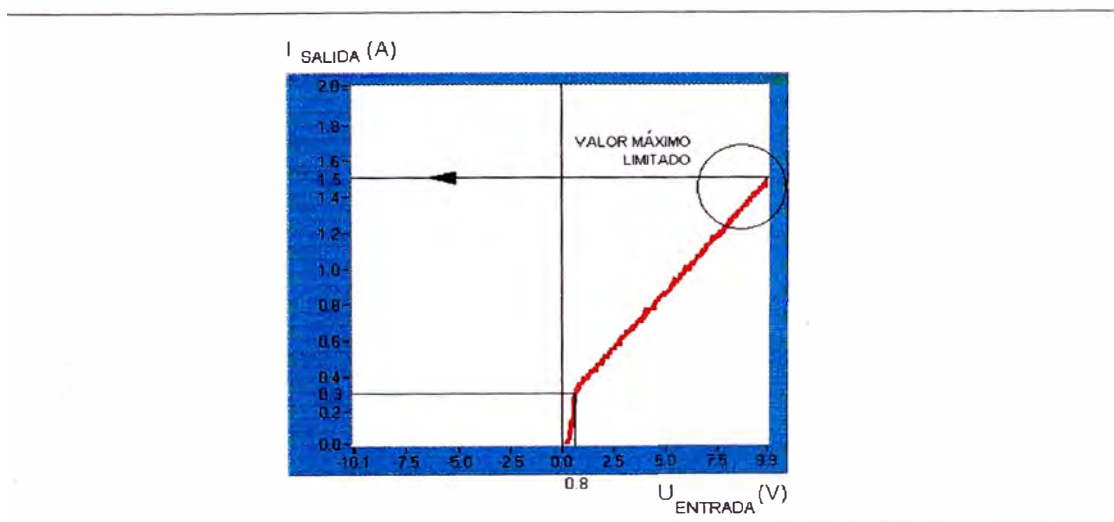


Fig. 7.14: Tensión vs. corriente en la tarjeta. Se distingue la sobreposición y la limitación del valor máximo de la corriente en 1,5 A. Este valor se obtuvo del resultado gráfico de la Fig. 7.13.

c) Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Presión (3).

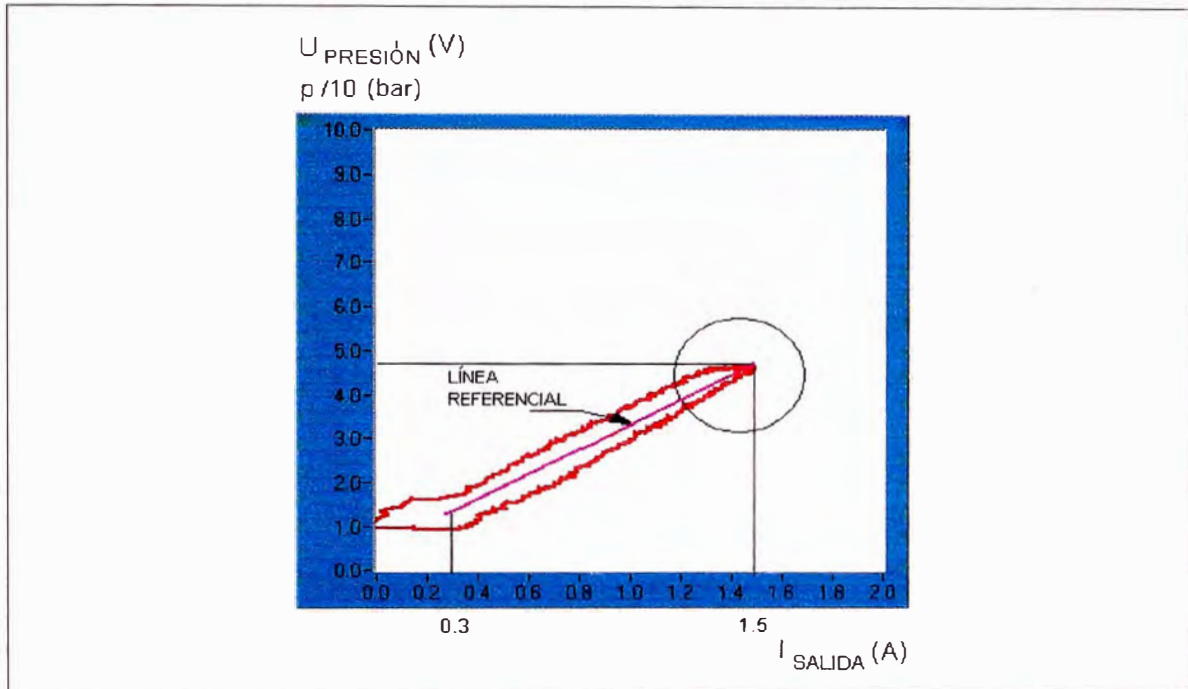


Fig. 7.15: Corriente de salida aplicada al solenoide. Se distingue el salto de sobreposición de 0,3 A y el valor máximo alcanzado de 1,5 A sin saturación de la presión por efecto de la regulación.

d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo.

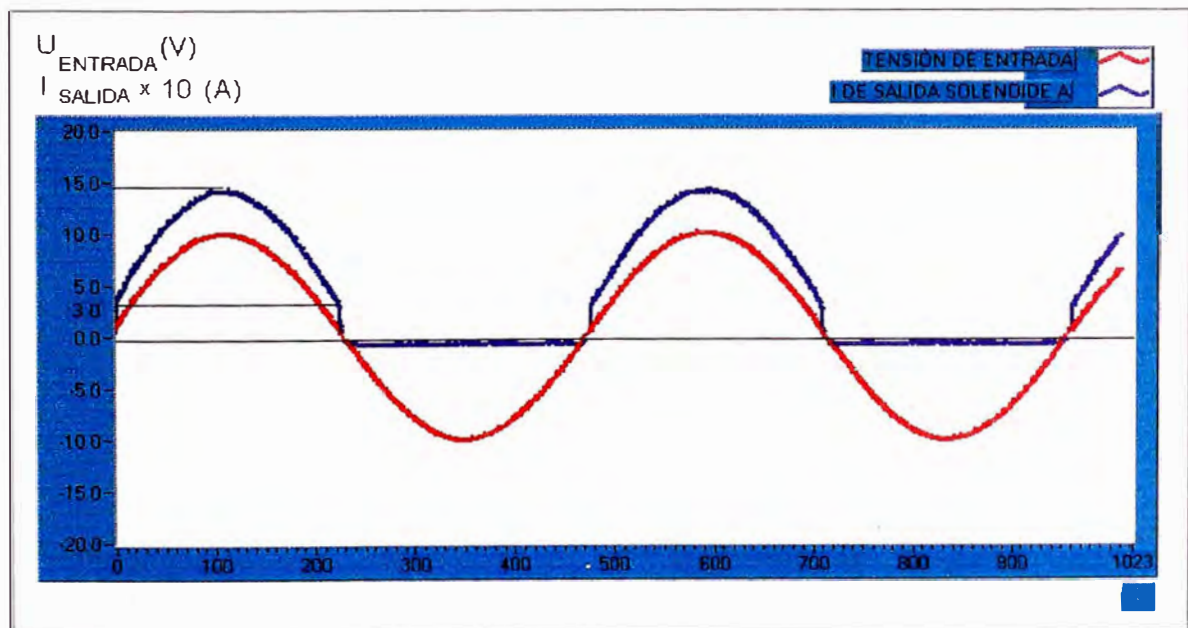


Fig. 7.16: Tensión de entrada de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada al solenoides. Se distingue el salto de sobreposición de 0,3 A y el valor máximo limitado en 1,5 A.

e) Tensión de entrada (1), Presión (3) vs. Tiempo.

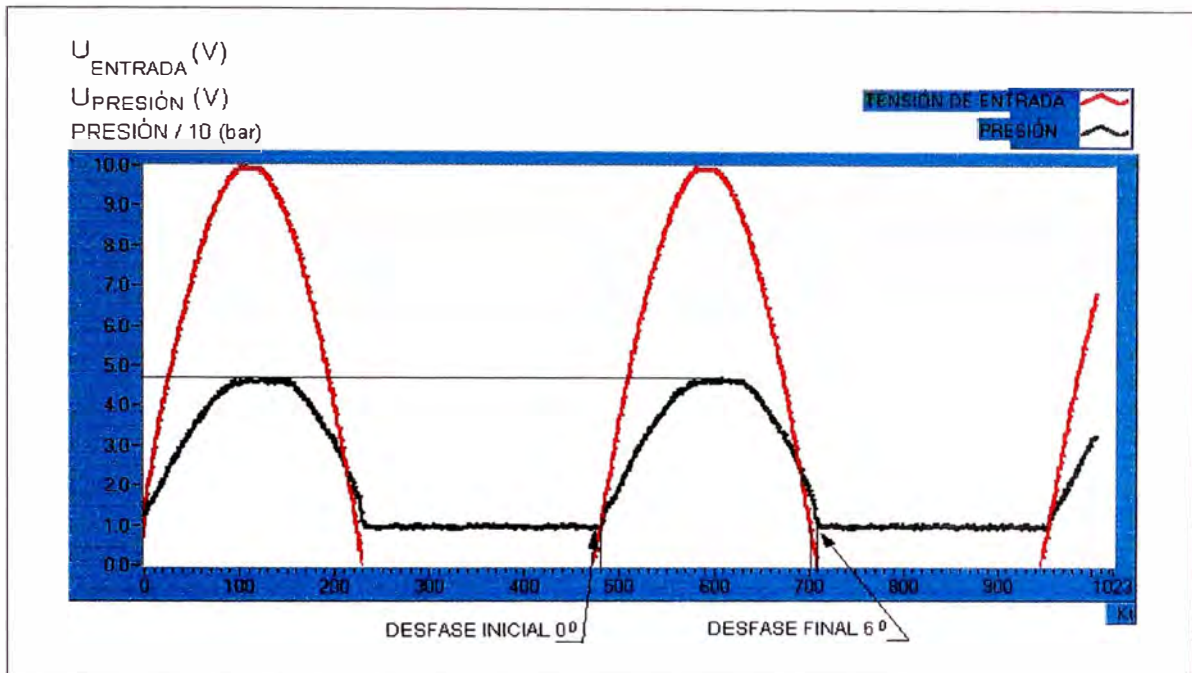


Fig. 7.17: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. presión controlada por la válvula limitadora proporcional. La presión ahora está aproximadamente en fase con la señal de entrada.

7.5.3.3 CONCLUSIONES:

- Al regular el valor máximo (para que no se presente saturación en la presión) se alcanza 48 bar de presión con la señal máxima en la entrada de 10 V (Fig. 7.13)
- La corriente máxima que se debe aplicar es de 1,5 A (Fig. 7.14)
- El desfase inicial de la señal de entrada, con respecto a la señal de presión es cero, pero se observa un desfase final de 6° debido a las válvulas check de seguridad de cada componente en el "módulo hidráulico" las que evitan descargar la presión con facilidad; en un equipo convencional no se presentará este efecto (Fig. 7.17).
- Se sigue produciendo lazo de histéresis (Fig. 7.13).

7.5.4 CASO IV: CON REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN, VALOR MÁXIMO Y OSCILACIÓN

7.5.4.1 DATOS

No	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDADES
1	Tensión de entrada	[0 ... +10] V
2	Corriente de salida máxima de tarjeta	1,8 A
3	Sobreposición en A y B	0,3 A
4	Amplitud de Oscilación (Brumm)	0,2 App 0,3 App 0,4 App 0,5 App
5	Frecuencia de Oscilación (Brumm)	70 Hz.
6	Periodo de la señal de entrada	15 s

7.5.4.2 DIAGRAMAS

a) Tensión de entrada (1) vs. Presión (3).

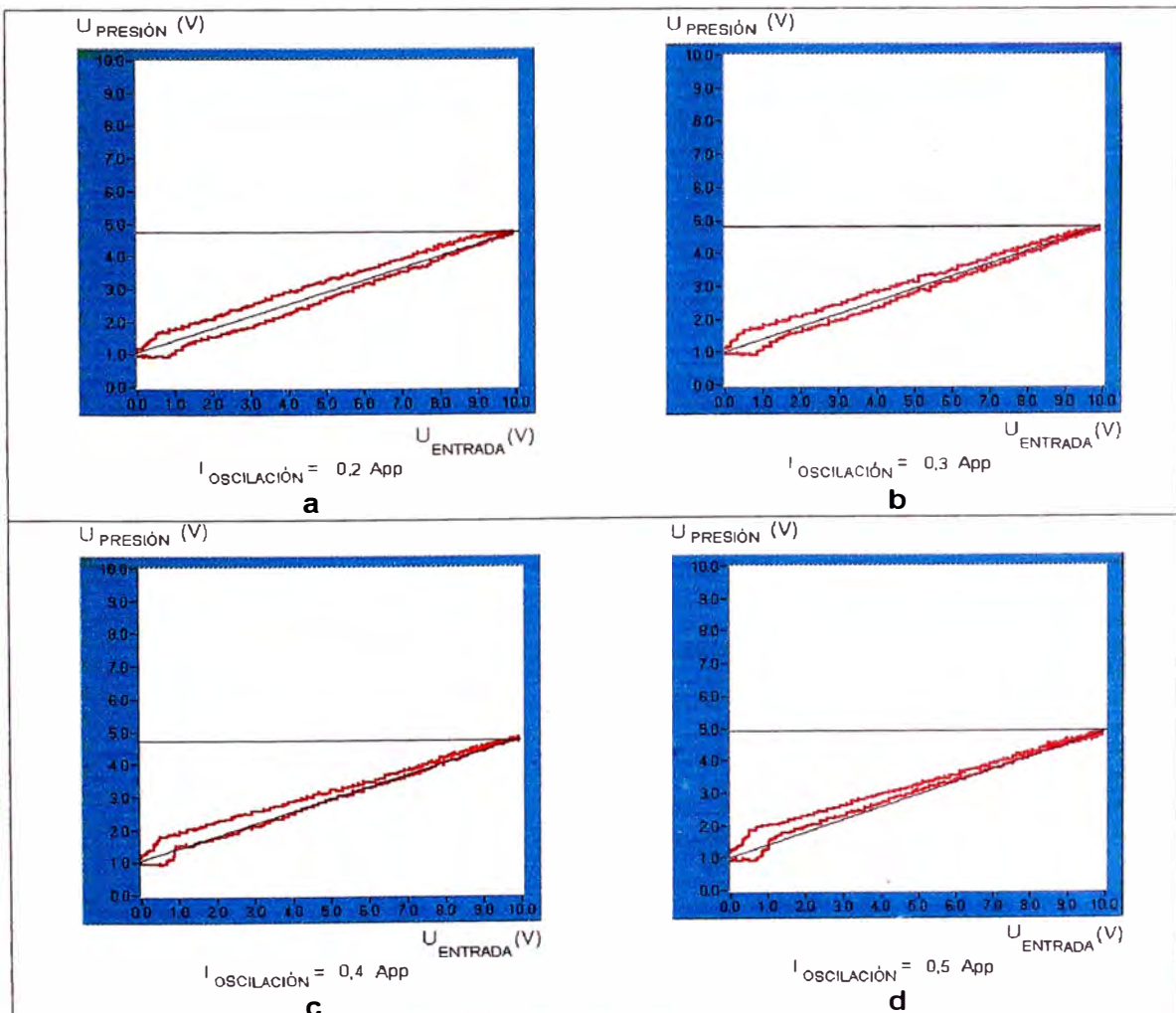


Fig. 7.18: Búsqueda de la amplitud de oscilación necesaria para que la respuesta en presión de la válvula se acerque a la línea referencial proporcional para una frecuencia de 70 Hz. Podemos observar que la mejor respuesta corresponde al diagrama b con una corriente de oscilación de 0,3 App.

b) Tensión de entrada (1) vs. Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2).

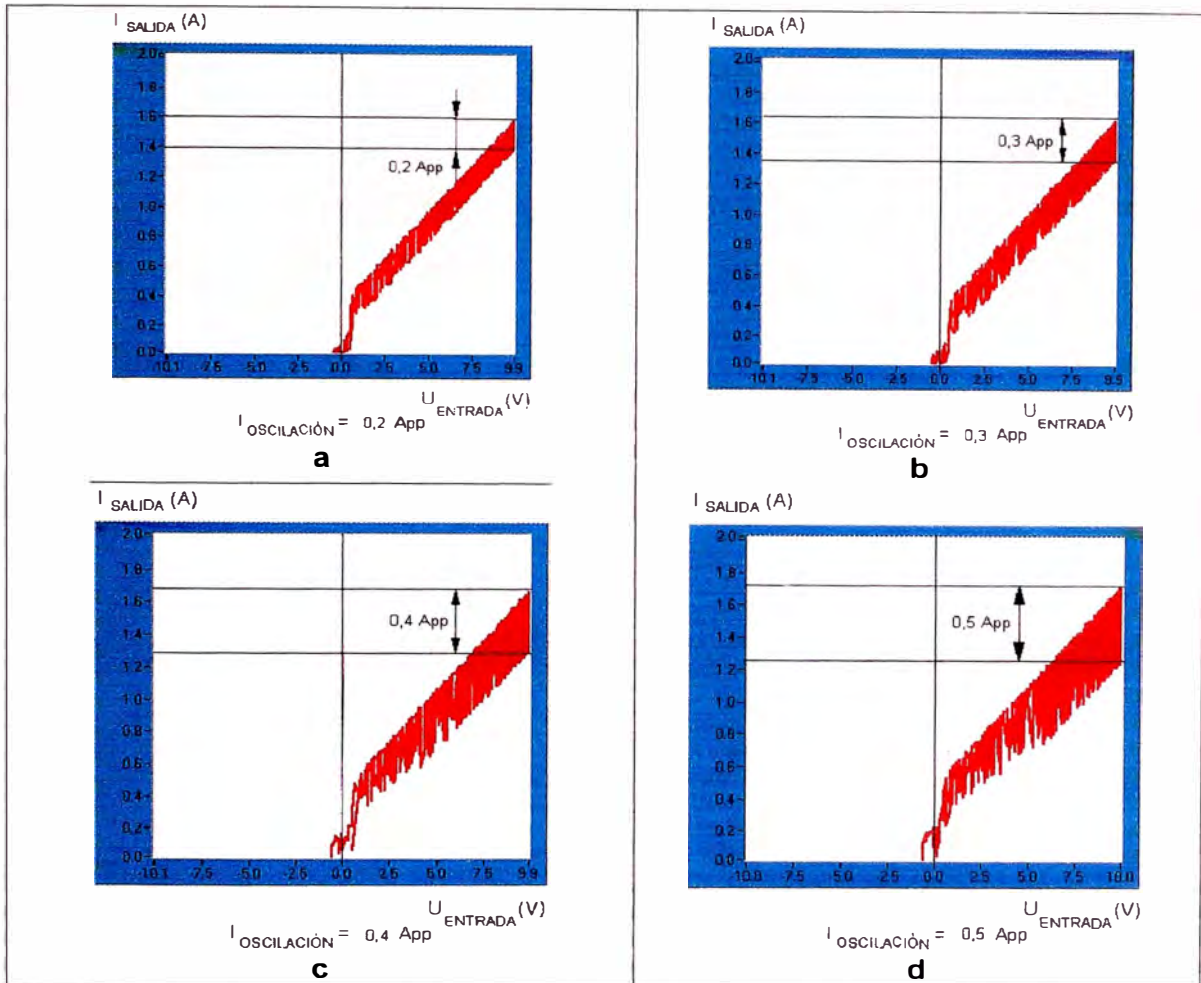


Fig. 7.19: Señal de tensión de entrada vs. corriente, con señal de oscilación superpuesta, para las diferentes amplitudes de la Fig. 7.18 (Oscilación de 70 Hz.)

c) Corriente de salida (2) vs. Presión (3). ($f = 70 \text{ Hz}$, $I_{osc.} = 0,3 \text{ App}$)

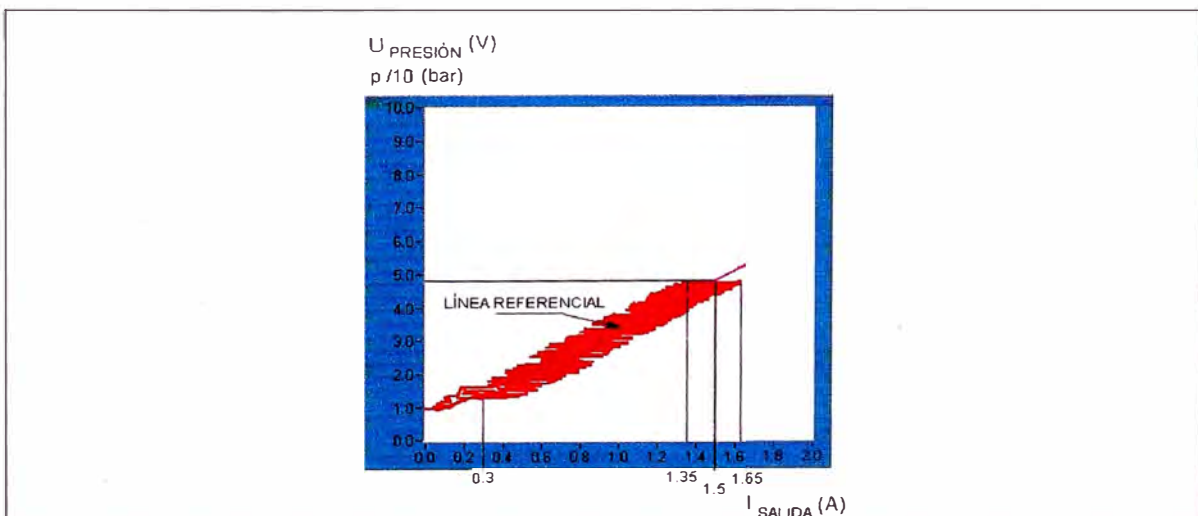


Fig. 7.20: Corriente de salida aplicada al solenoide. Se distingue el salto de superposición de 0,3 A, el valor máximo alcanzado de 1,5 A y la señal de oscilación superpuesta de 0,3 App. El valor de la corriente de oscilación se determinó en el diagrama de la Fig. 7.18.

- d) Tensión de entrada (1), Corriente de salida de la tarjeta proporcional (2) vs. Tiempo. ($f = 70 \text{ Hz}$, $I_{osc.} = 0,3 \text{ App}$)

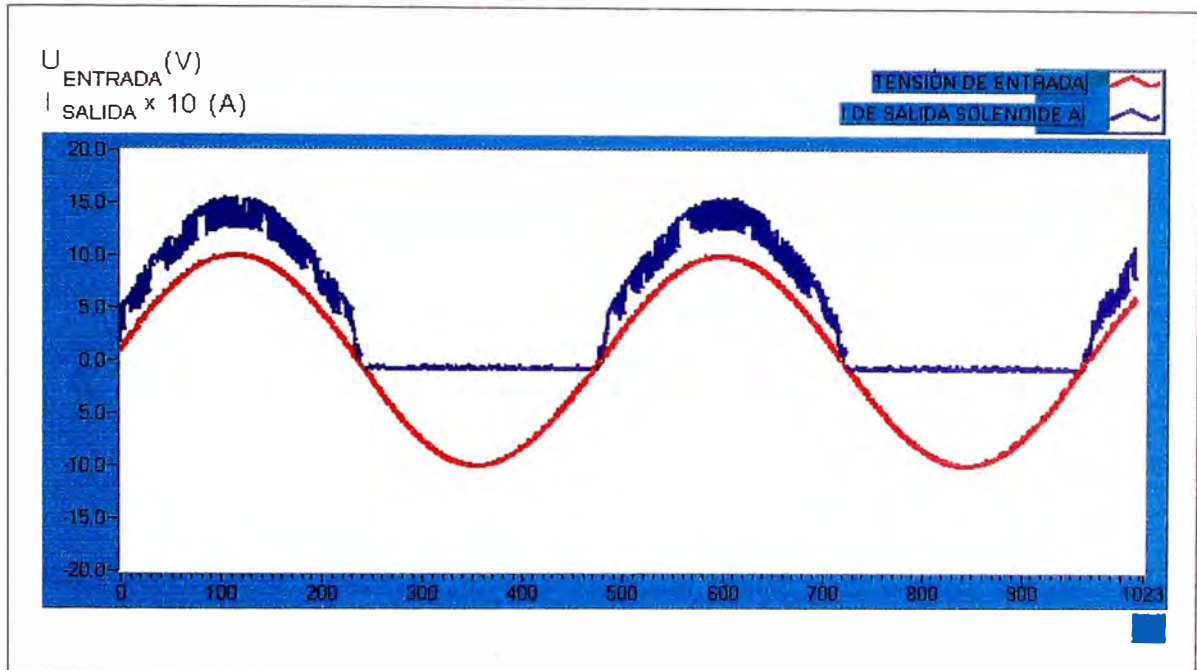


Fig. 7.21: Tensión de entrada de 10 V y corriente de salida de la tarjeta aplicada al solenoide. Se distingue el salto de 0,5 A, el valor máximo alcanzado de 1,5 A y la señal de oscilación superpuesta, aplicado al solenoide.

- e) Tensión de entrada (1), Presión (3) vs. Tiempo. ($f = 70 \text{ Hz}$, $I_{osc.} = 0,3 \text{ App}$).

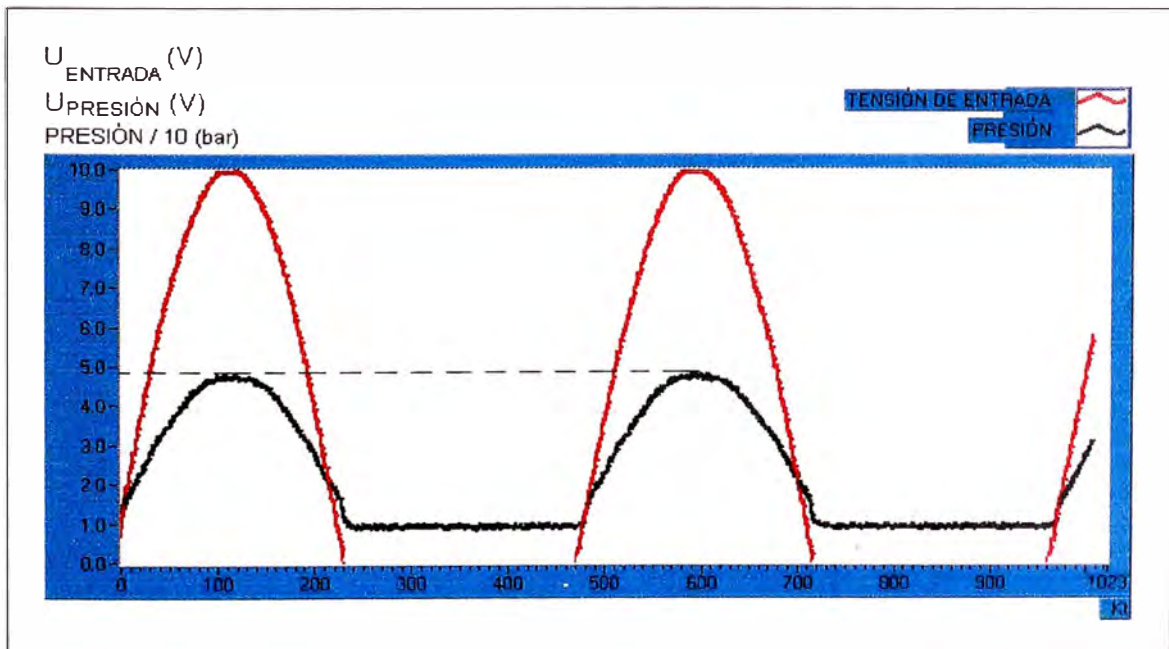


Fig. 7.22: Comparación de la señal de tensión de entrada vs. presión controlado por la válvula limitadora proporcional. Se distingue que la presión mantiene la misma proporcionalidad de la señal de entrada, el desfase ha disminuido y que la oscilación en la válvula no ha afectado la señal de presión.

CONCLUSIONES

- Al sobreponer una corriente de oscilación, el lazo de histéresis disminuye (en todos los casos) con respecto a los diagramas en los cuales no se agregaba oscilación (Fig. 7.18).
- Las respuestas ($U_{PRESION}$ con respecto a $U_{ENTRADA}$ del lazo de histéresis) varían con diferentes valores de la amplitud de oscilación que se agrega a la señal de salida, llegando en algunos casos a deformar el lazo (Fig. 7.18 c y d).
- Con una amplitud de la corriente de oscilación de 0.3 App, se logra una salida que tiende a una respuesta lineal y esta es la que elije para la regulación (Fig. 7.18 b).
- La amplitud de la señal de oscilación elegida (0,3 App), no afecta a la presión, esto es; la presión no sensibiliza las oscilaciones a que esta sometida la válvula (Fig. 7.22).
- Estos diagramas corresponden a una correcta regulación de la válvula limitadora de presión.

CAPÍTULO 8:

MONITOREO Y ANÁLISIS DE RESPUESTAS DE UN SISTEMA PROPORCIONAL EN LAZO CERRADO CON CONTROL P. I .D.

8.1 OBJETIVO

El objetivo es monitorear y analizar las señales de respuesta de un sistema hidráulico proporcional en lazo cerrado, con control P. I .D. Esto es, agregar un sistema de control adicional al control proporcional para lograr una mejor respuesta de los parámetros hidráulicos. Se visualizará las señales de entrada, salida y el efecto de la tarjeta de control al variar los parámetros P = Proporcional, I = Integral y D = Derivativo cuyo objetivo será mantener mejor controlados parámetros como presión, caudal, desplazamiento, RPM, etc. Los sistemas de control en lazo cerrado, son muy utilizados en los sistemas hidráulicos y por ello el método propuesto permitirá diagnosticar una falla con mayor facilidad y regular con mayor precisión los parámetros de control.

8.2 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA REALIMENTADO

Un sistema hidráulico proporcional en lazo cerrado consiste en: (Fig. 8.1)

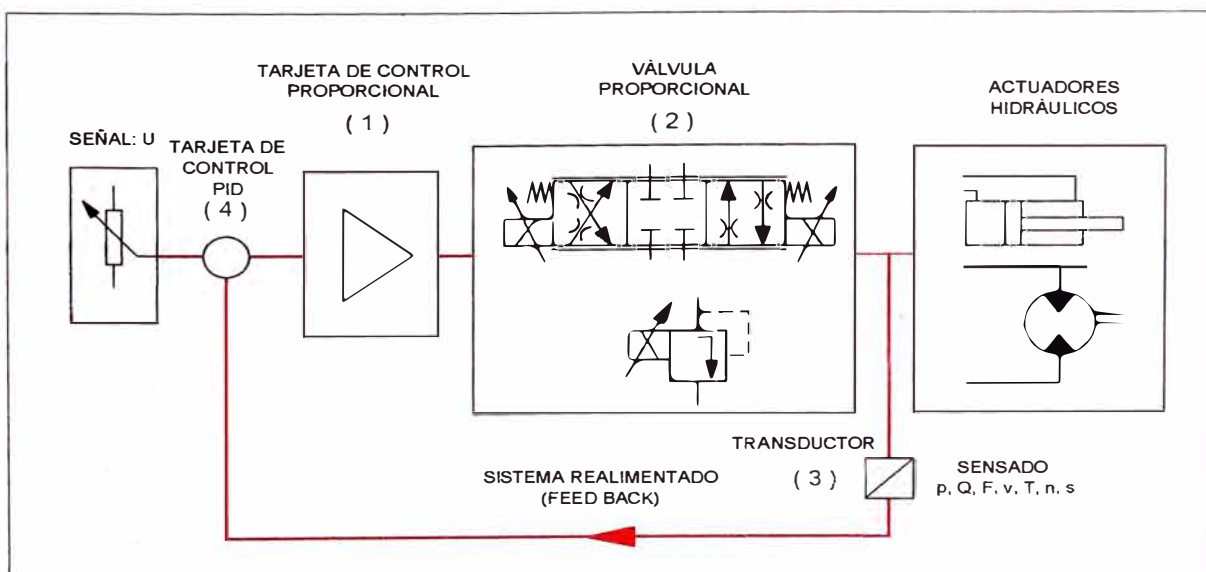


Fig. 8.1: Componentes de un sistema hidráulico con control proporcional en lazo cerrado.

- 1) Tarjeta de Control Proporcional: Sistema que controla y amplifica la respuesta proporcional.
- 2) Válvula proporcional (de presión o caudal).
- 3) Transductor (sensor + transmisor): Instrumento el que convierte una variable del sistema hidráulico como presión (p), caudal (Q), posicionamiento (s), fuerza (F), rpm (n), torque (T), etc. en un parámetro electrónico como tensión ($U = 0 \dots 10 \text{ V}$) o corriente ($I = 0 \dots 20 \text{ mA}$). Esta señal se utilizará para realizar la realimentación en el sistema de control. En la Fig. 8.2 se muestran transductores comúnmente utilizados en los sistemas hidráulicos.

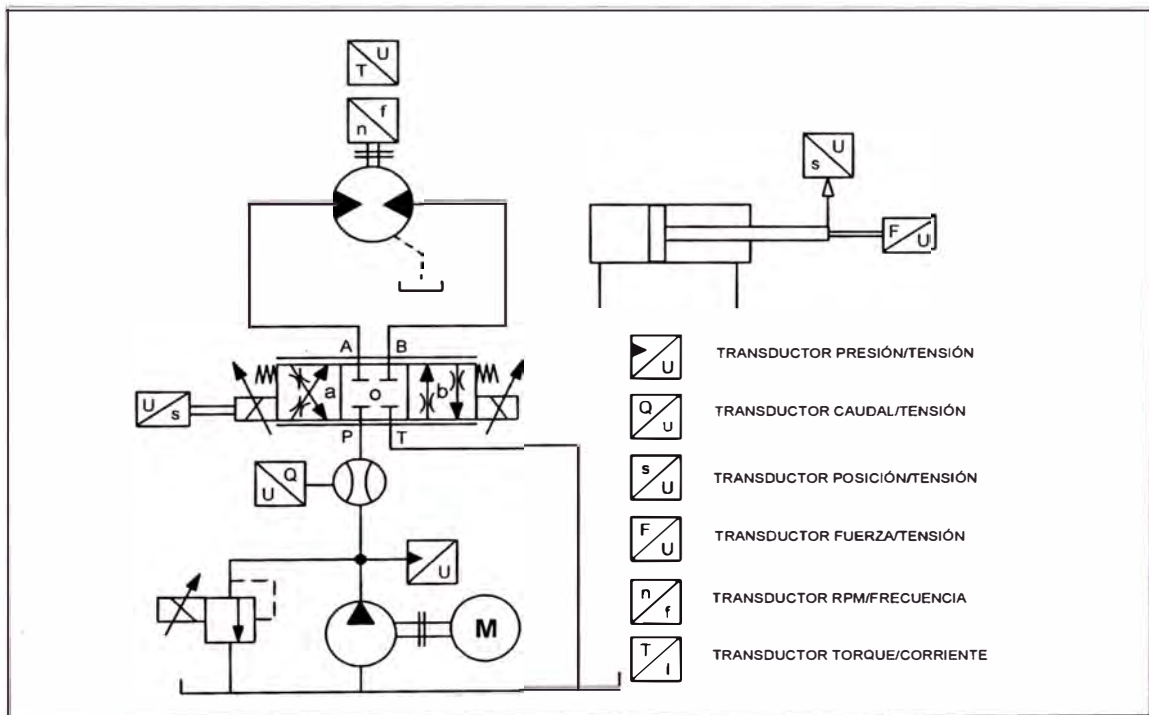


Fig. 8.2 Posibilidades de ubicar a un transductor en un sistema hidráulico.

- 4) Tarjeta de Control: Sistema especializado, el cual procede a realizar los “ajustes” necesarios para comparar y corregir la señal de salida, para que coincida con la señal de entrada independientemente de los disturbios o perturbaciones del proceso que se controla.

Se debe tener en cuenta además:

- La tarjeta de control proporcional debe de haber sido regulada para el control de la válvula proporcional. Esto es, regular la sobreposición, el valor máximo y la

oscilación adecuada a la válvula tal como se desarrollo en los capítulos anteriores.

- La tarjeta de control es un componente que se puede adicionar al sistema de control proporcional convencional utilizado hasta este momento; la tarjeta de control proporcional PQ 03, tiene la posibilidad de configurarse para trabajar con la tarjeta de control P. I. D. (RV 42) en un lazo cerrado (Fig. 8.3)

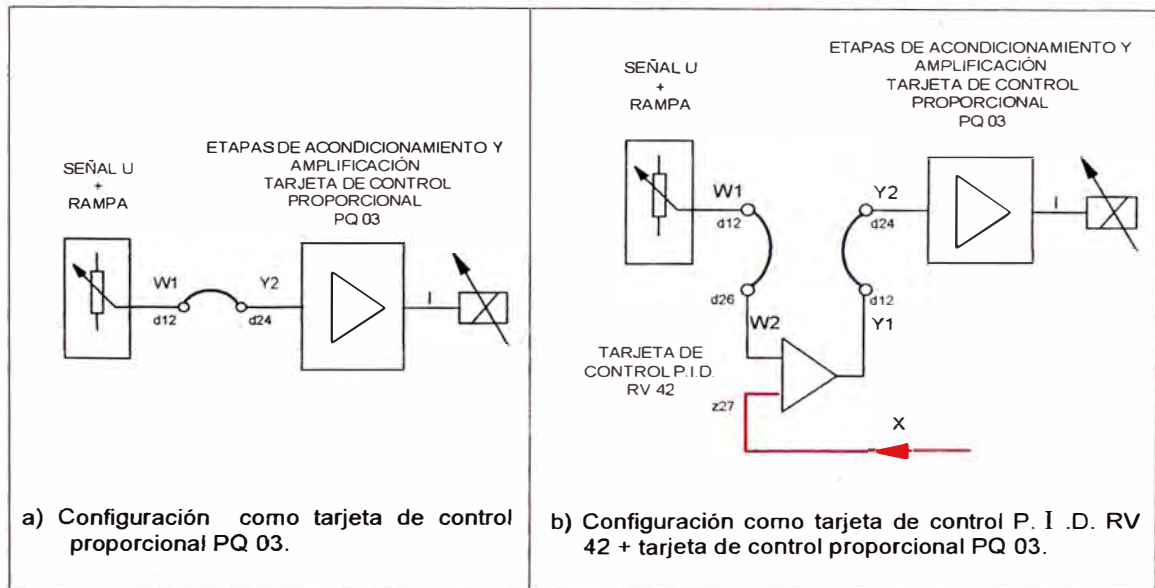


Fig. 8.3: Configuración de la tarjeta de control proporcional con la tarjeta de control P. I. D.

- El transductor a utilizar, está en función del parámetro que se desea controlar. Estos enviarán una señal feedback x o magnitud a regular, a la tarjeta de control P. I. D. proporcionales a la magnitud censada.
- En la tarjeta de control P. I. D. RV 42 se comparará el valor x con el valor w o valor de regulación ideal el que está constituido por la señal U y la función rampa, además se formará la magnitud de regulación y .
- La señal y será la que se envía a la etapa de amplificación y acondicionamiento (valor de sobreposición, valor máximo y oscilación) de la tarjeta de control proporcional PQ 03.
- La tarjeta de control PQ 03 enviará corriente I al solenoide proporcional.
- Para monitorear y analizar las respuestas de un sistema hidráulico proporcional en lazo cerrado se compararán: el valor de regulación ideal w , la magnitud a regular x , la magnitud de regulación y , la corriente de salida de la tarjeta proporcional I .

La Fig. 8.4 muestra el sistema realimentado en bloques y los parámetros a monitorear.

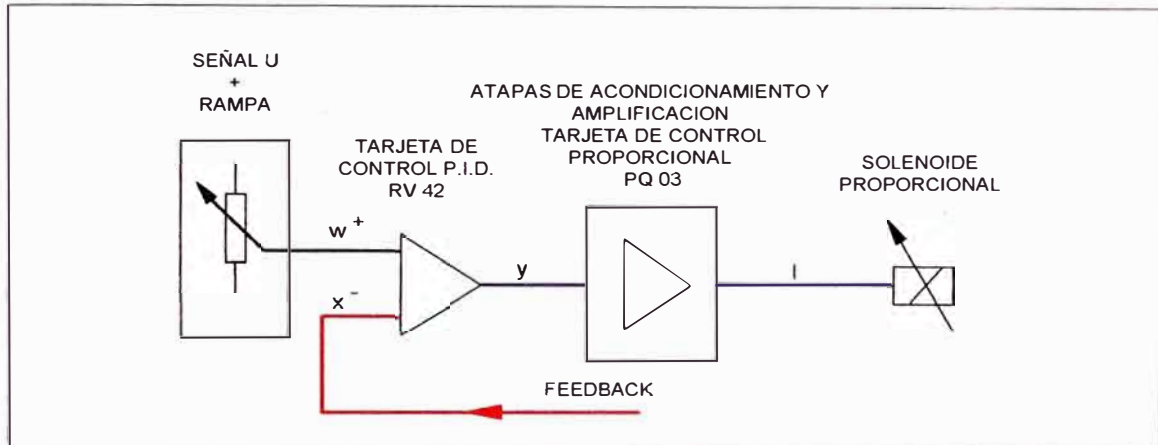


Fig. 8.4: Sistema realimentado en bloques y parámetros a analizar.

8.3 CASOS DE ANÁLISIS

Para el análisis del control en lazo cerrado se analizarán dos casos:

- a) Control proporcional en lazo cerrado regulado con P.I.D. para la posición de un cilindro hidráulico.
- a) Control proporcional en lazo cerrado regulado con P.I.D. para la velocidad de un motor hidráulico.

8.4 CONTROL PROPORCIONAL EN LAZO CERRADO REGULADO CON P.I.D. PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VASTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO.

8.4.1 DESCRIPCIÓN

El siguiente sistema hidráulico (Fig. 8.5) permite realizar control del posicionamiento del pistón de un cilindro hidráulico. Al girar el potenciómetro "Sollwert A1" hasta determinado punto se fija un voltaje que vendría a ser w o valor deseado, el cual va a ser comparado con la señal de posición x o valor real a través del sensor de posición/tensión (s/u) que posee el vástago del cilindro hidráulico. Para crear un disturbio o perturbación se agregará una válvula de contrapresión VC la que intervendrá en el proceso. En todos los casos se trabajará con la válvula de contrapresión excepto en el último caso donde se

libera y se trabaja con sistema descargado para comparar las respuestas. Además este disturbio podrá ser controlado en su intensidad al poder regular la mayor o menor contrapresión en la válvula de presión VC (Fig. 8.5).

La presión máxima del sistema hidráulico es 50 bar.

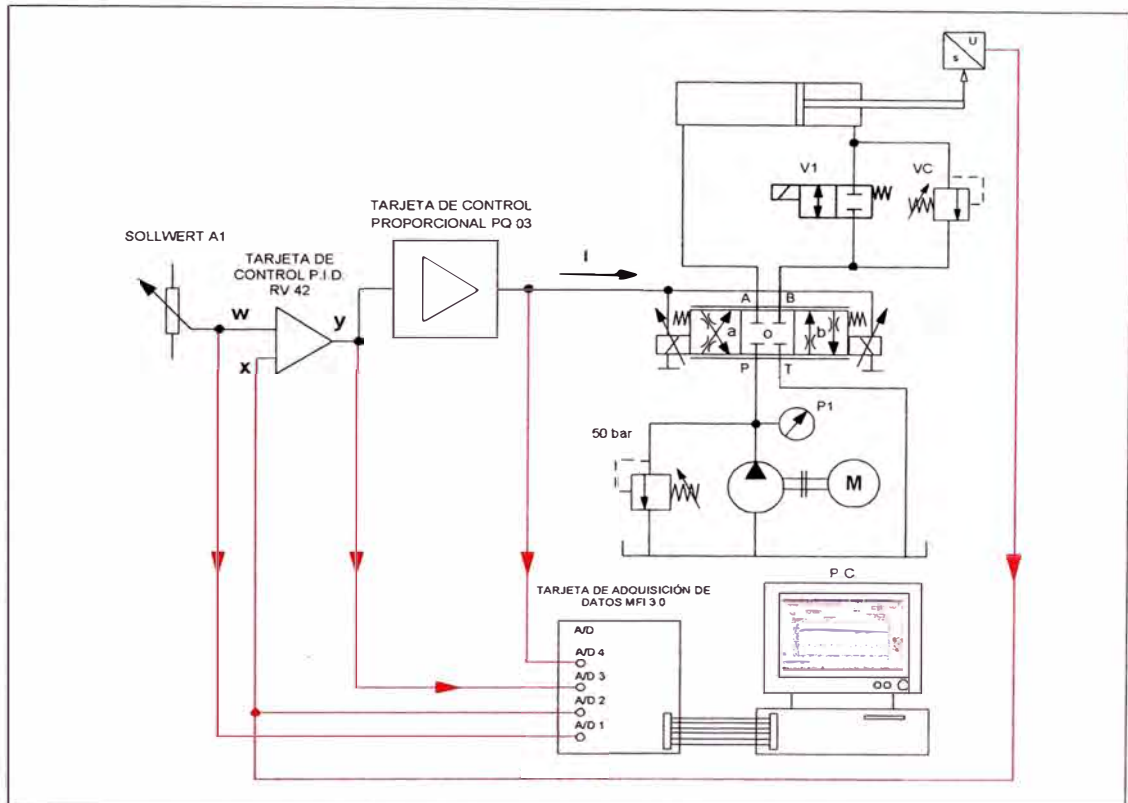


Fig. 8.5: Esquema de conexión detallada para el monitoreo y análisis de un sistema con control en lazo cerrado para el posicionamiento del vástago de un cilindro.

8.4.2 REGULACION DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL P. I .D.

Las consideraciones a tomar en cuenta para regular la tarjeta de control P. I .D.

RV 42 que controla a un sistema hidráulico son:

- Perturbaciones rápidas, (Acción de electroválvulas de apertura – cierre) entonces parámetro D mínimo o no conectado.
- Se comienza la regulación con:
 - Regulación del parámetro P = mínimo = 1.
 - Regulación del parámetro I = máximo = 10.
- Proceder a aumentar P e ir disminuyendo I , comparando con la condición de sistema sin control P. I .D.

- Visualizar la respuesta hasta lograr la tendencia a estabilidad del sistema hidráulico frente a las perturbaciones causadas por la derivación del caudal.

Se resume los casos analizados con los diferentes valores regulados de P, I, D, y el listado de las figuras correspondientes en la Tabla 8.1.

CASOS ANALIZADOS	COMENTARIO	REGUL. VALOR P (K _p)	REGUL. VALOR I (1/T _n)	REGUL. VALOR D (T _v)	DIAGRAMAS
a)	Con carga	1	-	-	Fig. 8.6
	Con carga	3	-	-	
b)	Con carga	5	-	-	Fig. 8.7
	Con carga	10	-	-	
c)	Con carga	1	10	-	Fig. 8.8
	Con carga	1	5	-	
d)	Con carga	1	1	-	Fig. 8.9
e)	Con carga	1	10	1	Fig. 8.10
	Con carga	1	10	5	
f)	Con carga	1	10	10	Fig. 8.11
g)	Con Carga	1	10	0	Fig. 8.12
	Sin Carga	1	10	0	

Tabla 8.1: Tabla de ajuste de valores P, I, D, para el caso del posicionamiento del vástago de un cilindro.

8.4.3 DIAGRAMAS

- a) P = 1; P = 3.

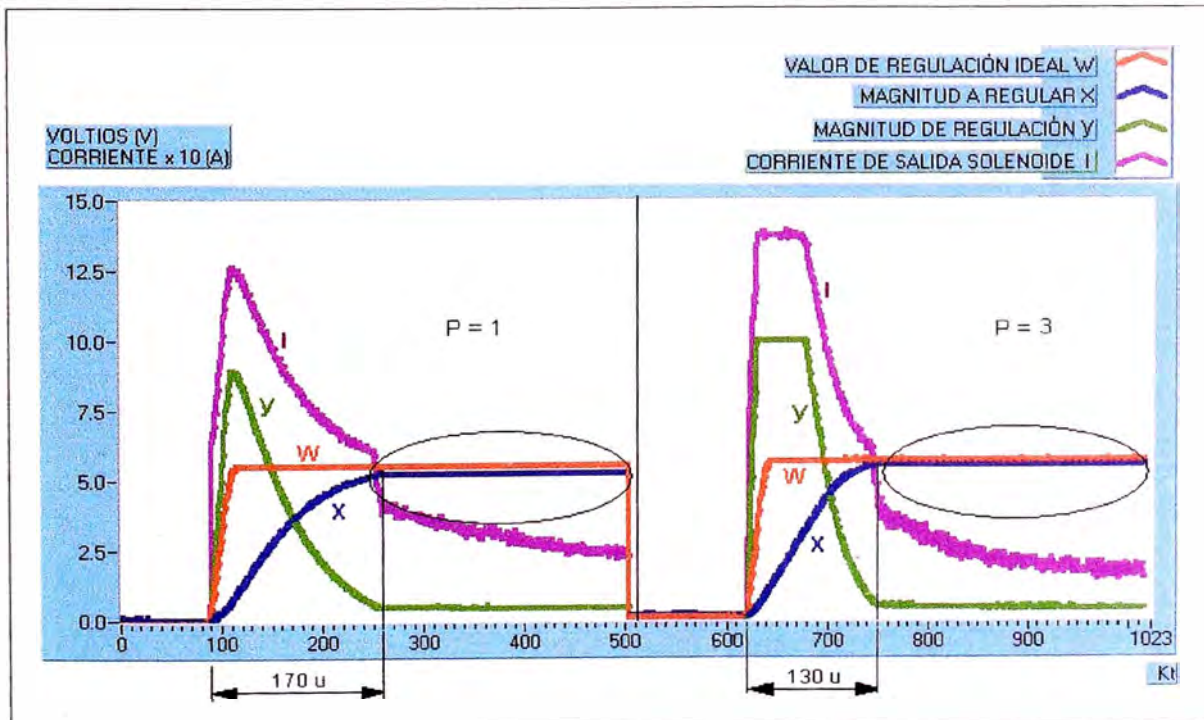


Fig. 8.6: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de P = 1 y P = 3. Comparativamente con la regulación hecha para P = 3 (demora en posicionarse 130 u) es más rápida que P = 1 (demora en posicionarse 170 u).

b) $P = 5$; $P = 10$.

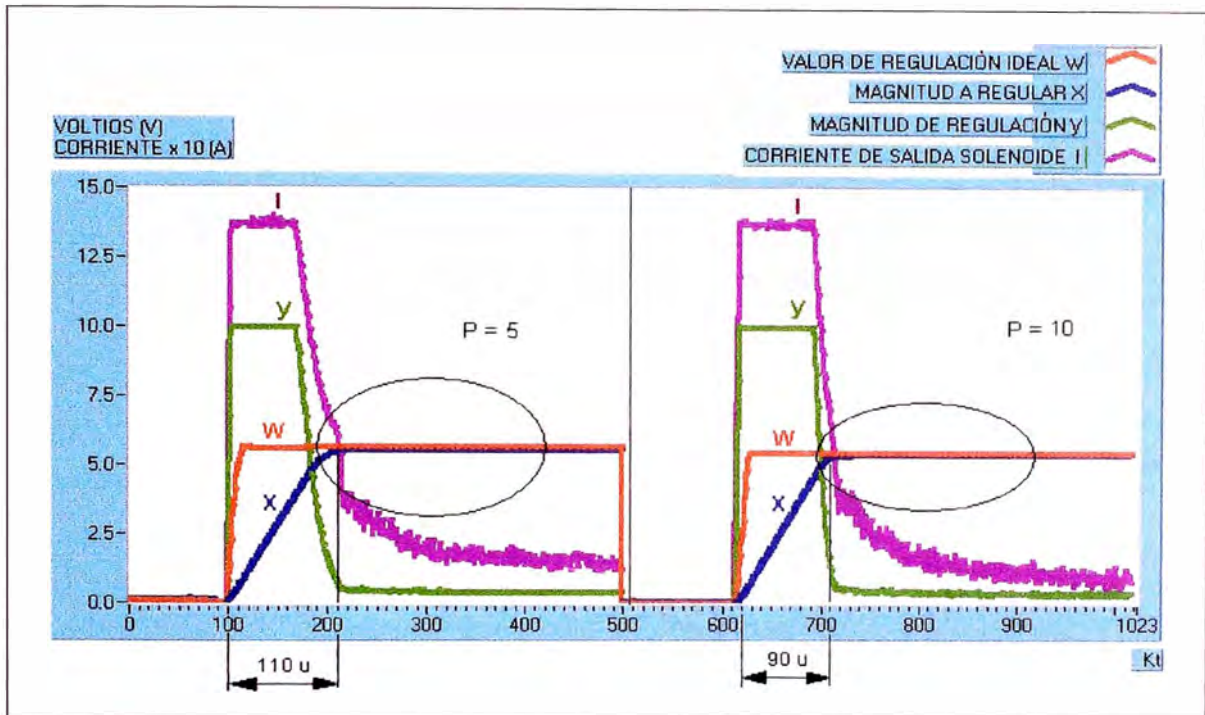


Fig. 8.7: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de $P = 5$ y $P = 10$. Comparativamente con la regulación hecha para $P = 10$ (demora en posicionarse 90 u) es más rápida que $P = 5$ (demora en posicionarse 110 u).

c) $P = 1, I = 10$; $P = 1, I = 5$

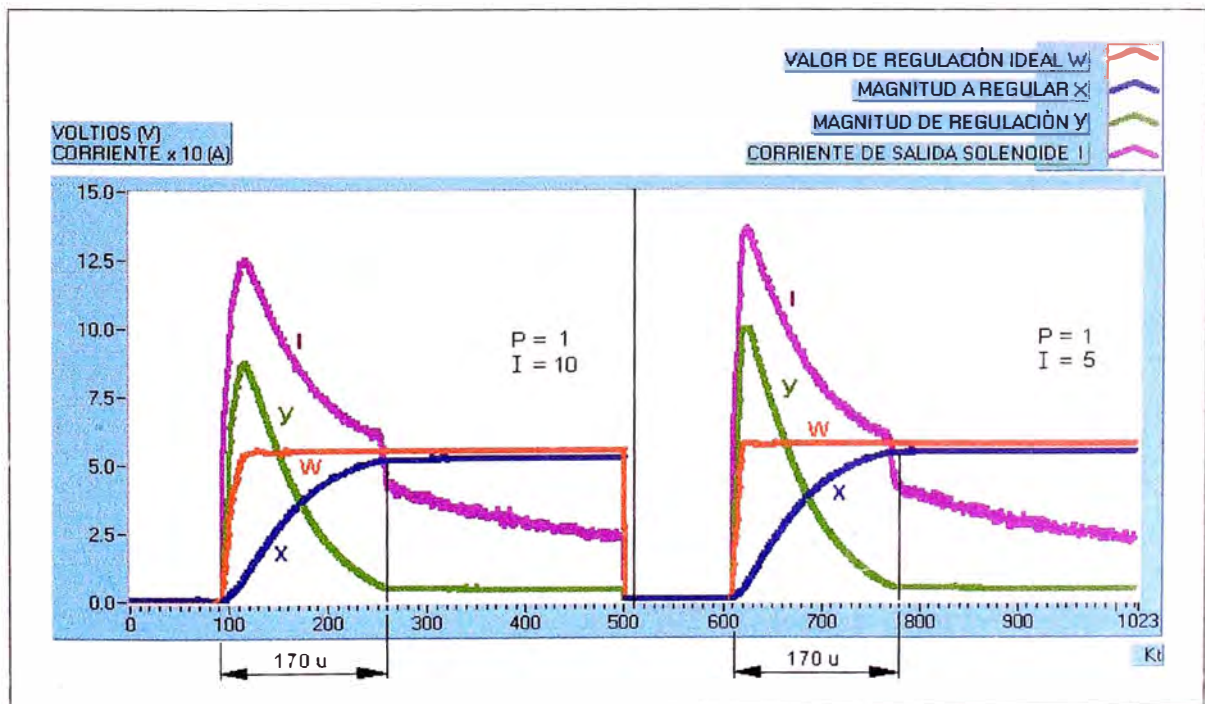


Fig. 8.8: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de $I = 10$ y $I = 5$ manteniendo el valor de $P = 1$ constante. No se observa aún influencias de la variación del parámetro integral.

d) $P = 1, I = 1$.

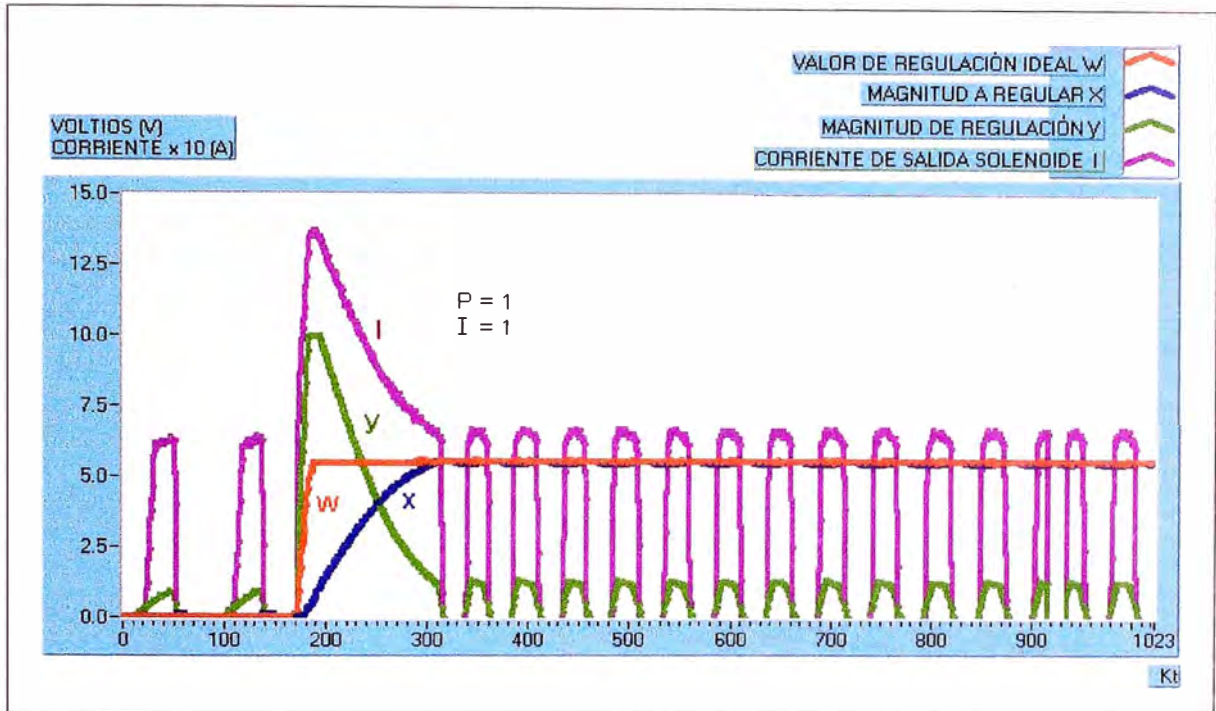


Fig. 8.9: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de $P = 1$ y $I = 1$. Se puede observar la inestabilidad de la corriente (I) por lo que la válvula estará oscilando en su apertura trasladándose esta oscilación al vástago del cilindro.

e) $P = 1, I = 10, D = 1$; $P = 1, I = 10, D = 5$.

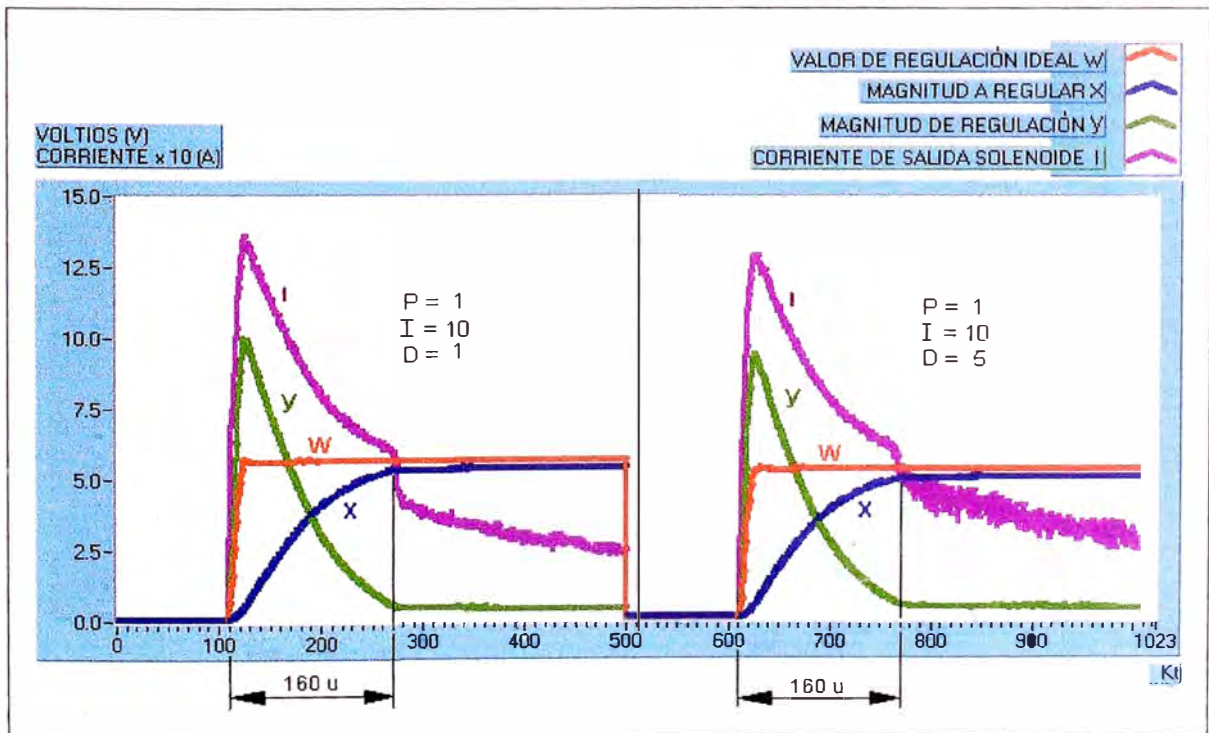


Fig. 8.10: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de $D = 1$ y $D = 5$ manteniendo el valor de $P = 1$ e $I = 10$ constantes. No se observa diferencias.

f) $P = 1$, $I = 10$, $D = 10$.

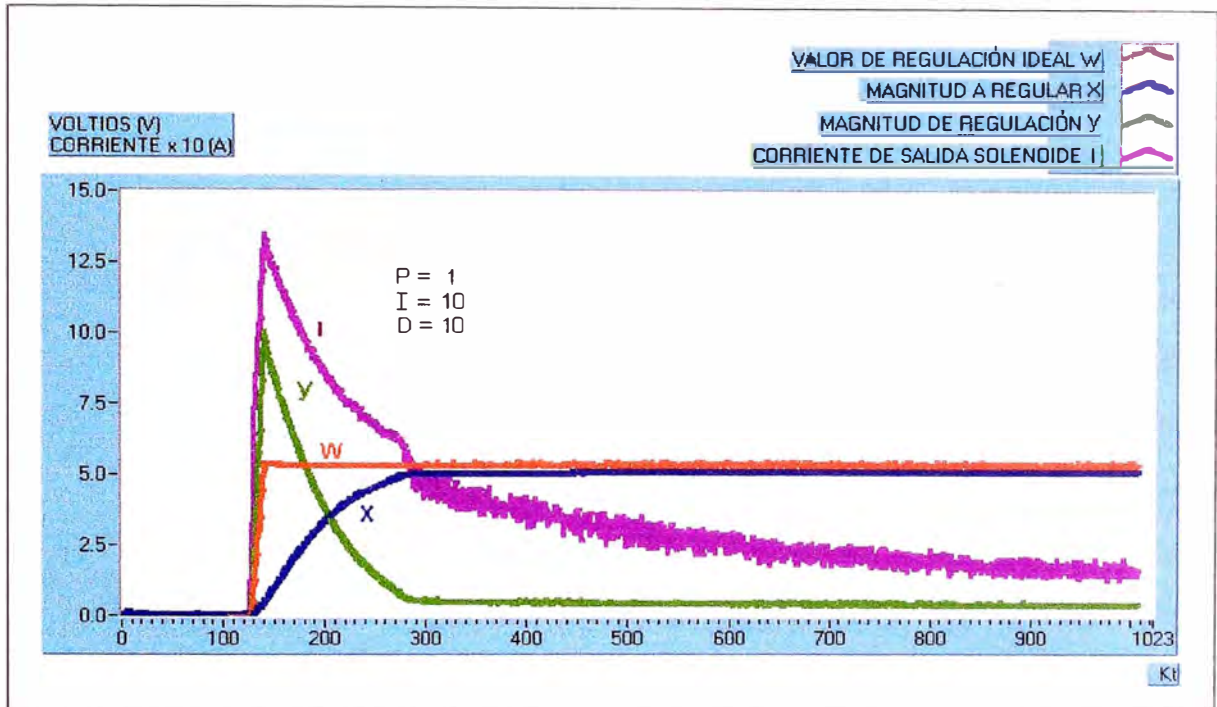


Fig. 8.11: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) para regulaciones de $P = 1$, $I = 10$, $D = 10$. El efecto diferencial $D = 10$ no muestra respuestas diferentes a los casos anteriores.

g) $P = 1$, $I = 10$, $D = 0$, CON CARGA; $P = 1$, $I = 10$, $D = 0$, SIN CARGA.

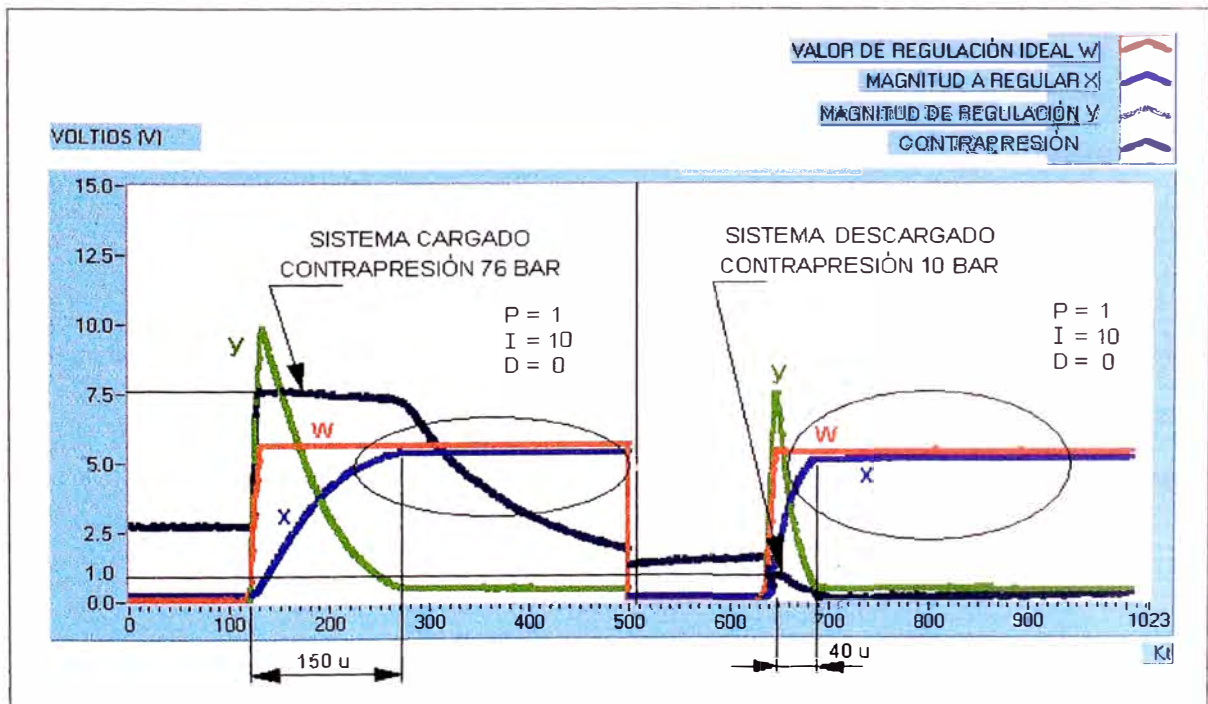


Fig. 8.12: Se muestra el desplazamiento del vástago del cilindro (x) para alcanzar la posición (w) con sistema cargado con contrapresión de 76 bar y con sistema descargado con contrapresión de 10 bar. En ambos casos el sistema se llega a regular, pero lo hace con mayor rapidez en el caso de no tener carga (demora en posicionarse 40 μ) con respecto al sistema cargado (demora en posicionarse 150 μ).

8.4.4 CONCLUSIONES

- Los diagramas de las Fig. 8.6 y Fig. 8.7 muestran que el ajuste de parámetro de regulación P lleva rápidamente a la ubicación de la posición del vástago del cilindro. Cuando $P = 1$ el tiempo para alcanzar la posición requerida es de 170 u y cuando $P = 10$ es solo de 90 u.
No se observa ninguna repercusión del parámetro cuando este toma valores de 10 o 5 en cambio cuando es pequeño como 1 entonces el sistema se desestabiliza, presentando oscilaciones tal como lo muestra la Fig. 8.9, por lo tanto el valor recomendado de I debe ser alto (en este caso 10).
- El parámetro D tampoco influye en este proceso. Las Fig. 8.10 y 8.11 muestran sucesivos diagramas para valores de D desde 1 hasta 10 manteniendo constante los valores de $P = 1$ y $I = 10$.
- La comparación del sistema de posicionamiento con efectos de cargas simulados como efectos de contrapresión es muy importante, porque nos permite concluir que el sistema de control funciona apropiadamente ya que con carga o sin carga el sistema logra estabilizarse. El tiempo de estabilización, es diferente: cuando el cilindro tiene una contrapresión de 76 bar se estabiliza en 150 u y cuando esta sin carga (contrapresión de 10 bar) se estabiliza en solo 40 u.
- La regulación sugerida es de $P = 10$, $I = 10$ $D = 1$. Cuando se aplica esta regulación entonces la magnitud a regular (x) coincide con el valor de regulación ideal (w), esto quiere decir que se alcanza exactamente la posición deseada en el menor tiempo.

8.5 CONTROL DE CAUDAL EN LAZO CERRADO REGULADO CON CONTROL P.I.D. PARA LA VELOCIDAD EN UN MOTOR HIDRÁULICO.

8.5.1 DESCRIPCION

El diagrama de la Fig. 8.13 acciona a un motor hidráulico de giro en ambos sentidos. La velocidad del motor esta definida por el caudal y este a su vez esta controlado por la válvula distribuidora proporcional 4/3.

Para crear un disturbio o perturbación en este sistema cuando el motor solo este girando en un solo sentido se procederá a derivar parte del caudal a través de una válvula de estrangulamiento VE cuando se acciona la electroválvula 2/2 normalmente cerrada V1. La derivación del caudal podrá ser controlado por la mayor o menor apertura en la válvula de estrangulamiento VE.

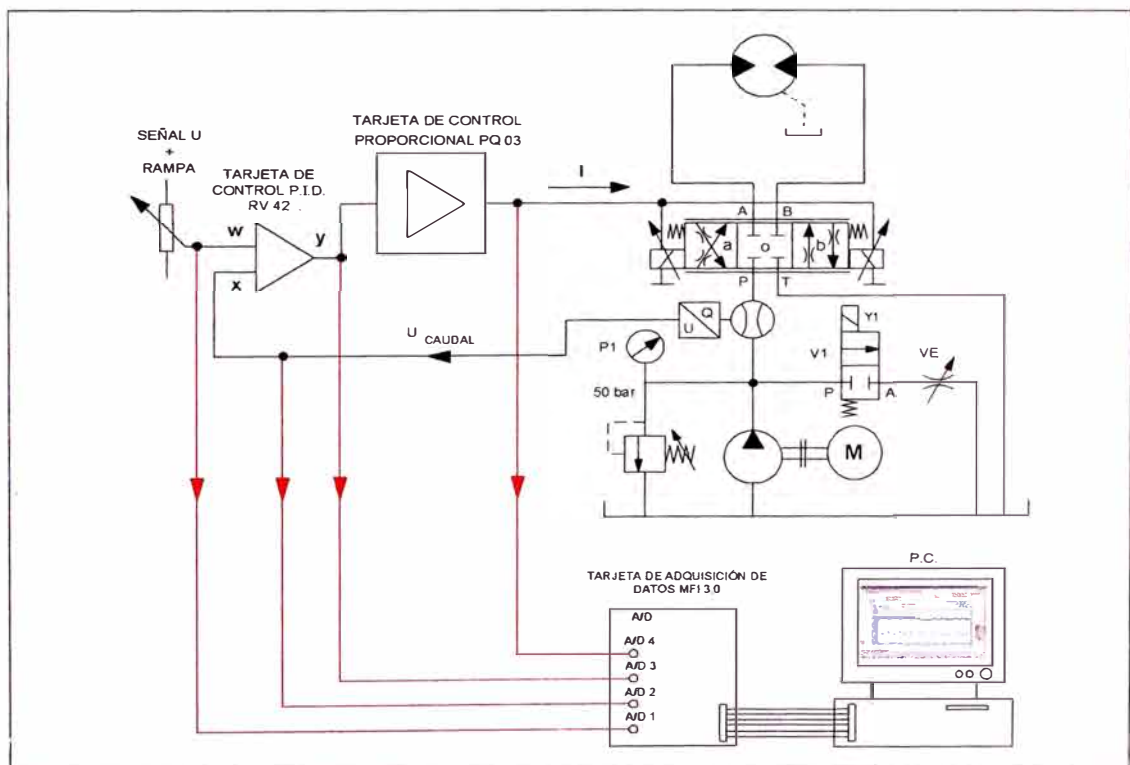


Fig. 8.13: Esquema de la conexión detallada para el monitoreo y análisis de un sistema con control proporcional en lazo cerrado regulado con P. I. D. para la velocidad de un motor hidráulico.

Este disturbio será censado por el transductor Caudal - Tensión (Q/U) el cual envía la señal **x** la que se comparará con la señal **w**. Esta comparación y nueva formulación de la señal se realizará en la tarjeta de control RV 42. La señal corregida **y** es enviada a la tarjeta de control proporcional y luego de ser tratada

será enviada al solenoide proporcional; ésta debe de tratar de mantener constante el caudal abriendo o cerrando la válvula distribuidora proporcional.

8.5.2 REGULACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL P. I. D.

Las consideraciones a tomar en cuenta para regular la tarjeta de control P. I. D. que controla al sistema hidráulico son las mismas que para el caso anterior. Se resume los casos analizados con los diferentes valores regulados de P, I, D y el listado de las figuras correspondientes en la Tabla 8.2.

CASOS ANALIZADOS	COMENTARIO	REGUL. VALOR P (K_P)	REGUL. VALOR I ($1/T_n$)	REGUL. VALOR D (T_v)	DIAGRAMAS
a)		1	-	-	Fig. 8.14
b)		3	-	-	Fig. 8.15
c)		5	-	-	Fig. 8.16
d)		1	10	-	Fig. 8.17
e)		1	5	-	Fig. 8.18
f)		1	1	-	Fig. 8.19
g)		1	1	1	Fig. 8.20
h)	Con regulación de Sobreposición, Rampa y Oscilación.	1	10	0	Fig. 8.21

Tabla 8.2: Tabla de ajuste de valores P. I. D. para el caso del control del caudal para la velocidad de un motor hidráulico.

8.5.3 DIAGRAMAS

a) $P = 1$

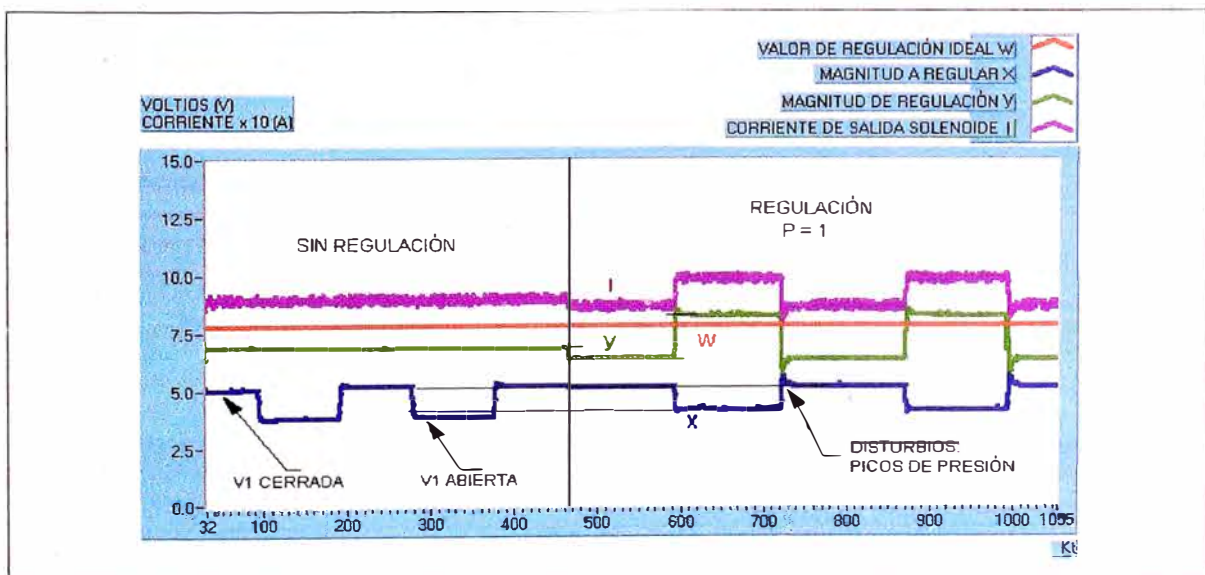


Fig. 8.14: Se comparan las respuestas sin regulación y con regulación $P = 1$. La corriente I en el solenoide aumenta abriendo la válvula distribuidora para permitir el paso de aceite con más facilidad debido a la descarga que tiene lugar debido a la apertura de $V1$, pero el caudal (representado por x) no se ve afectado y sigue teniendo las mismas alternancias.

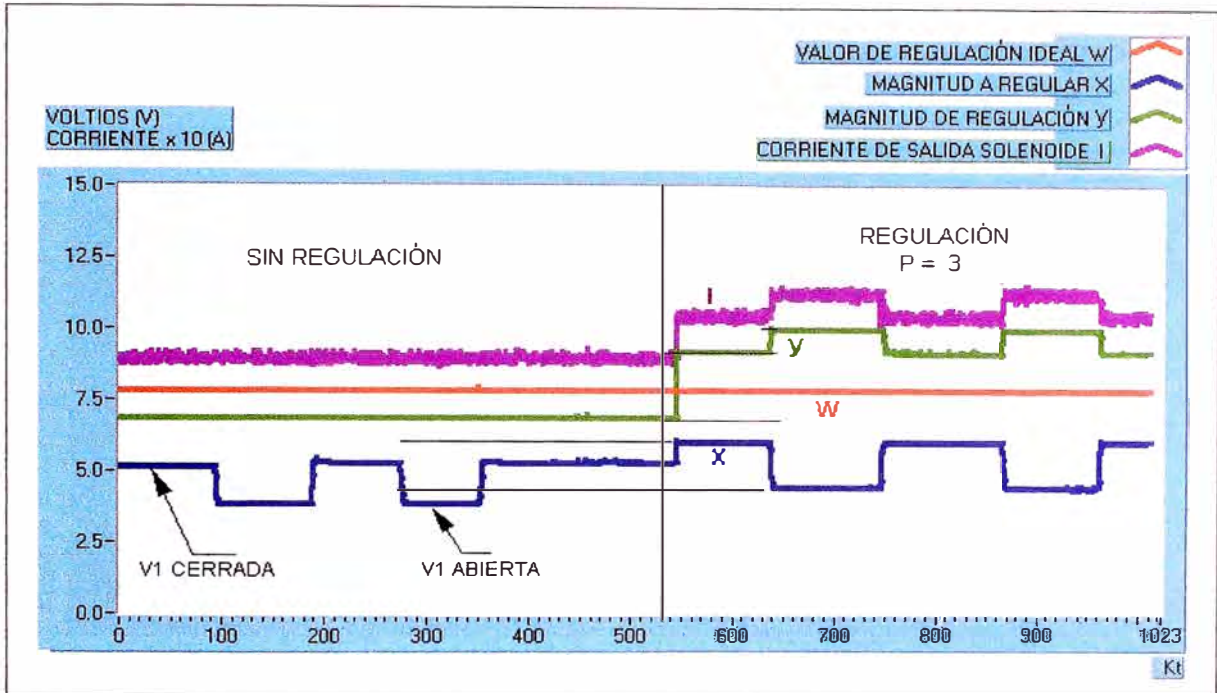
b) $P = 3$ 

Fig. 8.15: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 3$. La magnitud a regular (y) aumenta, abriendo más (comparativamente con el caso anterior) la válvula distribuidora cuando se acciona la válvula $V1$; pero el caudal (x) no se ve afectado por la regulación.

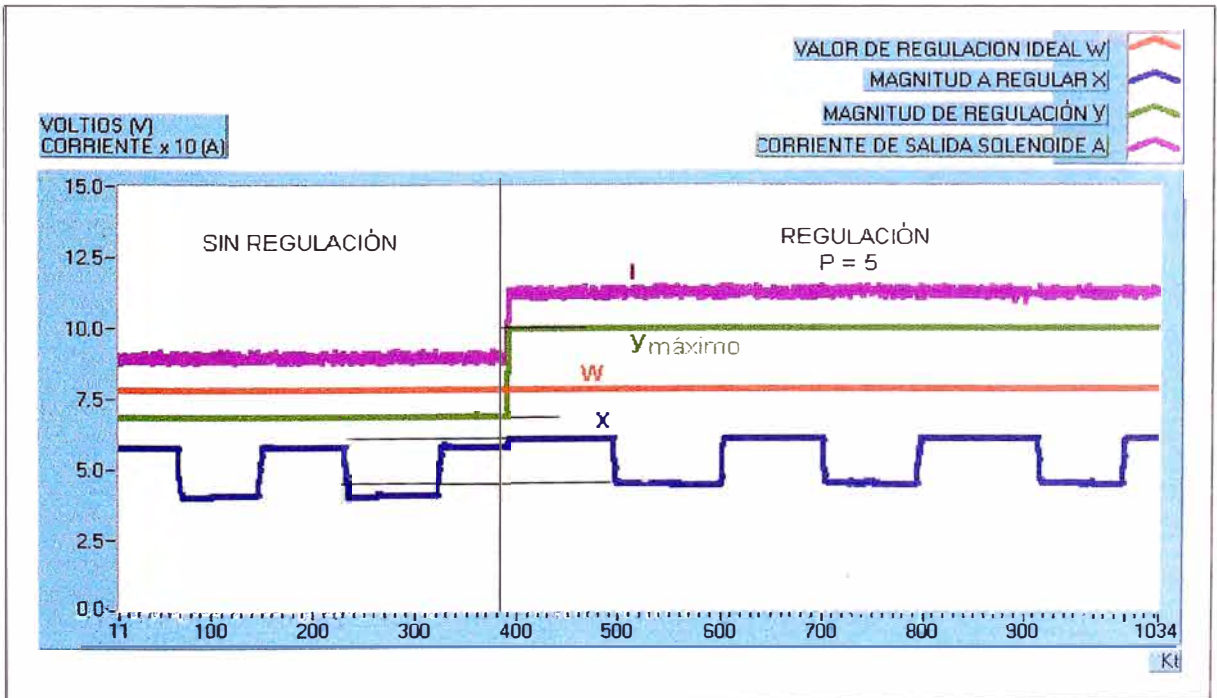
c) $P = 5$ 

Fig. 8.16: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 5$. La magnitud a regular está en su valor máximo (y máximo) debido al alto valor de P por lo tanto la válvula distribuidora ya no podrá abrir más cuando se abre la válvula $V1$; pero el caudal (x) no llega a regularse.

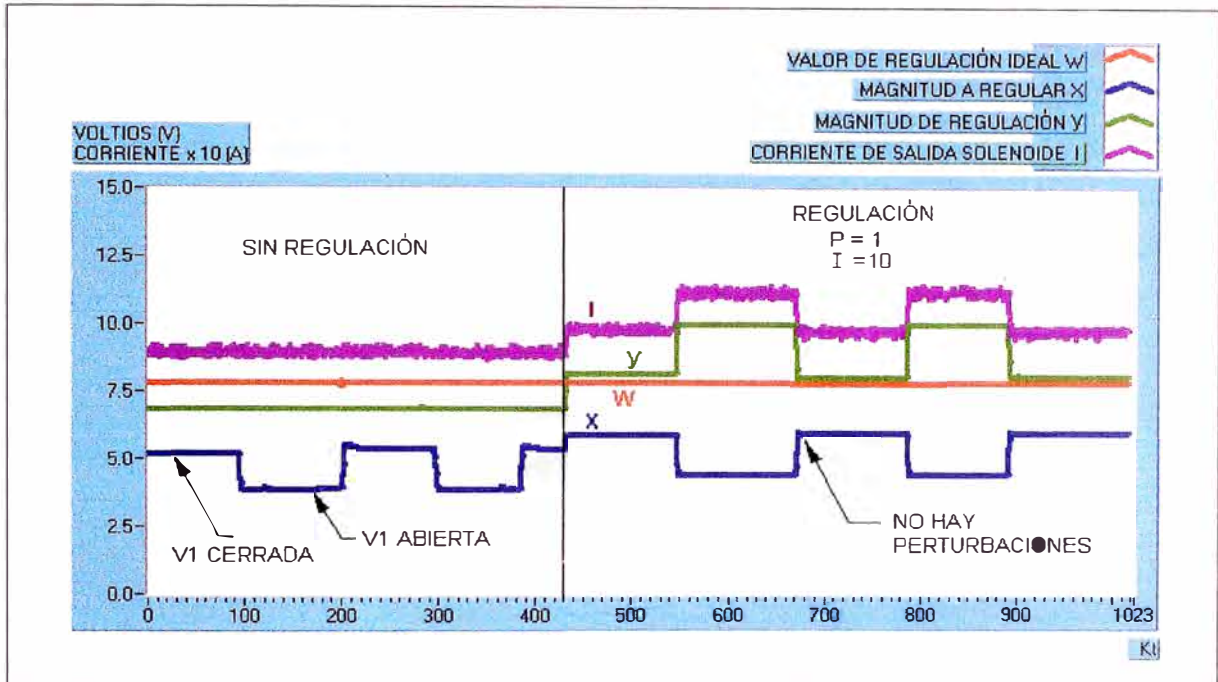
d) $P = 1$; $I = 10$ 

Fig. 8.17: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 1$, $I = 10$. Se puede distinguir el efecto de $P = 1$ al aumentar la respuesta (y). Comparativamente con la Fig. 8.14 se muestra el efecto de $I = 10$ al eliminar los efectos de perturbación por "pico" de presión al cerrar la válvula V1.

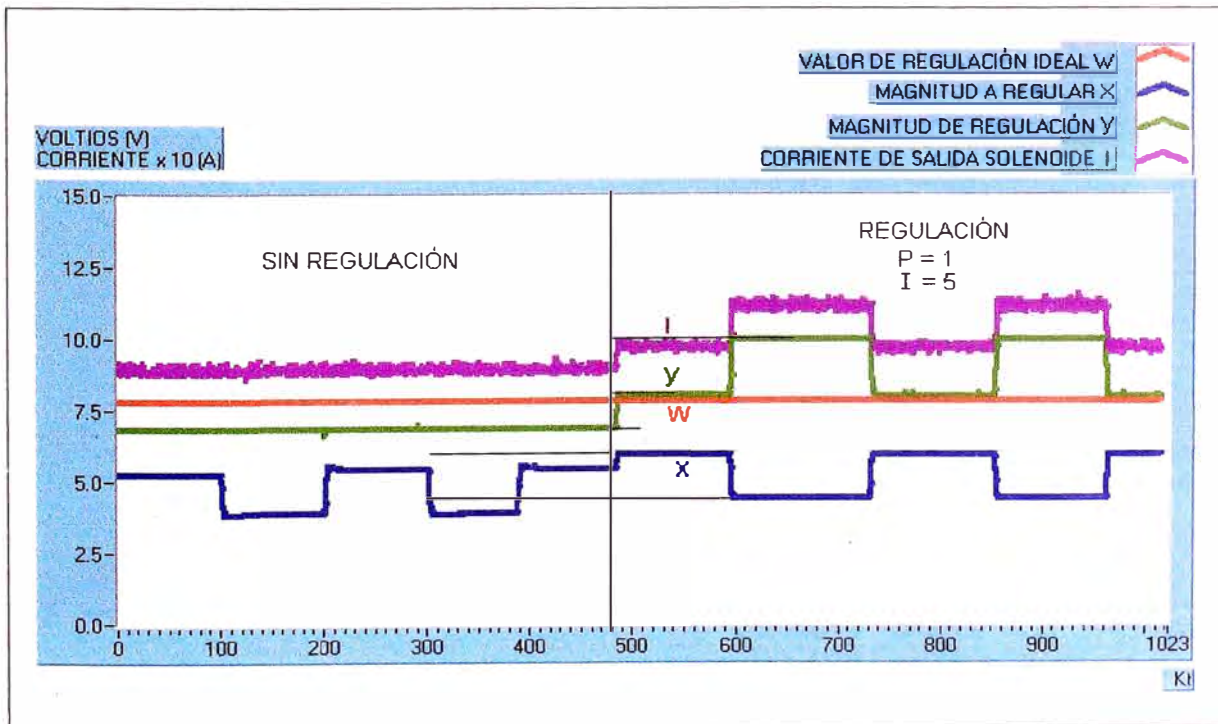
e) $P = 1$; $I = 5$ 

Fig. 8.18: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 1$, $I = 5$. No se observa cambios con respecto al caso anterior (Fig. 9.17).

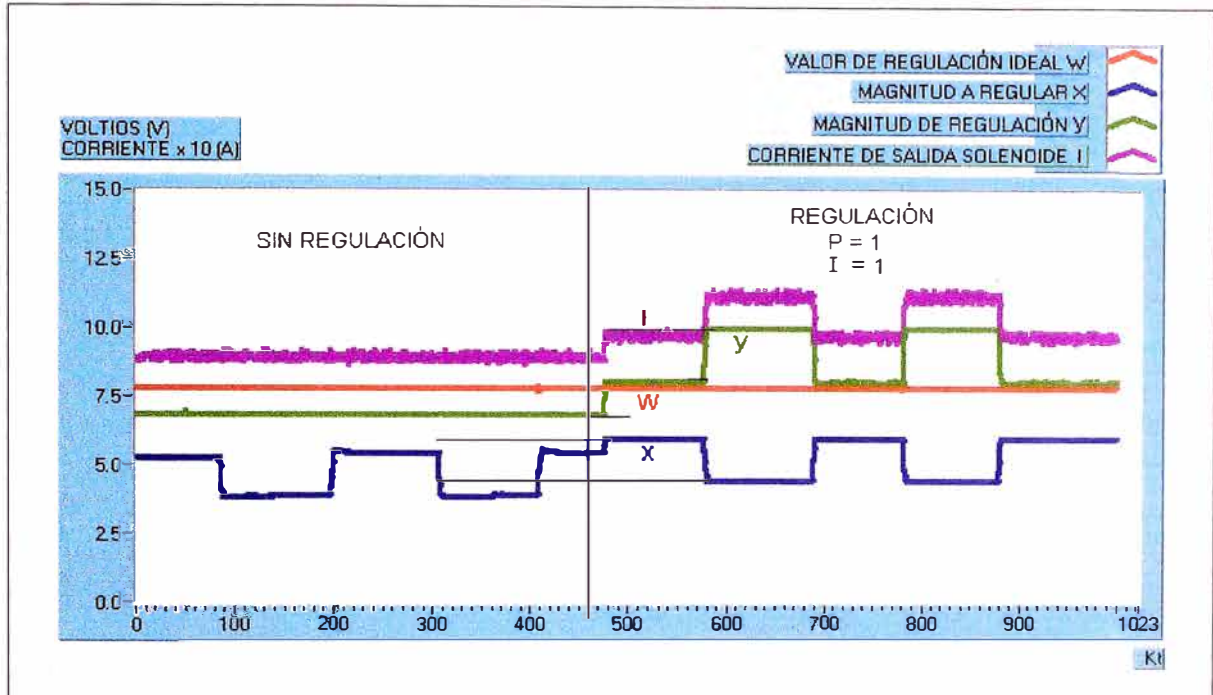
f) $P = 1$; $I = 1$ 

Fig. 8.19: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 1$, $I = 1$. No se observa cambios con respecto a los casos anteriores (Fig. 8.17, Fig. 8.18).

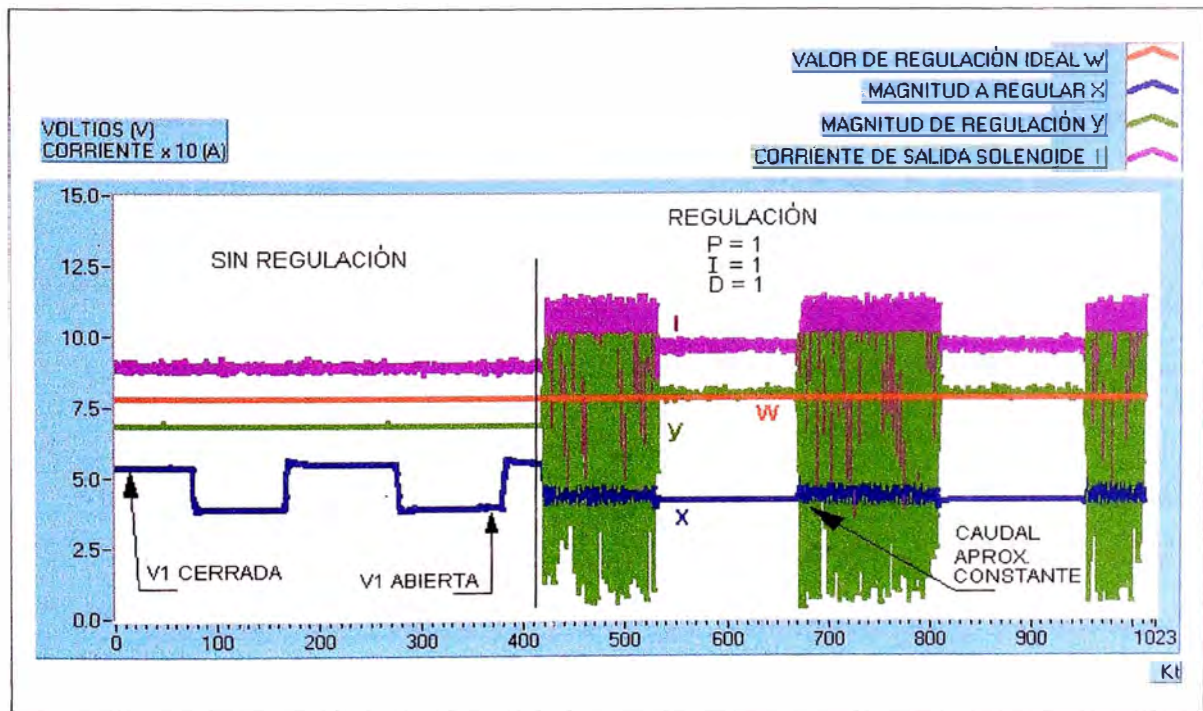
g) $P = 1$; $I = 1$; $D = 1$ 

Fig. 8.20: Se muestra las respuestas sin regulación y con regulación $P = 1$, $I = 1$, $D = 1$. Se muestra el efecto del control derivativo sobre la magnitud de regulación (y) y por lo tanto sobre la corriente (I) el que presenta grandes oscilaciones logra mantener aproximadamente constante el caudal (x). Estas oscilaciones se trasladan al motor hidráulico.

h) $P = 1$; $I = 10$, $D = 0$. con rampa y oscilación.

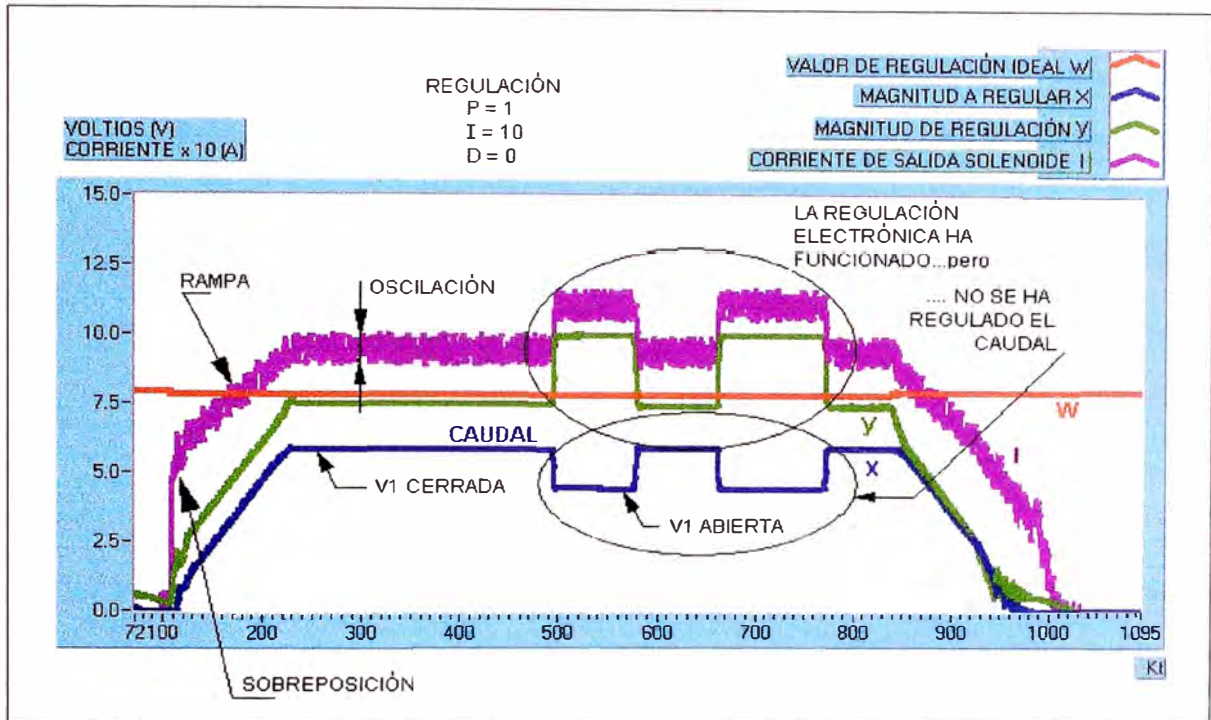


Fig. 8.21: Este diagrama muestra el efecto agregado de la sobreposición, de la rampa y de la oscilación sobre un sistema con regulación $P = 1$, $I = 10$, $D = 0$. Se observa que no se ha podido regular el caudal ante las variaciones de caudal ocasionadas por la apertura de V1. El efecto de la regulación de la sobreposición y oscilación no se ven afectados por el control P, I, D ya que estas regulaciones actúan después del control (ver Fig. 8.3 b).

8.5.4 CONCLUSIONES:

- Las Figuras 8.14, 8.15 y 8.16 muestran las respuestas para la regulación del parámetro proporcional para $P = 1, 3$ y 5 . Se observa que el parámetro P ajusta la magnitud de regulación (y) y la corriente de salida del solenoide (I), pero no influye sobre la magnitud a regular (x) que en este caso es el caudal; este no se mantiene constante y sigue las alternancias en la activación y desactivación de la válvula distribuidora V1, por lo tanto no lo regula.
- En las Fig. 8.17 y 8.18 se muestra el efecto del parámetro integral para $I = 10, 5$ y 1 ; manteniendo constante el efecto de $P = 1$; Se observa que el parámetro I no influye sobre la magnitud de regulación (y) y la corriente I , igualmente no influye sobre el control del caudal, ya que sigue presentando alternancias cuando se presenta la perturbación causada por la válvula V1.
- El parámetro de regulación I si influye sobre los picos de presión causado

por el cierre de la válvula distribuidora, tal como puede compararse los diagramas de las Fig. 8.14 con los diagramas de las Fig. 8.17, 8.18, 8.19.

- La presencia del parámetro D influye negativamente en el proceso. La Fig. 8.20 muestra la inestabilidad alcanzada por la magnitud a regular (y) y la corriente (I) por tratar de mantener el caudal en un valor constante. Esto lleva a una inestabilidad del sistema que se traduce en oscilaciones.
- La Fig. 8.21 muestra la influencia en el control de la tarjeta P.I.D. y tarjeta amplificadora proporcional. Se observa el efecto de la regulación realizada en la tarjeta proporcional en la sobreposición, rampa y oscilación. Este diagrama nos permite observar el trabajo de cada componente.
- La regulación sugerida debería ser de $P = 5$, $I = 10$, $D = 0$. Pero en ningún caso se ha logrado la regulación del caudal frente a la perturbación causada por la apertura y cierre de la válvula V1.
- Esta experiencia demuestra que no todas las perturbaciones podrían ser controladas por el sistema de control P.I.D.

8.6 CONTROL ELECTRÓNICO P.I.D. vs. CONTROL HIDRÁULICO

En la experiencia descrita en 8.5 relativa al control de velocidad de un motor en lazo cerrado con P.I.D. no logro regular el caudal hacia el motor cuando se producía una perturbación en el sistema hidráulico al abrir la válvula V1 y descargar parte del caudal a través de la válvula de estrangulamiento VE (Fig. 8.13), por ello se ha procedido a comparar este tipo de control electrónico en lazo cerrado con un control hidráulico en lazo abierto pero utilizando la válvula distribuidora con compensador de presión tal como se realizó en 6.7.2 y comparar las respuestas de ambos métodos. La instalación realizada para este caso se muestra en la Fig. 8.22.

La comparación realizada a través de la técnica del monitoreo de señales (Fig. 8.23) es de suma importancia ya que demuestra que en este proceso responde mejor un control hidráulico que el control electrónico.

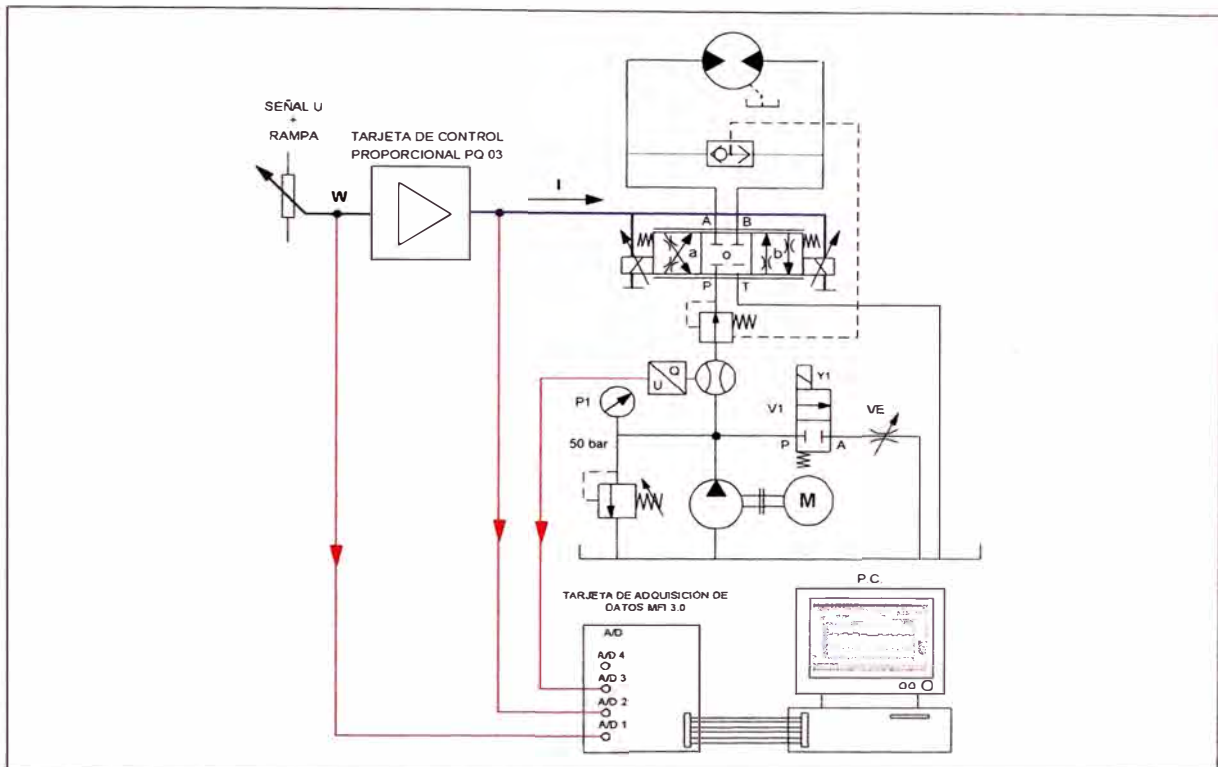


Fig. 8.22: Esquema de las conexiones para el monitoreo y análisis de un sistema con control proporcional en lazo abierto y sistema regulador de caudal compuesto por válvula distribidora proporcional y compensador de presión (regulador de caudal).

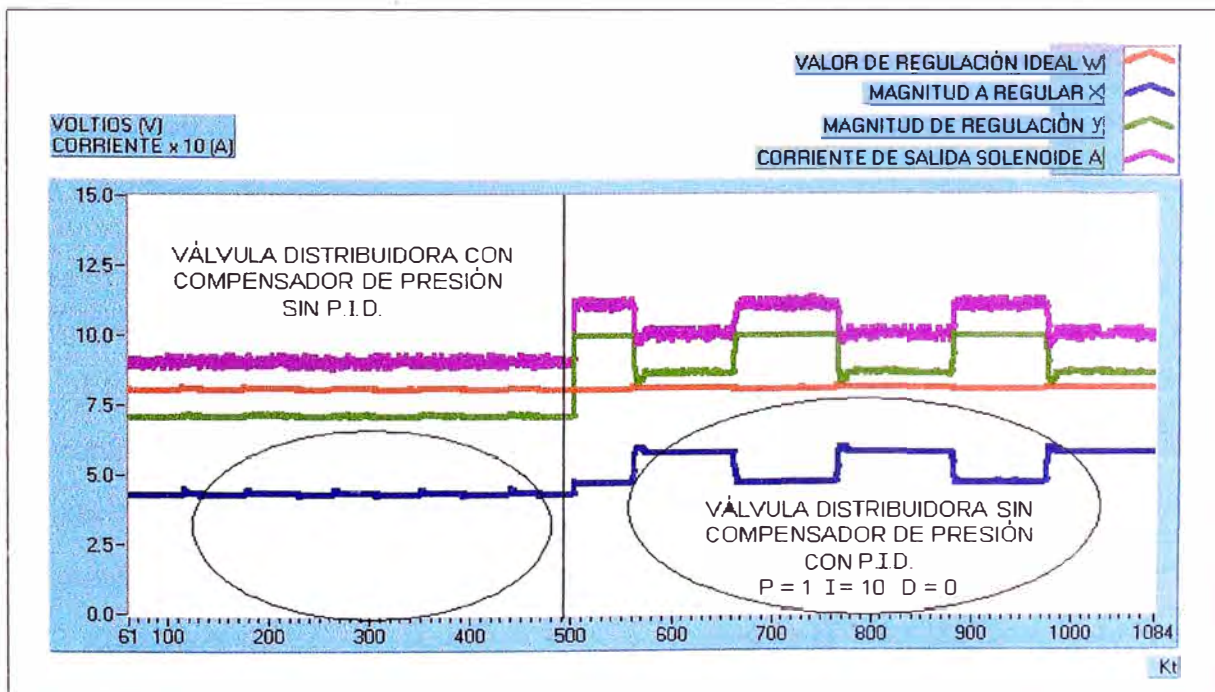


Fig. 8.23: Se muestra la comparación de la respuestas frente a las perturbaciones utilizando: una válvula distribidora proporcional con compensador de presión en control en lazo abierto, comparado con una válvula distribidora proporcional sin compensador de presión y con tarjeta de control PID ($P = 1$, $I = 10$ y $D = 0$) en lazo cerrado. Se observa que el caudal se mantiene constante en el primer caso; en el segundo caso a pesar que los parámetros eléctricos responden apropiadamente pero no logran regular el caudal en el sistema hidráulico (Las circunstancias de ambas experiencias han sido idénticas).

CAPÍTULO 9:

APLICACIONES

9.1 OBJETIVO:

Mostrar la implementación de un sistema hidráulico con válvulas proporcionales; esto es: control, regulación, monitoreo e implementación del sistema proporcional.

El sistema hidráulico establecido previamente tiene control electrohidráulico y la aplicación consiste en realizar una reingeniería a este sistema al implementar un nuevo control hidráulico proporcional y el sistema de monitoreo para la determinación de fallas. Esta aplicación nos permitirá mostrar algunas de las formas de trabajo, configuración y control comunes en sistemas industriales; así mismo muestra la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema proporcional y se aplicará el sistema de monitoreo para la regulación y detección de fallas del sistema.

La aplicación elegida consiste en una prensa hidráulica de conformado, la cual luego del proceso de reingeniería se transformará en una prensa con control proporcional de la velocidad y de la fuerza aplicada.

9.2 CONDICIÓN INICIAL: SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO

La Fig. 9.1 nos muestra un sistema electrohidráulico para una prensa de conformado. Este sistema consiste en un cilindro de doble efecto de dimensiones 25/10/400 el cual tiene dos velocidades de trabajo: una rápida para el acercamiento al material y otra lenta para el conformado. Tiene una sola velocidad de retorno.

Además tiene tres presiones de trabajo: 0 bares (realmente 20 bares debido a las caídas de presiones) para la descarga en vacío; 30 bares para el acercamiento y 60 bares para el conformado. Los diagramas de velocidad y presión así como el panel de control se muestran en la Fig. 9.2.

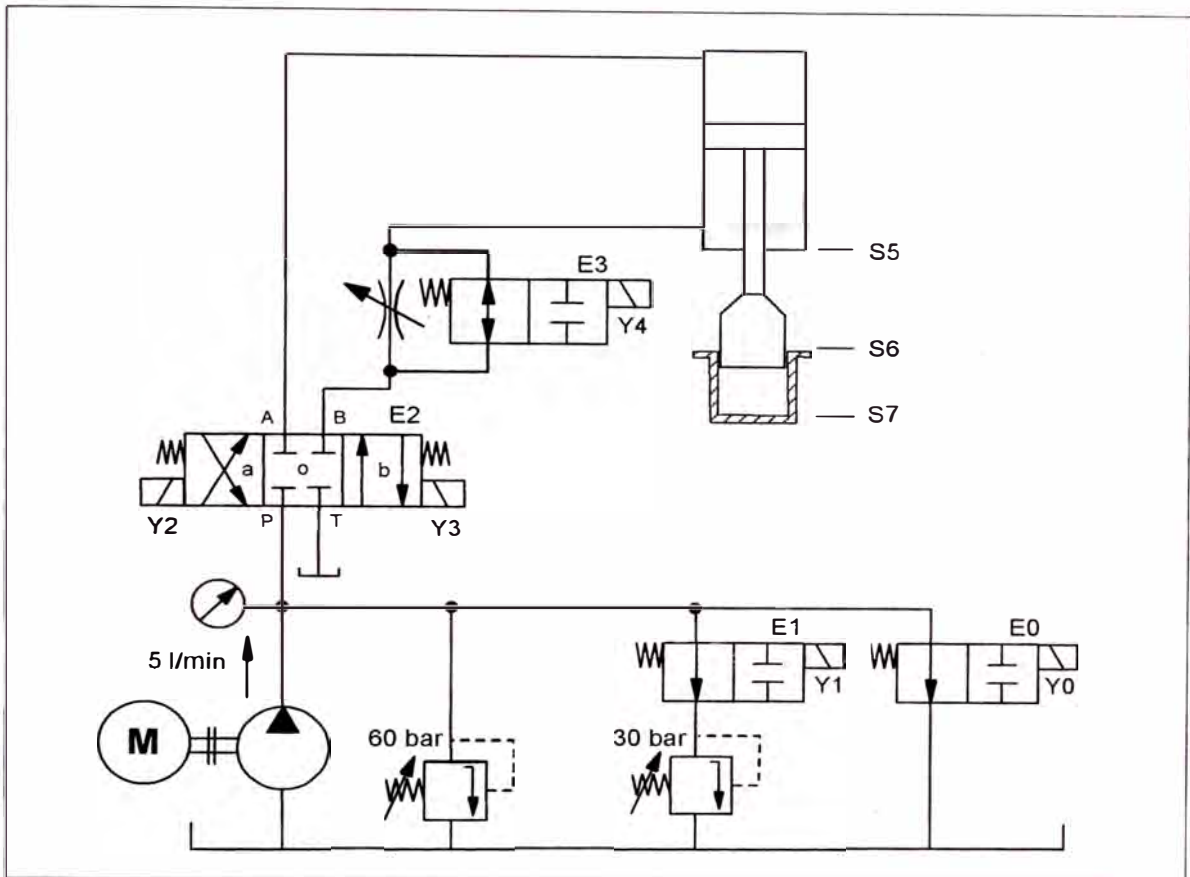


Fig. 9.1: Sistema electrohidráulico para una prensa de conformado. El sistema tiene 3 niveles de presión: 0 bar dado por la electroválvula E0; 30 bar dado por la electroválvula E1 y la válvula regulada en 30 bar; 60 bar dado por la válvula limitadora de presión regulada en 60 bar. El sistema tiene 2 velocidades para la salida del pistón: Rápida cuando la electroválvula E3 no esta accionada y otra lenta cuando E3 esta accionada.

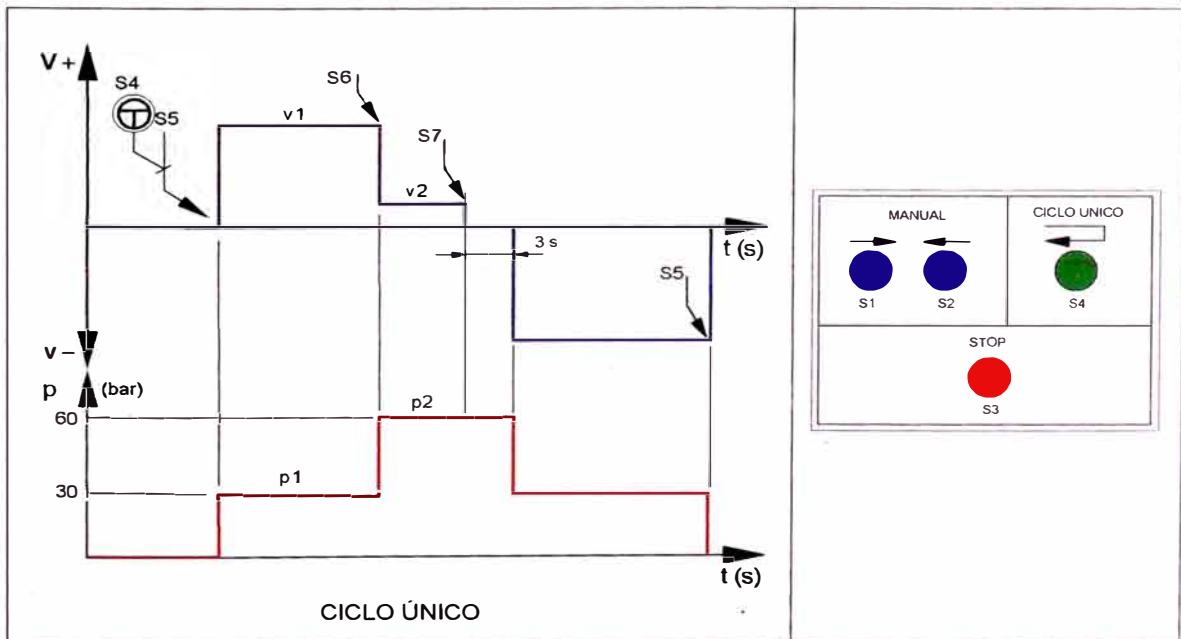


Fig. 9.2: Diagramas de velocidad y presión para un CICLO ÚNICO de trabajo de la prensa electrohidráulica y panel de control.

El sistema electrohidráulico tiene los siguientes controles eléctricos:

No	ELEMENTO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	S1	SALIR MANUAL	Cuando se pulsa S1 baja el vástago del cilindro.
2	S2	ENTRAR MANUAL	Cuando se pulsa S2 sube el vástago del cilindro.
3	S3	STOP MANUAL	Cuando se pulsa S3 se detiene el vástago del cilindro.
4	S4	CICLO ÚNICO	Cuando se pulsa S4 el vástago del cilindro baja y sube automáticamente cumpliendo un ciclo.
5	S5	SENSOR DE PROXIMIDAD	Detiene el vástago cuando se encuentra totalmente retraído.
6	S6	SENSOR DE PROXIMIDAD	Cambia de velocidad y presión al vástago cuando se encuentra en la cercanía del material a deformar.
7	S7	SENSOR DE PROXIMIDAD	Detiene o manda al retorno el vástago del cilindro.

Tabla 9.1: Controles eléctricos de una prensa de conformado con control electrohidráulico.

Los controles eléctricos energizan a los solenoides en la combinación mostrada en la Tabla 9.2. Esta tabla nos da un indicativo de la cantidad de elementos y conexiones eléctricas a utilizar aún tratándose de un sistema “sencillo” si se utiliza la técnica cableada con relés.

	MANUAL		CICLO ÚNICO			DETENER
	SALIR (30 BAR)	ENTRAR (30 BAR)	SALIR		ENTRAR	
			30 BAR	60 BAR	30 BAR	
YO	X	X	X	X	X	
Y1	X	X			X	
Y2		X				
Y3	X		X	X		
Y4				X		

Tabla 9.2: Combinación de accionamiento de solenoides para el control de la velocidad y presión para un ciclo de trabajo.

Otra alternativa del control eléctrico es utilizando un PLC. El programa utilizado es el PROSYS 1131 Versión 2.04) sobre un PLC S5 100 SIEMENS con las variables de entradas y salidas mostradas en las Fig. 9.1; 9.2 y Tablas 9.1 y 9.2 se muestran en el ANEXO 9; I (Plano de funciones del programa del P.L.C. para el control del sistema electrohidráulico para una prensa de conformado) Pág. 264; 265.

9.2.1 MONITOREO DEL SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO

Para realizar un monitoreo del sistema hidráulico es necesario utilizar transductores de presión y caudal¹⁵. La ubicación de estos transductores se

¹⁵ Existen otras posibilidades como por ejemplo transductores de fuerza, para el caso de la presión o transductores de posición para la velocidad los que luego de un tratamiento de señal nos pueden entregar directamente la velocidad

muestra en la Fig. 9.3. La Fig. 9.4 nos muestra los resultados obtenidos al monitorear el ciclo de trabajo.

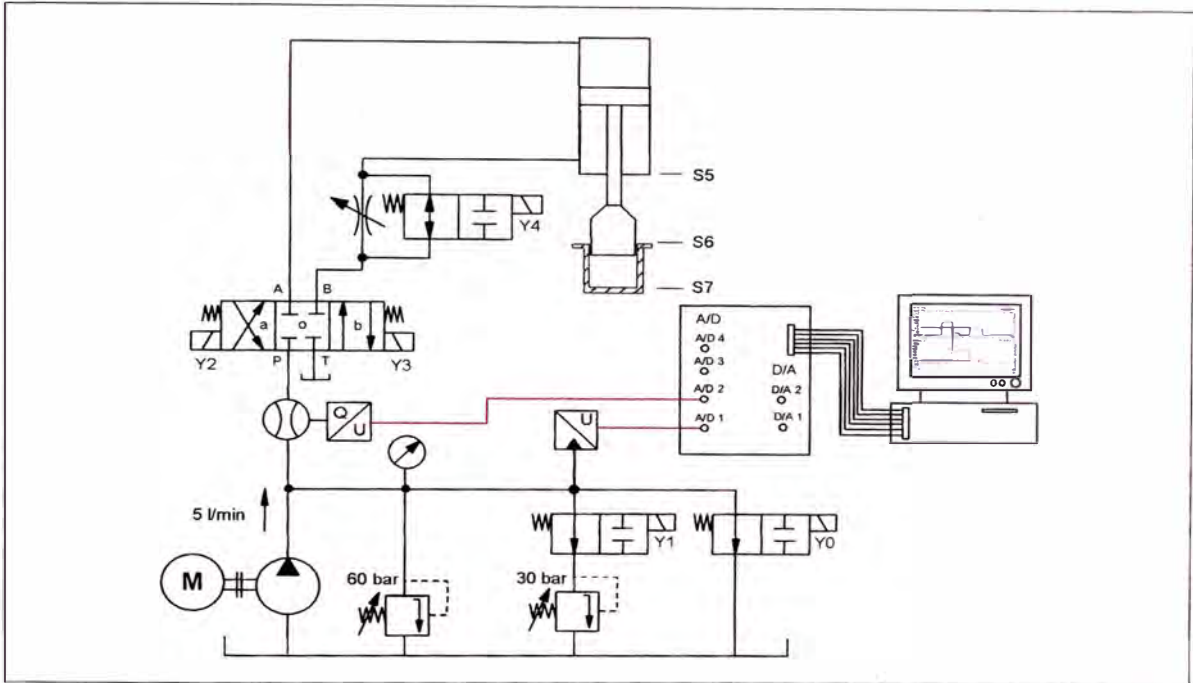


Fig. 9.3: Plano Electrohidráulico con transductores para el monitoreo de señales de presión y caudal.

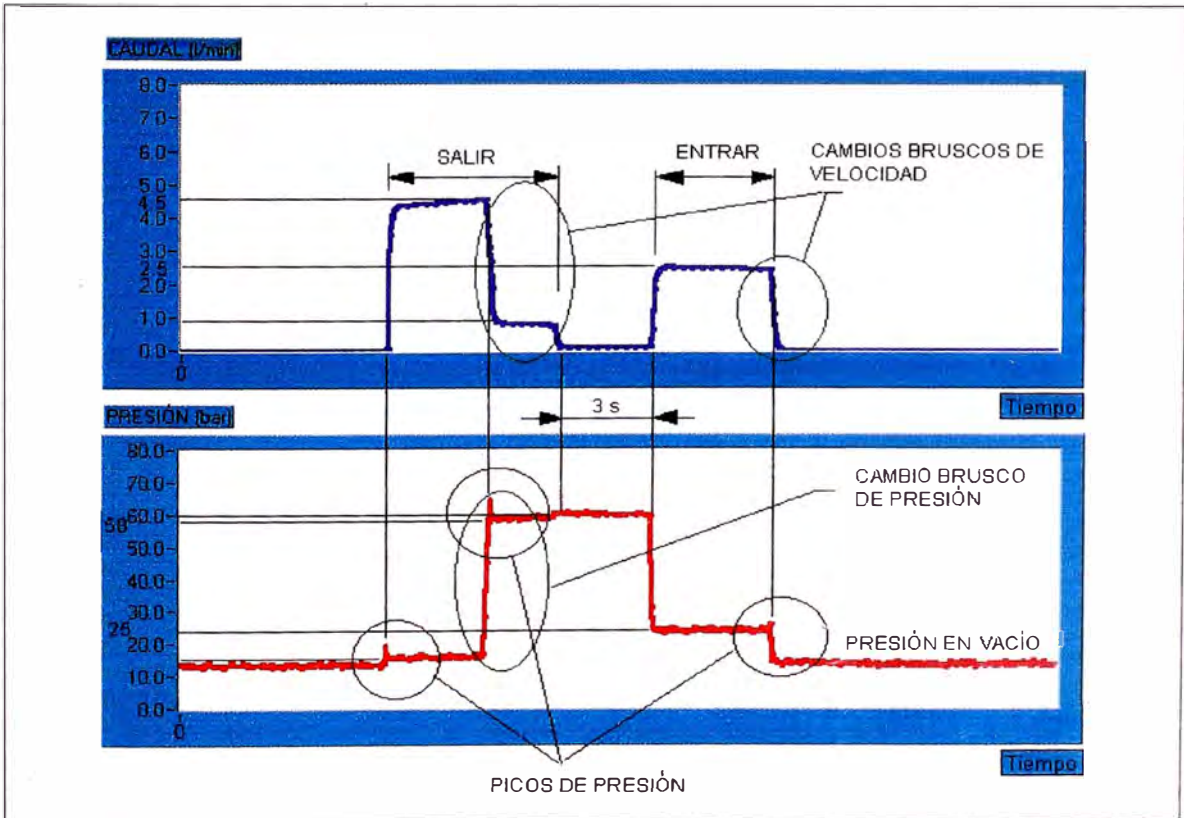


Fig. 9.4: Monitoreo del caudal (velocidad) y presión, del ciclo, con control electrohidráulico para el conformado en frío. Se notan los picos de presión y la respuesta real del sistema hidráulico.

En el Anexo 9.II se muestra el plano de las instalaciones eléctricas automatizadas con P.L.C. y las instalaciones necesarias para el monitoreo de las variables.

Podemos concluir con respecto a la técnica del monitoreo:

- Es factible su implementación sobre cualquier sistema hidráulico.
- Permite obtener una información histórica y comparar los resultados (Fig. 9.4)
- Permite determinar los puntos donde se producen picos de presión.
- Se pueden definir los tramos a efectuar una variación adecuada de los parámetros a través de una rampa al implementar un sistema proporcional.

9.3 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL

9.3.1 REQUERIMIENTOS DE VELOCIDAD Y PRESIÓN

El sistema descrito en el punto 9.2 se transformará en un sistema con doble control proporcional:

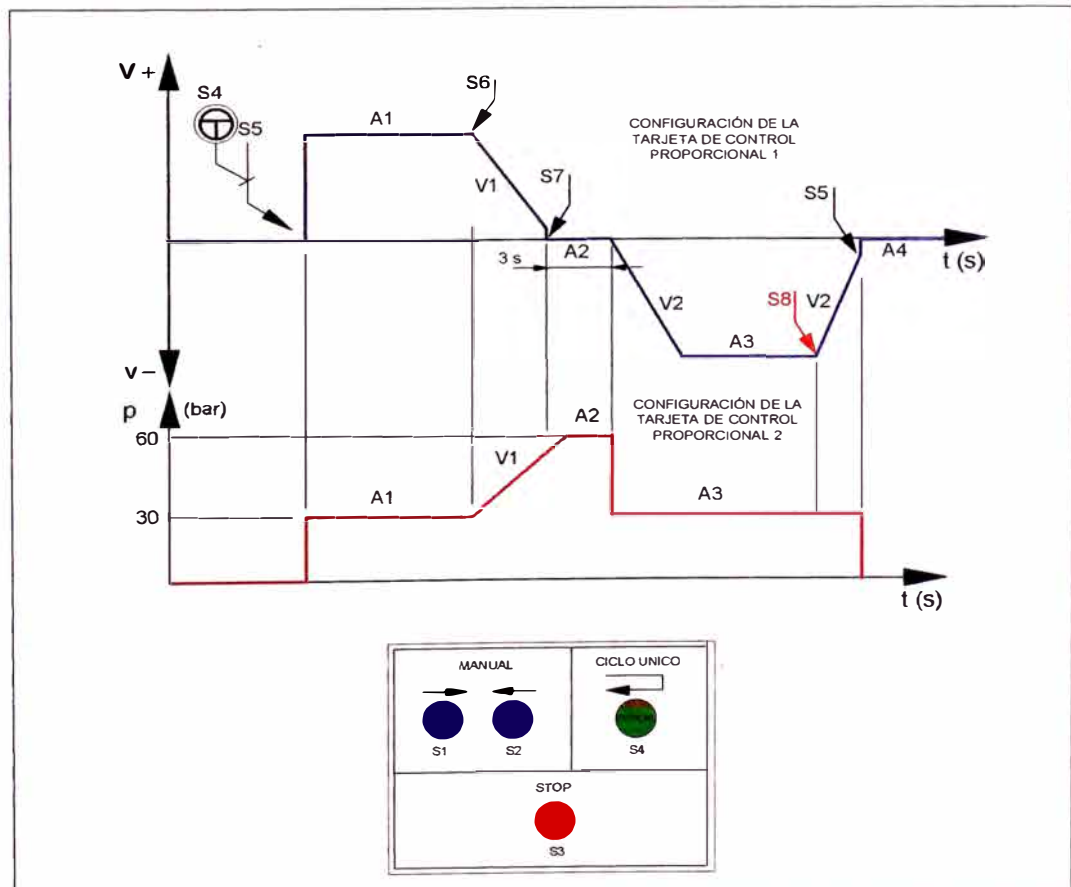


Fig. 9.5: Diagramas de velocidad y presión planteados con el sistema de control proporcional.

- 1) Control proporcional para la velocidad del vástago del cilindro.
- 2) Control proporcional para la fuerza que aplica el vástago del cilindro.

La Fig.9.5 nos muestra los diagramas requeridos de velocidad vs. tiempo y presión vs. tiempo con el nuevo sistema de control proporcional para el conformado. Las diferencias del requerimiento con control proporcional con respecto al control electrohidráulico están centradas en la velocidad con que se realiza el conformado (variable desacelerada) y la forma como aumenta la presión (variable desde 30 hasta 60 bar). Se ha implementado un nuevo sensor (S8) ubicado en la carrera del cilindro para evitar el golpe del embolo con la culata posterior del cilindro en el momento que este retorna.

9.3.2 PLANO HIDRÁULICO Y DE CONTROL ELECTRÓNICO

En el sistema electrohidráulico el control de 3 niveles de presión (0, 30, 60 bar) requería de 4 válvulas (2 válvulas distribuidoras y 2 válvulas limitadoras); estas válvulas han sido reemplazadas por una sola válvula limitadora de presión proporcional.

En el sistema electrohidráulico el control de 2 niveles de velocidad para la salida del vástago del cilindro y solo una velocidad de entrada requería de 3 válvulas (1 válvula distribuidora 4/3, 1 válvula distribuidora 2/2 y un estrangulamiento); estas válvulas han sido reemplazadas por una sola válvula distribuidora proporcional 4/3. La Fig. 9.7 muestra el conjunto de componentes ahorrados al usar un sistema proporcional.

Cada válvula proporcional necesita de una tarjeta de control electrónico. Debido a que los procesos no son exigentes se establece un mando electrónico en lazo abierto en ambos casos. La Fig. 9.6 muestra el plano hidráulico y de control electrónico el que muestra la forma de conexión de estos componentes en el nuevo sistema.

Las válvulas proporcionales utilizadas para esta aplicación son las que se muestran en el Cap. 3; 3.1.3; Item 4 y 5: Válvula distribuidora proporcional

4/3 de mando directo 4WRE6E08-1X y Válvula limitadora de presión proporcional de mando directo DBE61X/50G24NK4M.

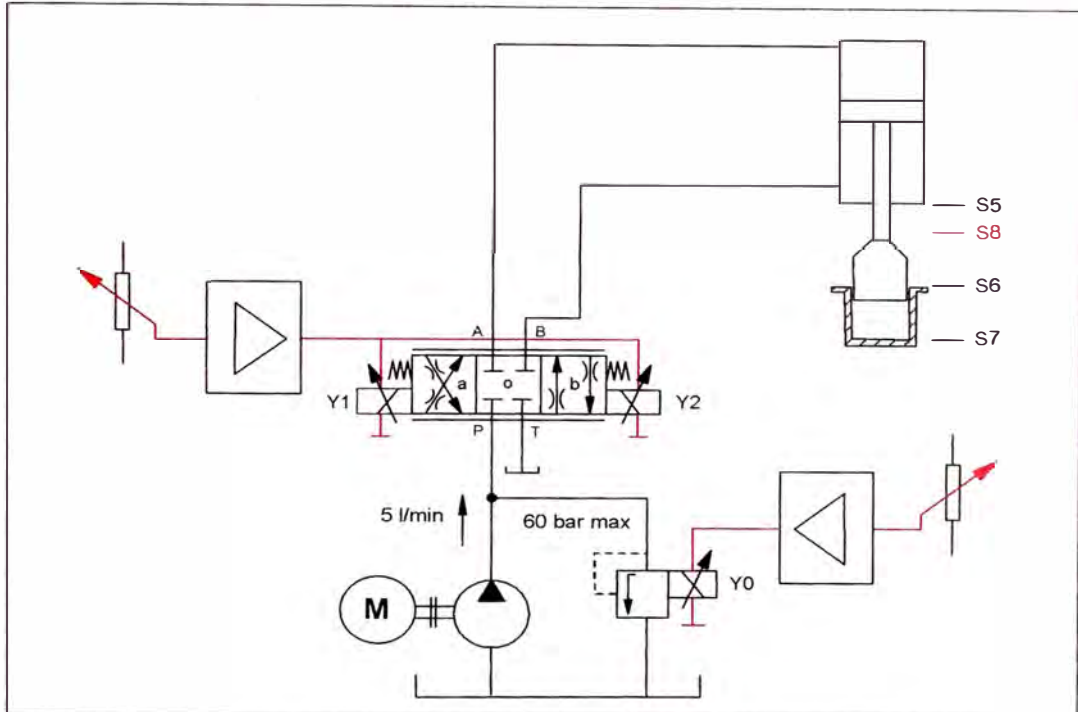


Fig. 9.6: Plano hidráulico y electrónico con control proporcional (El sistema electrónico se muestra en bloques).



Fig. 9.7: Se muestra las válvulas del sistema electrohidráulico que serán reemplazadas por solo dos válvulas proporcionales.

9.3.3 REGULACION DE LA VALVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL

Establecido el requerimiento hidráulico y electrónico es necesario regular las tarjetas de control a las válvulas proporcionales. El proceso de regulación

para la válvula distribuidora se resume a continuación:

REGULACIÓN DE SOBREPOSICIÓN: Inicialmente la tarjeta de control proporcional y la válvula distribuidora de control proporcional tienen las respuestas que se muestra en los diagramas de la Fig. 9.8 Al monitorear la relación $U_{ENTRADA}$ vs. U_{CAUDAL} determinamos que la tensión necesaria para el salto de sobreposición para cada posición de la válvula es de aproximadamente 5 V para el solenoide B y 4.5 V para el solenoide A y con el monitoreo de los parámetros $U_{ENTRADA}$ vs. I_{SALIDA} determinamos el salto correspondiente de corriente. Este valor es de 0.7A y 0.8 A respectivamente.

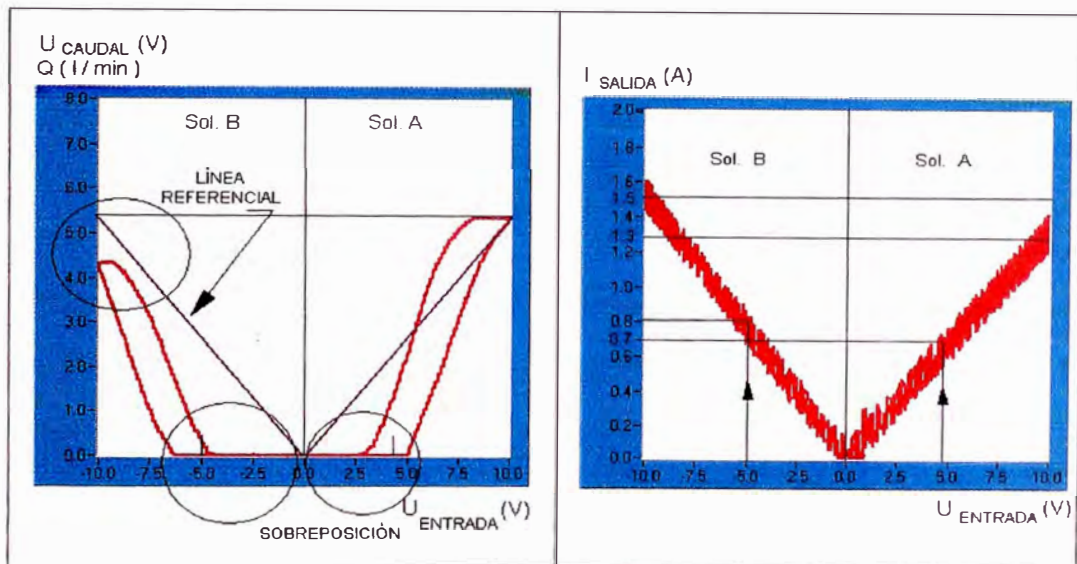


Fig. 9.8: Respuestas de la tensión de entrada vs. caudal y tensión de entrada vs. corriente de salida de la tarjeta antes de iniciar la regulación sobre la válvula distribuidora proporcional.

Mediante la técnica del monitoreo determinamos que es necesario mayor corriente para el desplazamiento del solenoide B en comparación con la corriente necesaria para desplazar el solenoide A la misma distancia. Inicialmente se procedió a un cambio de mangueras para determinar si la falla era de la conexión del sistema hidráulico, pero la respuesta fue la misma lo que confirma que la válvula está descentrada, pero la regulación electrónica corrige este problema.

Al introducir el salto de sobreposición para los solenoides A y B se eleva paralelamente la corriente máxima de A y B peligrosamente para los

solenoides proporcionales por lo que debe regularse inmediatamente los valores máximos. Las respuestas luego de regularse en sobreposición se muestran en los diagramas de la Fig. 9.9.

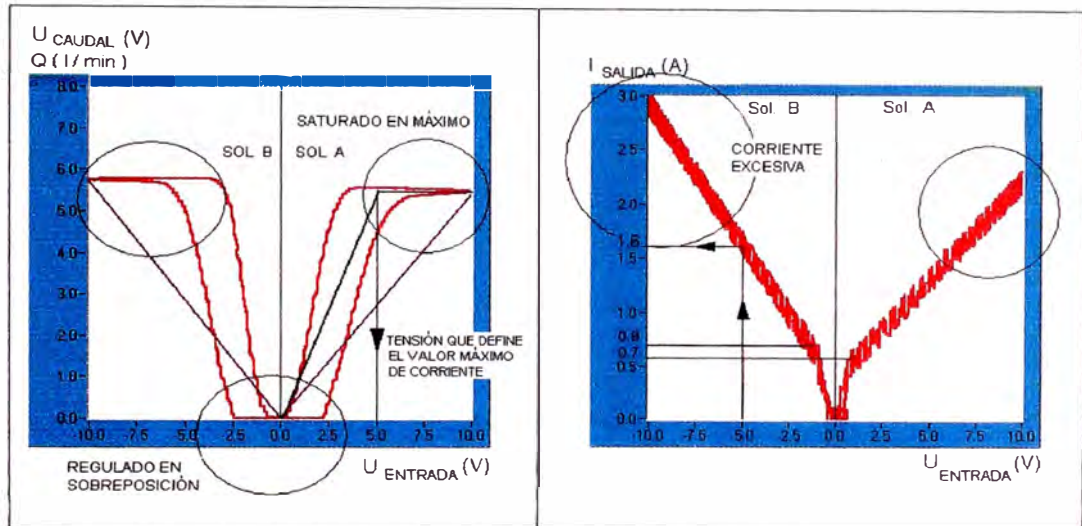


Fig. 9.9: Respuestas después de haber regulado la sobreposición de la válvula. Se observa el peligroso aumento del valor máximo de la corriente al haberse producido un aumento paralelo al de la sobreposición.

REGULACIÓN DE VALOR MÁXIMO: El monitoreo de las variables $U_{ENTRADA}$ vs. U_{CAUDAL} mostrado en la Fig.9.9 determina que la tensión que origina el máximo desplazamiento de la corredera es de 5 V. Esta tensión aplicada en el diagrama de $U_{ENTRADA}$ vs. I_{SALIDA} determina que la corriente que origina el máximo desplazamiento de la corredera es de 1.6 A. La regulación a este valor de muestra en la Fig. 9.10.

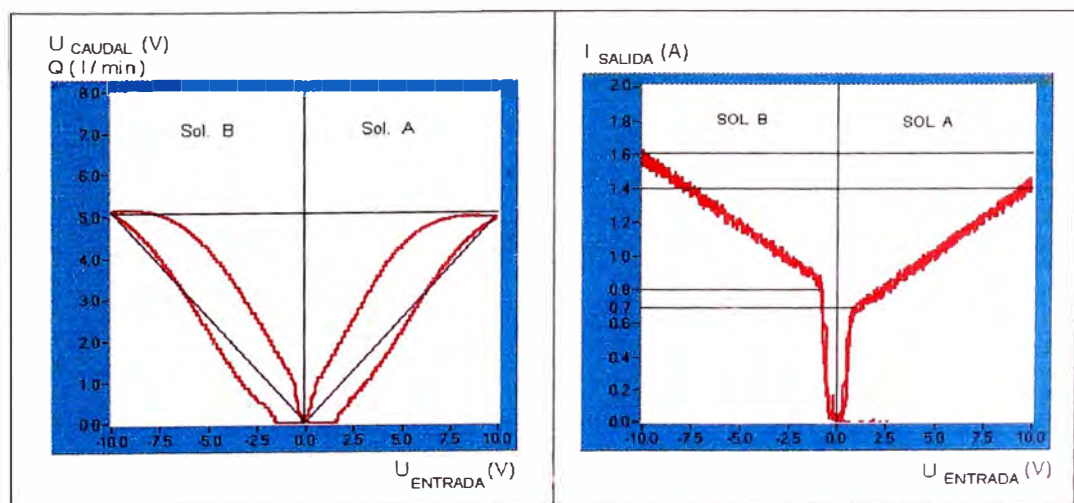


Fig. 9.10: Respuestas después de haber regulado el valor máximo. Observar la simetría en la respuesta $U_{ENTRADA}$ vs. U_{CAUDAL} lograda para el caudal, en cambio la corriente para cada solenoide es diferente.

REGULACIÓN DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN: Para determinar la amplitud de vibración se regula la tarjeta para diversos valores de la amplitud de la $I_{OSCILACIÓN}$ para la frecuencia de 70 Hz. tal como se realizó en 6.5.4.

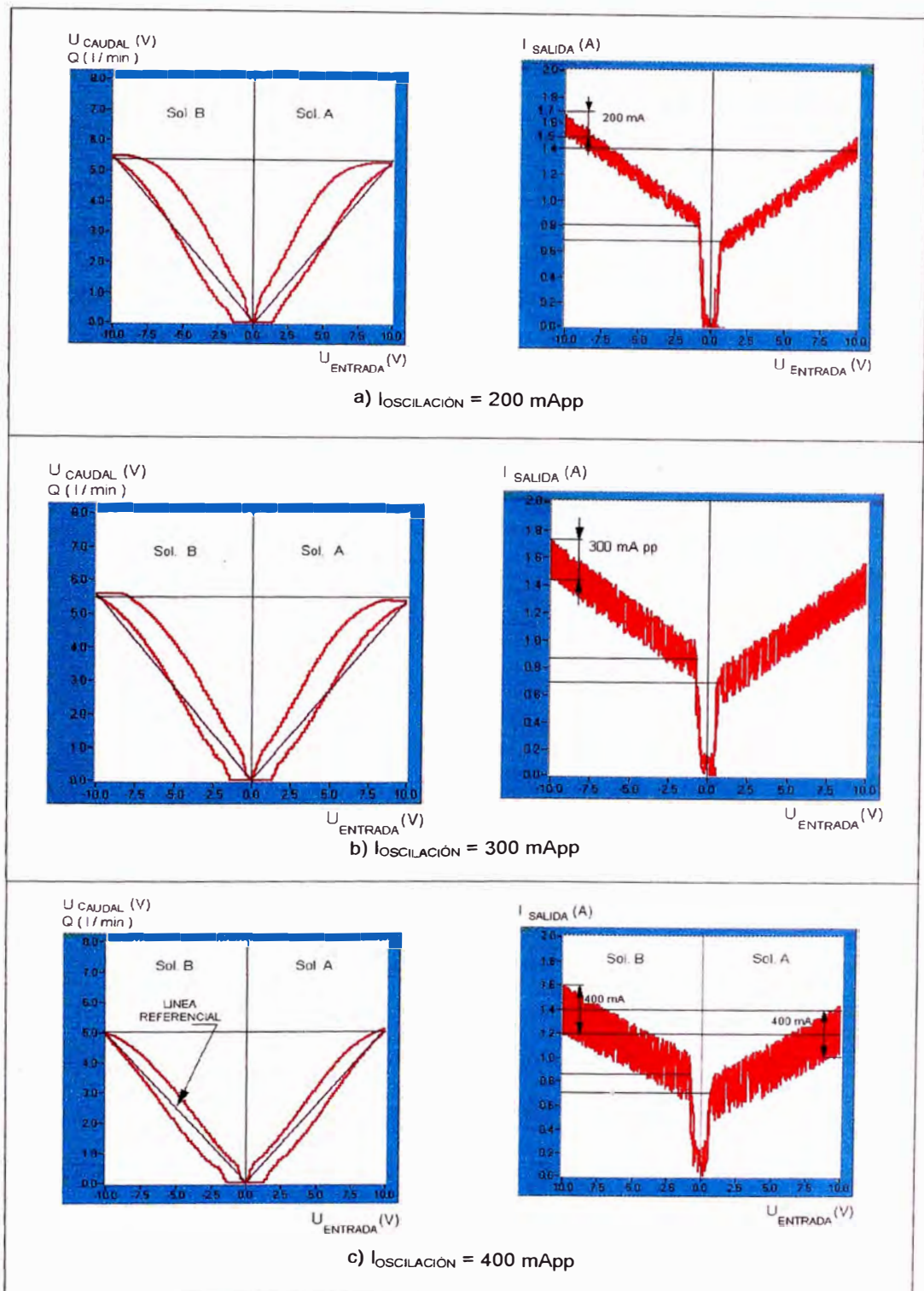


Fig. 9.11: Determinación de la amplitud de la vibración necesaria para reducir la Histéresis. Las figuras muestran que el valor apropiado es de 400mA pp.

La mejor respuesta es la que se acerca a la línea referencial y es el caso c) de la Fig. 9.11 para el caso de una amplitud de la $I_{OSCILACION}$ de 400 mApp.

9.3.4 REGULACIÓN DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL

El proceso de regulación para la válvula limitadora de presión es similar al realizado para la válvula distribuidora.

SIN NINGUNA REGULACIÓN: La Fig. 9.12 nos ofrece la información necesaria para determinar la sobreposición. En el diagrama $U_{ENTRADA}$ vs. PRESION se determina la sobreposición en 4 V. En el diagrama $U_{ENTRADA}$ vs. I_{SALIDA} se determina que a este valor le corresponde 0.75 A.

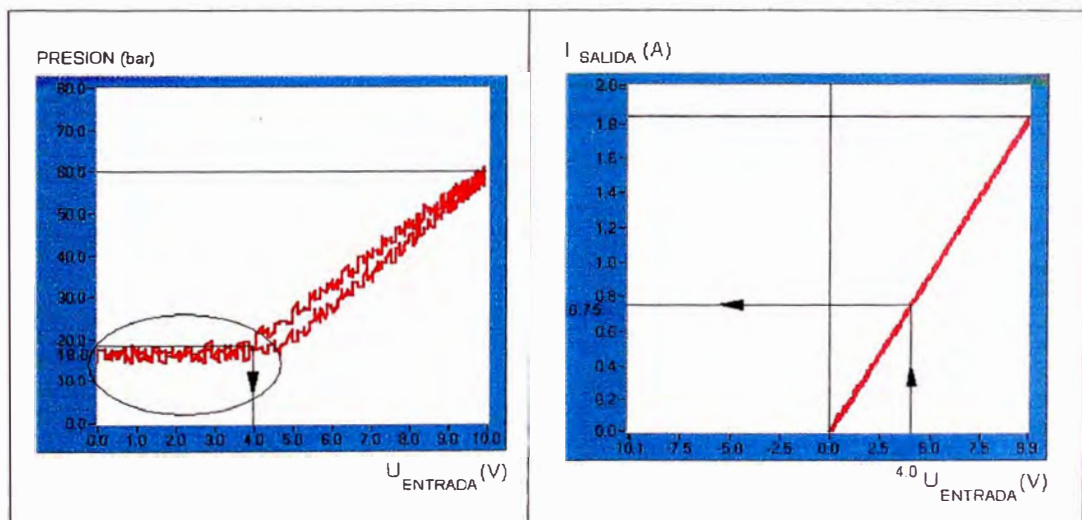


Fig. 9.12: Respuestas de la tensión de entrada vs. presión y tensión de entrada vs. corriente de salida de la tarjeta antes de iniciar la regulación sobre la válvula limitadora de presión proporcional.

REGULACION DE SOBREPOSICIÓN: La Fig. 9.13 nos muestran las respuestas luego de haber regulado la tarjeta en el valor de sobreposición. Cuando ello sucede la corriente y presión máxima se elevan por lo que el siguiente paso es la regulación del valor máximo a la máxima presión a la cual debe llegar la válvula para cumplir con un ciclo específico de trabajo, el cual, para este caso es de 60 bar.

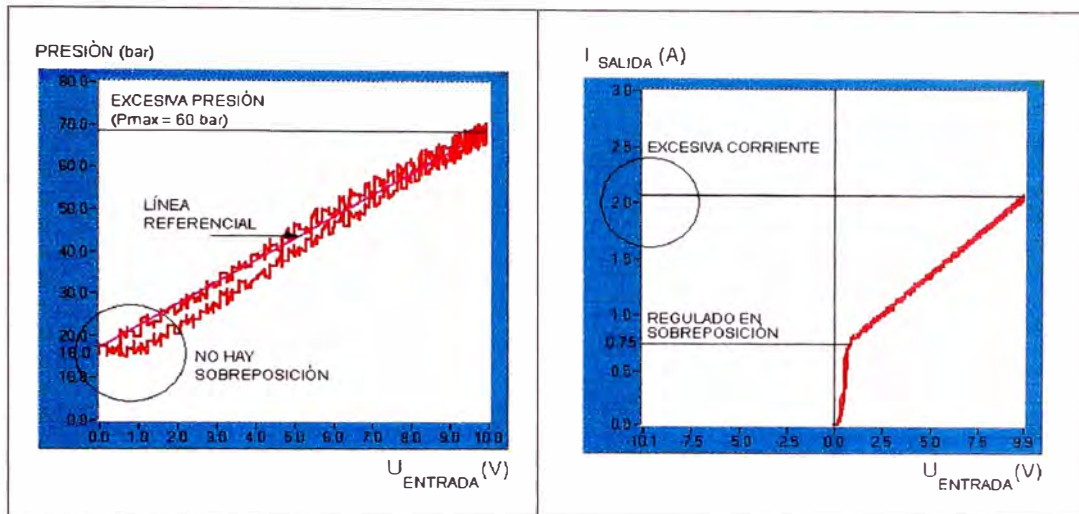


Fig. 9.13: Respuestas después de haber regulado la sobreposición de la válvula. Se observa el peligroso aumento del valor máximo de la presión al haberse producido un aumento paralelo al de la sobreposición.

REGULACIÓN DE VALOR MÁXIMO: La regulación del valor máximo consiste en determinar el máximo valor lineal de la respuesta de la válvula sin entrar en saturación, es decir el máximo punto para el cual: a un aumento de señal se corresponde un aumento de la variable (en este caso la presión). La Fig. 9.14 nos muestra las respuestas de la válvula regulada en el valor máximo.

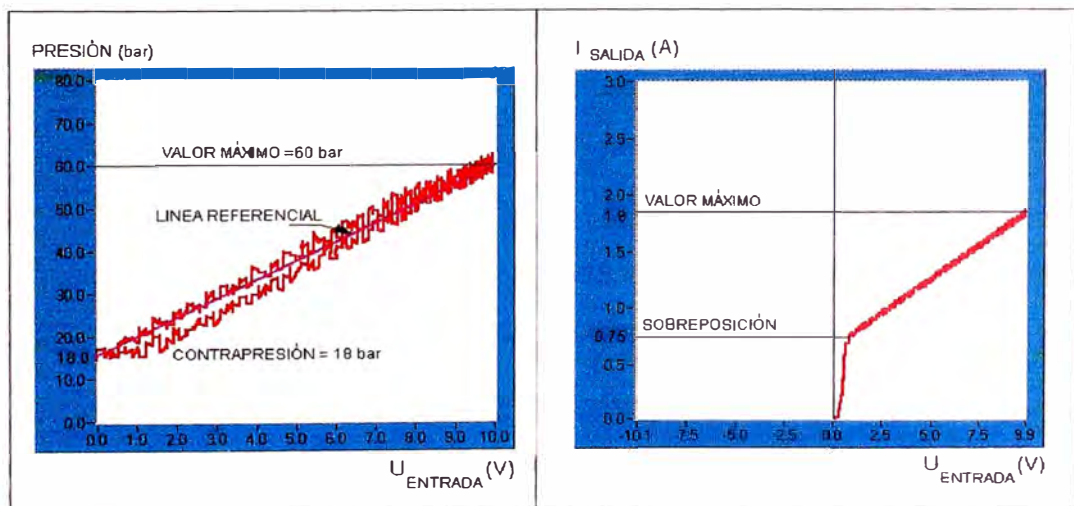


Fig. 9.14: Respuestas después de haber regulado el valor máximo. Lo importante es la linealización en la respuesta $U_{ENTRADA}$ vs. $U_{PRESIÓN}$.

REGULACIÓN DE FRECUENCIA DE VIBRACIÓN: El valor de amplitud de la vibración necesaria para la válvula limitadora de presión es consecuencia de la búsqueda de la "linealización" de la curva $U_{ENTRADA}$ vs. PRESION que como muestran los diagramas de la Fig. 9.15 se logra para 250 mApp.

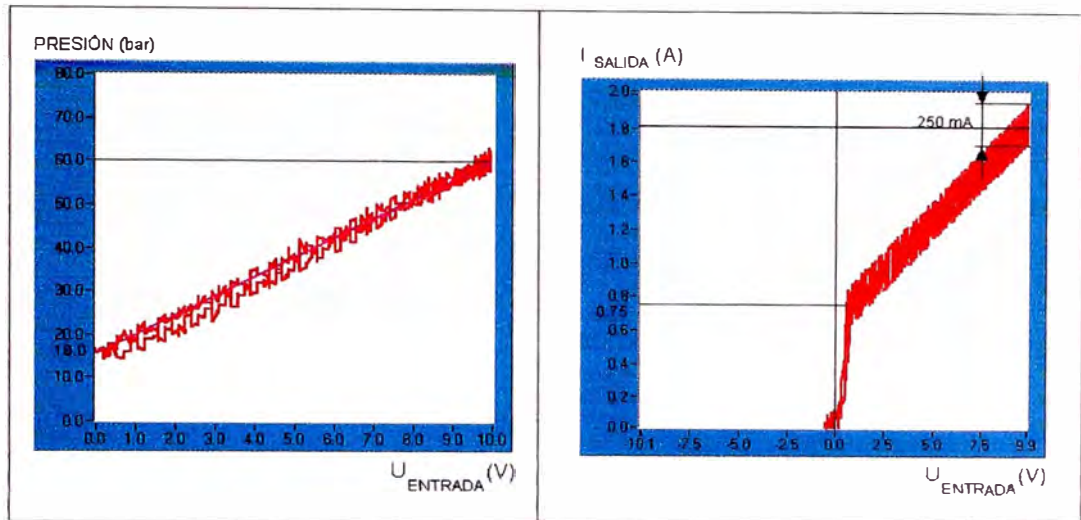


Fig. 9.15: Determinación de la amplitud de la vibración necesaria para reducir la Histéresis. El valor apropiado es de 250 mApp.

9.3.5 CONFIGURACIÓN DE LAS TARJETAS DE CONTROL

Para los requerimientos descritos en 9.3.1 se deben configurar las tarjetas de control proporcional internamente mediante yampers. Estas configuraciones están en función a los niveles, rampas, tiempos para rampas y frecuencia de oscilación requeridos.

9.3.5.1 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL PARA LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL:

De acuerdo a la Fig. 9.3 es necesario 4 niveles de tensión (3 positivas: A1, A2¹⁶, A4 y 1 negativa: A3) Luego de acuerdo a la tabla 2.4 se debe jumpear: B3, B5, B8 y B9.

También son necesarias dos rampas: V1 y V2. Las rampas requeridas estarán en el rango de tiempos de 100ms a 10 s. De acuerdo a la tabla 2.5 se debe jumpear B13. Las rampas utilizadas V1 y V2 serán controladas con un potenciómetro externo y uno interno. De acuerdo a la tabla 2.6 se debe jumpear B15 y B16.

Por ser la válvula del mismo tamaño de la válvula distribuidora del experimento del Cap. 5 se tomará una frecuencia de oscilación de 70

Hz. De acuerdo a la tabla 2.3 se debe jumper B19. La ubicación de los jumpers se muestra en el Anexo 10; II (Configuración de la tarjeta de PQ 03 para el control de la válvula distribuidora proporcional) Pág. 269.

9.3.5.2 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL PARA LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL:

De acuerdo a la Fig. 9.5 es necesario 3 niveles de tensión (3 positivas: A1, A2 y A3). Luego de acuerdo a la tabla 2.4 se debe jumper: B3, B5 y B7.

También es necesario una rampa: V1, la que será controlada con un potenciómetro externo. De acuerdo a la tabla 2.6 se debe jumper B15. La rampa requerida estará en el rango de tiempo de 100ms a 10s. De acuerdo a la tabla 2.5 se debe jumper B13.

Para esta válvula también se tomará una frecuencia de oscilación de 70 Hz. De acuerdo a la tabla 2.3 se debe jumper B19. La ubicación de los jumpers se muestra en el Anexo 10; III (Configuración de la tarjeta de control PQ 03 para el control de la válvula limitadora de presión proporcional) Pág. 270.

9.4 CONTROL ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN CON P.L.C.

Establecido los requerimientos hidráulicos y electrónicos, el siguiente paso es automatizar el proceso, para ello se planteará una solución de control eléctrico con un P.L.C. para controlar las entradas y salidas a las dos tarjetas de control proporcional. La tarjeta de control de la válvula distribuidora será denominada "Tarjeta 1" y la tarjeta de control de la válvula limitadora será denominada "Tarjeta 2". Se siguen los siguientes pasos para la programación de un PLC (Los operandos corresponden a SIEMENS y el programa utilizado es el PROSYS 1131 Versión 2.04). Los pasos son:

¹⁶ A2 y A4 son cero, pero se considerarán como positivas.

- a) Lista de Ordenamiento
- b) Plano de Funciones
- c) Plano de Conexiones.

a) LISTAS DE ORDENAMIENTO

Entradas al P.L.C.:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	COMENTARIO	OPERANDO
S1	Pulsador N.A.	MANUAL SALIR	Cuando se pulsa S1 baja el vástago del cilindro.	E 0.1
S2	Pulsador N.A.	MANUAL ENTRAR	Cuando se pulsa S2 sube el vástago del cilindro.	E 0.2
S3	Pulsador N.A.	STOP MANUAL	Cuando se pulsa S3 se detiene el vástago del cilindro.	E 0.3
S4	Pulsador N.A.	CICLO ÚNICO	Cuando se pulsa S4 el vástago del cilindro baja y sube automáticamente cumpliendo el ciclo descrito.	E 0.4
S5	Sensor de proximidad N.A.	Sensor de posición	Detiene el vástago cuando se encuentra totalmente retraído.	E 0.5
S6	Sensor de proximidad N.A.	Sensor de posición	Cambia de velocidad y presión al vástago cuando se encuentra en la cercanía del material a deformar.	E 0.6
S7	Sensor de proximidad N.A.	Sensor de posición	Detiene y manda al retorno el vástago del cilindro.	E 0.7
S8	Sensor de proximidad N.A.	Sensor de posición	Cambia de velocidad al vástago del cilindro en su carrera de retorno antes de retraerse totalmente.	E 1.1

Tabla 9.3: Definición de las variables de entrada al PLC.

Salidas del P.L.C.:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	COMENTARIO	OPERANDO
DA1	Energiza a A1 de la Tarjeta 1	Nivel A1 + Tarjeta 1	Cuando se energiza A1 se establece un nivel de velocidad +	A 2.1
DA2	Energiza a A2 de la Tarjeta 1	Nivel A2 + Tarjeta 1	Cuando se energiza A1 se establece un nivel de velocidad 0	A 2.2
DA3	Energiza a A3 de la Tarjeta 1	Nivel A3 - Tarjeta 1	Cuando se energiza A1 se establece un nivel de velocidad -	A 2.3
DA4	Energiza a A4 de la Tarjeta 1	Nivel A4 + Tarjeta 1	Cuando se energiza A1 se establece un nivel de velocidad 0	A 2.4
DV1	Energiza a V1 de la Tarjeta 1	Rampa V1 Tarjeta 1	Cuando se energiza V1 se establece una rampa	A 2.5
DV2	Energiza a V2 de la Tarjeta 1	Rampa V2 Tarjeta 1	Cuando se energiza V2 se establece una rampa	A 2.6
LA1	Energiza a A1 de la Tarjeta 2	Nivel A1 + Tarjeta 2	Cuando se energiza A1 se establece un nivel de velocidad +	A 3.1
LA2	Energiza a A2 de la Tarjeta 2	Nivel A2 + Tarjeta 2	Cuando se energiza A2 se establece un nivel de velocidad +	A 3.2
LA3	Energiza a A3 de la Tarjeta 2	Nivel A3 + Tarjeta 2	Cuando se energiza A3 se establece un nivel de velocidad +	A 3.3
LV1	Energiza a V1 de la Tarjeta 2	Rampa V1 Tarjeta 2	Cuando se energiza V1 se establece una rampa	A 3.4

Tabla 9.4: Definición de las variables de salida del PLC.

b) PLANO DE FUNCIONES

El plano de funciones se ha realizado utilizando el programa PROSYS 1131 Versión 2.04) sobre un PLC S5 100 SIEMENS con las variables de entradas y salidas mostradas en las Fig.9.5 y 9.6 y Tablas 9.3 y 9.4. El plano se muestran en el ANEXO 10; I (Plano de funciones del programa de P.L.C. para la implementación del control del sistema hidráulico proporcional de una prensa de conformado) Pág. 267; 268.

c) PLANO DE CONEXIONES

El plano de conexiones se muestra en el ANEXO 10; IV (Plano de instalaciones del control eléctrico con P.L.C.) Pág. 271.

9.5 MONITOREO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PROPORCIONAL

Para realizar el monitoreo del sistema hidráulico es necesario utilizar transductores; de presión y caudal. La ubicación de estos transductores se muestra en la Fig. 9.16. y la Fig. 9.17 muestra los resultados obtenidos al monitorear el ciclo de trabajo.

Podemos concluir del sistema de monitoreo:

- Es posible implementarlo sobre un sistema proporcional.
- Nos permite observar los cambios de velocidad y presión que con los instrumentos tradicionales seria difícil o imposible regular con precisión.
- Nos permite regulaciones en periodos de tiempos pequeños.

Se producirán fallas en el sistema hidráulico y eléctrico las que se podrán diagnosticar con el sistema de monitoreo. Los diagramas de las Fig. 9.18 y Fig. 9.19 muestran la correcta relación entre la señal de entrada, la corriente de salida y el caudal para el caso de la válvula distribuidora y de la válvula limitadora de presión.

9.6 DIAGNÓSTICO DE FALLAS

Se producirán fallas en el sistema hidráulico y eléctrico las que se podrán diagnosticar con el sistema de monitoreo. Los diagramas de las Fig. 9.18 y Fig. 9.19

muestran la correcta relación entre la señal de entrada, la corriente de salida y el caudal para el caso de la válvula distribuidora y para el caso de la válvula limitadora.

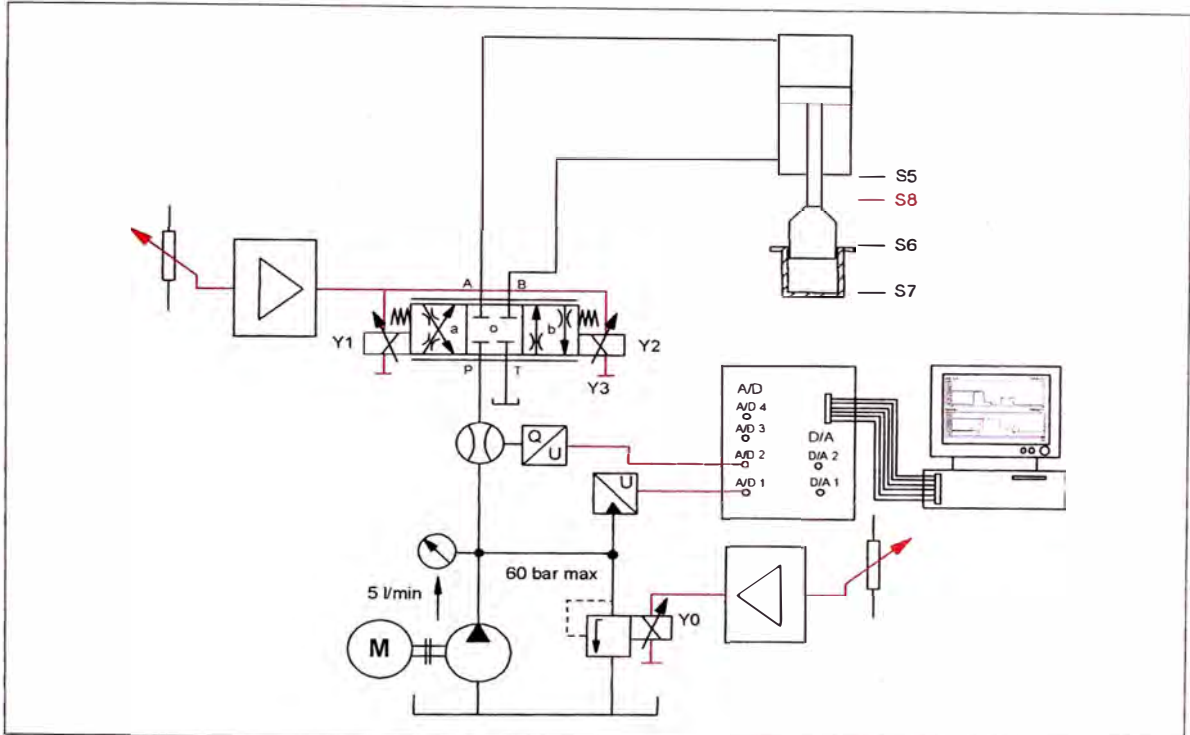


Fig. 9.16: Esquema de conexión de los transductores de presión y caudal, tarjeta de adquisición de datos y P.C. para realizar el monitoreo del ciclo con válvulas proporcionales.

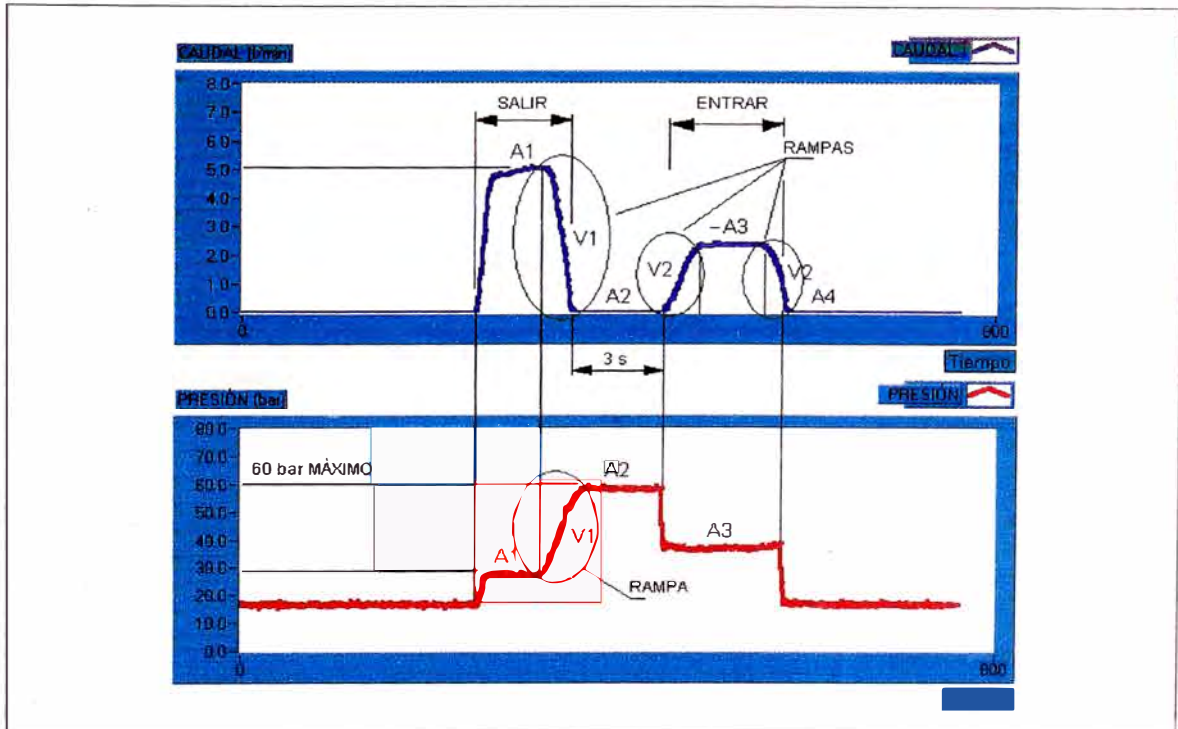


Fig. 9.17: Monitoreo del caudal (velocidad) y presión, del ciclo, con control proporcional para el conformado en frío. Se notan las rampas en los cambios de velocidad y presión. Esta variación de niveles eliminó los picos de presión que se presentaban en el sistema electrohidráulico.

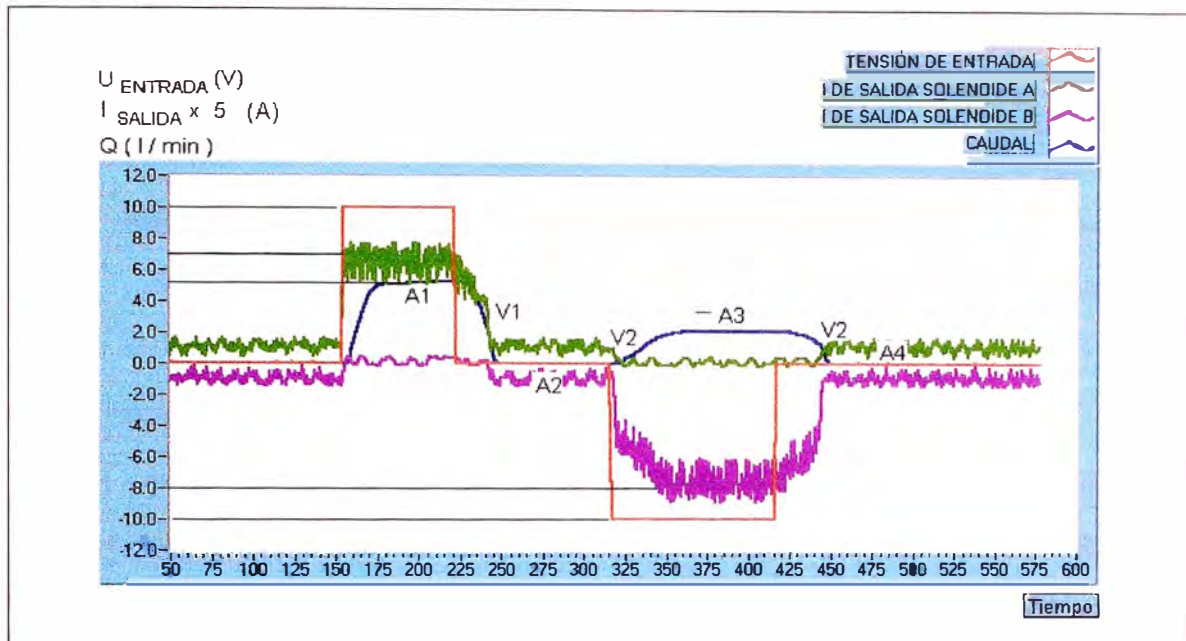


Fig. 9.18: Monitoreo de los parámetros: $U_{ENTRADA}$, I_{SALIDA} , Q vs. t del sistema hidráulico con control de caudal proporcional. Para 10 V se produce la máxima corriente en el solenoide A de 1,4 A y en el solenoide B de 1,6 A. También se puede distinguir la onda de oscilación sobre la corriente, en cambio el caudal se comporta de acuerdo a lo planificado.

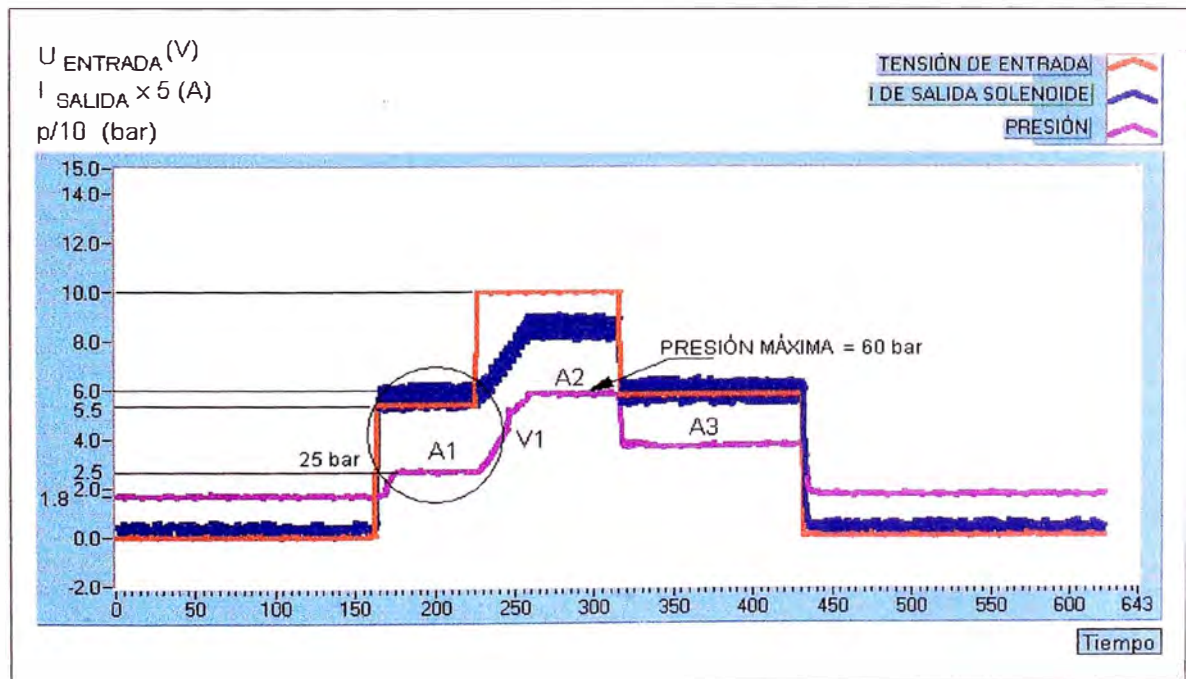


Fig. 9.19: Monitoreo de los parámetros: $U_{ENTRADA}$, I_{SALIDA} , p vs. t del sistema hidráulico con control de presión proporcional. Para el circuito mostrado una tensión de 5,5 V envía una corriente de 1,2 A ($6/5 = 1,2$), la presión formada en el sistema es de 25 bares.

9.6.1 MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN EL SISTEMA DEL CONTROL DEL CAUDAL (VELOCIDAD)

Para diagnosticar una falla en el sistema proporcional se tomaran las

siguientes señales: señal de entrada $U_{ENTRADA}$, la corriente de salida I_{SALIDA} y la tensión equivalente al Caudal ($U_{CAUDAL} = CAUDAL$). El plano de instalaciones correspondiente al monitoreo del caudal se muestra en el ANEXO 10; V (Plano de instalaciones para monitorear el caudal) Pág. 272.

Si se conoce la respuesta normal del sistema de control de velocidad dado en la Fig. 9.18 y la respuesta del sistema con falla podemos compararlas y determinar con precisión la etapa en que se esta produciendo la falla.

En los siguientes casos se han alterado o eliminado algunas etapas de la regulación electrónica e hidráulica de la velocidad (la que esta controlada por el sistema proporcional de la válvula distribuidora) para simular fallas las cuales serán diagnosticadas con el método del monitoreo.

CASOS ANALIZADOS	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMAS
a)	Mala regulación de la rampa V1 (pequeña)	Fig. 9.20
b)	No hay rampa V1	Fig. 9.21
c)	No hay rampa V2	Fig. 9.22
d)	Rampa V1 muy pequeña	Fig. 9.23
e)	No hay sobreposición en el solenoide A	Fig. 9.24
f)	Sin oscilación	Fig. 9.25

TABLA 9.5: Monitoreo y diagnóstico de fallas en el control de la velocidad (Control electrónico e hidráulico de la válvula distribuidora proporcional)

a) Mala regulación de la rampa V1 (pequeña)

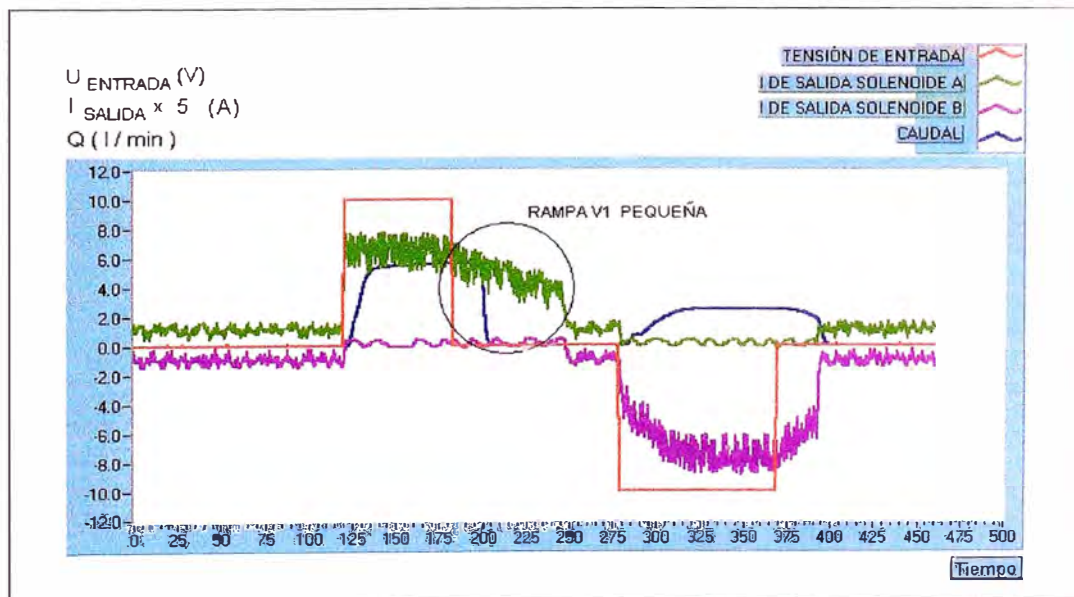


Fig. 9.20: La rampa V1 correspondiente a la desaceleración del vástago en su carrera de salida es demasiado pequeña para la pequeña trayectoria, por lo que la disminución de la velocidad del vástago es lenta y este chocará aún con alta velocidad contra el material a deformar produciendo un mal acabado o rotura del material.

b) No hay rampa V1

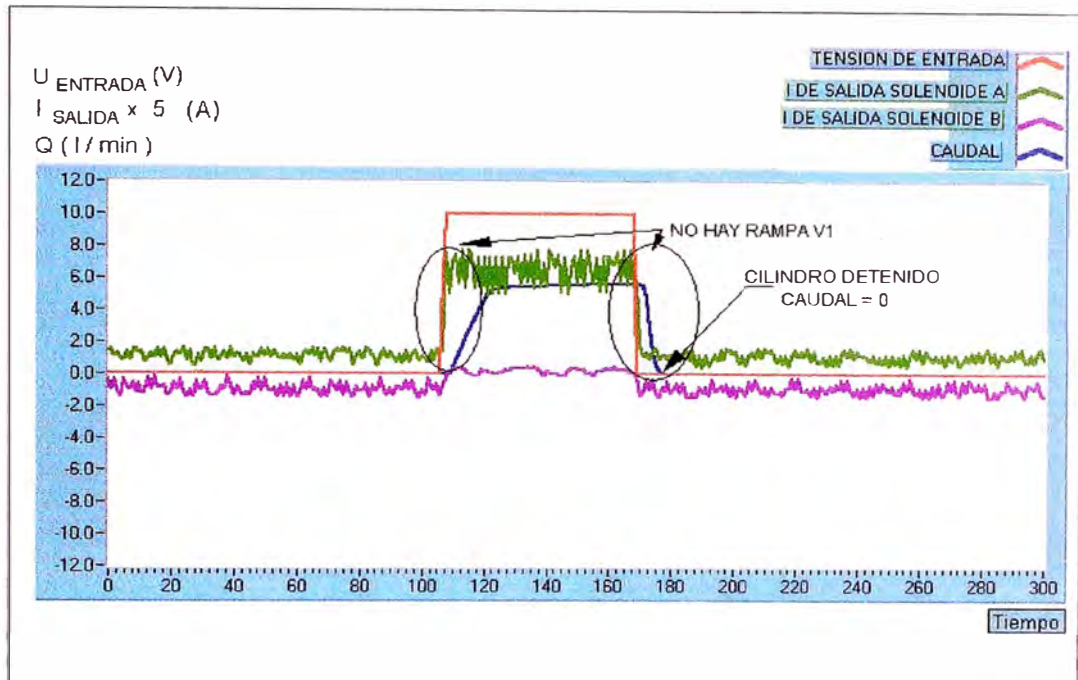


Fig. 9.21: La rampa V1 ha sido eliminada (cambio intempestivo de la corriente en el solenoide A, en color verde). Para la salida del pistón no se detectan problemas pero cuando el vástago debe ir disminuyendo su velocidad, éste se detiene inmediatamente (caudal cero en la línea azul) antes de llegar al final de carrera donde debería actuar el sensor de proximidad S7 el cual debe enviar de retorno al vástago.

c) No hay rampa V2

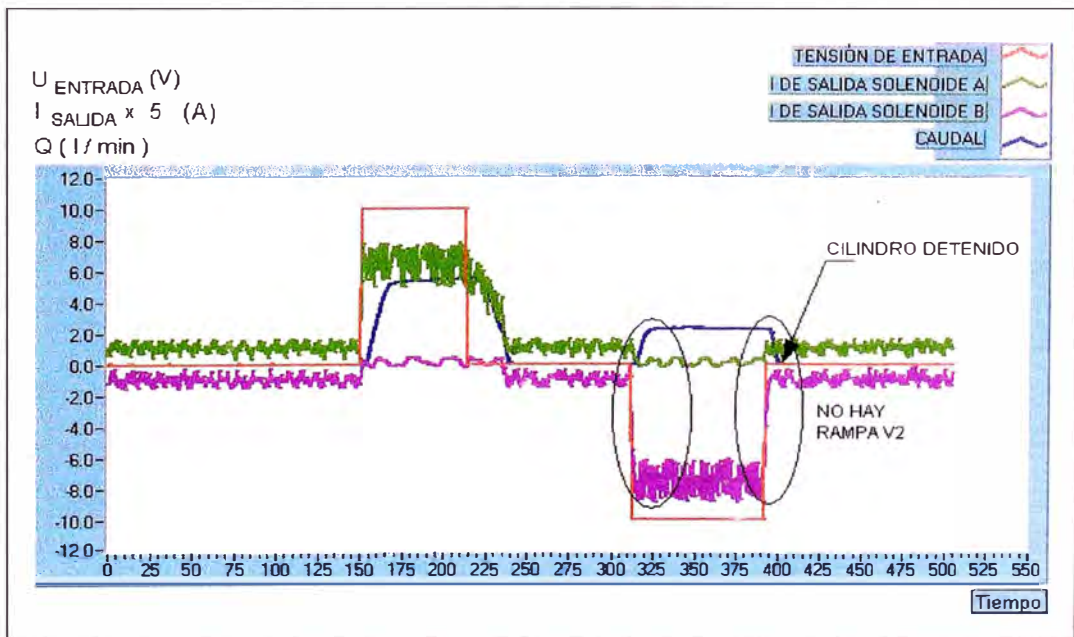


Fig. 9.22: La rampa V2 ha sido eliminada (cambio intempestivo de la corriente en el solenoide A, en color morado). Por lo tanto en el momento de que el vástago retorna alcanza intempestivamente máxima velocidad luego chocará contra la culata posterior del cilindro produciendo fatiga o fisura lo que es perjudicial para el pistón hidráulico.

d) Rampa V1 grande

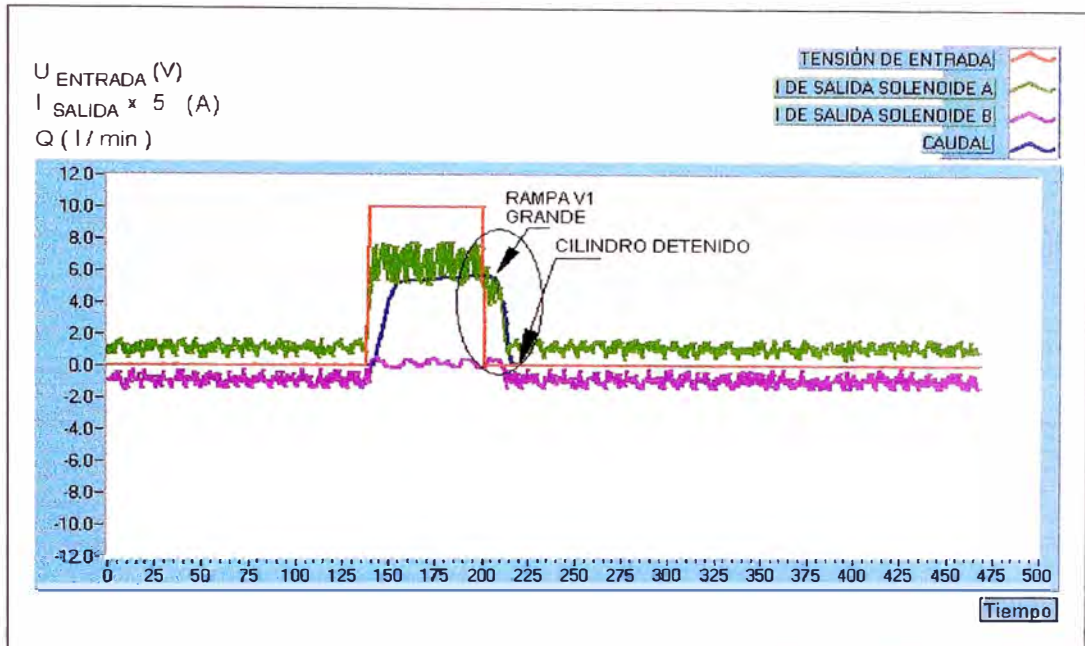


Fig. 9.23: La rampa V1 ha sido aumentada a un valor grande por lo que el tiempo de los cambios de velocidad se ha reducido. Para el momento de la deformación del material el que se realiza con una determinada desaceleración, esta última ha sido tan rápida que ha llevado a detener en cilindro antes de llegar al final de carrera (línea de caudal con color azul) y donde debería actuar al sensor de proximidad S7 el cual debe enviar de retorno al vástago.

e) No hay sobreposición en el solenoide A

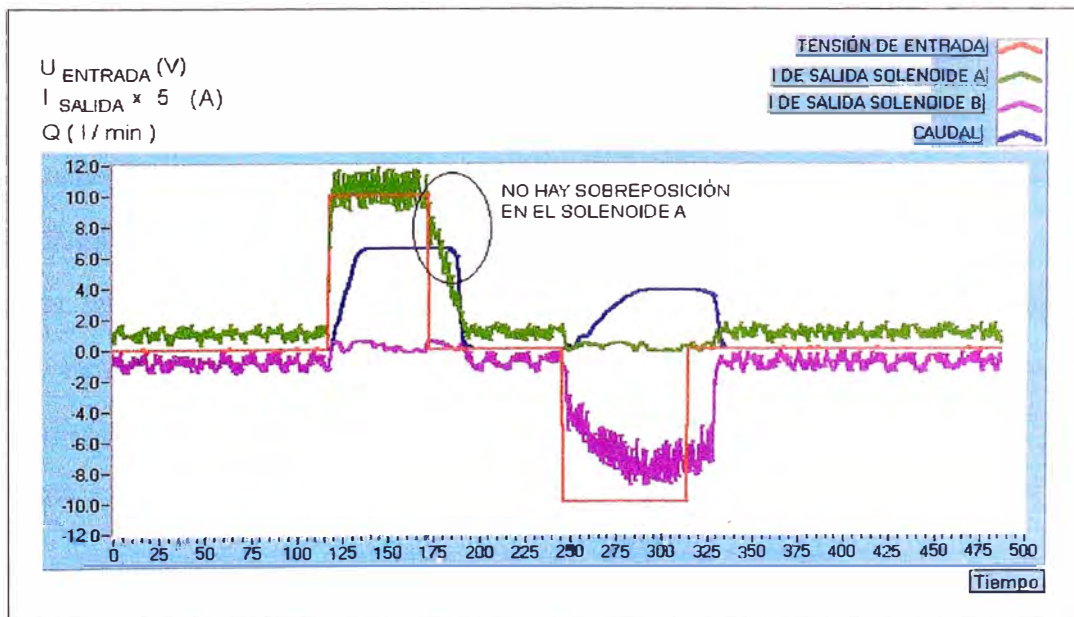


Fig. 9.24: El efecto de sobreposición ha sido eliminado (esto es sobreposición igual a cero) por lo tanto la señal de caudal (color azul) se retarda notablemente con respecto a la señal de corriente en el solenoide A (color verde). Este desfase puede distinguirse en el detalle resaltado en el círculo. Esto hace que el sistema sea "lento" y "pesado" lo que afecta a la velocidad de producción.

f) Sin oscilación:

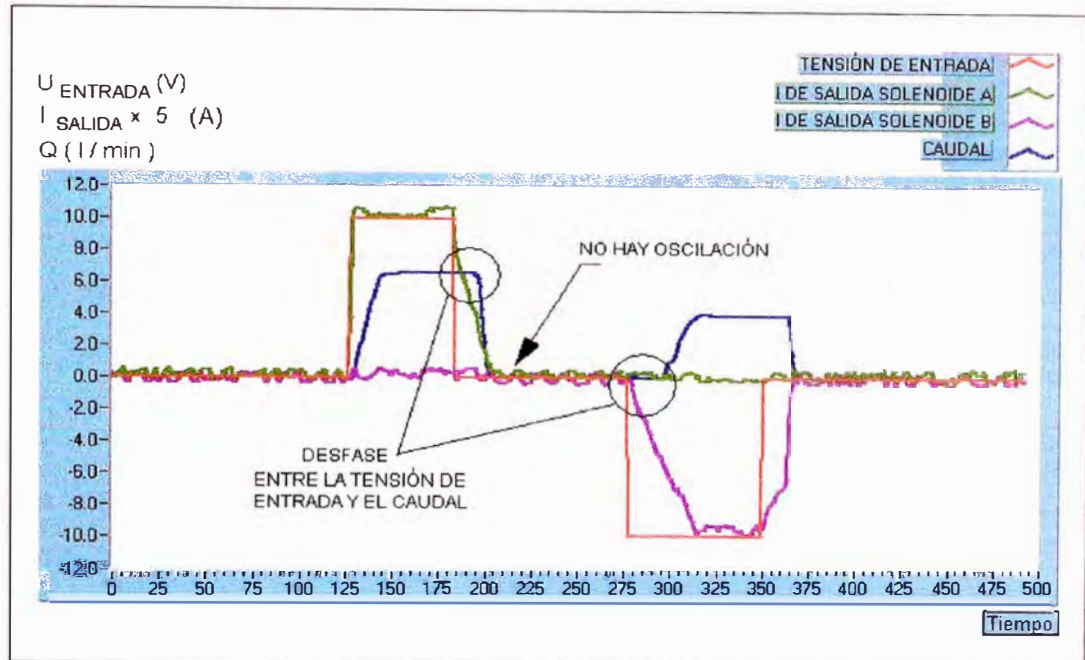


Fig. 9.25: Se ha eliminado el efecto de oscilación con lo que las respuestas pierden precisión al incrementarse la histéresis. También se puede observar el desfase del caudal con respecto a la señal de tensión de ingreso. También para este caso la máquina se torna "lenta" y "pesada" afectando la velocidad de producción.

9.6.2 FALLAS EN EL SISTEMA DE CONTROL DE LA PRESIÓN

Se tomarán las siguientes señales: señal de entrada $U_{ENTRADA}$, la corriente de salida I_{SALIDA} y la tensión equivalente a la presión ($U_{CAUDAL} = 1/10$ PRESIÓN). El plano de instalaciones correspondiente al monitoreo de la presión se muestra en el ANEXO 10; VI (Plano de instalaciones para monitorear la presión) Pág. 273.

Al igual que el caso anterior, si se conoce las respuestas normales (mostradas en la Fig. 9.19) podemos comparativamente detectar la etapa donde se produce la falla.

En los siguientes casos se han alterado o eliminado algunas etapas de la regulación electrónica e hidráulica de la presión para simular fallas las cuales serán diagnosticadas con el método del monitoreo.

CASOS ANALIZADOS	DESCRIPCIÓN	DIAGRAMAS
a)	No hay presión en el sistema	Fig. 9.26
b)	Fallas en el sistema hidráulico	Fig. 9.27
c)	No hay rampa V1	Fig. 9.28
d)	No hay nivel A3	Fig. 9.29
e)	Rampa V1 mal regulada (valor pequeño)	Fig. 9.30
f)	Sin sobreposición	Fig. 9.31

TABLA 9.6: Monitoreo y diagnóstico de fallas en el control de la velocidad (Control electrónico e hidráulico de la válvula distribuidora proporcional)

a) No hay presión en el sistema:

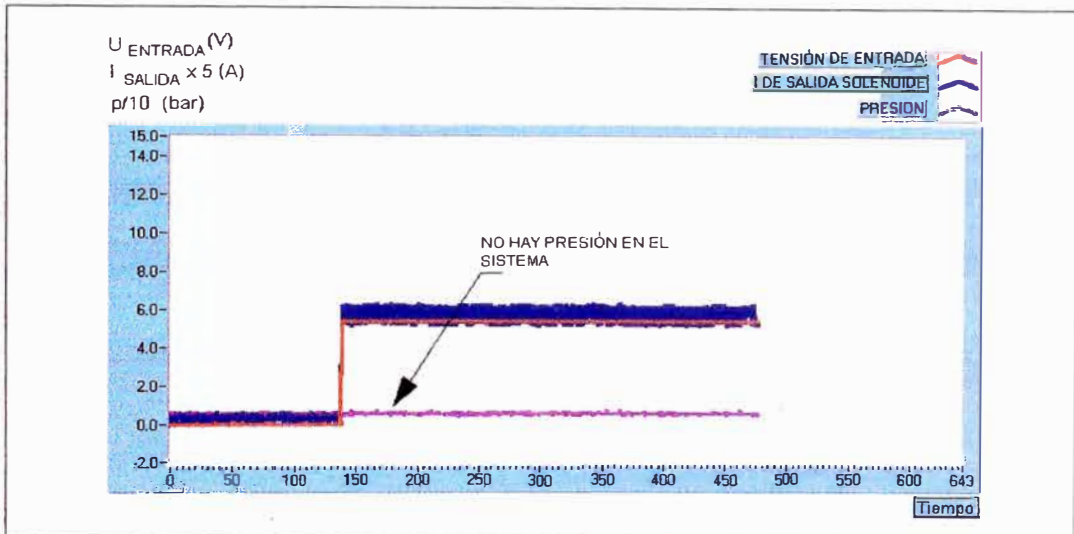


Fig. 9.26: Se muestra la señal de entrada $U_{ENTRADA}$ (línea roja) y la corriente de salida hacia el solenoide (línea azul). La señal correspondiente a la presión (línea morada) se mantiene en valor cero lo que indica que no hay presión en el sistema y que a pesar que se den las ordenes en el sistema eléctrico el pistón hidráulico no se mueve o lo hace lentamente y sin fuerza.

b) Fallas en el sistema hidráulico:

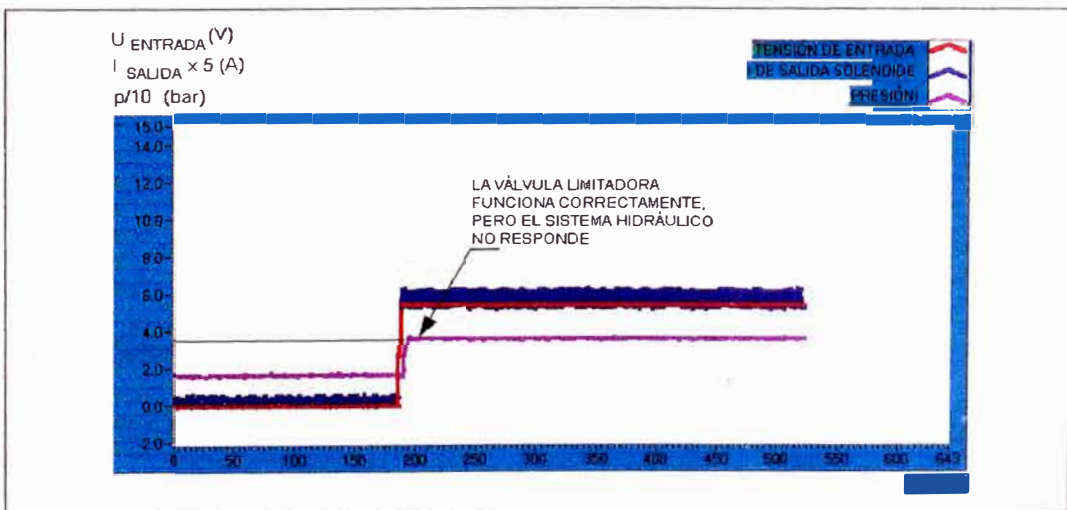


Fig. 9.27: Se muestra la señal de entrada $U_{ENTRADA}$ (línea de color roja), la corriente de salida hacia el solenoide (línea de color azul) y la presión hidráulica (línea de color morada), pero el sistema hidráulico no responde ya que el vástago del cilindro no se acciona. El problema se originó debido a una conexión hidráulica mal realizada, como lo es un cambio en las mangueras de las conexiones A y B hacia el cilindro hidráulico.

c) No hay rampa V1

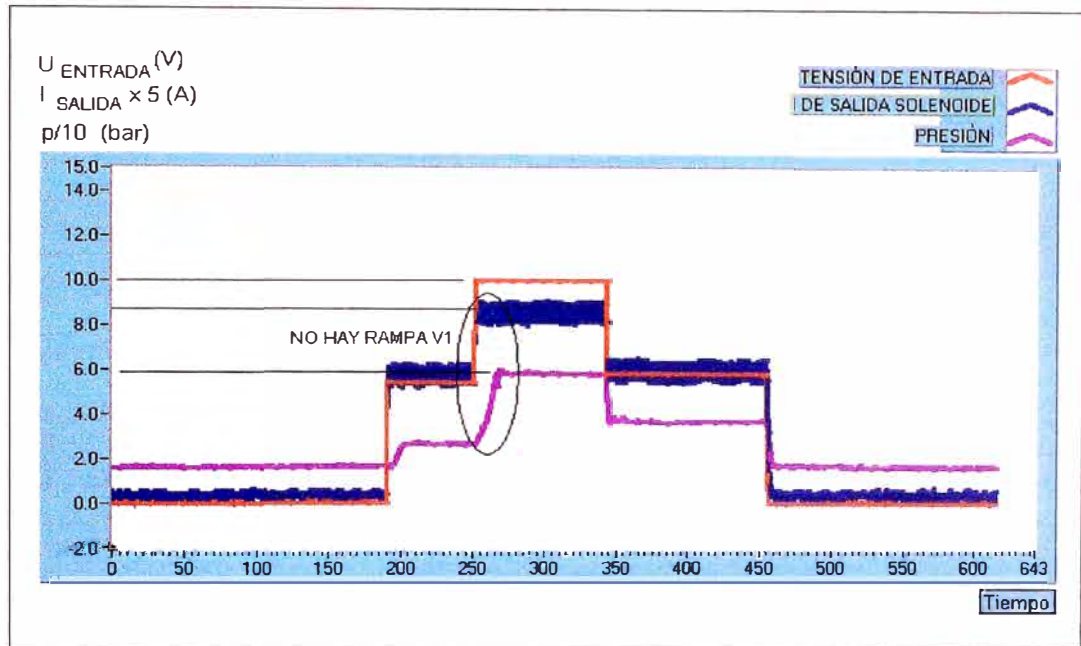


Fig. 9.28: Se ha eliminado la rampa V1. La señal de corriente de salida de la tarjeta electrónica de control proporcional al solenoide de la válvula limitadora de presión es vertical (línea de color azul) lo que provoca que la presión aumente en forma intempestiva, apenas toque el vástago el material a deformar.

d) No hay nivel A3

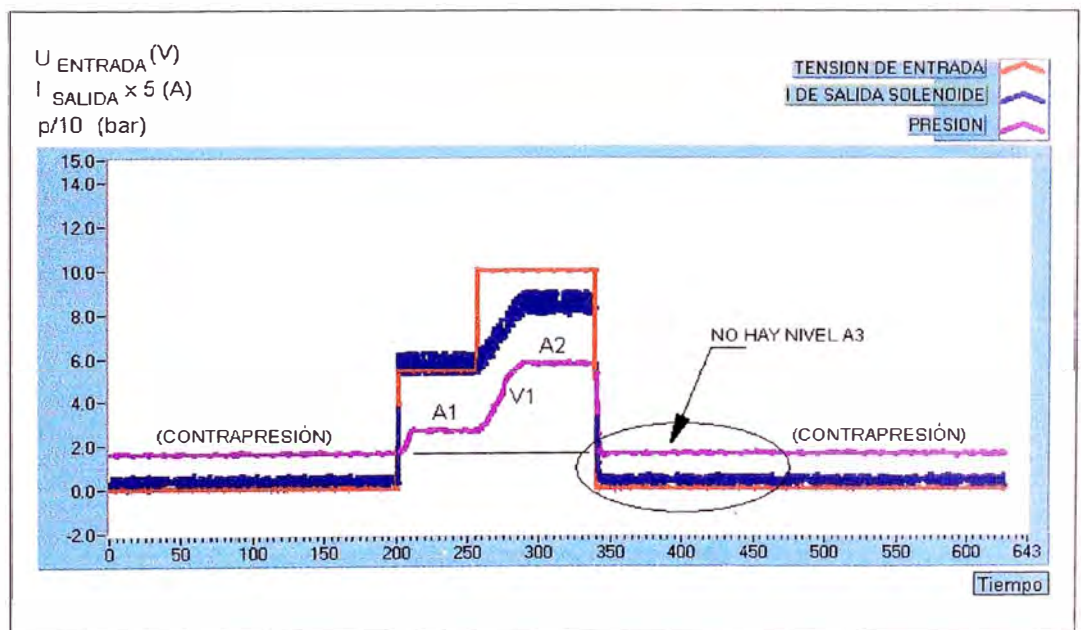


Fig. 9.29: Se ha eliminado el nivel A3 con lo que no hay presión para el retorno del pistón quedando extendido. Se observa que la corriente que llega al solenoide de la válvula limitadora de presión en el momento en que debe de actuar A3 es cero (línea de color azul). Consiguientemente la señal de presión cae a un valor mínimo correspondiente a la contrapresión del sistema el cual es aproximadamente de 17 bar (línea de color morado).

e) Rampa V1 mal regulada (valor pequeño):

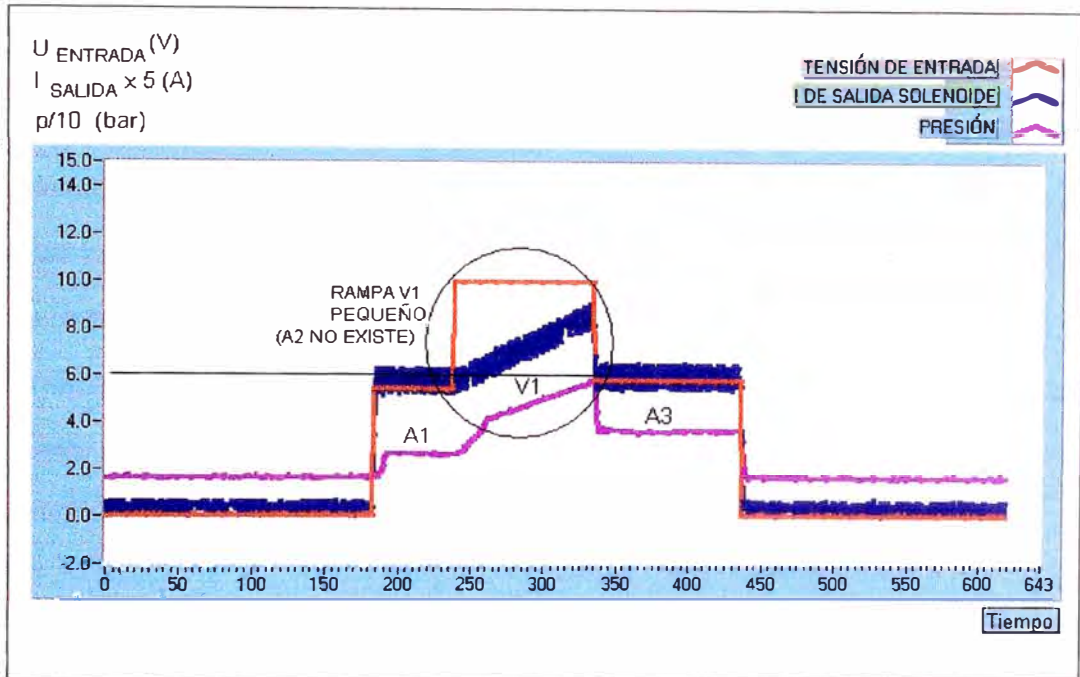


Fig. 9.30: Se ha disminuido el valor de la rampa V1 (línea de color azul) con lo que en la evolución de la rampa no se llega a alcanzar el nivel A2 correspondiente a 60 bar (línea de color morado) cuando por el efecto del temporizador se da la orden para el retorno. Esto se traduce en una falla del conformado al no alcanzarse la fuerza necesaria para un acabado apropiado ya que el material no alcanza la zona plástica.

f) Sin sobreposición:

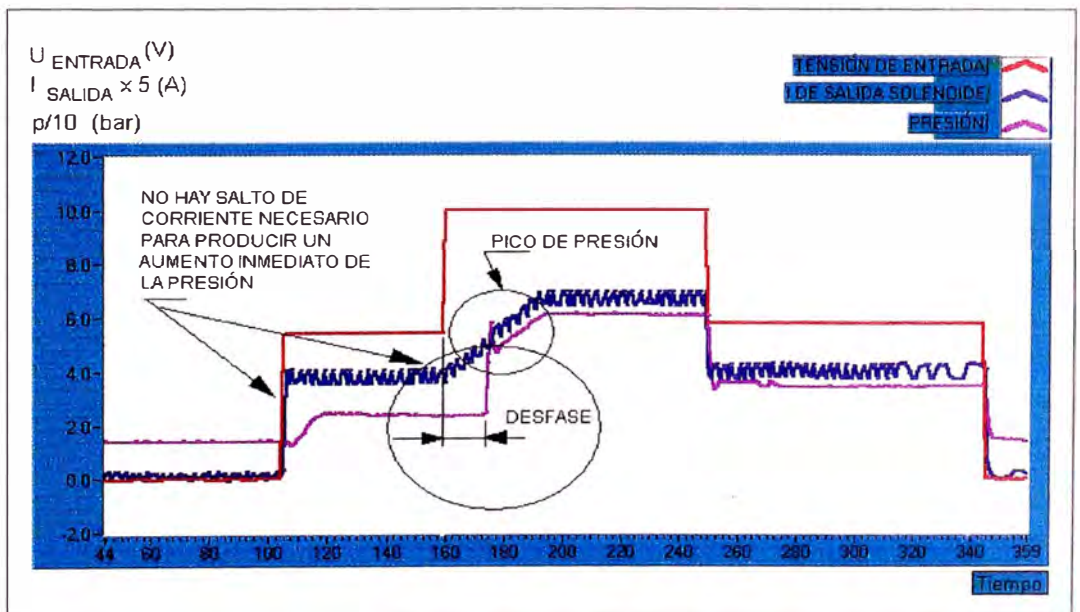


Fig. 9.31: Se ha eliminado la regulación de la sobreposición en la tarjeta de control proporcional con lo que la señal de corriente (línea de color azul) ha disminuido su valor el cual no induce a una respuesta "proporcional" a la presión (línea de color morado) observándose un desfase inicial entre ambas señales y un pico de presión en el momento en que la válvula genera la presión. Comparar con la respuesta de la Fig. 9.19

9.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPORCIONAL Y DEL SISTEMA DE MONITOREO.

Establecidos los sistemas de control hidráulico, eléctrico y electrónico es posible hacer un listado de componentes necesarios para esta implementación del sistema proporcional y además poder individualizar el costo de la implementación del sistema de monitoreo para una correcta regulación del sistema proporcional.

Para la evaluación económica se deberá tomar en cuenta que los costos serán asumidos con recursos propios (Esto quiere decir que no se tomará en cuenta una tasa de interés para la obtención de los recursos económicos).

9.7.1 LISTADO DE COSTOS DE COMPONENTES PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA PROPORCIONAL PARA UNA PRENSA DE CONFORMADO.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (EUROS)	TOTAL
1	SERIES PLATE 3 STATIONS : 1X SANDWICH PLATE Z2S6-2-6X / 1X PROPORTIONAL DIRECTIONAL VALVE 4WRE 6 E08 -1X/24K4/M / 2X SUMMY PLATE	DW36E.N (REXROTH)	1	1 171,00	1171,00
2	DIGITAL AMPLIFIER WITH FEEDBACK (HERION)	PQ 03 RV 42 (HERION)	2	2 280,00	4 560,00
3	CABLES DE ALIMENTACIÓN A SOLENOIDES PROPORCIONALES	E10 (REXROTH)	1	49,60	49,60
4	POSITION TRANSDUCER CABLE FOR PROPORTIONAL VALVE, ANALOG	E13 (REXROTH)	1	44,50	44,50
5	PROPORTIONAL PRESURE RELIEF VALVE: DBE 6 - 1X/50 G24 NK4M	DD12E.NV (REXROTH)	1	731,00	731,00
6	SOLENOID CABLE, GRAY, FORM A	E3 (REXROTH)	1	28,10	28,10
7	MANGUERAS CON CONEXIÓN G 3/8		8	30,00	240,00
8	FUENTE DE TENSION DE 24 V	N5 (REXROTH)	1	393,20	393,20
TOTAL (DOLARES FOB):					EUROS € 7 217,40 DOLARES \$ 10 104,36

Tabla 9.7: Listado de costos (FOB) de componentes para implementar los sistemas con control proporcional (Referencias de cotizaciones realizadas al 2005)

Conversión: 1 € = 1,4 \$

9.7.2 LISTADO DE COSTOS DE COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO PARA UNA PRENSA DE CONFORMADO.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO (FABRICANTE)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (EUROS)	TOTAL (EUROS)
1	PRESSURE TRANSDUCER (0..100 bar). G 1/4	DZ37 (REXROTH)	1	255,60	255,60
2	GEAR WHEEL TYPE FLOW SENSOR (0...10 l/min)	DZ30.1N (REXROTH)	1	1 265,00	1 265,00
3	TARJETA DE INTERFASE 8 I – 8 O DISCRETOS 4 I – 2 O ANÁLOGOS MFI 3.0	MFI 3.0 PC 2.0 (HERION)	1	845,00	845,00
4	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO	DE2.1	1	50,00	50,00
5	SOFTWARE Lab VIEW	NATIONAL INSTRUMENT S	1	600,00	600,00
6	PC LAP TOP IBM R51	IBM	1	1 000,00	1 000,00
TOTAL (DOLARES FOB):					EUROS € 4 015,60 DOLARES \$ 5 621,84

Tabla 9.8: Listado de costos (FOB) de componentes para implementar un sistema de monitoreo para una prensa de conformado.

Conversión: 1 € = 1,4 \$.

OBSERVACIONES:

- Los precios son en EUROS Y DOLARES FOB.
- Los siguientes cuadros nos permiten determinar el precio CIF y el valor de los productos puestos en LA EMPRESA en dólares americanos.

	DESCRIPCIÓN	ADICIONALES	DOLARES US
1	PRECIO LOCAL (ALEMANIA)	\$ FOB	10 104,00
2	FLETE (AEREO)		300,00
3	SEGURO		66,00
	PRECIO CIF	TOTAL 1+2+3	10 470,00
	AGREGAR 33% (IGV+14%)		3 455,10
	ALMACENAJE		200,00
	DESADUANAJE		150,00
	INSPECCIÓN		200,00
	TOTAL puesto en LA EMPRESA	\$	14 475,10

Tabla 9.9: Listado de costos (CIF) de componentes para implementar un sistema proporcional.

	DESCRIPCIÓN	ADICIONALES	DÓLARES US
1	PRECIO LOCAL (ALEMANIA)	\$ FOB	5 621,80
2	FLETE (AEREO)		
3	SEGURO		66,00
	PRECIO CIF	TOTAL 1+2+3	5 687,80
	AGREGAR 33% (IGV+14%)		1 877,00
	ALMACENAJE		200,00
	DESADUANAJE		150,00
	INSPECCIÓN		200,00
	TOTAL puesto en LA EMPRESA	\$	8 114,80

Tabla 9.10: Listado de costos (CIF) de componentes para implementar un sistema de monitoreo para una prensa de conformado.

9.8 IMPACTOS: TECNOLÓGICO, ECONÓMICO Y LABORAL

9.8.1 IMPACTO TECNOLÓGICO.

Si tomamos como punto de partida la reingeniería realizada sobre el sistema de control electrohidráulico observaremos que la implementación de un sistema con control proporcional depende del proceso a controlar, por ello los equipos cuentan exclusivamente para algunos procesos con sistemas proporcionales. El problema fundamental no solo lo debemos centrar en el diseño de un sistema proporcional sino en su regulación y control, es decir en el manejo de herramientas de mantenimiento. Por ello el impacto tecnológico no esta solo en el uso de un componente mecánico con sistemas electrónicos, sino en el uso de herramientas que faciliten su aplicación, regulación y control. Esto quiere decir que los sistemas hidráulicos con control proporcional han estado presentes en equipos y máquinas, pero el tema de la regulación, monitoreo y control con tarjetas de interfase y ordenador sobre estos sistemas en forma modular e independiente, como el planteado en el presente informe es una propuesta DE IMPLICANCIA TECNOLÓGICA APLICABLE EN NUESTRO MEDIO. Además debemos de tomar en cuenta que nuestra industria hace uso de maquinaria de segunda la cual se "adapta" o se "repotencializa", por ello el monitoreo y control como reingeniería sobre una máquina trae un importante complemento tecnológico al sistema

proporcional.

9.8.2 IMPACTO ECONÓMICO

Los costos de inversión vs. los costos de las horas dedicadas a la regulación y al diagnóstico de fallas de máquinas con sistemas proporcionales es de suma importancia. Mostraremos un ejemplo de costos de una máquina de conformado industrial a la cual se adapta el sistema de regulación y monitoreo:

Costo inicial de máquina: \$ 50 000,00

Fuerza máxima de conformado: 40 000 kg.

Trabajo: 24 horas/día

Costos de la Regulación y Diagnóstico de Fallas Sin Sistema de Monitoreo:

DESCRIPCIÓN	HORAS/Semana	COSTO/Hora \$/Hora	COSTO TOTAL/Semana
Regulación del sistema de control de velocidad y presión (Para la ejecución de 2 productos diferentes por cada semana)	8	20,00	160,00
Mantenimiento y diagnóstico de fallas (1 falla cuyo diagnóstico tarda 4 horas)	4	20,00	80,00
			\$ 240,00

Tabla 9.11: Costos de una parada de máquinas sin sistema de monitoreo por regulación y diagnóstico de fallas (No se han tomado en cuenta las horas de reparación).

Costos de la Regulación y Diagnóstico de Fallas Con Sistema de Monitoreo:

DESCRIPCIÓN	HORAS/Semana	COSTO/Hora \$/Hora	COSTO TOTAL/Semana
Regulación del sistema de control de velocidad y presión (Para la ejecución de 2 productos diferentes por cada semana)	4	20,00	80,00
Mantenimiento y diagnóstico de fallas (1 falla cuyo diagnóstico tarda 2 horas)	2	20,00	40,00
			\$ 120,00

Tabla 9.12: Costos de una parada de máquinas con sistema de monitoreo para la regulación y diagnóstico de fallas (No se han tomado en cuenta las horas de reparación).

La comparación de los costos de las Tablas 9.11 y 9.12 nos permite determinar que se logra un ahorro de: \$ 240,00 - \$ 120,00 = \$ 120,00 / semana.

Luego tenemos un beneficio: \$ 480,00/mes = \$ 5 760,00/año

Si comparamos este valor mensual con los costos hallados en la tabla 9.10 para implementar el sistema de monitoreo nos permite hacer una comparación de Inversión vs. Beneficio:

$$\text{Inversión/Beneficio} = \$ 8 114.80 / (\$480,00 / \text{mes}) = 17 \text{ meses.}$$

Esto solo se verifica si se asume una tasa de retorno del capital de 0 %. Si tomamos la tasa efectiva del 6% anual (para dólares en nuestro medio) debemos calcular la tasa mensual a través de la relación:

$$i_{\text{anual}} = (1 + i_{\text{mensual}})^{12} - 1 \dots\dots\dots (17)$$

$$i_{\text{mensual}} = 0.00487$$

A partir de este valor se calcula el número de periodos con un flujo C para lograr el valor actual VA a través de la relación:

$$VA = \frac{C[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

VA = Valor actual de una capitalización.

C = Valor de cada cuota.

i = Tasa interna de retorno.

n = Número de periodos.

Debemos de hallar el número de periodos mensuales en los cuales se obtiene el valor actual de \$ 8 114,80 siendo la cuota mensual de \$ 480,00 con la tasa interna de retorno mensual del 0.487% equivalente al 6 % anual.

Luego:

$$n = \frac{\text{Ln}\left(\frac{C}{C - VA \cdot i}\right)}{\text{Ln}(1+i)} \dots\dots\dots (19)$$

$$n = 18$$

Significa que en 18 meses recuperaríamos la inversión realizada para

implementar el sistema para UNA SOLA MÁQUINA, pero la técnica de monitoreo se puede adaptar a un número indeterminado de máquinas, solo son necesarios conectores apropiados para la instalación de la sensórica; ya no se tendría que invertir nuevamente en PC, tarjetas de interfase y software. Las nuevas inversiones son relativas al transductor Q/U el cual debe ser dimensionado para el caudal de la máquina a monitorear. Por lo tanto podemos concluir que la repercusión es muy positiva ya que la recuperación de la inversión es rápida (menor a dos años) además se puede implementar en forma gradual sin interferir con la producción.

9.8.3 IMPACTO LABORAL

El sistema de monitoreo propuesto implica dos situaciones laborales:

- No ocasiona desempleo.
- Motiva al trabajador a lograr mayor eficiencia en el trabajo.
- Motiva a la capacitación del personal.



Fig. 9.32: Equipo de monitoreo de campo. Permite observar las variables de presión, caudal, temperatura y rpm. No permite leer las variables de entrada y salida a la tarjeta de control proporcional y se circunscribe solo a un monitoreo hidráulico. Su costo es de 5900 € FOB = \$ 8260 FOB. Costo \$ 11535.8 CIF (Tomando en cuenta el 33 % + costos de almacenaje, desaduanaje e inspección citado en la Tabla 9.10).

Un nuevo sistema plantea un cambio de actitud, mas aún si tiene como principal ventaja la facilidad de programarse protocolos “hombre – máquina” los cuales pueden modificarse y adaptarse de acuerdo a las necesidades cosa que no es posible con sistemas “empaquetados”.

La base referencial para comparar el método propuesto, es un sistema de monitoreo desarrollado por Mannesmann Rexroth cuyo costo es de \$ 11535.8 FOB y cuyas principales limitaciones son el tamaño de pantalla y la flexibilidad de su presentación además de no poder implementarse otros sistemas de control (Fig. 9.32).

En cambio el sistema propuesto es de fácil implementación y motiva al trabajador en el uso de tecnologías en el entorno de su especialidad por ejemplo un técnico mecánico estará motivado al aprendizaje de tecnologías básicas eléctricas y electrónicas.

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES GENERALES

El desarrollo del presente informe permite deducir las siguientes conclusiones generales, no obstante que en cada capítulo se ha incluido las conclusiones de cada caso.

1. La técnica del monitoreo permite obtener las respuestas de un sistema con control hidráulico proporcional y el análisis detallado de las variables que intervienen en cada etapa, así mismo; regular y diagnosticar fallas en una aplicación específica como en el caso de la prensa con control electrohidráulico que luego fue transformada a control proporcional.
2. Se ha demostrado la secuencia a seguir en la regulación de la tarjeta electrónica para el control de un componente hidráulico proporcional; estos son: determinar la sobreposición en un diagrama $U_{ENTRADA}$ vs. U_{CAUDAL} ó $U_{PRESION}$; determinar el valor máximo a través del mismo diagrama al ubicar el punto de saturación; determinar la amplitud de oscilación para obtener mayor linealidad en una relación proporcional, esto solo es posible visualizando la regulación ejecutada. La regulación de rampas y de niveles se hará en función del proyecto a implementarse.
3. El proceso de regulación de una válvula proporcional a través de las tarjetas de control, permite corregir fallas o desgastes internos del componente hidráulico, sin necesidad de aperturarlo como la realizada para la válvula distribuidora proporcional del caso de la prensa hidráulica, cuya regulación mostraba que los muelles de centrado estaban desequilibrados pero con la regulación realizada a la sobreposición la válvula recuperaba su equilibrio; esto se muestra en las Fig. 9.8 a 9.11.
4. Al utilizar la técnica del monitoreo la regulación es rápida y precisa permitiendo ahorrar tiempo y obtener un sistema eficiente. Esto se ha comprobado al observar el margen de variación que produce una fracción de vuelta al regular un parámetro, por lo tanto otros

métodos empleados hasta ahora, como la simple visualización de un manómetro o el acabado de un producto difieren notablemente en precisión y exactitud.

5. La técnica del monitoreo permite una mejor calidad de las respuestas en el monitor de una computadora personal con mayor tamaño y resolución que nos permite la observación de eventos tan rápidos como los picos de presión que difícilmente se pueden apreciar con equipos de monitoreo móvil convencional.
6. Al utilizarse elementos modulares, es posible reponer un solo componente en caso de falla además nos permite la incorporación de otros de mayor capacidad y velocidad. Así mismo es posible utilizar un notebook (computadora portátil) para realizar el monitoreo en forma móvil.
7. Con la incorporación de otros transductores es posible analizar otros parámetros del sistema hidráulico como fuerza, posición, temperatura entre otros. La cantidad de transductores a utilizar estará en función a la cantidad de entradas de las tarjetas de interfase así como del tipo de señal de comunicación.
8. La técnica del monitoreo permite la posibilidad de adaptar protocolos de interacción “hombre – máquina” según los requerimientos específicos.
9. El análisis y el monitoreo ha permitido comprobar el comportamiento de los componentes hidráulicos y compararlas con las presentadas por los fabricantes. Así el Anexo 5 (Pág. 246) muestra que la sobreposición en la válvula distribuidora proporcional 4/3 es de 250 mA (con compensador de presión) siendo realmente de 500 mA como se demuestra en las Figuras: 6.6; 6,7; 6,8 (Cap. 6, Pág. 115, 116); además esta gráfica solo nos muestra un trayecto de respuesta siendo realmente un lazo cuya histéresis (sin frecuencia de oscilación) la que se muestra en la Fig. 6.6 (Cap. 6). Otro caso lo constituye la respuesta de la válvula limitadora de presión dada por el fabricante en el anexo 6 (Pág. 255) el cual muestra un lazo de histéresis bastante reducido pero que realmente ha sido obtenido para un caudal de 0,5 l/min y no para un caudal de trabajo como el que se muestra en la Fig. 7.5 (Cap. 7, Pág. 149).
10. Para regular el sistema de control en lazo cerrado, debe regularse en primer lugar la tarjeta de control proporcional a la válvula hidráulica; En segundo lugar debe regularse

la tarjeta de control P. I .D. comenzando con el parámetro P a partir de un valor pequeño tal como 1 (en forma ascendente); luego se comienza el valor I con un valor grande tal como 10 (en forma descendente) por último el valor D debe iniciarse con un valor pequeño tal como 1 e inclusive es válido no activarlo.

11. El costo del hardware de la técnica de monitoreo propuesto es de \$ 8 114,80 CIF comparado con el costo del equipo convencional de monitoreo de \$ 11 535,80 CIF permitiendo un ahorro de \$3 421,00 (29.65 %).
12. La técnica de monitoreo ha permitido obtener respuestas en tiempo real que no han sido mostradas en textos o informes conocidos hasta el momento.
13. La regulación, el control y el diagnóstico de válvulas hidráulicas proporcionales realizado con la técnica de monitoreo ha permitido enlazar la informática, la electrónica y la mecánica (Mecatrónica).

10.1 PERSPECTIVAS DE TRABAJOS RELACIONADOS A FUTURO:

1. La tecnología del control y monitoreo se puede orientar al estudio de componentes hidráulicos como bombas y válvulas, para obtener las curvas de respuesta a fin de diagnosticar su estado.
2. La tecnología del control y monitoreo puede ser aplicado a la robótica de fuerza cuya regulación y control de las válvulas proporcionales es de suma importancia.
3. Queda abierta la posibilidad de diseñar softwares de diagnóstico similares a los existentes en el mercado.
4. El presente trabajo constituye la primera etapa en el análisis de las válvulas proporcionales, no obstante queda la posibilidad de efectuar el análisis dinámico así como la comparación de respuestas de una válvula proporcional con una servoválvula.

BIBLIOGRAFÍA

No	AUTOR Titulo	EDITORIAL	AÑO
[1]	MANNESMANN REXROTH GmbH Training Hidráulico Compendio I: "Fundamentos y Componentes de la Oleohidráulica"	MANNESMANN REXROTH GmbH	1989
[2]	MANNESMANN REXROTH GmbH Training Hidráulico Compendio 2: "Técnica de Válvulas Proporcionales y de Servovalvulas"	MANNESMANN REXROTH GmbH	1989
[3]	REXROTH HYDRAULICS Didactics Product Catalog "Teaching and Training Systems in the Field of Pneumatics, Hydraulics and Mechatronics"	MANNESMANN REXROTH GmbH RE 09 021/10.00	2000
[4]	BOSCH "Electro - Hydraulic Closed Loop Control Systems Theory and Applications"	ROBERT BOSCH GmbH	1987
[5]	BOSCH "Hydraulics Theory and Applications from Bosch"	ROBERT BOSCH GmbH	1984
[6]	BOSCH "Manual de Hidráulica Proporcional"	ROBERT BOSCH GmbH	1996
[7]	HERION Dipl. Ing. Kurt Kasperbauer "Proportionalventile" (Handbuch: Messen, Steuern, Reglen)	HERION Schrift 7501964.05.12.85	1985
[8]	HERION "Proportional-Druckbegrenzungsventile NG 6"	HERION Schrift 7501489.05.11.87	1987
[9]	HERION "Proportional-Wegeventile NG 6"	HERION Schrift 7500455.05.10.85	1985
[10]	HERION "Ansteuer-Elektronik PQ 03"	HERION Funktionsbeschreibung Schrift 7501867.05.02.89	1989
[11]	HERION "Regelverstärker RV 41/42" (PID Regler)	HERION Katalogregister Schrift 7502107.05.02.90	1990
[12]	HERION "Programa de Ventas Neumática – Hidráulica Aparatos de Accionamiento, Regulación y Mando".	HERION Schrift 7502131.22.01.90	1990

- | | | | |
|------|---|----------|------|
| [13] | VICKERS
"Manual de Oleohidráulica Industrial" | BLUME | 1993 |
| [14] | DE NEGRI, V. J.
Modelagem de Servomecanismos
Hidráulicos e Simulação de um
Servomecanismo Mecânico-Hidráulico"
Dissertação de Mestrado. | EMC UFSC | 1987 |
| [15] | J.P. DE GROOTE
"Técnica de los Circuitos Hidráulicos" | | |
| [16] | BBF
"Hidráulica"
Curso para la Formación Profesional | | |
| [17] | COMUNIDAD EUROPEA
"Hidráulica Proporcional" | TECSUP | 1985 |
| [18] | TECSUP
"Mandos Hidráulicos"
(Curso Virtual) | TECSUP | 2002 |

ANEXOS

ANEXOS

- ANEXO 1 Datos
CURVAS DE RESPUESTA DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL
I) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA.
II) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO.
- ANEXO 2 Datos
CURVA DE RESPUESTA EXPERIMENTAL DE UN SOLENOIDE DE 24 V D.C.
- ANEXO 3 Planos
TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03
I) PLANO ELECTRÓNICO EN BLOQUES.
II) PLANO ELECTRÓNICO DETALLADO.
III) PLANO DE UBICACIÓN DE COMPONENTES.
IV) CONEXIONES EXTERNAS.
- ANEXO 4 Catálogo y planos
TARJETA DE REGULACIÓN P.I.D. RV 42
- ANEXO 5 Catálogo
VÁLVULA PROPORCIONAL DISTRIBUIDORA 4/3 NG 6
- ANEXO 6 Catálogo
VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN NG 6
- ANEXO 7 Programación
PROGRAMA PARA MONITOREO EN LABVIEW
I) PROGRAMACIÓN.
II) PANTALLAS PARA GRÁFICOS.
- ANEXO 8 Planos
CONTROL EN LAZO CERRADO CON P.I.D.
I) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VÁSTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO.
II) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR HIDRÁULICO.
- ANEXO 9 Programación e Instalaciones Eléctricas.
CONTROL ELECTROHIDRÁULICO
I) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DEL P.L.C. PARA EL CONTROL DEL SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA DE CONFORMADO.
II) PLANO DE INSTALACIONES DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA PARA EL CONFORMADO.

ANEXO 10

Programación, Configuración e Instalaciones Eléctricas.

CONTROL PROPORCIONAL

- I) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DEL P.L.C. PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DEL SISTEMA HIDRÁULICO PROPORCIONAL DE UNA PRENSA DE CONFORMADO.
- II) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.
- III) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL.
- IV) PLANO DE INSTALACIONES DEL CONTROL ELÉCTRICO CON P.L.C.
- V) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DEL CAUDAL.
- VI) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DE LA PRESIÓN.

CURVAS DE RESPUESTA DE UN SOLENOIDE PROPORCIONAL

I) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR FUERZA:

Diagrama de instalación:

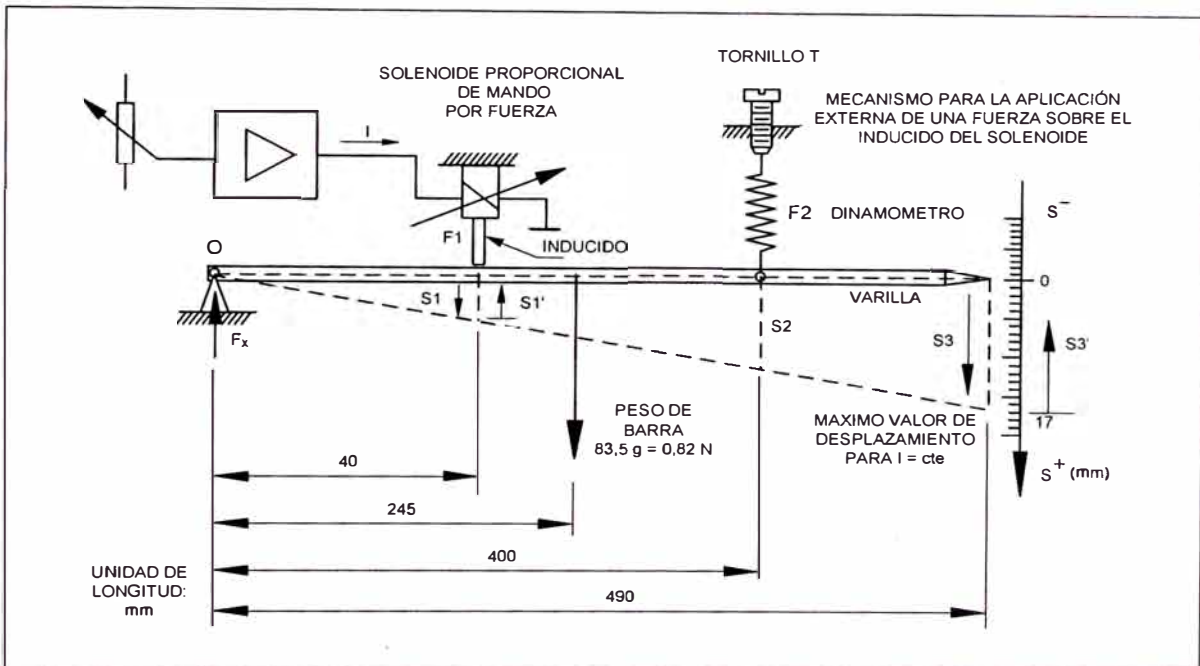


Fig. A.1: Instalación utilizada para obtener la curva de respuesta de un solenoide proporcional de mando por fuerza.

Donde:

s_1	=	Desplazamiento del inducido del solenoide proporcional (mm) de mando por fuerza para una corriente determinada.
s_2	=	Desplazamiento del muelle del dinamómetro (mm).
s_3	=	Desplazamiento del extremo de la varilla correspondiente a un desplazamiento s_1 (mm).
s_1'	=	Desplazamiento del inducido del solenoide en sentido contrario (mm) a partir del punto de apertura de la válvula cuyo valor es proporcional al caudal de paso por la válvula.
s_3'	=	Desplazamiento de la varilla correspondiente al desplazamiento s_1' . El origen de coordenadas para s_3' ha sido tomado en $s_3 = 17$ mm.
F_1	=	Fuerza magnética aplicada sobre el inducido del solenoide (N).

F2	=	Fuerza medida por el dinamómetro (N).
----	---	---------------------------------------

En el diagrama se cumple:

$$\frac{s_1}{40} = \frac{s_3}{490}$$

Luego:

$$s_1 = \frac{s_3}{12,25} \dots\dots\dots(1)$$

$$s_3' = 17 - s_3 \dots\dots\dots(2)$$

$$s_1' = \frac{s_3'}{12,25} \dots\dots\dots(3)$$

Además:

$$\sum F = 0$$

$$F_x + F_2 = F_1 + 0,82$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$F_1 * 40 + 0,82 * 245 = F_2 * 400$$

Luego:

$$F_1 = 10 * F_2 - 5 \dots\dots\dots(4)$$

CUADRO DE DATOS 1

Datos para el diagrama de la Fig. 5.5

a) I vs. F1 (Pag.100)

No	DATO		F1 (N)
	I (A)	F2 (N)	
1	0,00	0,50	0,00
2	0,30	0,75	2,50
3	0,40	0,75	2,50
4	0,55	1,00	5,00
5	0,65	1,25	7,50
6	0,73	1,50	10,00
7	0,80	1,75	12,50
8	0,90	2,00	15,00
9	0,95	2,00	15,00
10	1,00	2,25	17,50
11	1,15	2,50	20,00
12	1,30	2,75	22,50
13	1,43	3,00	25,00
14	1,46	3,25	27,50
15	1,60	3,25	27,50
16	1,80	3,50	30,00
17	1,60	3,50	30,00
18	1,30	3,25	27,50
19	1,20	3,00	25,00
20	1,00	2,75	22,50
21	0,95	2,50	20,00
22	0,90	2,50	20,00
23	0,85	2,25	17,50
24	0,80	2,25	17,50
25	0,70	2,00	15,00
26	0,60	1,75	12,50
27	0,55	1,50	10,00
28	0,50	1,25	7,50
29	0,38	1,00	5,00
30	0,27	0,75	2,50
31	0,15	0,60	1,00
32	0,00	0,50	0,00

ASCENDENTES

DESCENDENTES

CUADRO DE DATOS 2

Datos para el diagrama de la Fig. 5.6:

b) s_1' vs. F_1 (Pag. 100)

$I = 0,8 \text{ A}$

No	DATO		s_1 (mm)	s_3' (mm)	s_1' (mm)	F_1 (N)
	s_3 (mm)	F_2 (N)				
1	-3	2,50	-0,24	20	1,63	20,00
2	0	2,25	0,00	17	1,39	17,50
3	2	2,20	0,16	15	1,22	17,00
4	3	2,10	0,24	14	1,14	16,00
5	5	1,80	0,41	12	0,98	13,00
6	6	1,75	0,49	11	0,90	12,50
7	7	1,50	0,57	10	0,82	10,00
8	8	1,50	0,65	9	0,73	10,00
9	10	1,50	0,82	7	0,57	10,00
10	12	1,25	0,98	5	0,41	7,50

$I = 1,0 \text{ A}$

No	DATO		s_1 (mm)	s_3' (mm)	s_1' (mm)	F_1 (N)
	s_3 (mm)	F_2 (N)				
1	-5	3,00	-0,41	22	1,80	25,00
2	-2	3,00	-0,16	19	1,55	25,00
3	2	2,75	0,16	15	1,22	22,50
4	5	2,50	0,41	12	0,98	20,00
5	6	2,25	0,49	11	0,90	17,50
6	8	2,25	0,65	9	0,73	17,50
7	10	1,75	0,82	7	0,57	12,50
8	12	1,50	0,98	5	0,41	10,00
9	14	1,50	1,14	3	0,24	10,00
10	15	1,50	1,22	2	0,16	10,00

$I = 1,3 \text{ A}$

No	DATO	DATO	s1 (mm)	s3' (mm)	s1' (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)				
1	-5	3,50	-0,41	22	1,80	30,00
2	-4	3,75	-0,33	21	1,71	32,50
3	-1	3,75	-0,08	18	1,47	32,50
4	3	3,50	0,24	14	1,14	30,00
5	5	3,25	0,41	12	0,98	27,50
6	6	3,00	0,49	11	0,90	25,00
7	8	2,75	0,65	9	0,73	22,50
8	10	2,50	0,82	7	0,57	20,00
9	13	2,00	1,06	4	0,33	15,00
10	15	2,00	1,22	2	0,16	15,00

 $I = 1,6 \text{ A}$

No	DATO	DATO	s1 (mm)	s3' (mm)	s1' (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)				
1	-3	4,75	-0,24	20	1,63	42,50
2	0	4,50	0,00	17	1,39	40,00
3	5	4,25	0,41	12	0,98	37,50
4	6	4,25	0,49	11	0,90	37,50
5	8	4,00	0,65	9	0,73	35,00
6	10	3,50	0,82	7	0,57	30,00
7	11	3,25	0,90	6	0,49	27,50
8	13	3,00	1,06	4	0,33	25,00
9	15	2,75	1,22	2	0,16	22,50
10	17	2,50	1,39	0	0,00	20,00

II) SOLENOIDE PROPORCIONAL DE MANDO POR DESPLAZAMIENTO:

Diagrama de instalación:

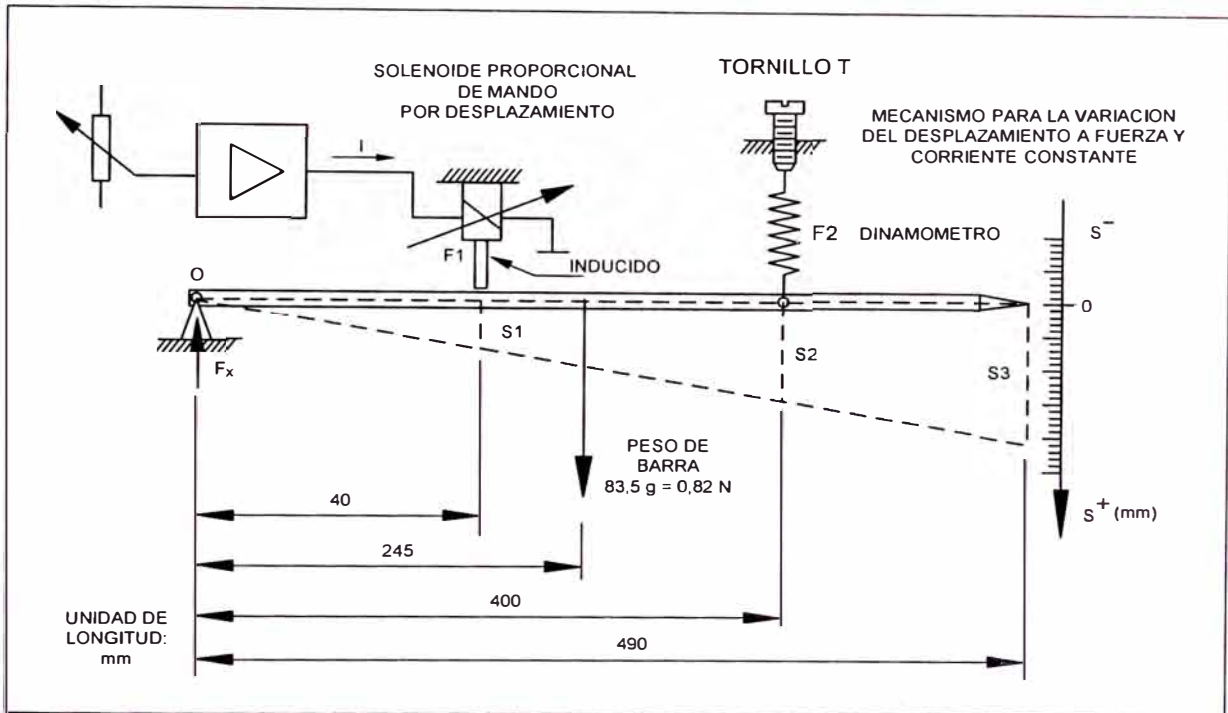


Fig. A.2: Instalación utilizada para obtener la curva de respuesta de un solenoide proporcional de mando por desplazamiento.

Para el diagrama:

s1	=	Desplazamiento del núcleo del solenoide proporcional de mando por desplazamiento para una corriente determinada (mm).
s2	=	Desplazamiento del muelle del dinamómetro (mm)
s3	=	Desplazamiento del extremo de la varilla correspondiente a un desplazamiento s1 (mm).
F1	=	Fuerza magnética aplicada sobre el inducido del solenoide (N).
F2	=	Fuerza medida por el dinamómetro (N).
k _d	=	Constante de proporcionalidad del muelle del dinamómetro = 2,5 N/cm.

En el diagrama se cumple:

$$\sum F = 0$$

$$F_x + F_2 = F_1 + 0,82N$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$F1 \cdot 40 + 0,82 \cdot 245 = F2 \cdot 400$$

Luego:

$$F1 = 10F2 - 5 \dots\dots\dots(1)$$

El efecto del peso de la barra es:

$$F1 = 0 \rightarrow F2 = 0,5N$$

Esta fuerza define un desplazamiento inicial de $s1$ que se debe determinar:

$$F2 = Kd \cdot s2$$

Reemplazando datos:

$$0,5N = 2,5 \frac{N}{cm} \cdot s2$$

$$s2 = 0,2cm = 2mm$$

$$\frac{s2}{400} = \frac{s3}{490}$$

$$\rightarrow s3 = 2,45mm$$

$$\frac{s2}{400} = \frac{s1}{40}$$

$$\rightarrow s1 = 0,2mm$$

Además en el diagrama se cumple:

$$\frac{s1}{40} = \frac{s3}{490}$$

Luego:

$$s1 = \frac{s3}{12,25} \dots\dots\dots(\alpha)$$

Como la barra tiene un peso, que genera un desplazamiento inicial de 0,2 mm en $s1$, se restará 0,2mm a la relación (α) con el objeto de graficar el desplazamiento $s1$ originado solo por el efecto de la corriente I:

$$s1 = \frac{s3}{12,25} - 0,2 \dots\dots\dots(2)$$

CUADRO DE DATOS 3

Datos para los diagramas de las Fig. 5.11; 5.12

a) I vs. F1 (Pag. 105)

b) s1 vs. F1 (Pag. 106)

No	DATO		DATO		F1 (N)
	I (A)	s3 (mm)	F2 (N)	s1 (mm)	
1	0,0	3,0	0,5	0,0	0,0
2	0,3	3,0	0,5	0,0	0,0
3	0,5	4,0	0,8	0,1	2,5
4	0,6	4,0	1,0	0,1	5,0
5	0,7	5,0	1,0	0,2	5,0
6	0,8	6,0	1,3	0,3	7,5
7	0,9	7,0	1,5	0,4	10,0
8	1,0	8,0	1,5	0,5	10,0
9	1,1	8,0	1,8	0,5	12,5
10	1,2	8,0	2,0	0,5	15,0
11	1,3	8,0	2,0	0,5	15,0
12	1,4	11,0	2,5	0,7	20,0
13	1,5	11,0	2,5	0,7	20,0
14	1,6	13,0	2,8	0,9	22,5
15	1,7	15,0	3,0	1,0	25,0
16	1,8	17,0	3,3	1,2	27,5
17	1,7	16,0	3,0	1,1	25,0
18	1,6	15,0	3,0	1,0	25,0
19	1,5	13,0	2,8	0,9	22,5
20	1,4	13,0	2,8	0,9	22,5
21	1,3	12,0	2,5	0,8	20,0
22	1,2	11,0	2,3	0,7	17,5
23	1,1	10,0	2,0	0,6	15,0
24	1,0	9,0	2,0	0,5	15,0
25	0,9	8,0	1,8	0,5	12,5
26	0,8	8,0	1,5	0,5	10,0
27	0,7	6,0	1,3	0,3	7,5
28	0,6	6,0	1,3	0,3	7,5
29	0,5	5,0	1,0	0,2	5,0
30	0,4	4,0	1,0	0,1	5,0
31	0,3	3,0	0,8	0,0	2,5
32	0,2	3,0	0,5	0,0	0,0

ASCENDENTES

DESCENDENTES

CUADRO DE DATOS 4

Datos para el diagrama de la Fig. 5.13

c) s_1 vs. F_1 (Pag. 106) Para $I = 1 \text{ A}$ (Con valores ascendentes y descendentes para mostrar la histéresis)

$I = 1,0 \text{ A}$					
No	DATO		s_1 (mm)	F_1 (N)	
	s_3 (mm)	F_2 (N)			
1	-7,0	0,50	-0,8	0,0	ASCENDENTES
2	-2,0	1,00	-0,4	5,0	
3	1,0	1,50	-0,1	10,0	
4	3,0	1,50	0,0	10,0	
5	5,0	1,50	0,2	10,0	
6	8,0	1,50	0,5	10,0	
7	11,0	1,50	0,7	10,0	
8	13,0	1,50	0,9	10,0	
9	18,0	1,50	1,3	10,0	
10	25,0	1,50	1,8	10,0	
11	25,0	1,50	1,8	10,0	DESCENDENTE
12	18,0	1,75	1,3	12,5	
13	15,0	2,00	1,0	15,0	
14	13,0	2,00	0,9	15,0	
15	11,0	2,00	0,7	15,0	
16	8,0	2,00	0,5	15,0	
17	5,0	2,00	0,2	15,0	
18	3,0	2,00	0,0	15,0	
19	1,0	1,50	-0,1	10,0	
20	-2,0	1,00	-0,4	5,0	
21	-5,0	0,5	-0,6	0,0	

CUADRO DE DATOS 5

Datos para el diagrama de la Fig. 5.14

d) s1 vs. F1 (Pag. 107) (Para un valores de corriente constante)
(Solo valores ascendentes)

$I = 0,8 \text{ A}$

No	DATO		s1 (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)		
1	-7	0,50	-0,8	0,0
2	-2	0,50	-0,4	0,0
3	1	1,25	-0,1	7,5
4	3	1,25	0,0	7,5
5	6	1,25	0,3	7,5
6	8	1,25	0,5	7,5
7	11	1,25	0,7	7,5
8	13	1,25	0,9	7,5
9	15	1,25	1,0	7,5
10	18	1,25	1,3	7,5

$I = 1,0 \text{ A}$

No	DATO		s1 (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)		
1	-7	0,50	-0,8	0,0
2	-2	1,00	-0,4	5,0
3	1	1,50	-0,1	10,0
4	3	1,50	0,0	10,0
5	5	1,50	0,2	10,0
6	8	1,50	0,5	10,0
7	11	1,50	0,7	10,0
8	13	1,50	0,9	10,0
9	15	1,50	1,0	10,0
10	18	1,50	1,3	10,0

I = 1,2 A

No	DATO	DATO	s1 (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)		
1	-7	0,50	-0,8	0,0
2	-2	0,50	-0,4	0,0
3	1	2,00	-0,1	15,0
4	3	2,00	0,0	15,0
5	5	2,00	0,2	15,0
6	9	2,00	0,5	15,0
7	11	2,00	0,7	15,0
8	13	2,00	0,9	15,0
9	15	2,00	1,0	15,0
10	18	2,00	1,3	15,0

I = 1,4 A

No	DATO	DATO	s1 (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)		
1	-7	0,50	-0,8	0,0
2	-2	0,50	-0,4	0,0
3	1	2,50	-0,1	20,0
4	3	2,50	0,0	20,0
5	5	2,50	0,2	20,0
6	8	2,50	0,5	20,0
7	11	2,50	0,7	20,0
8	13	2,50	0,9	20,0
9	15	2,50	1,0	20,0
10	18	2,50	1,3	20,0

I = 1,6 A

No	DATO	DATO	s1 (mm)	F1 (N)
	s3 (mm)	F2 (N)		
1	-7	0,50	-0,8	0,0
2	-2	0,50	-0,4	0,0
3	1	3,00	-0,1	25,0
4	3	3,00	0,0	25,0
5	5	3,00	0,2	25,0
6	8	3,00	0,5	25,0
7	11	2,75	0,7	22,5
8	13	2,75	0,9	22,5
9	15	2,75	1,0	22,5
10	18	2,75	1,3	22,5

CURVA DE RESPUESTA EXPERIMENTAL DE UN SOLENOIDE DE 24 V D.C.

Secuencia seguida:

- 1) Accionar S1 (energizar el solenoide con 24 V DC.). La varilla se desplaza totalmente hasta una distancia determinada.
- 2) Comenzar a extraer el tornillo T de tal manera que el dinamómetro aplique mas fuerza sobre el inducido a la vez que se disminuye la distancia s3.
- 3) Tomar valores s3 y F2

Diagrama de instalación:

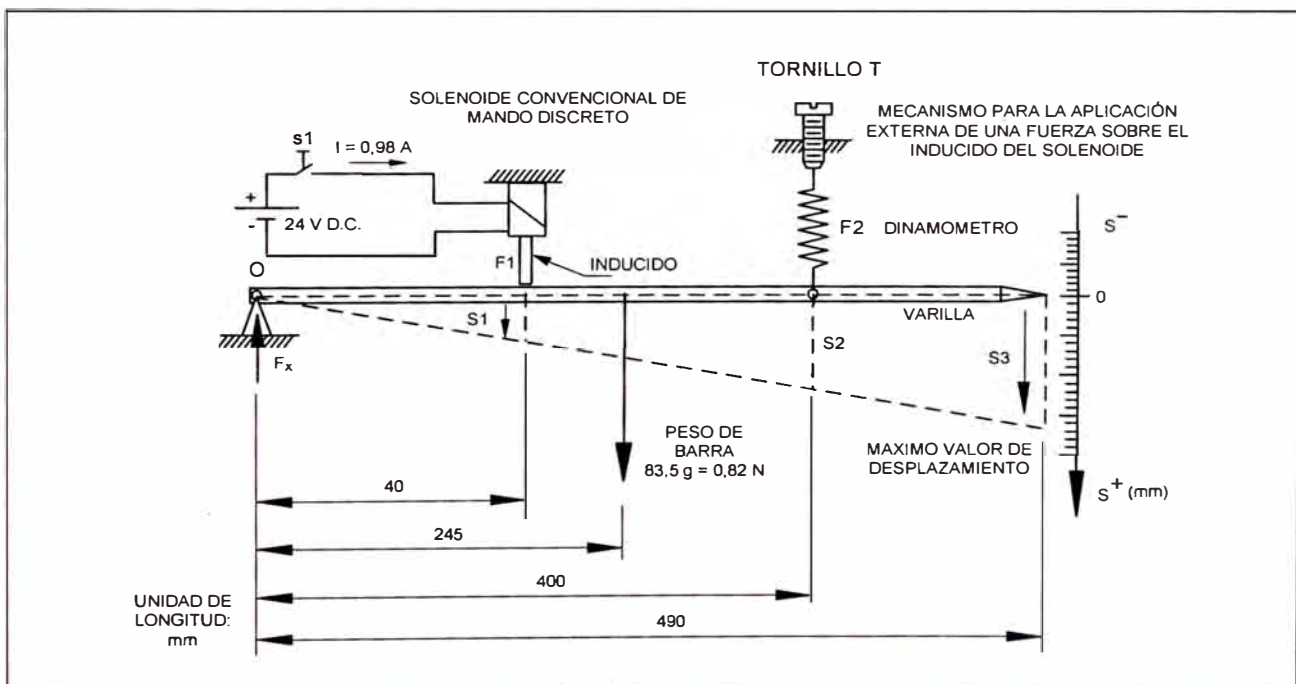


Fig. A.3 : Diagrama de instalación para la obtención de la respuesta de un solenoide convencional de mando discreto

Datos del solenoide:

$$R = 170 \Omega$$

$$P = 24 \text{ W}$$

Acciona a una válvula distribuidora HERION TN 6

CUADRO DE DATOS 6

I = 0,98 A

No	DATO		DATO	
	s3 (mm)	F2 (N)	s1 (mm)	F1 (N)
1	30,0	5,50	2,2	50,0
2	25,0	6,00	1,8	55,0
3	23,0	6,25	1,7	57,5
4	22,0	6,50	1,6	60,0
5	20,0	6,75	1,4	62,5
6	18,0	7,50	1,3	70,0
7	15,0	8,00	1,0	75,0
8	12,0	10,00	0,8	95,0

Nota:

F1 y s1 son obtenidos con las relaciones (1) y (2) de la parte II "Solenoides proporcional de Mando por desplazamiento" del ANEXO 1

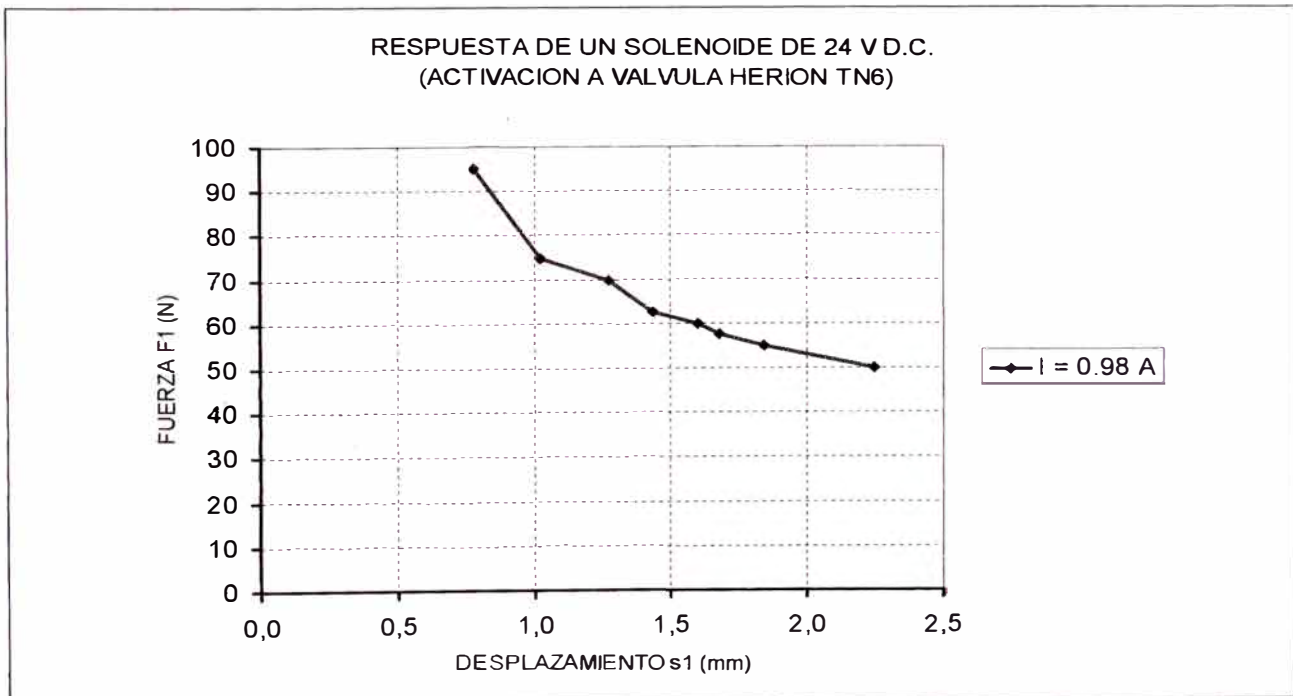
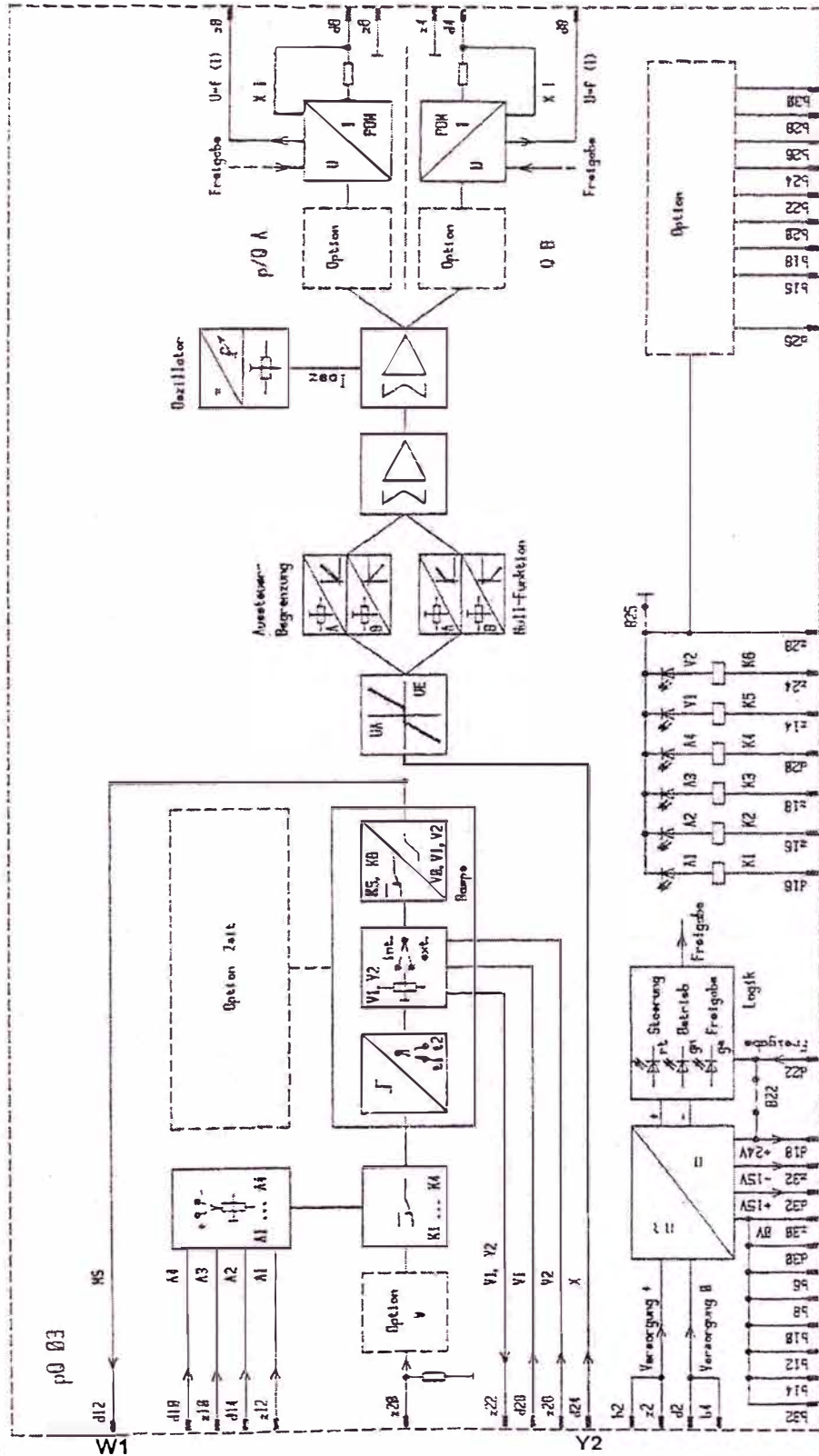


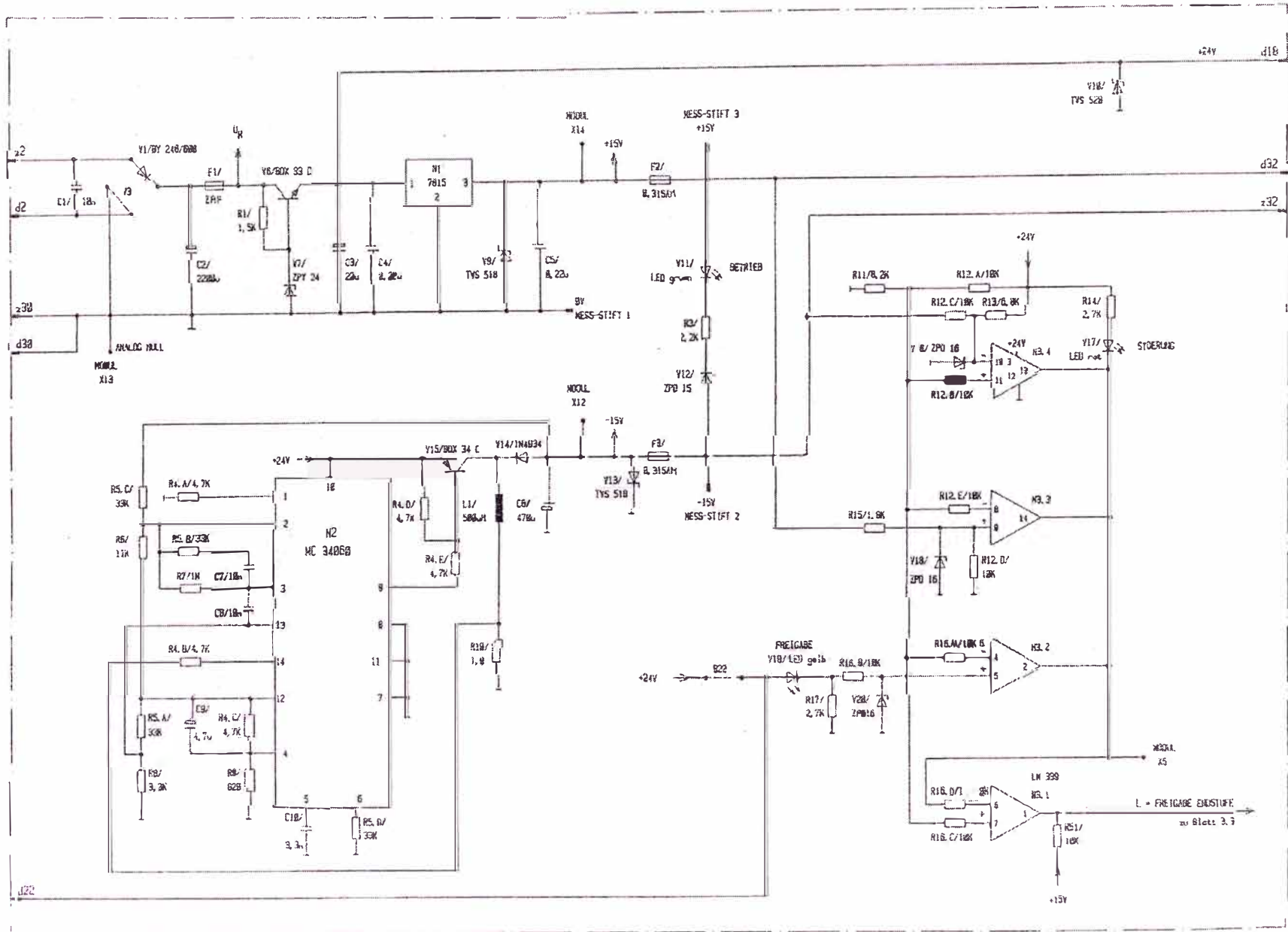
Fig. A.4 : Diagrama experimental de fuerza magnética (F) vs. desplazamiento (s) para solenoide convencional de mando discreto.

Este diagrama guarda relación con el diagrama teórico mostrado en la Fig. 2.37 (Pag. 48):
Características de un solenoide discreto del CAP 2; 2.9.

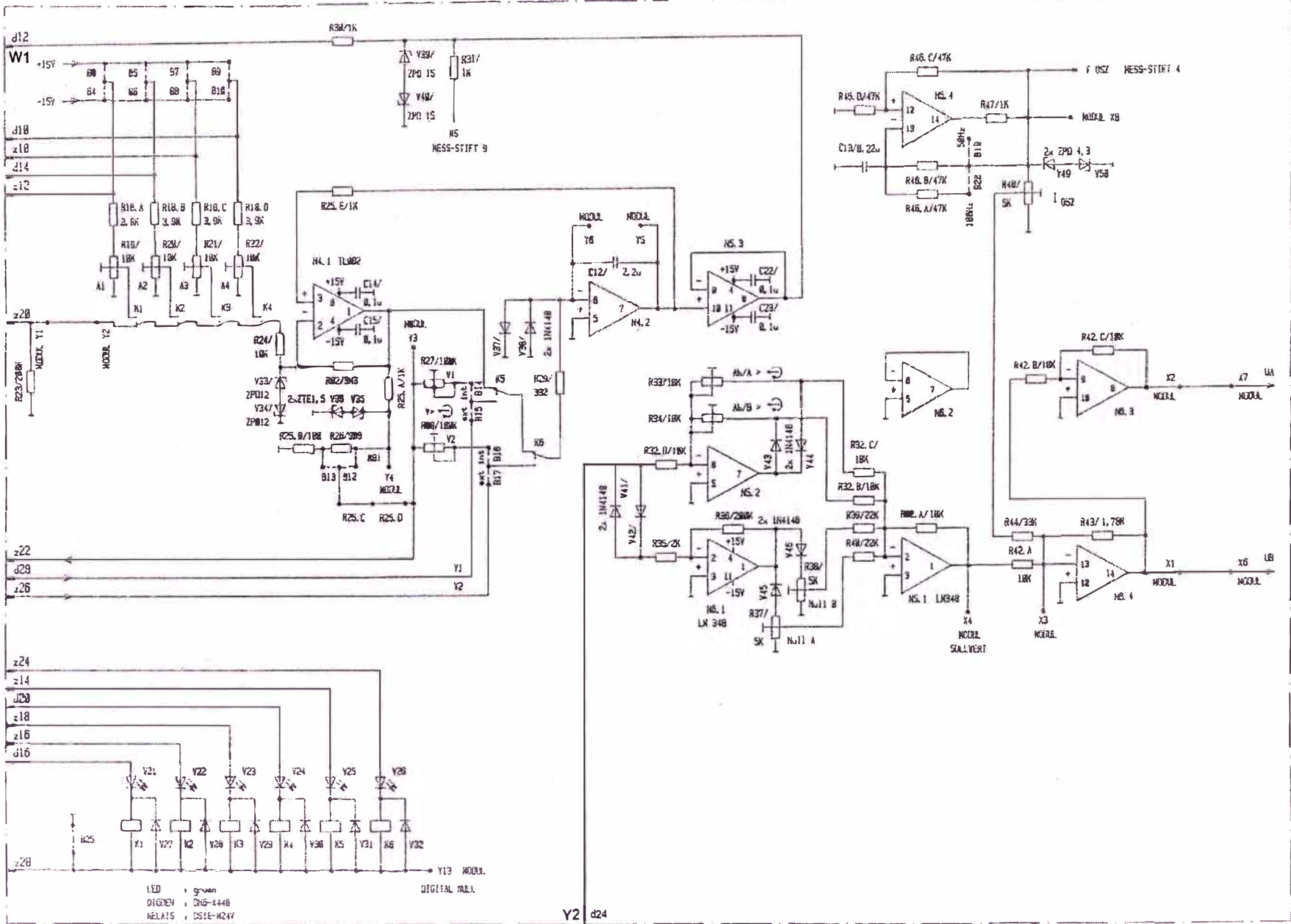
TARJETA DE CONTROL PROPORCIONAL PQ 03

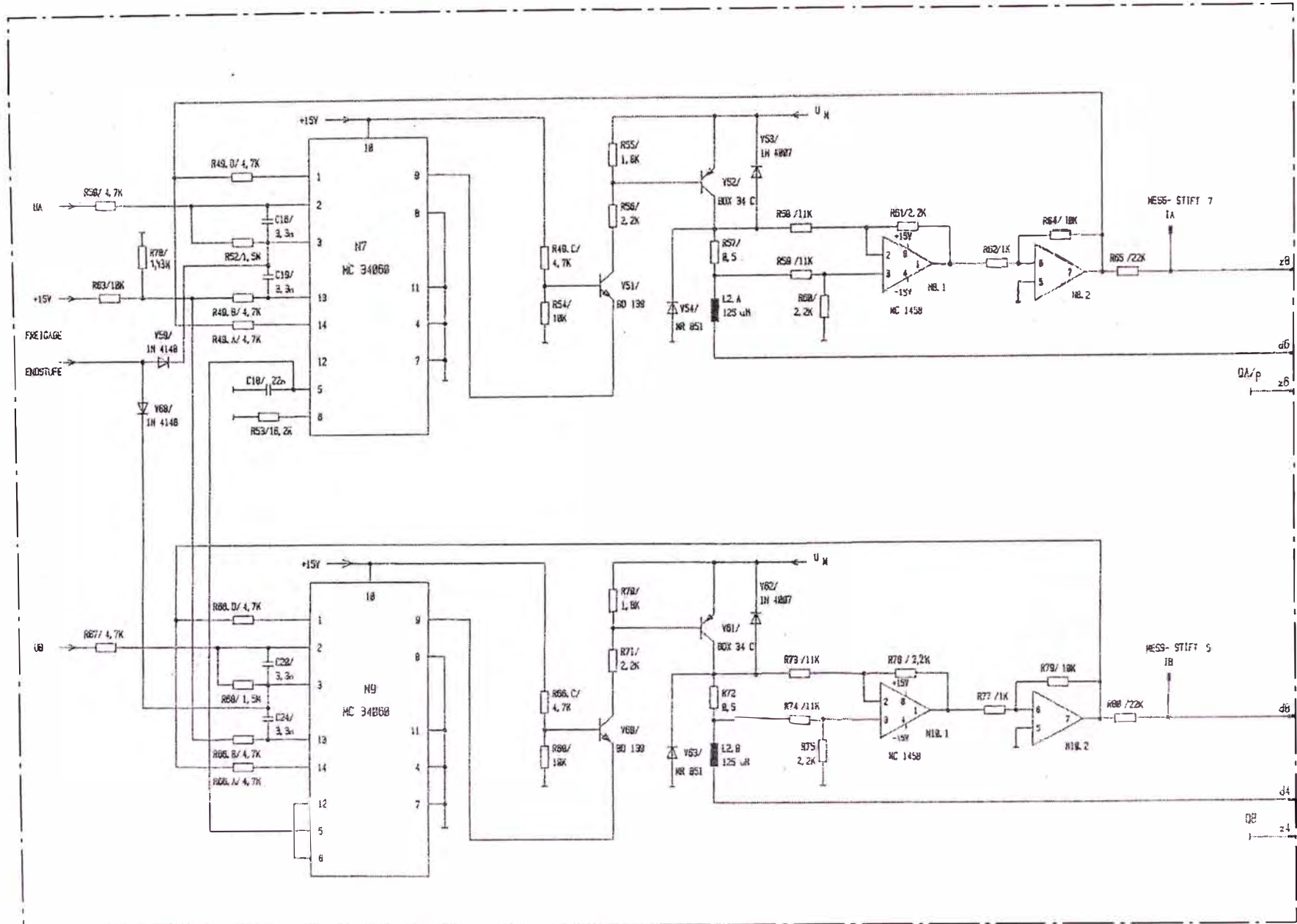
I) PLANO ELECTRÓNICO EN BLOQUES

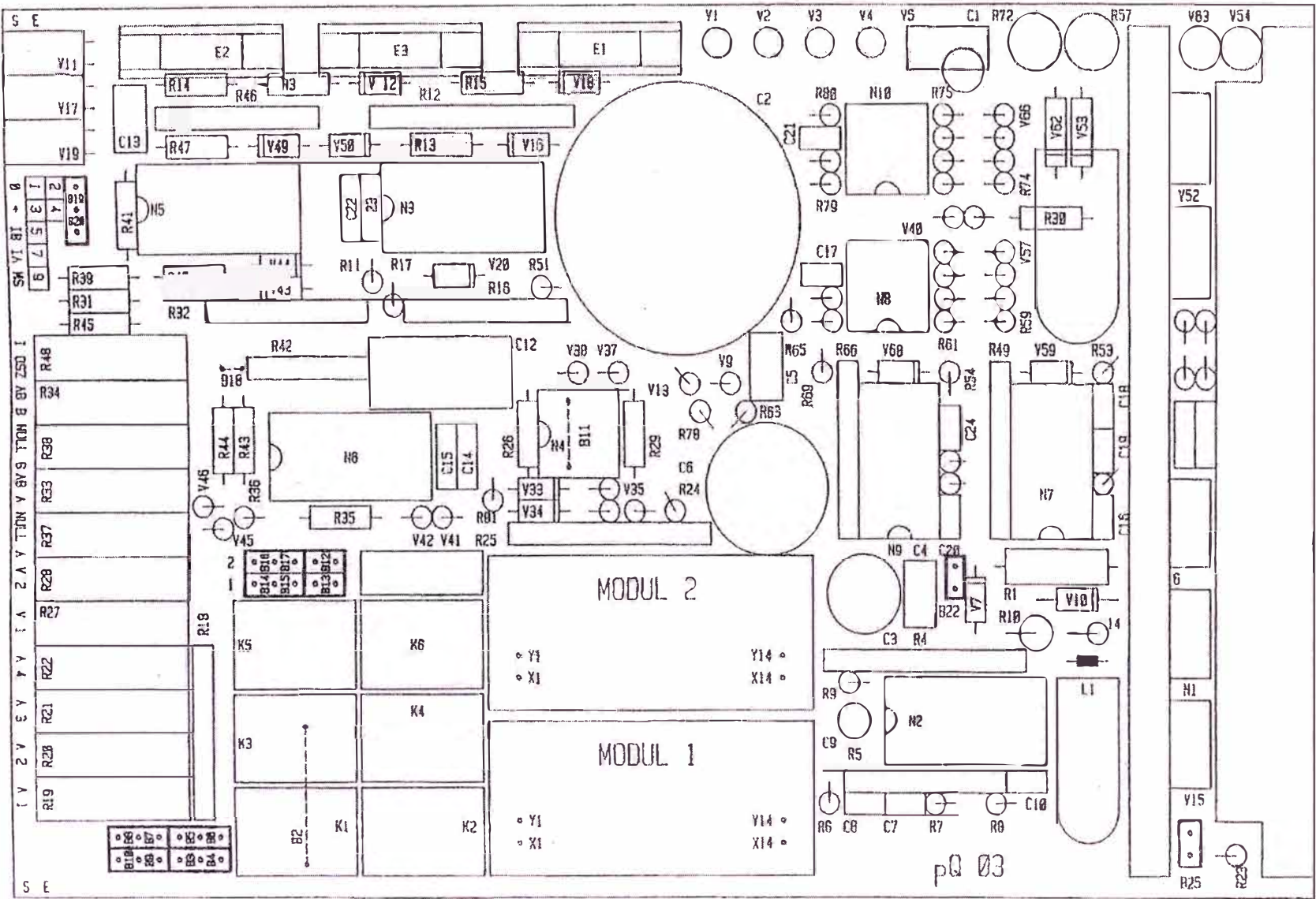




II) PLANO ELECTRÓNICO DETALLADO







II) PLANO DE UBICACIÓN DE COMPONENTES

IV) CONEXIONES EXTERNAS

TENSIONES DE ALIMENTACIÓN PARA POTENCIÓMETROS EXTERNOS

Ausgänge Versorgung Sollwerteinsteller
Istwertaufnehmer ect.

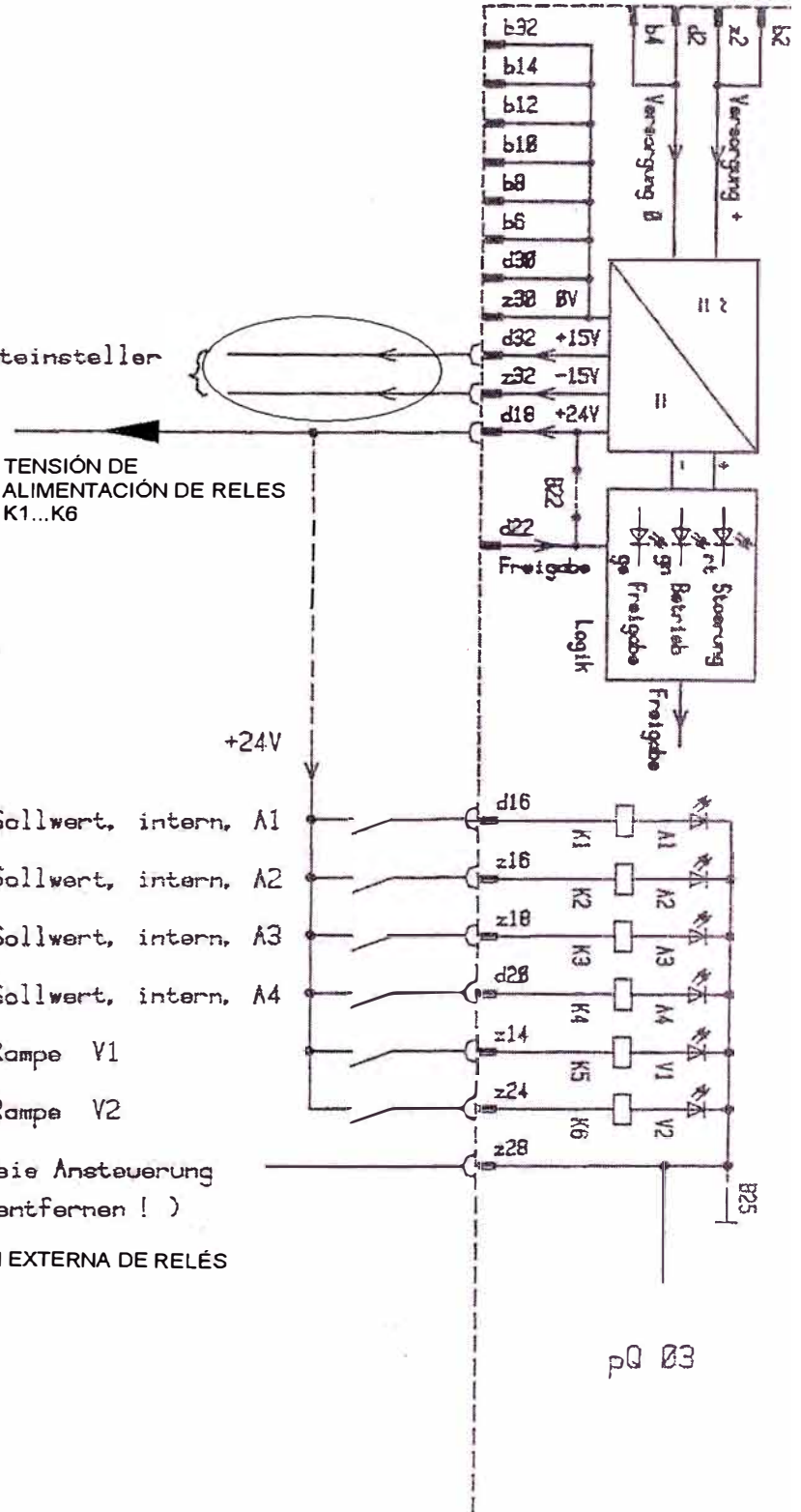
Ausgang Versorgung
Relais, Freigabe ect.

Freigabe Endstufen
Kontakt geöffnet : Sperre
Kontakt geschlossen: Freigabe

- Abruf Relais { K1, Sollwert, intern, A1
K2, Sollwert, intern, A2
K3, Sollwert, intern, A3
K4, Sollwert, intern, A4
- RELÉS DE ACTIVACIÓN DE NIVELES {
- RELÉS DE ACTIVACIÓN DE RAMPAS { K5, Rampe V1
K6, Rampe V2

Relais-Null fuer potentialfreie Ansteuerung
(bei Verwendung Bruecke B25 entfernen !)

PUNTO COMÚN PARA ENERGIZACIÓN EXTERNA DE RELÉS
(EXTRAER JUMPER B25)



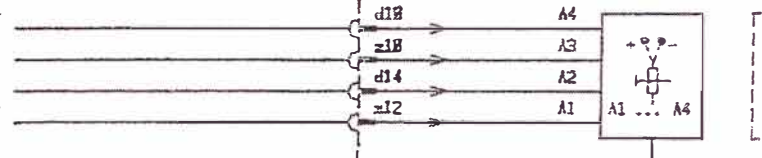
dQ 03

SALIDA DE SEÑAL SET POINT A LA TARJETA DE CONTROL P.I.D. RV 42

Führungsgroesse fuer Folgeverstoerker (Ausgang !)

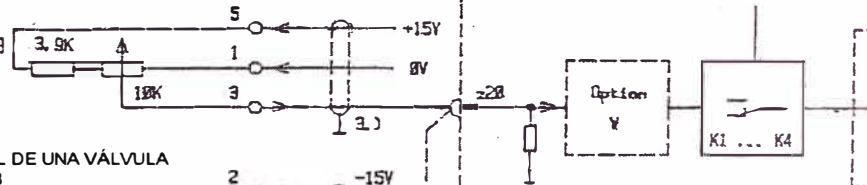
pQ 03

ENTRADAS EXTERNAS DE SEÑAL
 externe Spannungsvorgabe
 fuer interne Sollwerttrimmer



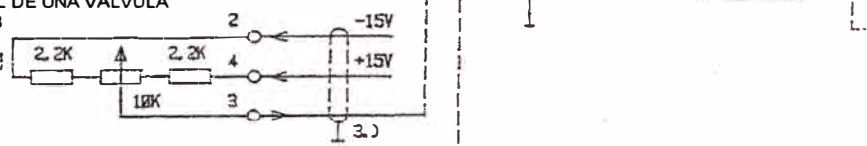
SET POIN PARA EL CONTROL DE UNA VÁLVULA
 CON UN SOLENOIDE A

Sollwert Einstellung hier mit extern hier mit Magnet A SE01/SE02



SET POIN PARA EL CONTROL DE UNA VÁLVULA
 CON DOS SOLENOIDES A Y B

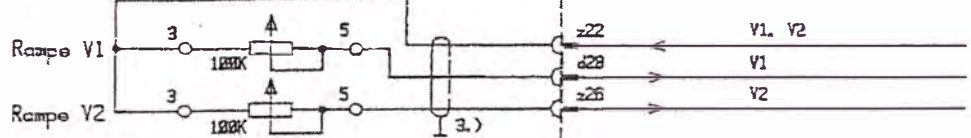
Sollwert extern Magnet A und B Einstellung hier mit SE01/SE02



RAMPAS EXTERNAS

Einstellung mit SE01/SE02

Rampen- verstellzeit extern



Istwert
 ENTRADA DE LA MAGNITUD DE REGULACIÓN Y PROVENIENTE DE LA TARJETA RV 42



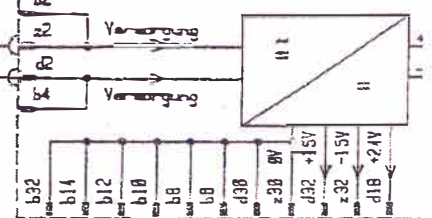
ALIMENTACIÓN DE TENSION

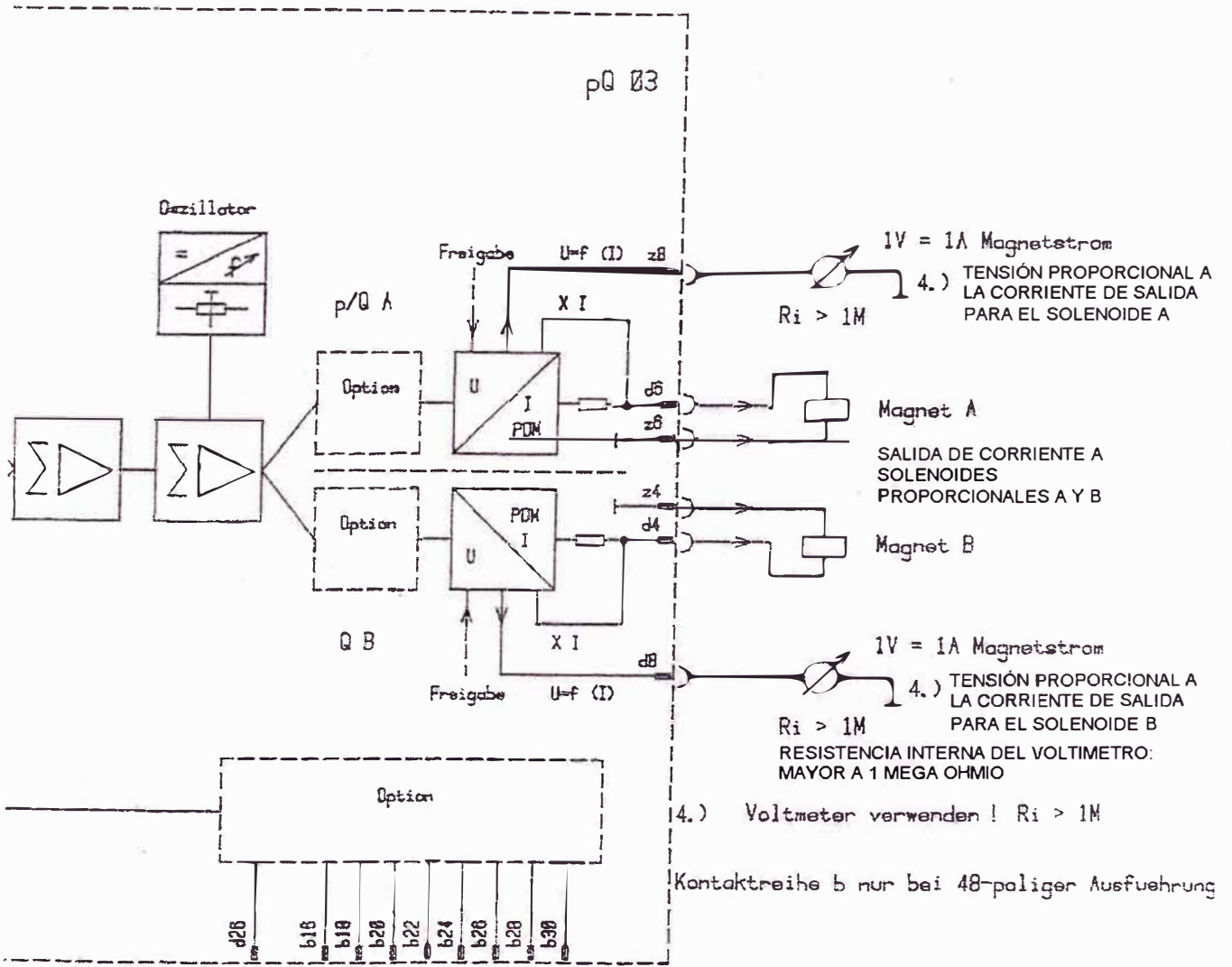
Versorgung

Gleichspannungsausfuehrung



Wechselspannungsausfuehrung





TARJETA DE REGULACION P. I. D. RV 42

Regelverstärker RV 41/42

PID-Regler

Ausgangssignal 0 bis ± 10 V
ohne/mit Endstufe zum Ansteuern von ServoventilenKatalogregister
A17, P17, H17

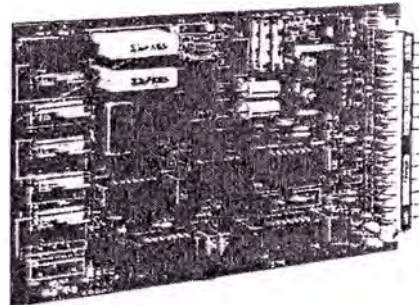
Schrift 7502107.05.02.90

Beschreibung (Standardgerät)

Allgemeines

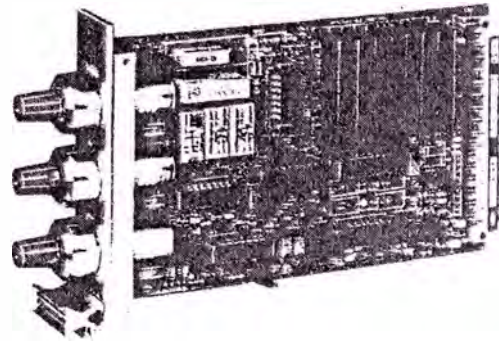
Der elektronische Regelverstärker RV 41 vergleicht Sollwerte (Führungsgröße W) mit einem Istwert (Regelgröße X). Die Regelabweichung wird über ein PID-Netzwerk dem Summenverstärker zugeführt, an dessen Ausgang dann eine Stellgröße (Y) zur Ansteuerung einer Endstufe zur Verfügung steht. Das PID-Netzwerk setzt sich aus einem P-, I- und D-Regler zusammen. Die einzelnen Regelverstärker können unabhängig voneinander eingestellt werden, wobei sich der I- bzw. D-Regler beliebig zu oder abschalten läßt.

Bei Ausführung zur Ansteuerung von Servoventilen enthält der Verstärker eine stromgegekoppelte Endstufe und einen Eingang für Oszillator-Spannung.



Merkmale

- 2 Sollwertgänge, addierend
- einstellbare Istwertgenerierung
- einfache Veränderung des Regelnetzwerkes
- hohe Auflösung der Einstellparameter
- Vorzeichenumkehrung der Stellgröße steckbar
- Vorzeichenumkehrung des kompensierten Istwertes steckbar
- LED-Anzeige, welche Regelnetzwerke aktiv sind
- mit und ohne Endstufe für Servoventilansteuerung



Kenngrößen

Allgemeine Kenngrößen

Benennung	Regelverstärker RV 41/42	
Bauart	analog arbeitender Regelverstärker	
Einbaulage	stehend, freie Luftzirkulation muß gewährleistet sein	
Umgebungs-temperaturbereich θ_a [$^{\circ}$ C]	0 ... +45	
Masse [kg]	0,16	
Baugröße Platine [mm]	100 x 160	
Platzbedarf bei Einbau in 19"-Einschubrahmen [mm]	30	
Stiftleiste	31 pol. DIN 41 617	

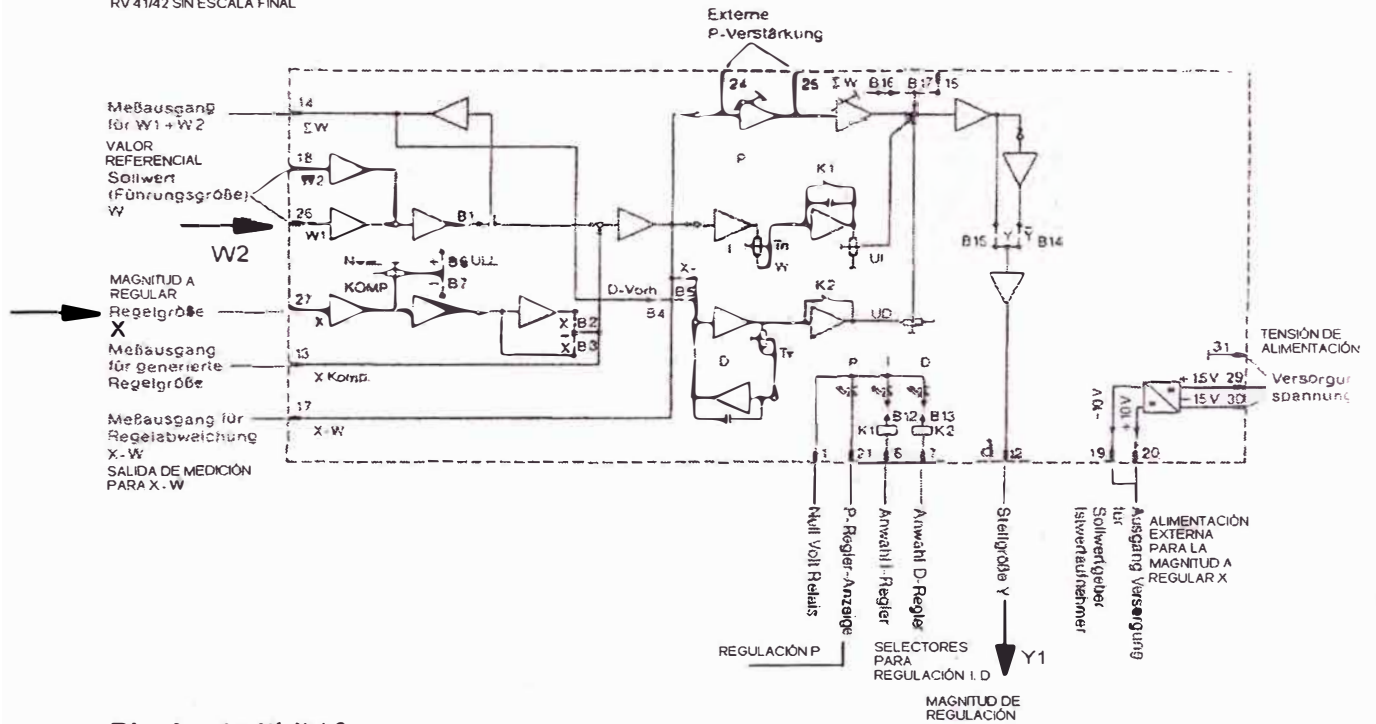
HERION-WERKE KG
FLUIDTRONIK • 70731 FellbachHausadresse: Stuttgarter Straße 120 • 70736 Fellbach
Tel (07 11) 52 09-0 • Fax (07 11) 52 09-6 14 • Telex 7 254 507

Geräteaufstellung (Standardausführungen) ® ®

Bestell-Nr.	5998684	5998726	5998512	5998732	5998710	5998708	5998513	5998709	5998704	5998515	5998683	5998516	5998672	5998769
Ausführung	ohne Endstufe		mit Endstufe zur Ansteuerung von Servoventilen											
Typ	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 41	RV 42	RV 42	RV 42	RV 42
Versorgung														
interne Betriebs- spannungen [V]	+ 15 ± 0,6 - 15 ± 0,6		+ 15 ± 0,6 - 15 ± 0,6 + 10 ± 0,01 - 10 ± 0,01											
Stromaufnahme [mA]	für + 15 V für - 15 V		75 75											
Versorgung Endstufe [V]	-		+ 15 ± 0,6 - 15 ± 0,6											
Stromaufnahme Endstufe incl. Ventilstrom [mA]	+ 15 V - 15 V		17,5 20		40 50		90 110		810 17,5 20		70 90		810 810	
Eingänge														
Eingangsspannung														
nominal [V]	± 10		± 10											
maximal [V]	± 30		± 30											
Eingangswiderstand R: [MΩ]	< 1		< 1											
Freigabesignal Endstufe [V]	-		24 = ± 4											
Anwahl P-, I- und D-Regler [V]	24 = ± 4		24 = ± 4											
Eingangsstrom pro Eingang [mA]	10		10											
Ausgänge														
Ausgangsspannung zur Speisung externer Soll- wert- oder Istwertgeber [V]	- 10 ± 1 - 10 ± 1		-											
Ausgangsstrom bei + 10 V [mA]	100		-											
- 10 V [mA]	100		-											
Ausgänge analog [V]	0 ... ± 10		0 ... ± 10											
Ausgangsstrom max. [mA]	± 10		± 10											
Ausgang Servoventil Nennstrom [mA]	-		7,5 10		30 40		80 100		800 7,5 10		60 80		800 800	
Magnetspulenwiderstand Servoventile [Ω]	-		400 1000		260 80		22 27		7 400		1000 40		22 7	
Regler														
Istwertgenerierung														
X-Kompensation [V]	0 ... ± 0,5		0 ... ± 10		-									
X-Kalibrierung [X-Faktor]	0,95 ... 1,05		0,95 ... 4,9		0,95 ... 1,05									
Soll-Istwert Vergleichsgenauigkeit [%]	< 0,1		< 0,1											
P-Regler [Faktor]	0,1 ... 1,1		0,1 ... 1,1											
Verstärkungsgrad- Bereiche, wählbar	1 ... 11 10 ... 110 100 ... 1100		1 ... 11 10 ... 110 100 ... 1100											
Feineinstellung innerhalb der Bereiche	linear		linear											
I-Regler Nachstellzeit T _n einstellbar [sec]	3 × 10 ⁻⁵ ... 36,6		3 × 10 ⁻⁵ ... 36,6											
D-Regler Vorhaltezeit T _v einstellbar [sec]	3 × 10 ⁻⁵ ... 33		3 × 10 ⁻⁵ ... 33											
Frontplatte 122 × 30 mm	-		-											
Blockschaltbild Nr.	1		2		2		2		2		2		2	
Frontansicht Nr.	1		1		1		1		1		2		2	

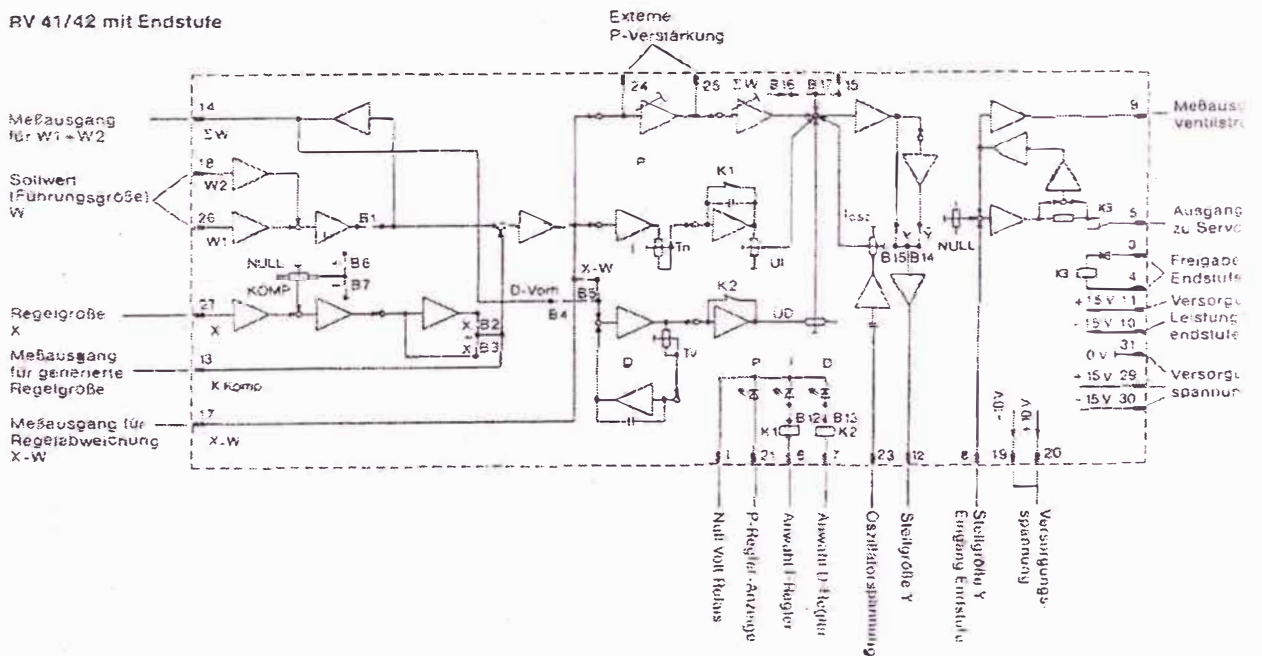
Blockschaltbild 1

RV 41/42 ohne Endstufe
RV 41/42 SIN ESCALA FINAL

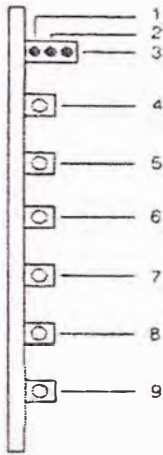


Blockschaltbild 2

RV 41/42 mit Endstufe

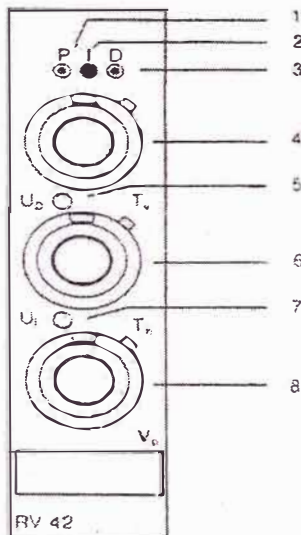


Frontansicht 1



- 1 LED-Anzeige P-Regler
- 2 LED-Anzeige I-Regler aktiv
- 3 LED-Anzeige D-Regler aktiv
- 4 Einstellung der Vorhaltezeit T_v mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer
- 5 Einstellung der Größe des Differenzieranteils U_D mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer
- 6 Einstellung der Größe der Nachstellzeit T_n mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer
- 7 Einstellung der Größe des Integrationsanteils U_i mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer
- 8 Einstellung der Regelverstärkung „ V_e “ des P-Reglers mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer
- 9 Einstellung der Größe des Oszillierstromes I_{cv} mit 15-Gang-Trimpmpotentiometer (nur bei Ausführung mit Endstufe)

Frontansicht 2



- 1 LED-Anzeige P-Regler
- 2 LED-Anzeige I-Regler aktiv
- 3 LED-Anzeige D-Regler aktiv
- 4 Einstellung der Vorhaltezeit T_v mit 10-Gang-Potentiometer
- 5 Einstellung der Größe des Differenzieranteils U_D mit 10-Gang-Potentiometer
- 6 Einstellung der Größe der Nachstellzeit T_n mit 10-Gang-Potentiometer
- 7 Einstellung der Größe des Integrationsanteils U_i mit 10-Gang-Potentiometer
- 8 Einstellung der Regelverstärkung des P-Reglers mit 10-Gang-Potentiometer

Zubehör zu Regelverstärker RV 41/42

Benennung	Spezifikation	Bestell-Nr.	Schrift-Nr
Sollwertesteller SE 01 Drehwinkel 270°	für Reglersollwert	5998477	7501675
Sollwertesteller SE 02 Drehwinkel 3600°	für Reglersollwert	5998478	7501782
Kartenträger KT 02	31 polig	5996580	7501677
Netzteil NT 09	2 x 19 V ~ 60 VA $\pm 10 V \pm 15 V \pm 24 V$	5998462	7502225

Anderungen im Monat/Jahr © 10 BE © 02 90


VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL 4/3 NG 6

Proportional-Wegeventile NG 6

direkt gesteuert, elektrisch einstellbar

Anschlußmaße nach DIN 24 340 und ISO

PN (p_{max}) = 315 bar



Bereich Hydraulik
H 301

Beschreibung (Standardgeräte)

Aufbau

Das Proportional-Wegeventil NG 6 ist nach dem 5-Kammersystem gebaut und als Schieberventil ausgebildet. Das Ventil ist proportional magnetbetätigt.

Anwendung

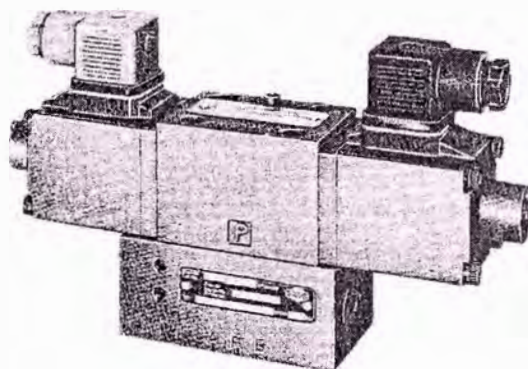
Das Proportional-Wegeventil kann zur Richtungs- und Geschwindigkeitssteuerung von Hydraulikzylindern und Hydraulikmotoren eingesetzt werden und kommt dort zur Anwendung, wo ein teures Servoventil zu aufwendig und ein normales Wegeventil von der Funktion her nicht ausreichend ist. Durch das stetig steuerbare Signal können über die elektrische Fernsteuerung die vielfältigen Bewegungen einfach und sehr feinfühlig gefahren werden. Durch den Einsatz einer Druckwaage als Zwischenbaugerät kann das Proportional-Wegeventil eine Stromregelfunktion in beiden Arbeitsanschlüssen übernehmen.

Befestigung

Die Geräte werden mit Schrauben auf Anschlußplatten befestigt und mit O-Ringen abgedichtet.

Leitungsanschluß

Anschlußplatte, Anschlußmaße nach DIN 24 340 und ISO.



Merkmale

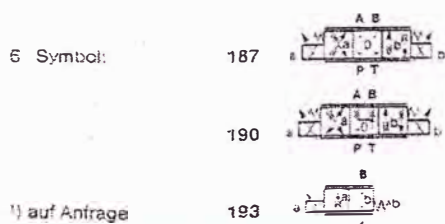
- Geschwindigkeits- und Richtungssteuerung nach Sollwert-Vorgabe
- Programmsteuerung, Fernsteuerung
- federzentrierte, druckgesteuerte, robuste Ausführung
- preisgünstige Systemlösung
- mit Druckwaage lastunabhängige Geschwindigkeitssteuerung. Bei $\Delta p > 30$ bar an der Drosselkante ist die Funktion nur mit untergeflanschter Druckwaage gewährleistet

Typenschlüssel

Proportional-Wegeventil

S	6	UP	10	G	187	001	1	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- | | | |
|---------------------|----|---|
| 1 Gerätegruppe: | S | - Wegeventil |
| 2 Nenngröße NG: | 6 | |
| 3 Betätigung: | UP | - elektrisch -
Proportionalmagnet |
| | UR | - elektrisch -
Proportionalmagnet
mit Rückführung |
| 4 Elektroanschluß: | 10 | - Gerätesteckdose Pg 11
nach DIN 43 650 auf Magnet |
| 5 Leitungsanschluß: | G | - Anschlußplatte, Anschlußmaße
nach DIN 24 340 und ISO |



- | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|
| 7 Läufer: | 001 | - siehe Kennlinie |
| | 002 | - siehe Kennlinie |
| 8 Konstruktionsstand: | 1 | |
| 9 Zusatzangaben: | O | - Standardausführung |
| 10 Dichtungsmaterial: | O | - Perbunan |
| | V | - Viton |

Anschlußplatte

P	S	6	G	2	001	1	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

- | | | |
|-----------------------|-----|------------------------|
| 1 Gerätegruppe: | P | - Anschlußplatte |
| 2 Gerätezuordnung: | S | - Wegeventil |
| 3 Nenngröße NG: | 6 | |
| 4 Anschlußbild: | G | - DIN 24 340 und ISO |
| 5 Leitungsanschluß: | 2 | - R 1/4 (Innengewinde) |
| | 3 | - R 3/8 (nach DIN 259) |
| 6 Läufer: | 001 | - Standardausführung |
| 7 Konstruktionsstand: | 1 | |
| 8 Zusatzangaben: | O | |
| 9 Dichtungsmaterial: | O | |

Kenngrößen

Allgemeine Kenngrößen

Typenbezeichnung	S 6 UP ...		
Benennung	Proportional-Wegeventil		
Symbol	siehe Geräteaufstellung		
Bauart	Schieberventil, direkt gesteuert		
Befestigungsart	Flansch		
Leitungsanschluß	Anschlußplatte		
Einbauhöhe	Ventilachse waagrecht (siehe Einbauzeichnungen)		
Betätigungsart	Proportionalmagnet		
Masse Wegeventil	[kg] 1 Magnet	1,7	
	2 Magnete	2,3	
Masse Druckwaage-Zwischenbaugerät	[kg]	1,0	
Masse Anschlußplatte	[kg] R 1/4	0,7	
	R 3/8	1,8	
Umgebungstemperaturbereich	t_{u}	[°C]	-20 bis +50
Nenngröße	NG	6	

Hydraulische Kenngrößen

Betriebsdruckbereich bei P, A, B und T	p_{max}	[bar]	bis 315
Druckmitteltemperatur	$t_{\text{m max.}}$	[°C]	+ 70
Viskositätsbereich	ν	[mm ² /s]	12 bis 500
Nulldurchfluß ($\Delta p = 100$ bar)		[cm ³ /min]	20
	mit Druckwaage I mit Druckwaage II	Q_{min}	[cm ³ /min] 50 100
Ventildruckgefälle mit Druckwaage I mit Druckwaage II	Δp	[bar]	10
	Δp	[bar]	20
Reproduzierbarkeit mit Brumm ¹⁾	bei Q_{min}	[%]	10
	bei $J = 500$ mA	[%]	1
Hysterese	S 6 U P, mit Druckwaage, mit Brumm ¹⁾	[%]	2
	S 6 U P, ohne Druckwaage, mit Brumm ¹⁾	[%]	2
Ansprechempfindlichkeit mit Brumm ¹⁾	i_N	[%]	0,1
Umkehrspanne mit Brumm ¹⁾	i_N	[%]	0,1
Stellzeit	t_s (Q_{min} auf $0,5 Q_{\text{max}}$)	[ms]	25
	t_s (Q_{max} auf $0,5 Q_{\text{min}}$)	[ms]	12
Filterung absolut		[μm]	25

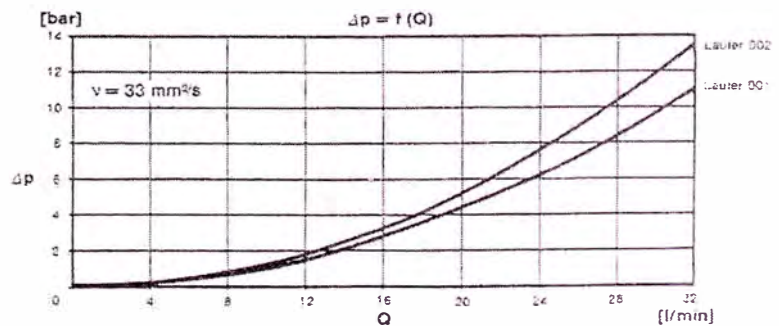
Elektrische Kenngrößen

Nennstrom	I_N	[mA]	800
Grenzleistung		[W]	22,5

¹⁾ Brumm: Frequenz 50 Hz, Amplitude 120 mA_{eff}

Kennlinien

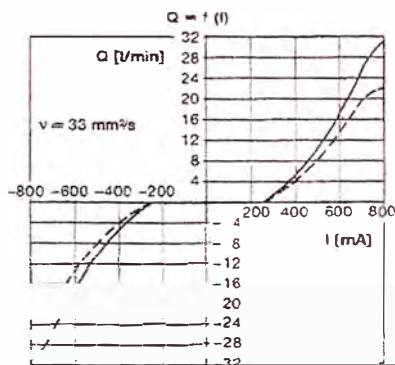
Ventildruckgefälle ohne Druckwaage,
Ventil vollständig angesteuert



Kennlinien

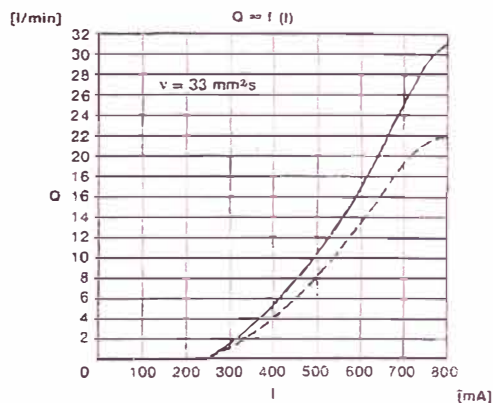
Proportional-Wegeventil - - - mit Druckwaage I
 — mit Druckwaage II

S 6 UP 10 G 187 001 1 O O
 S 6 UP 10 G 190 001 1 O O

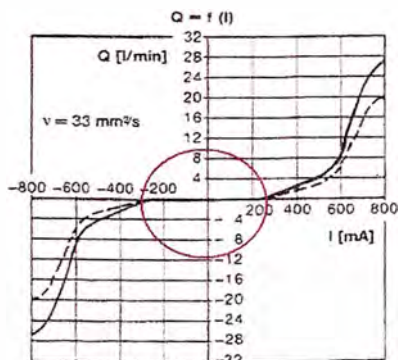


Läufer 001

S 6 UP 10 G 193 001 1 O O

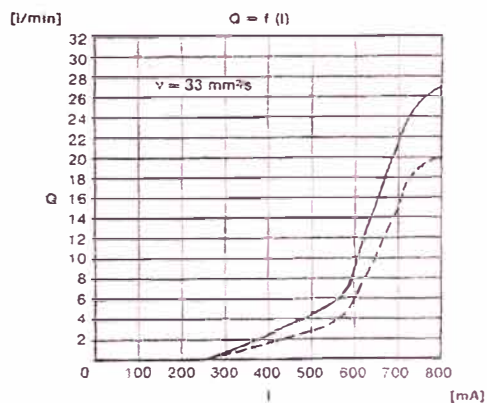


S 6 UP 10 G 187 002 1 O O
 S 6 UP 10 G 190 002 1 O O

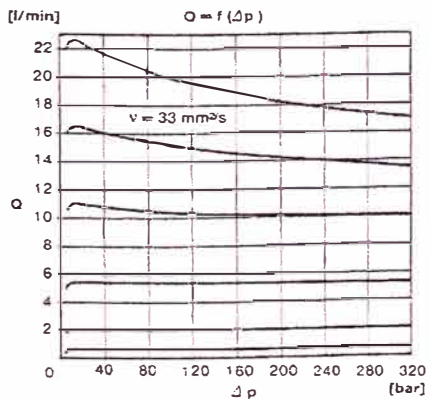


Läufer 002

S 6 UP 10 G 193 002 1 O O

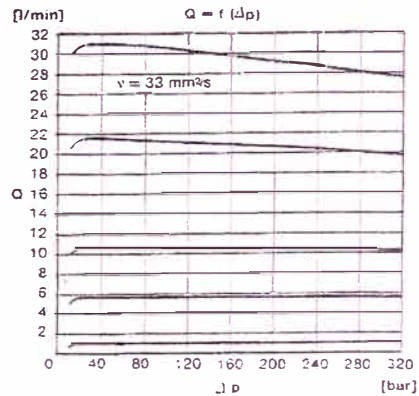


Druckwaage I



Stromregelfunktion
 S 6 UP ... mit
 Druckwaage bei
 gleichbleibendem
 Steuerstrom I.

Druckwaage II



Bestellung

Die Geräte werden durch den Typgekennzeichnet. Die Zusammensetzung der Typenbezeichnung wird aus dem Typenschlüssel entnommen. Die Standardausführungen sind in der Geräteaufstellung angegeben. Es ist vorteilhaft, wenn bei diesen Standardausführungen zusätzlich zur Typenbezeichnung noch die Bestell-Nr. angegeben wird.
 Wenn weitere Geräteausführungen durch Typenkombinationen zusammengestellt werden, wird nach dem Typ bestellt. Diese Geräte erhalten dann bei der Bestellung vom Werk eine Bestell-Nr., die in der Auftragsbestätigung angegeben wird.
 Bei Geräten zum Aufflanschen gehören die Befestigungsschrauben und O-Ringe zum Lieferumfang. Die Anschlußplatte, Verstärker und Sollwertpotentiometer müssen gesondert bestellt werden.

Bestellbeispiel

Proportional-Wegeventil NG 6 zum Aufflanschen, Symbol 187, mit Kennlinie Laufer 002, Druckwaage-Zwischenbaugerät und zugehöriger Anschlußplatte R_{1/4}, Verstärker und Sollwertpotentiometer.

Proportional-Wegeventil:
 Typenbezeichnung: S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0
 Bestell-Nr.: 5202654.7034

Druckwaage-Zwischenbaugerät:
 Bestell-Nr.: 0723066

Anschlußplatte:
 Typenbezeichnung: P S 6 G 2 001 1 0 0
 Bestell-Nr.: 2869600

Ansteuerelektronik siehe Katalogregister H 17.

Geräteaufstellung und Kombinationsmöglichkeiten (Standardausführungen)

Benennung	Symbol	Symbol-Nr.	Typ	Bestell-Nr.	Kombination ²⁾		
Proportional-Wegeventil		187	S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0	5202653.7034	X	X	
			S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0	5202654.7034			
		190	S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0	5202688.7034	X	X	
			S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0	5202689.7034			
		193	S 6 UP 10 G 193 001 1 0 0	5202655.7034	X		X
			S 6 UP 10 G 193 002 1 0 0	5202656.7034			
Druckwaage I und II		Druckwaage im Anschluß P	Ventildruckgefälle I Δp ca. 10 bar	0723117		X	
			Ventildruckgefälle II Δp ca. 20 bar	0723066			
Druckwaage I		Druckwaage im Anschluß B	Ventildruckgefälle I Δp ca. 10 bar	0723311		X	
Druckwaage I und II		Druckwaage im Anschluß A	Ventildruckgefälle I Δp ca. 5 bar	0723116			X
			Ventildruckgefälle II Δp ca. 10 bar	0723065			
Anschlußplatte		—	P S 6 G 2 001 1 0 0	2869600	X	X	X
			P S 6 G 3 001 1 0 0	2840019			

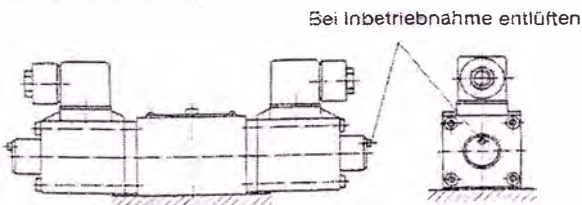
Die hier mit R bezeichneten Gewinde nach DIN 259 entsprechen den zylindrischen Gewinden G nach ISO 228/1.

1) Anschlußbezeichnung am Symbol-Index „G“ = Geräteseite, Index „P“ = Plattenseite

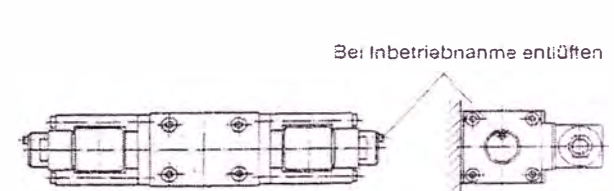
2) Kombinationsmöglichkeiten zwischen Proportional-Wegeventil, Druckwaage und Anschlußplatte

Einbauzeichnungen

Aufflanschart horizontal



Aufflanschart vertikal



Anmerkung: Ventile werden in „Aufflanschart horizontal“ ausgeliefert. Bei Umbau in „Aufflanschart vertikal“ müssen zum Entlüften die Magnetankerführungsrohre nach Entfernen der vier Magnetbefestigungsschrauben um 90° gedreht werden. Andere Aufflanscharten sind nicht zulässig, da sonst kein einwandfreies Entlüften möglich ist.

Maßzeichnungen

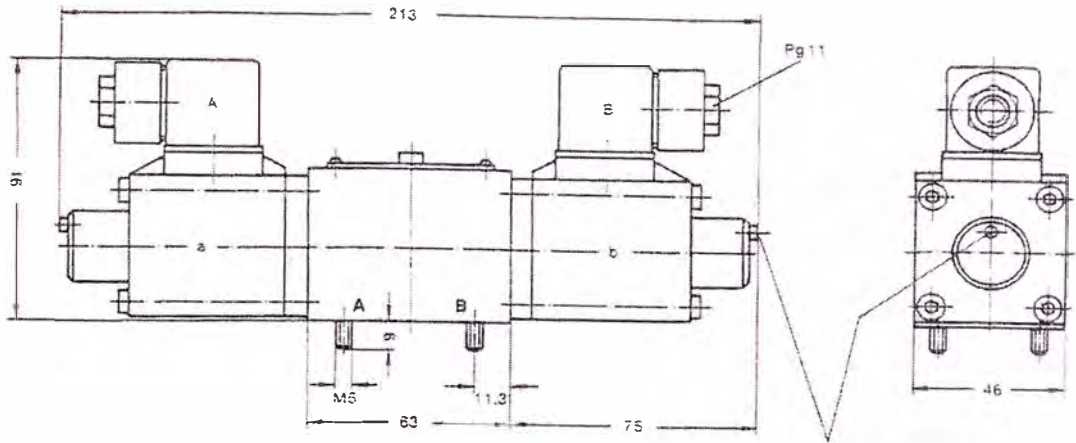
Proportional-Wegeventil

S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0

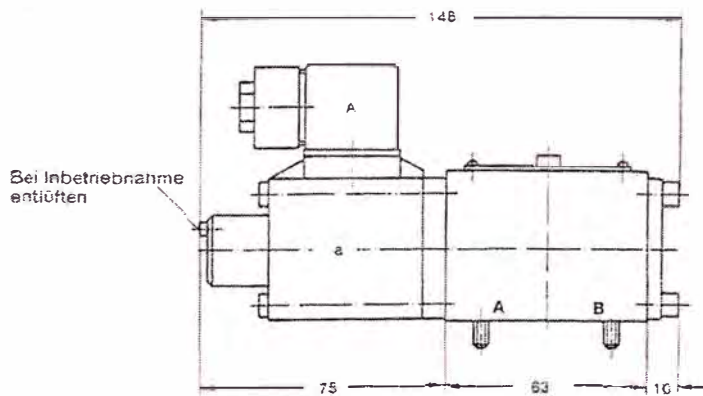
S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0



S 6 UP 10 G 193 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 193 002 1 0 0



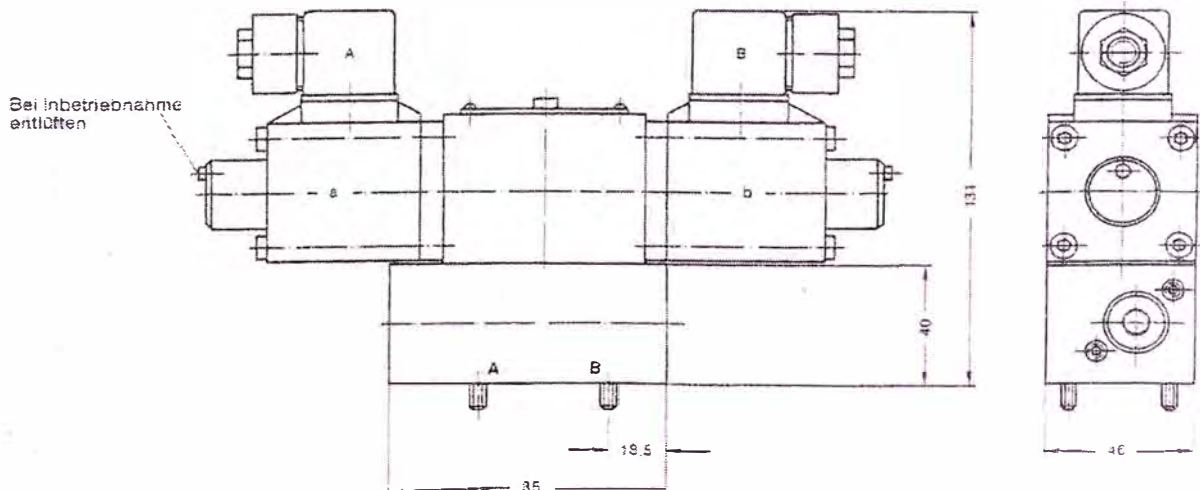
Proportional-Wegeventil mit Druckwaage-Zwischenbaugerät

S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0

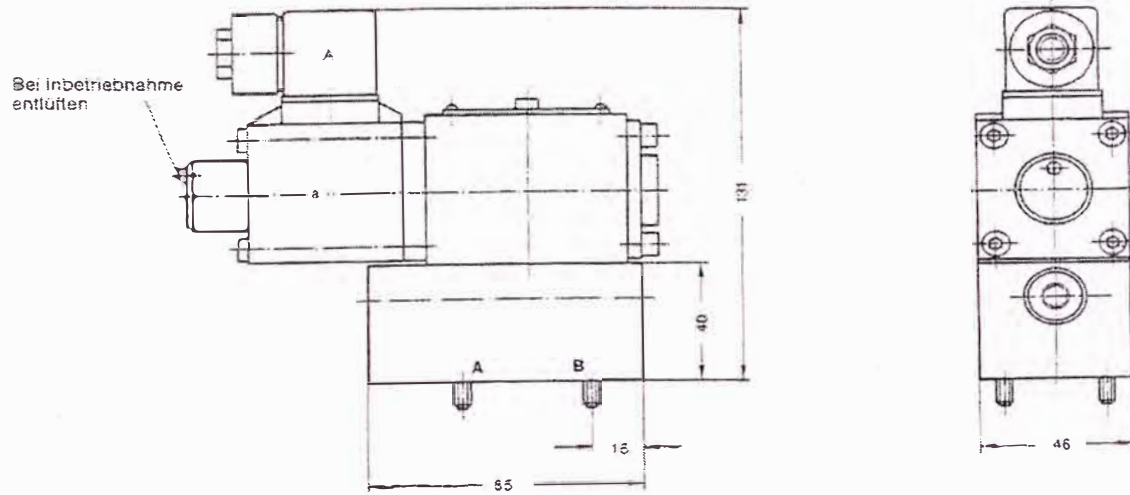


Maßzeichnungen

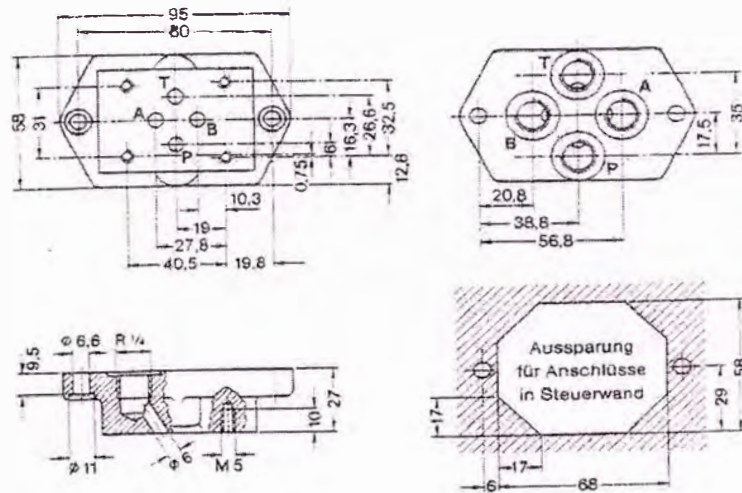
Proportional-Wegeventil
mit Druckwaage-Zwischenbaugerät

S 6 UP 10 G 193 001 1 O O

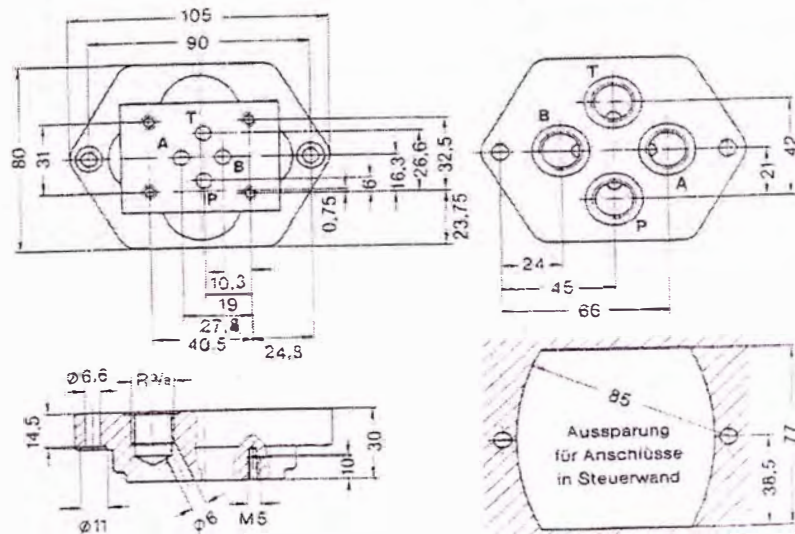
S 6 UP 10 G 193 002 1 O O



Anschlußplatte R 1/4



Anschlußplatte R 3/8



Ersatzteilzeichnungen

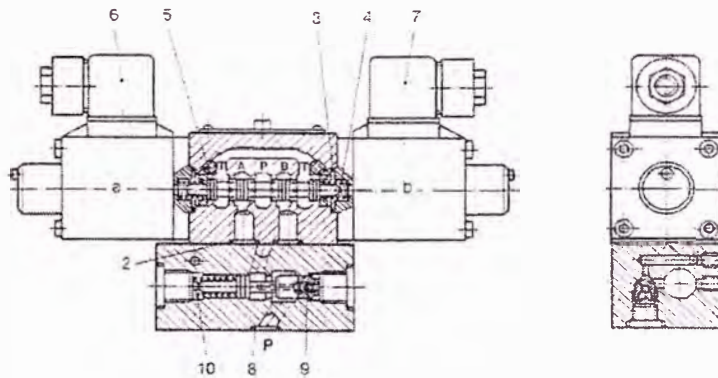
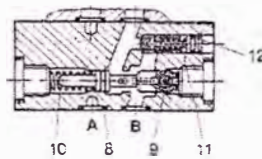
Proportional-Wegeventil

S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0

mit Druckwaage-Zwischenbaugerät
im Anschluß Pmit Druckwaage-Zwischenbaugerät
im Anschluß B

Ersatzteile (Stück)

für Proportional-Wegeventil

Teil	Benennung	S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0	S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0	S 6 UP 10 G 187 001 1 0 0	S 6 UP 10 G 190 001 1 0 0	Best.-Nr.
		S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0	S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0	S 6 UP 10 G 187 002 1 0 0	S 6 UP 10 G 190 002 1 0 0	
		mit Druckwaage-Zwischenbaugerät im Anschluß P		mit Druckwaage-Zwischenbaugerät im Anschluß B		
2	O-Ring (9,2 × 1,8)	4	4	4	4	0701252
3	O-Ring (15,6 × 1,8)	2	2	2	2	0701256
4	Druckfeder	2	2	2	2	0723086
5	Düse (∅ 1,0)	2	2	2	2	0723422
6	Gerätesteckdose	1	1	1	1	0657859
7	Gerätesteckdose	1	1	1	1	0570275

für Druckwaage-Zwischenbaugerät

-	Druckwaage I	1	-	-	-	0723117
-	Druckwaage II	-	1	-	-	0723066
-	Druckwaage I	-	-	1	1	0723311
8	O-Ring (9,2 × 1,8)	4	4	4	4	0701252
9	Düse (∅ 0,5)	1	1	-	-	0722001
9	Düse (∅ 0,5)	-	-	1	1	0721545
10	Druckfeder	1	-	1	1	0723115
10	Druckfeder	-	1	-	-	0722522
11	Druckfeder	-	-	1	1	0569901
12	O-Ring (4,5 × 1,8)	-	-	1	1	0701618

Befestigungsschrauben für Proportional-Wegeventil S 6 UP ...

-	Zylinderschraube (M 5 × 35 DIN 912-10.9)	4	4	4	4	0700388
---	---	---	---	---	---	---------

Befestigungsschrauben für S 6 UP ... in Verbindung mit einem Druckwaage-Zwischenbaugerät

-	Zylinderschraube (M 5 × 75 DIN 912-10.9)	4	4	4	4	0700396
---	---	---	---	---	---	---------

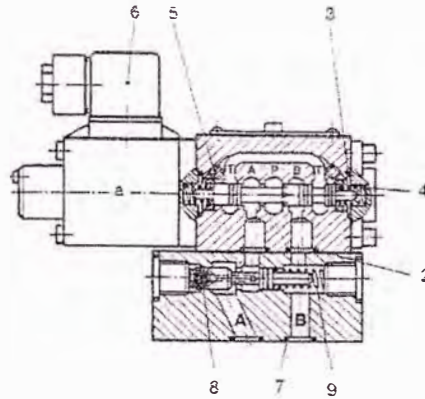
1 Satz Verschleißteile besteht aus Teil 2, 3, 8 und 12. Diese Verschleißteile sind nur als komplettes Ersatzteil-Sortiment erhältlich.

Ersatzteilzeichnung

Proportional-Wegeventil

S 6 UP 10 G 193 001 1 0 0

S 6 UP 10 G 193 002 1 0 0

mit Druckwaage-Zwischenbaugerät
im Anschluß A

Ersatzteile (Stück)

für Proportional-Wegeventil

Teil	Benennung	S 6 UP 10 G 193 001 1 0 0	Best.-Nr.
		S 6 UP 10 G 193 002 1 0 0	
		mit Druckwaage-Zwischenbaugerät im Anschluß A	
2	O-Ring (9,2 × 1,8)	4	0701252
3	O-Ring (15,6 × 1,8)	2	0701256
4	Druckfeder	2	0723086
5	Düse (∅ 1,0)	2	0723422
6	Gerätesteckdose	1	0657859

1 Satz Verschleißteile besteht aus Teil 2, 3 und 7. Diese Verschleißteile sind nur als komplettes Ersatzteil-Sortiment erhältlich.

für Druckwaage-Zwischenbaugerät

Teil	Benennung	Druckwaage I	Druckwaage II	Best.-Nr.
-	Druckwaage I	1	-	0723116
-	Druckwaage II	-	1	0723065
7	O-Ring (9,2 × 1,8)	2	2	0701252
8	Düse (∅ 0,6)	1	1	0722001
9	Druckfeder	1	-	0723115
9	Druckfeder	-	1	0722522

Befestigungsschrauben für S 6 UP ...

-	Zylinderschraube (M 5 × 35 DIN 912-10.9)	4	4	0700388
---	--	---	---	---------

Befestigungsschrauben für S 6 UP ...

-	Zylinderschraube (M 5 × 75 DIN 912-10.9)	4	4	0700396
---	--	---	---	---------

VALVULA LIMITADORA DE PRESION PROPORCIONAL NG 6

Proportional- Druckbegrenzungsventile NG 6

direkt gesteuert, mit Dämpfung, Sitzventil
Anschlußmaße nach DIN 24 340 und ISO 6264

PN (p_{max}) = 315 bar



Bereich Hydraulik
H 360

Beschreibung (Standardgeräte)

Aufbau

Der Druck wird bei diesen Proportional-Druckventilen durch eine veränderliche Magnetkraft, die auf den Kolben wirkt, eingestellt. Die direkt gesteuerte Ausführung besteht aus einem kleinen Sitzkolben, auf den der Proportionalmagnet aufgebaut ist.

Der hydraulische Druck kann durch Veränderung des Stromes i , der dem Proportionalmagnet zugeführt wird, eingestellt werden. Die Stromänderung wird durch ein Potentiometer und über einen Verstärker vorgenommen.

Anwendung

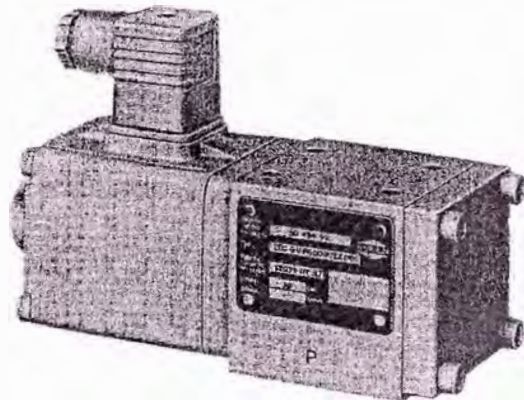
Bei hydraulischen Steuerungen besteht häufig die Forderung, den Druck durch ein elektrisches Signal zu beeinflussen, wie z. B. zur reinen Fernbetätigung, um lange hydraulische Rohrleitungen zu vermeiden oder für Programmsteuerungen, bei denen die Drücke automatisch eingestellt werden müssen. Sehr häufig finden diese Proportional-Druckventile in prozeß-gesteuerten Kunststoffspritzmaschinen ihren Einsatz.

Befestigung

Die Geräte werden mit Schrauben auf Anschlußplatten befestigt und mit O-Ringen abgedichtet.

Leitungsanschluß

Anschlußplatte, Lochbild nach DIN 24 340-C6-2 und ISO 6264-AB-03-4-C.



Merkmale

- einfache elektrische Programm- und Fernsteuerung
- einstellbares Übergangverhalten

Typenschlüssel

Proportional-Druckbegrenzungsventil

D	B	C	6	UP	G	...	002	...	O	...
							1		2	3

- 1 Einstelldruckbereich: 50 - bis 50 bar
70 - bis 100 bar
80 - bis 210 bar
90 - bis 315 bar
- 2 Konstruktionsstand: 1 - Magnet 7660 1500 mA
2 - Magnet 7665 2400 mA
- 3 Dichtungsmaterial: O - Perbunan
V - Viton

Anschlußplatte

P	S	6	G	...	001	...	O	O
					1		2	


- 1 Leitungsanschluß: 2 - G 1/4 (Innengewinde)
3 - G 3/8 nach DIN ISO 228/1)
- 2 Konstruktionsstand: 1

HERION-WERKE KG · messen - steuern - regeln · Postfach 15 60 · D-7012 Fellbach
Stuttgarter Straße 120 · Telefon (0711) 52 09-0 · Fax (0711) 52 09-6 14 · Telex 7 254 507

Kenngrößen nach VDI 3276

Typenbezeichnung		D B C 6 UP G .. 002 1 Q O	D B C 6 UP G .. 002 2 Q O	
Nennstrom	I_N	[mA]	1500	2400

Allgemeine Kenngrößen

Benennung	Proportional-Druckbegrenzungsventil		
Symbol			
Bauart	Sitzventil, direkt gesteuert		
Befestigungsart	Flansch		
Leistungsanschluß	Anschlußplatte		
Einbauart	vorzugsweise senkrecht (Magnet nach unten)		
Durchflußrichtung	von P nach T		
Betätigungsart	Proportionalmagnet		
Masse Druckbegrenzungsventil	[kg]	3,3	3,2
Masse Anschlußplatte	[kg]	G 1/4 G 3/8	0,7 1,8
Umgebungstemperaturbereich	ϑ_u	[°C]	-20 ... +50
Nenngröße	NG	6	

Hydraulische Kenngrößen

Betriebsdruckbereich	p_e	[bar]	... 315
Einstelldruckbereich ¹⁾	p_v	[bar]	p_v min.: siehe Kennlinie p_v max.: Druckstufe 50: bis 50 Druckstufe 70: bis 100 Druckstufe 80: bis 210 Druckstufe 90: bis 315
Druckmitteltemperatur	ϑ_m max.	[°C]	+70
Viskositätsbereich	ν	[mm ² /s]	12 ... 500
Durchflußstrom	Q	[l/min]	siehe Kennlinien
Stellzeit für Einstelldruckbereich von p_v min. bis p_v max.		[ms]	ca. 40
Hysterese ²⁾		[% I_N]	4
Wiederholgenauigkeit ³⁾		[bar]	Druckstufe 50: ± 1 Druckstufe 70: ± 2 Druckstufe 80: $\pm 2,5$ Druckstufe 90: ± 3
Ansprechempfindlichkeit	I_N	[%]	<1
Filterung absolut		[μ m]	25

Elektrische Kenngrößen Proportionalmagnet

		Magnet Bestell-Nr. 7660	Magnet Bestell-Nr. 7665	
Grenzleistung	[W]	33	33,7	
Widerstand	R_{20} R_{100}	[Ω]	9,7 12,8	3,9 5,2
Einschaltdauer	ED	[%]	100	100
Schutzart für Magnet und Elektroanschluß nach DIN 40 050		IP 65	IP 65	
Ansteuer-Elektronik		pQ 02 Schrift-Nr. 7501672	pQ 03 Schrift-Nr. 7501722 pQ 10 Schrift-Nr. 7501793	

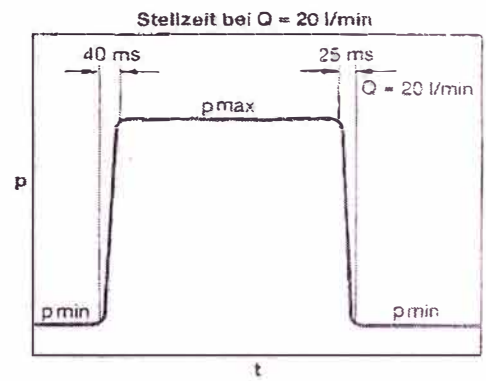
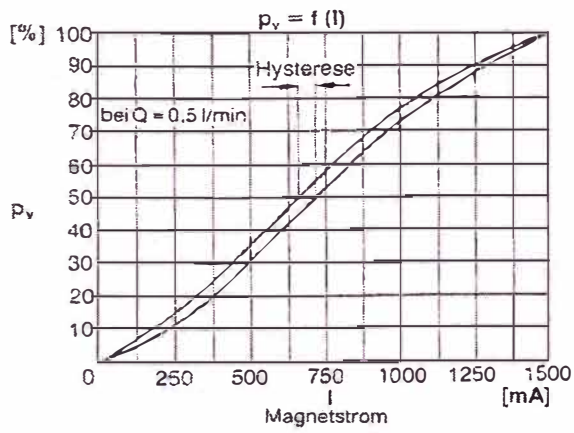
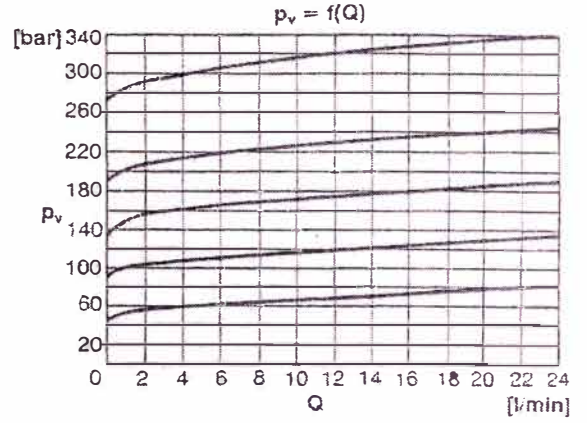
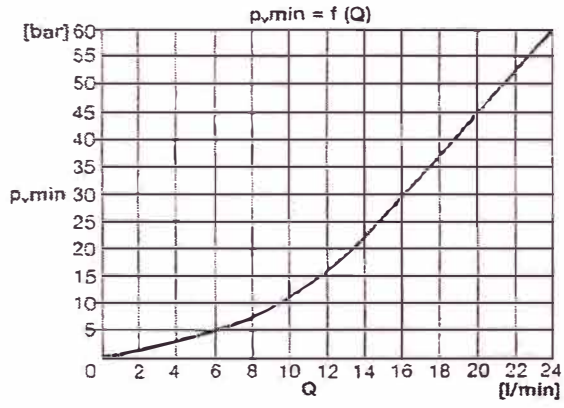
¹⁾ Wird das Ventil als Vorsteuerventil für größere Druckventile eingesetzt, so sind Dämpfungsmaßnahmen am Gesamtsystem vorzunehmen.

²⁾ Kleinerer p_v max. kann am Verstärker eingestellt werden.

³⁾ Bei Brumm: Frequenz 50 Hz, Amplitude 15 % I_N .

Kennlinien

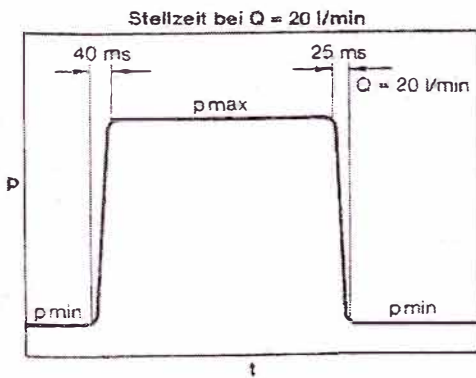
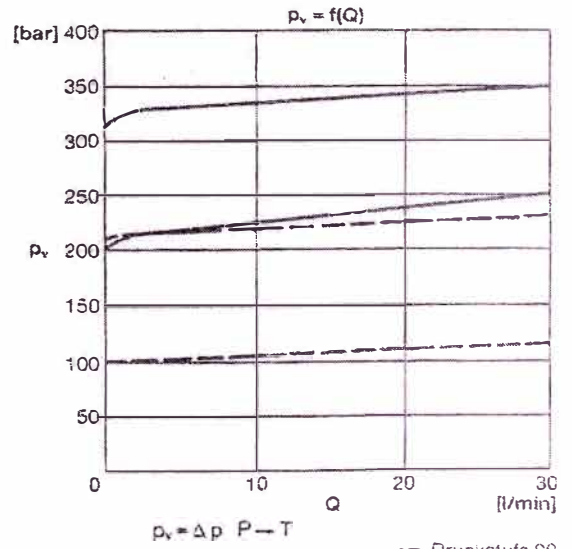
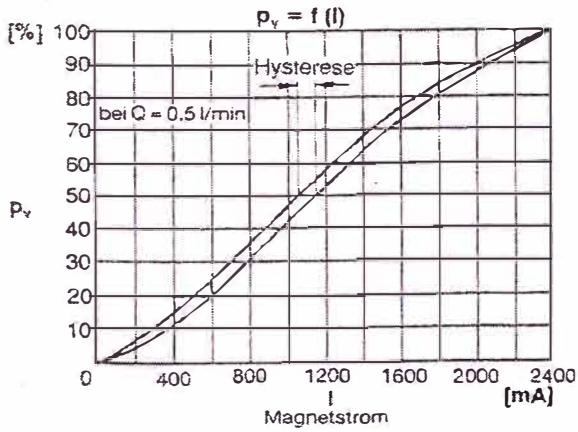
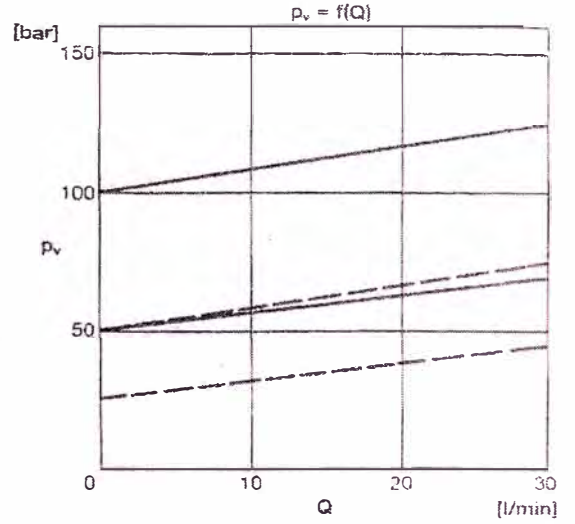
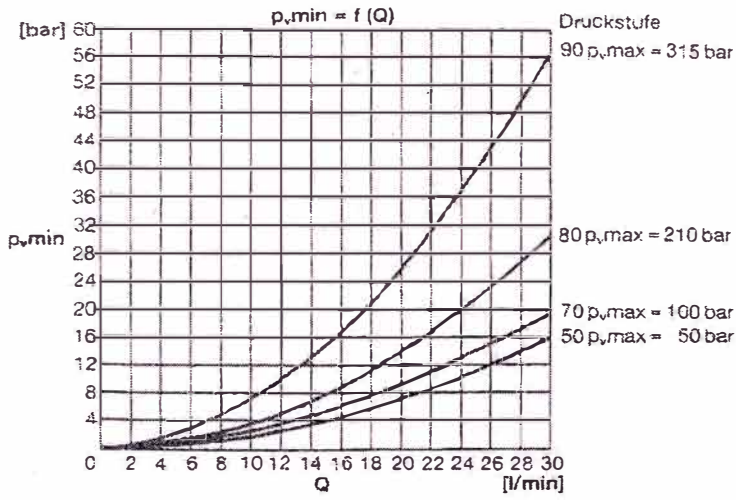
Ausführung 1500 mA
 $\dot{v} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$



Kennlinien

Ausführung 2400 mA
 $\theta = 50^\circ\text{C}$, $v = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$

— Druckstufe 70
 --- Druckstufe 50



Bestellung

Die Geräte werden durch den Typ gekennzeichnet. Die Zusammensetzung der Typenbezeichnung wird aus dem Typenschlüssel entnommen. Die Standardausführungen sind in der Geräteaufstellung angegeben. Es ist vorteilhaft, wenn bei diesen Standardausführungen zusätzlich zur Typenbezeichnung noch die Bestell-Nr. angegeben wird.

Wenn weitere Geräteausführungen durch Typenkombinationen zusammengestellt werden, wird nach dem Typ bestellt. Diese Geräte erhalten dann bei der Bestellung vom Werk eine Besell-Nr., die in der Auftragsbestätigung angegeben wird. Bei Geräten zum Aufflanschen gehören die O-Ringe zum Lieferumfang. Die Anschlußplatte, Ansteuer-Elektronik und Befestigungsschrauben müssen gesondert bestellt werden.

Bestellbeispiel

Elektrisch einstellbares Proportional-Druckbegrenzungsventil NG 6 zum Aufflanschen. Einstelldruck max. 315 bar mit zugehöriger Anschlußplatte und Befestigungsschrauben.

Proportional-Druckbegrenzungsventil:

Typenbezeichnung: D B C 6 U P G 90 002 2 0 0

Bestell-Nr.: 6015494.7665

Anschlußplatte:

Typenbezeichnung: P S 6 G 2 001 1 0 0

Bestell-Nr.: 2869600

Befestigungsschrauben: (erforderlich 4 Stück)

Zylinderschraube (M 5 x 70 DIN 912-10.9)

Bestell-Nr.: 0662315

Ansteuer-Elektronik muß gesondert bestellt werden, siehe angeführte Schriften in Geräteaufstellung und Katalogregister H 17.

Geräteaufstellung (Standardausführungen)

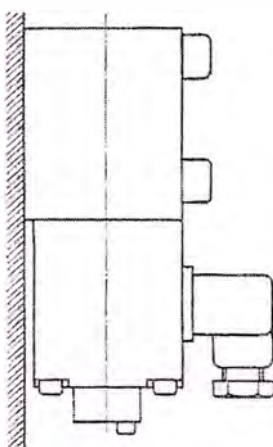
NG	p, max. [bar]	Proportionalmagnetstrom	Ansteuer-Elektronik	Leistungsanschluß	Typ	Bestell-Nr.
6	50	0 ... 2400 mA	pQ 03 Schrift-Nr. 7501722 pQ 10 Schrift-Nr. 7501793	Anschlußplatte G $\frac{1}{4}$ P S 6 G 2 001 1 0 0 2869600 Anschlußplatte G $\frac{3}{8}$ P S 6 G 3 001 1 0 0 2840019	D B C 6 U P G 50 002 2 0 0	6015491.7665
	100				D B C 6 U P G 70 002 2 0 0	6015492.7665
	210				D B C 6 U P G 80 002 2 0 0	6015493.7665
	315				D B C 6 U P G 90 002 2 0 0	6015494.7665
6	315	0 ... 1500 mA	pQ 02 Schrift-Nr. 7501672	Anschlußplatte G $\frac{1}{4}$ P S 6 G 2 001 1 0 0 2869600 Anschlußplatte G $\frac{3}{8}$ P S 6 G 3 001 1 0 0 2840019	D B C 6 U P G 90 002 1 0 0	6015026.7660 ¹⁾

Das Gewinde-Kurzzeichen G nach DIN ISO 228/1 ersetzt das bisherige Kurzzeichen R nach DIN 259.

Einbauzeichnungen

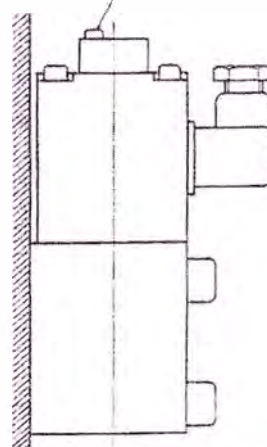
Aufflanschart Magnet unten
(bevorzugte Einbaulage)

Kein Entlüften des
Magneten erforderlich



Aufflanschart Magnet oben

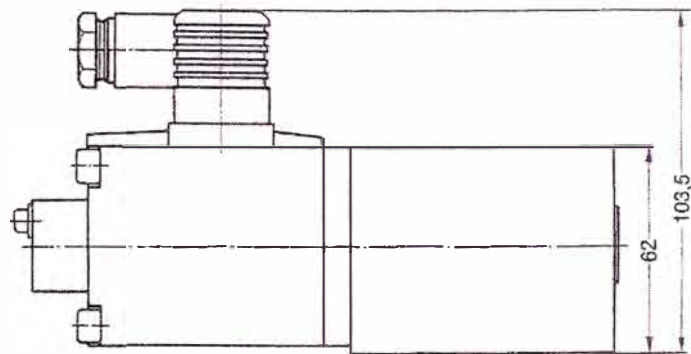
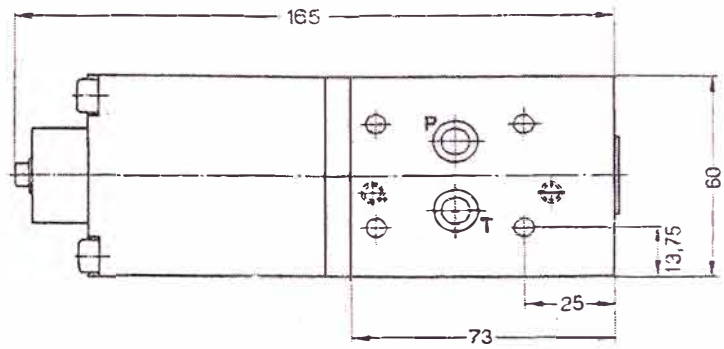
Bei Inbetriebnahme
entlüften



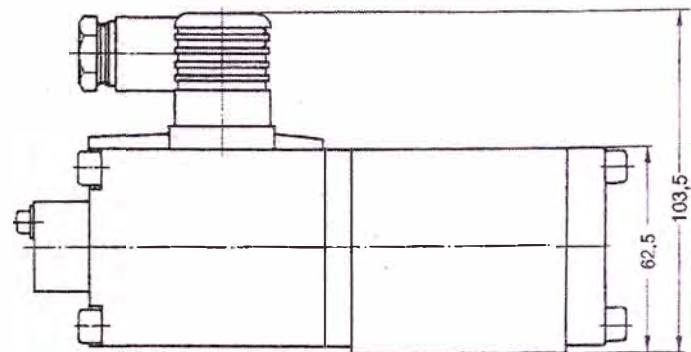
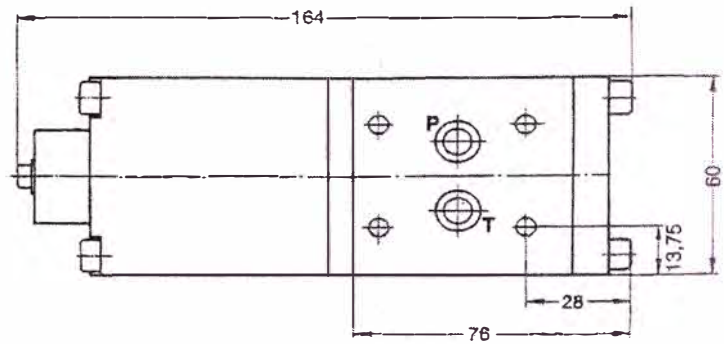
nicht für Neuentwicklung

Maßzeichnungen

Ausführung 1500 mA

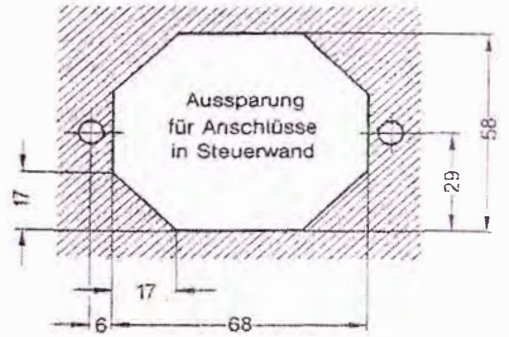
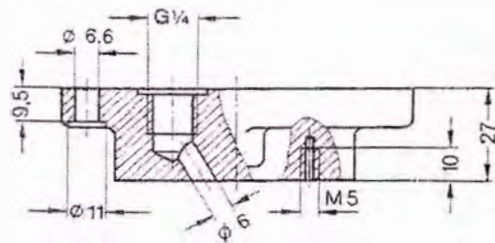
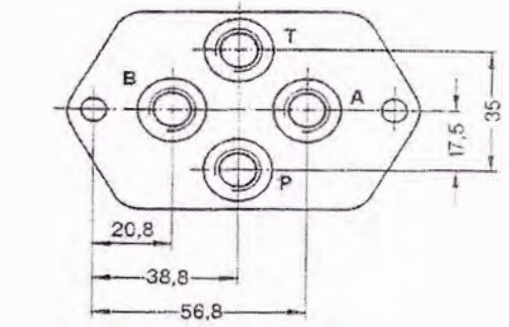
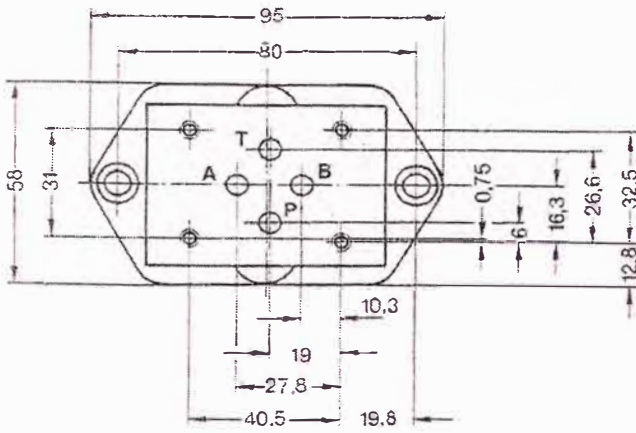


Ausführung 2400 mA

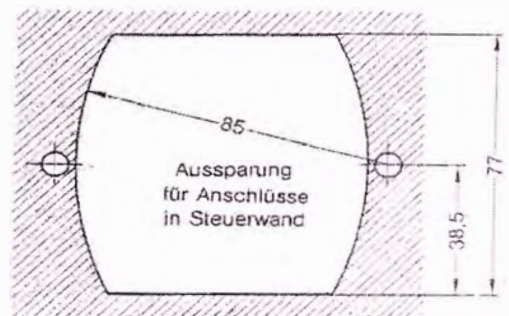
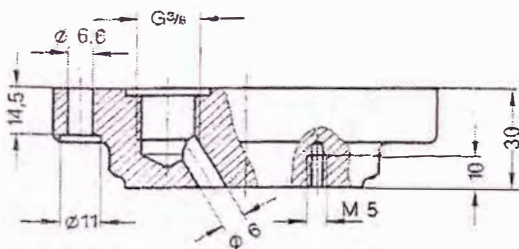
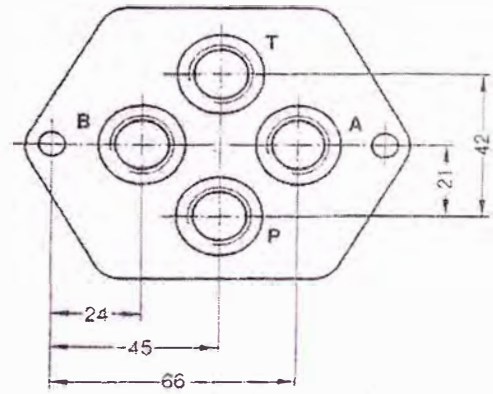
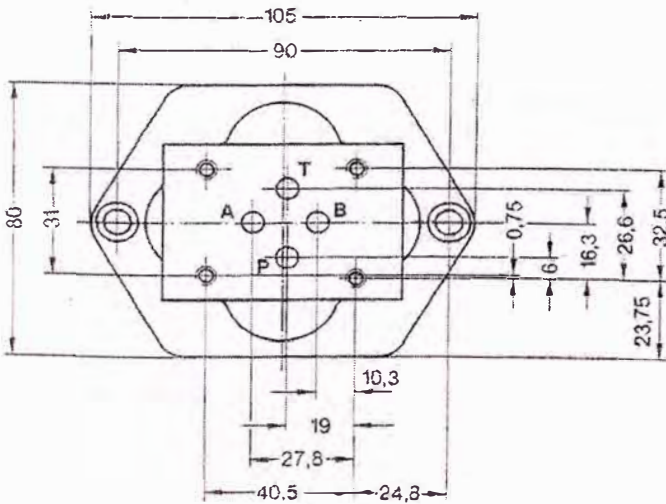


Maßzeichnungen

Anschlußplatten mit Lochbild nach DIN 24 340-C6-2 und ISO 6264-AB-03-4-C
G 1/4

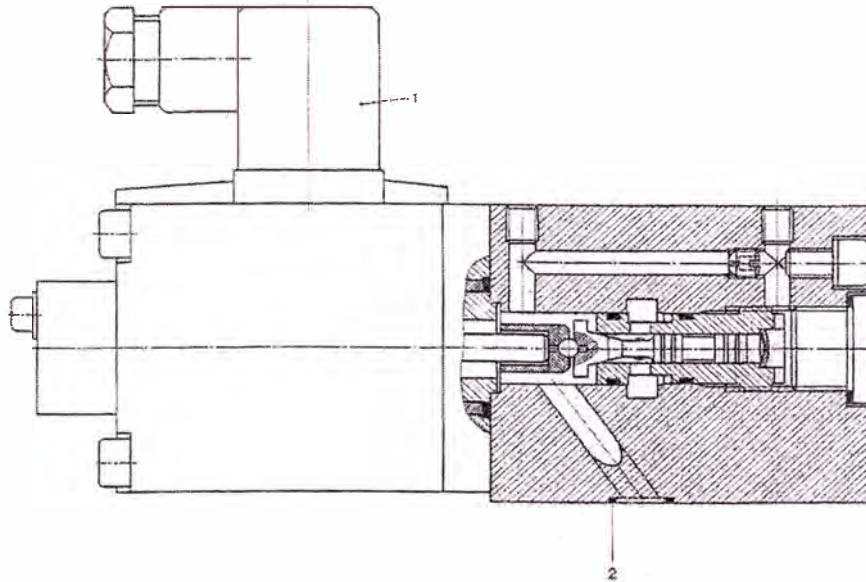


G 3/8

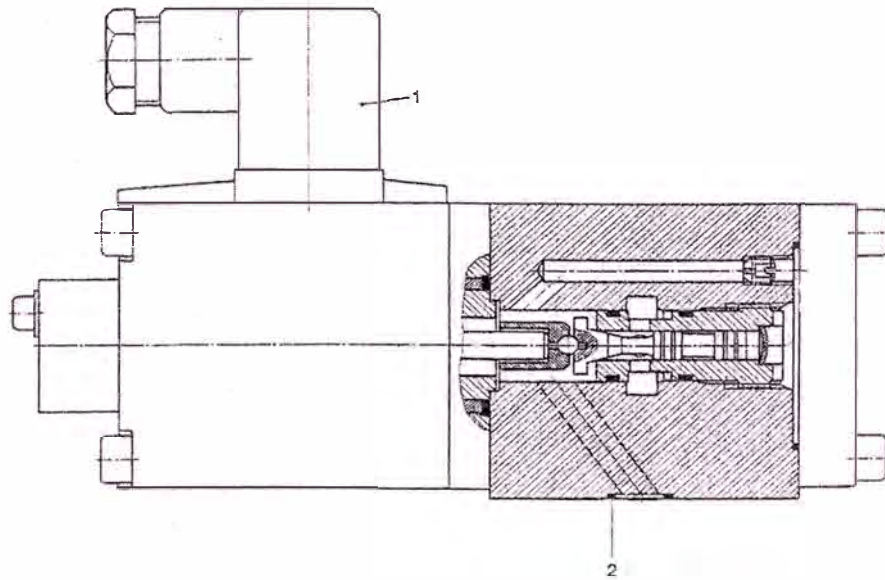


Ersatzteilzeichnungen

Ausführung 1500 mA



Ausführung 2400 mA



Ersatzteile

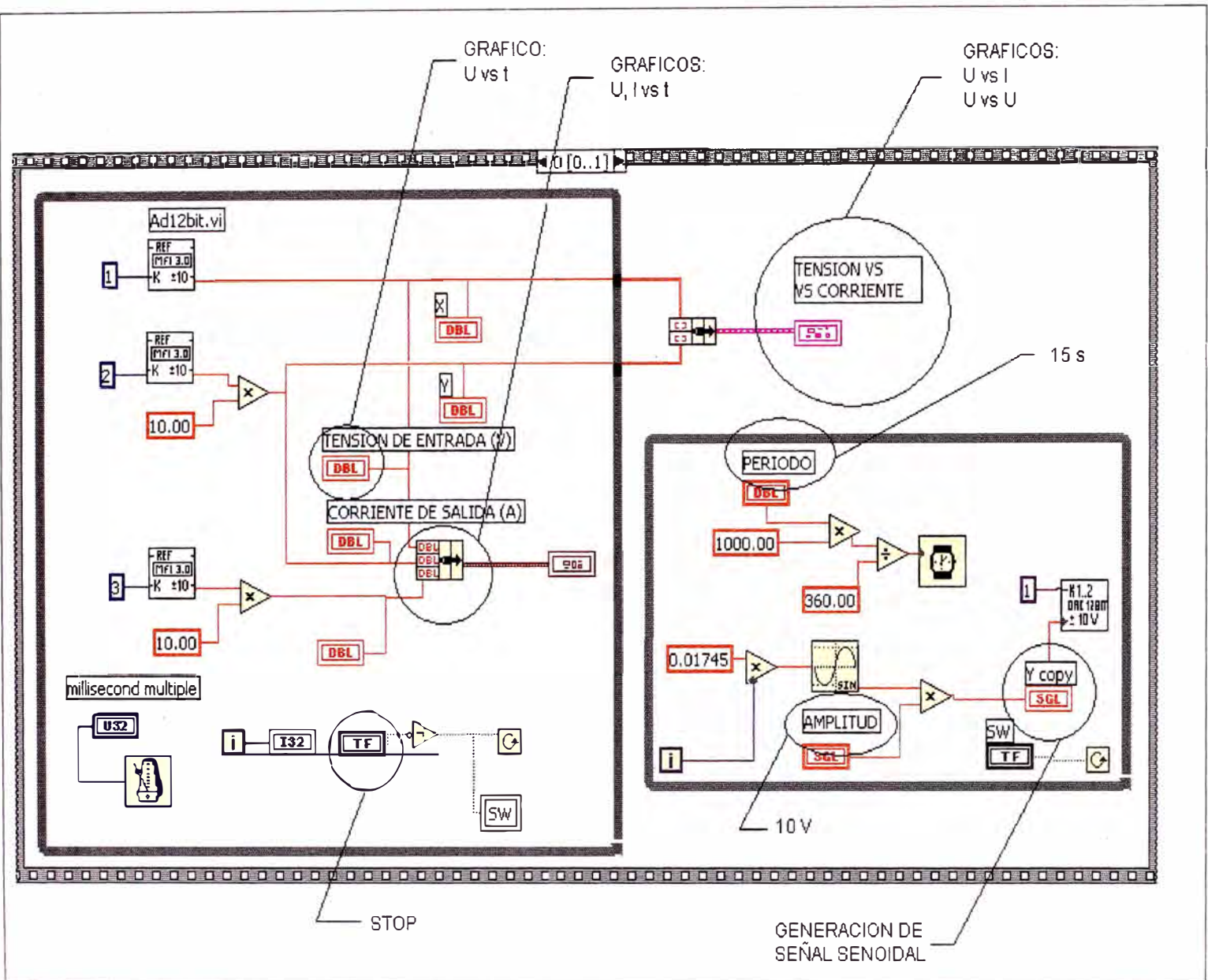
Teil	Stück	Benennung	Best.-Nr.
1	1	Gerätesteckdose	0657859
2	2	O-Ring (9,2 × 1,8)	0701252

Befestigungsschrauben

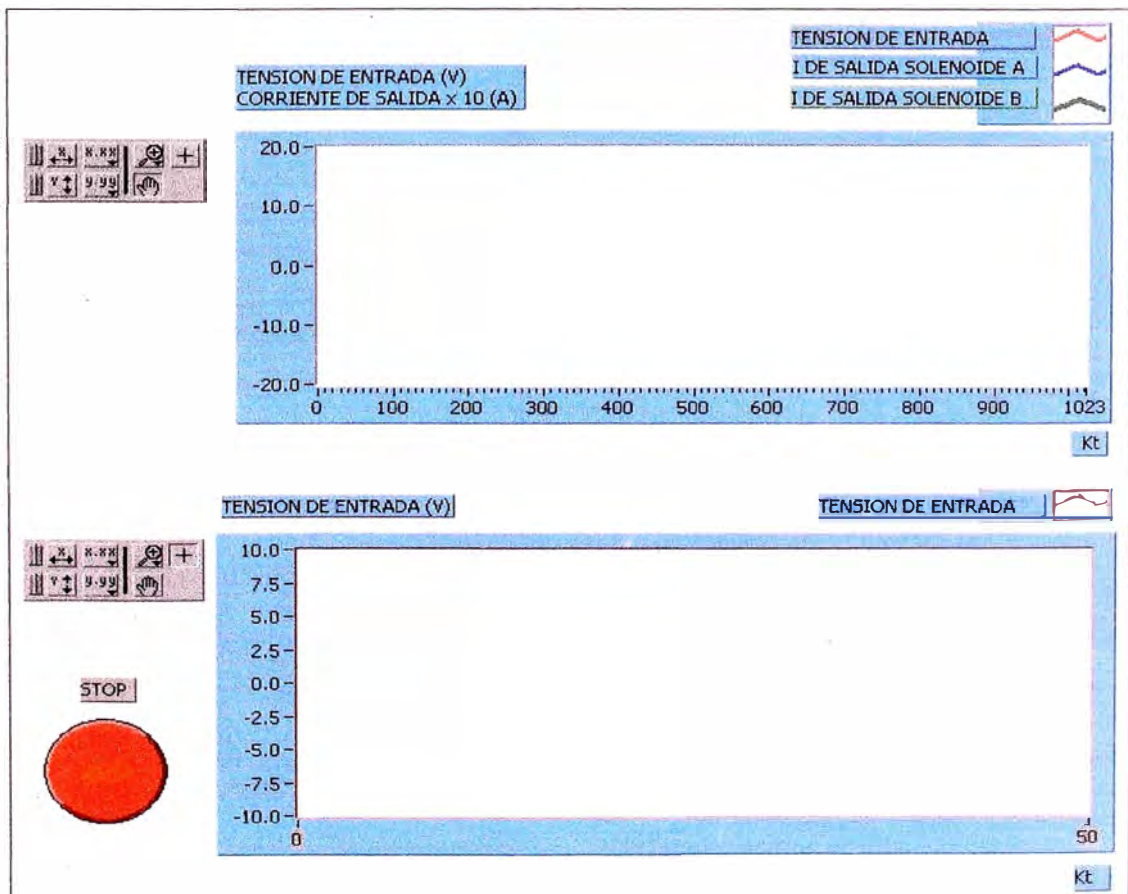
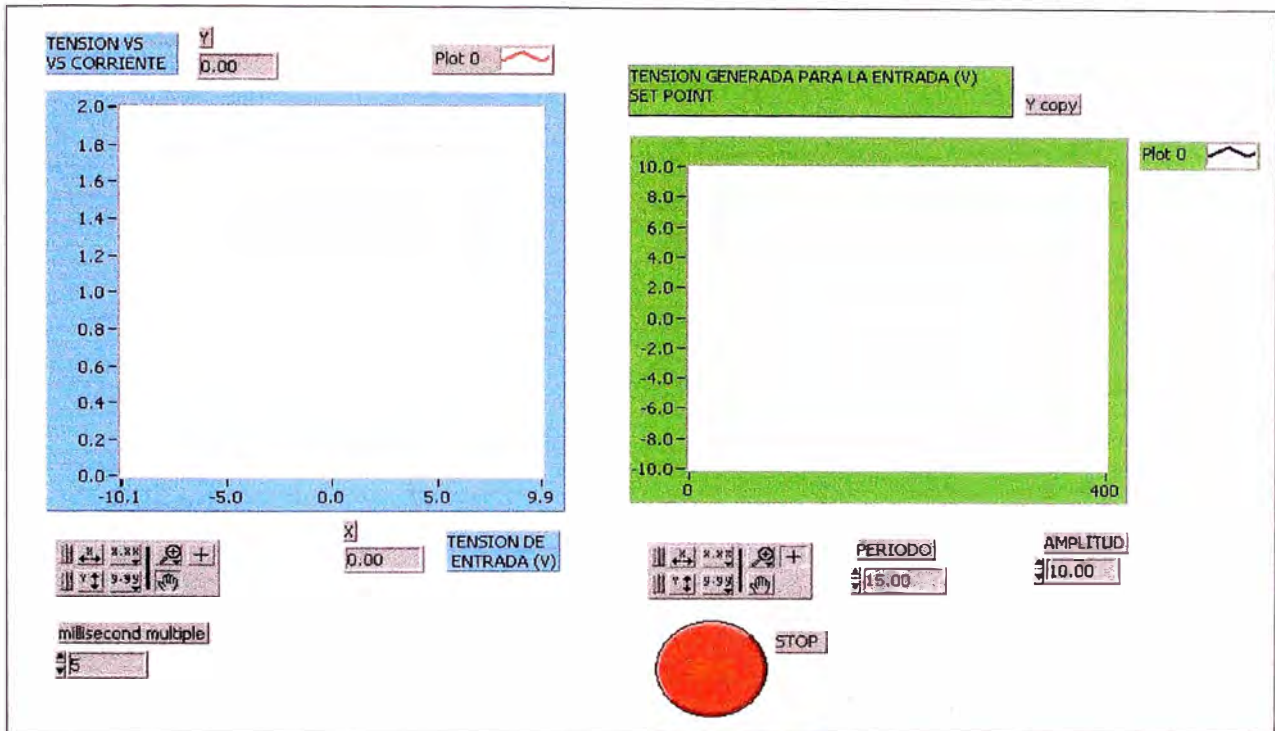
-	4	Zylinderschraube (M 5 × 70 DIN 912-10.9)	0662315
---	---	---	---------

Änderungen vorbehalten

PROGRAMA PARA MONITOREO EN LABVIEW
1) PROGRAMACION



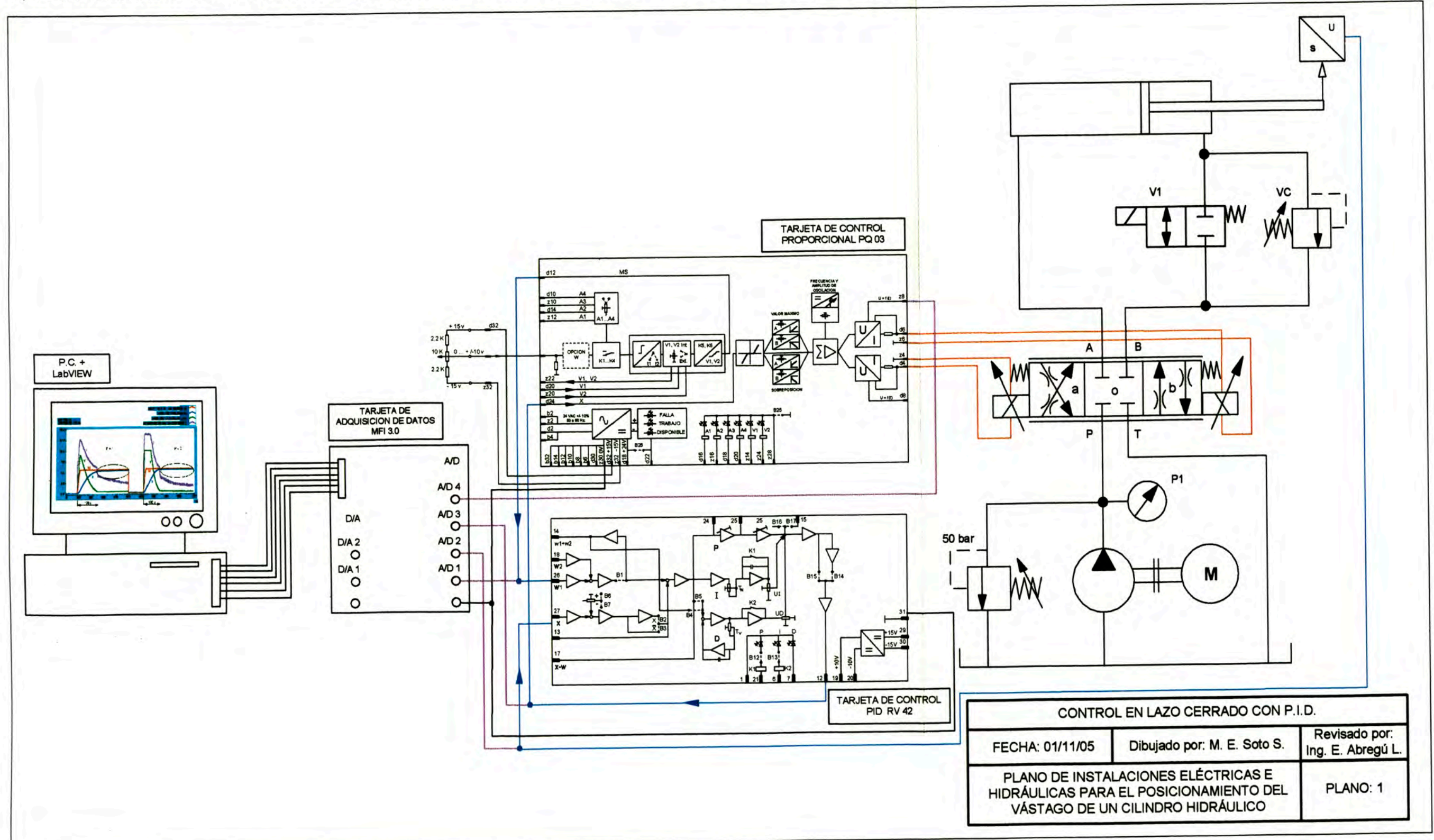
II) PANTALLAS PARA GRÁFICOS



ANEXO 8

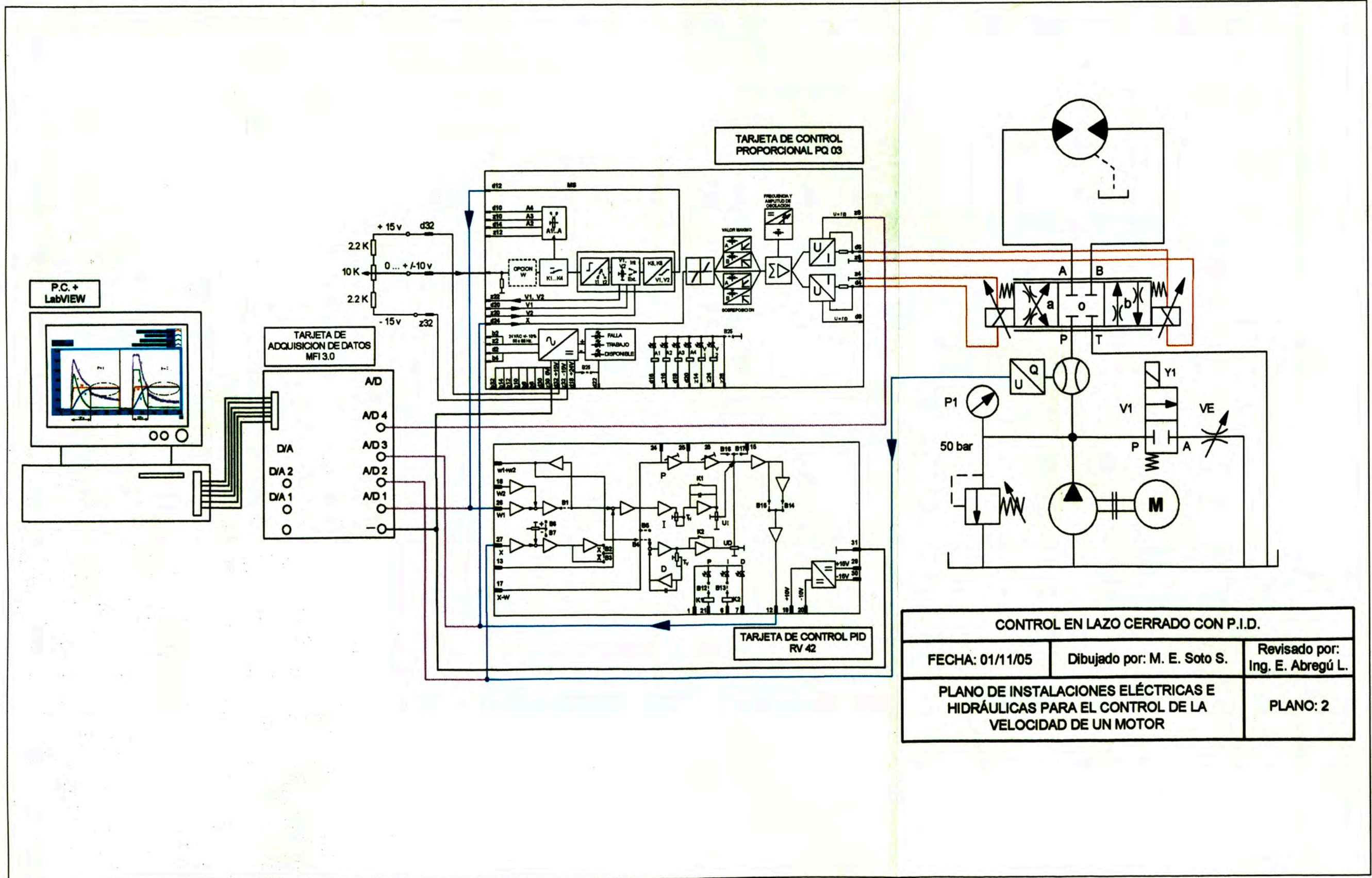
CONTROL EN LAZO CERRADO CON P.I.D.

1) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VÁSTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO



CONTROL EN LAZO CERRADO CON P.I.D.		
FECHA: 01/11/05	Dibujado por: M. E. Soto S.	Revisado por: Ing. E. Abregú L.
PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL POSICIONAMIENTO DEL VÁSTAGO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO		PLANO: 1

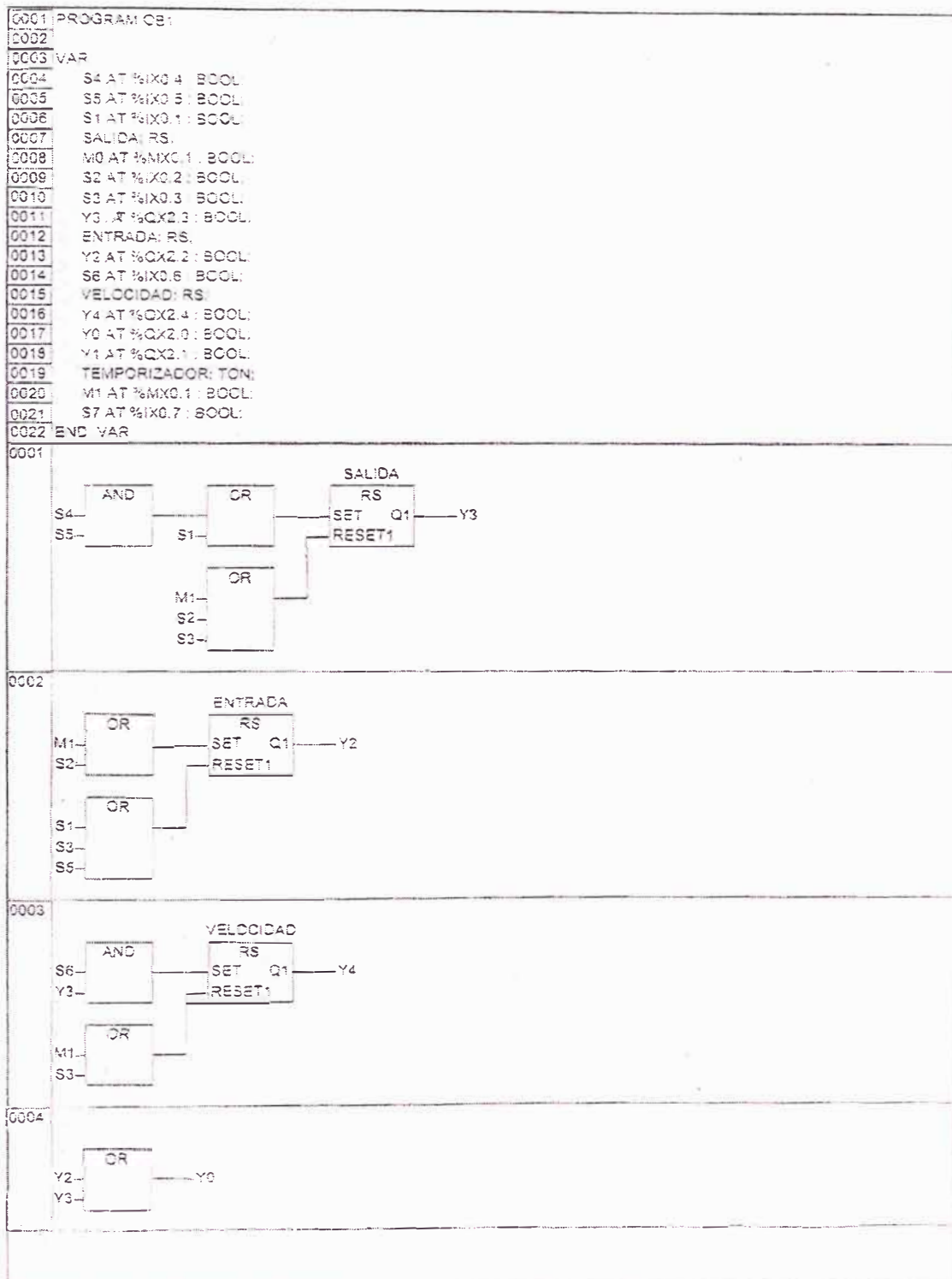
II) PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR HIDRÁULICO.



CONTROL EN LAZO CERRADO CON P.I.D.		
FECHA: 01/11/05	Dibujado por: M. E. Soto S.	Revisado por: Ing. E. Abregú L.
PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS E HIDRÁULICAS PARA EL CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR		PLANO: 2

CONTROL ELECTROHIDRÁULICO

1) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DEL PLC PARA EL CONTROL DEL SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO PARA UNA PRENSA DE CONFORMADO



0005

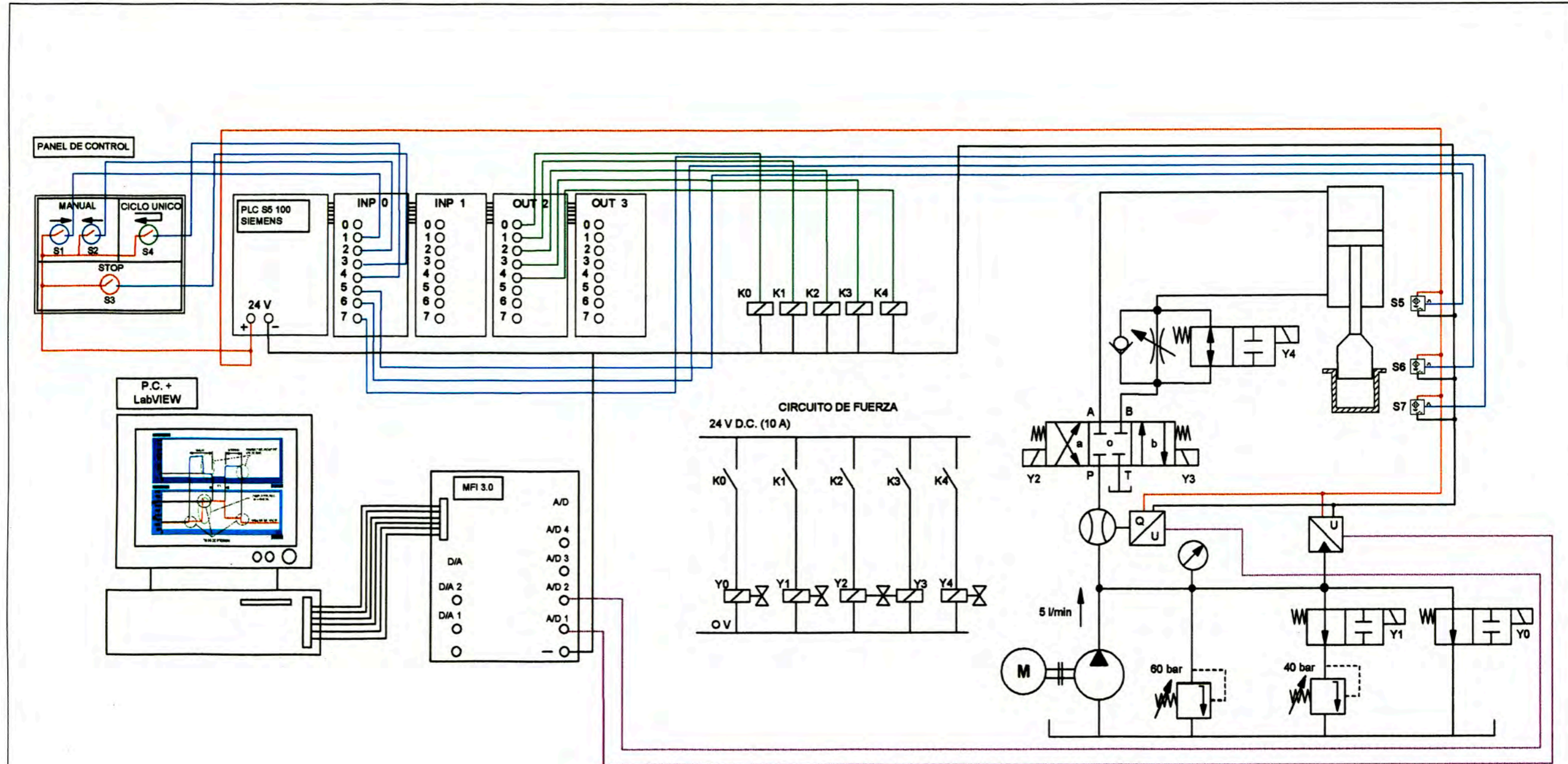
Y4-----Y1

0006

TEMPORIZADOR



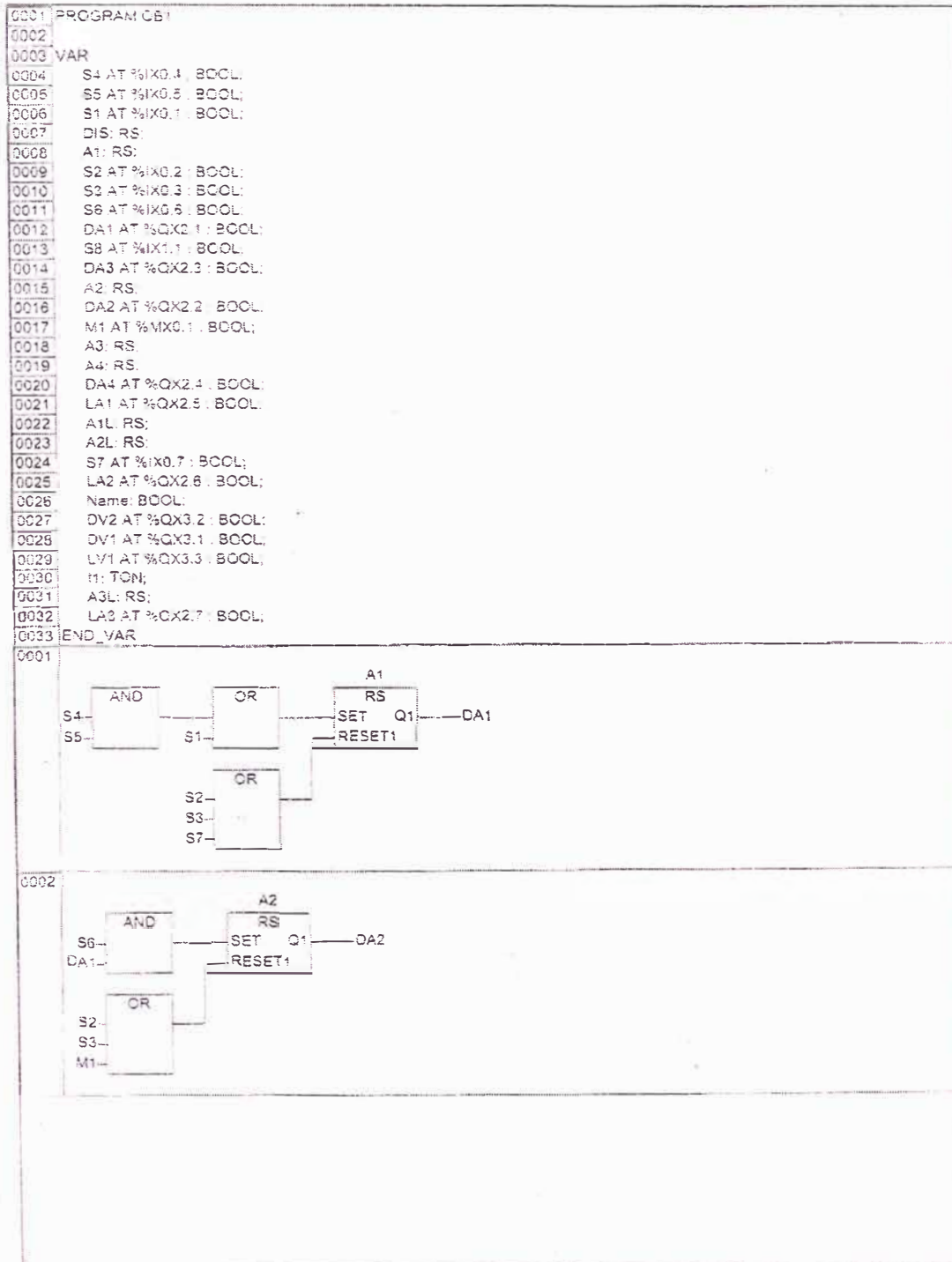
II) PLANO DE INSTALACIONES DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA PARA CONFORMADO.

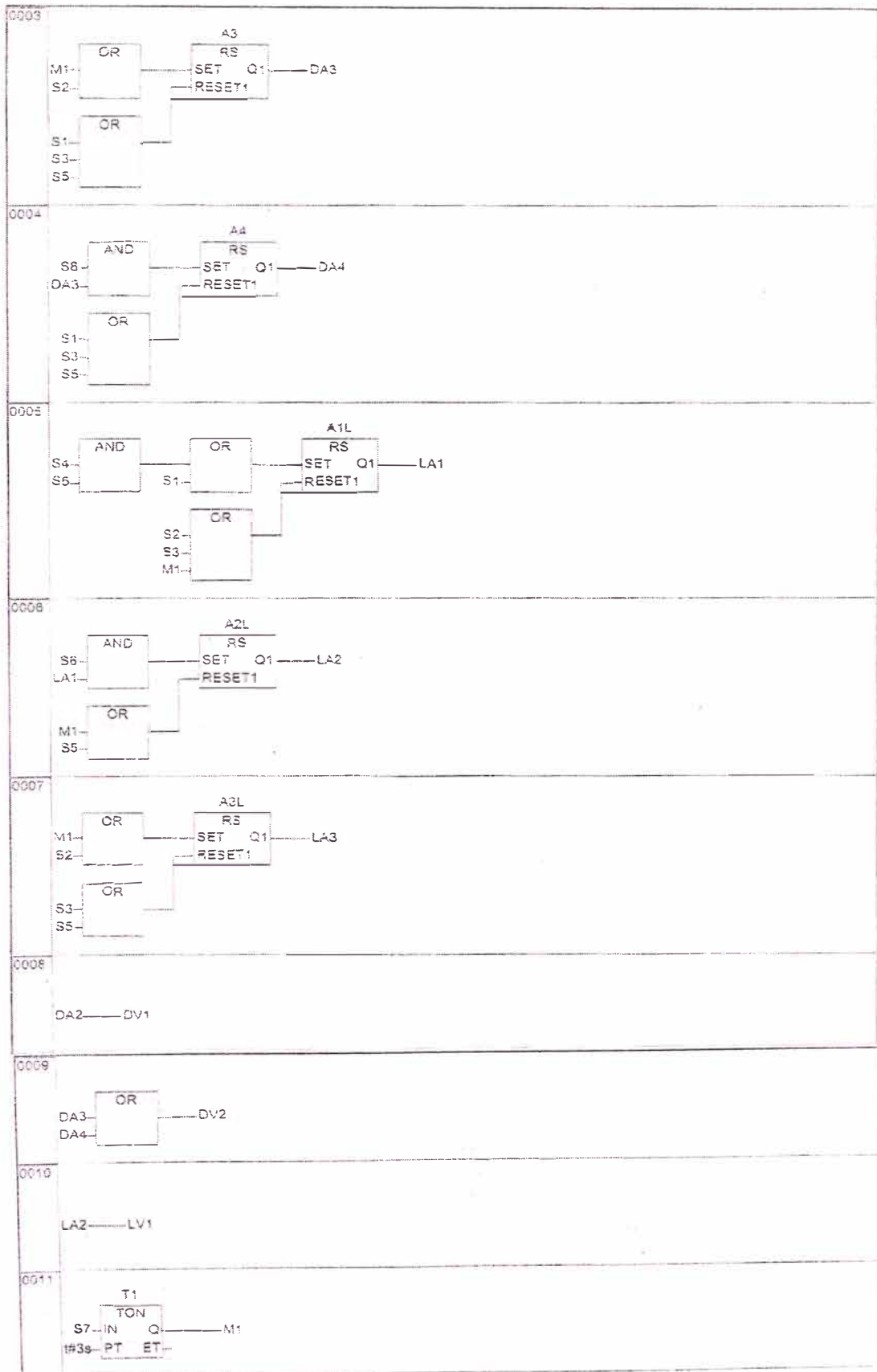


CONTROL ELECTROHIDRÁULICO		
FECHA: 16/08/05	Dibujado por:	Revisado por: M. E. Soto S.
PLANO DE INSTALACIONES DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE UNA PRENSA PARA CONFORMADO		PLANO: 1

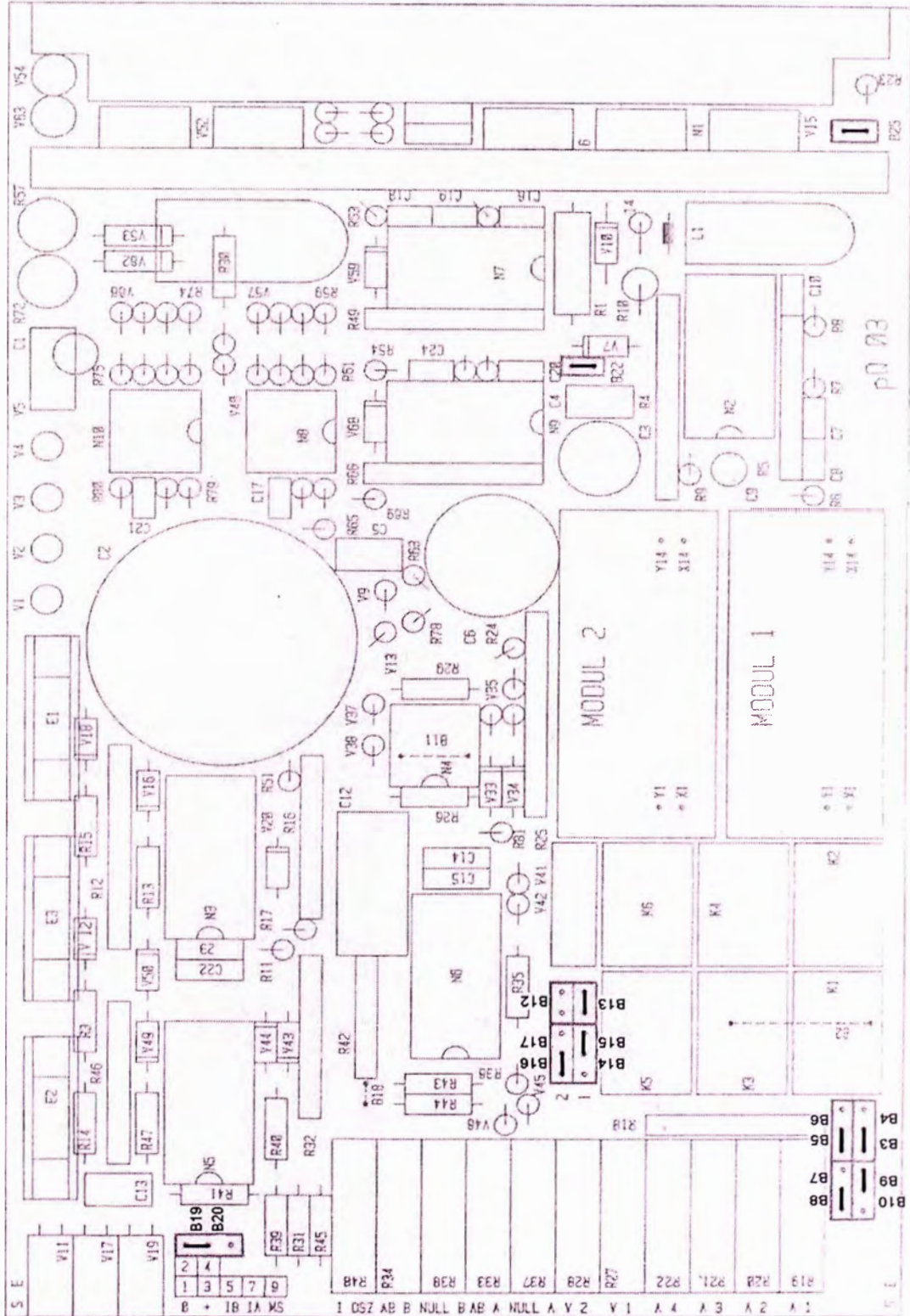
CONTROL PROPORCIONAL

1) PLANO DE FUNCIONES DEL PROGRAMA DE P.L.C. PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DEL SISTEMA HIDRÁULICO PROPORCIONAL DE UNA PRENSA DE CONFORMADO.

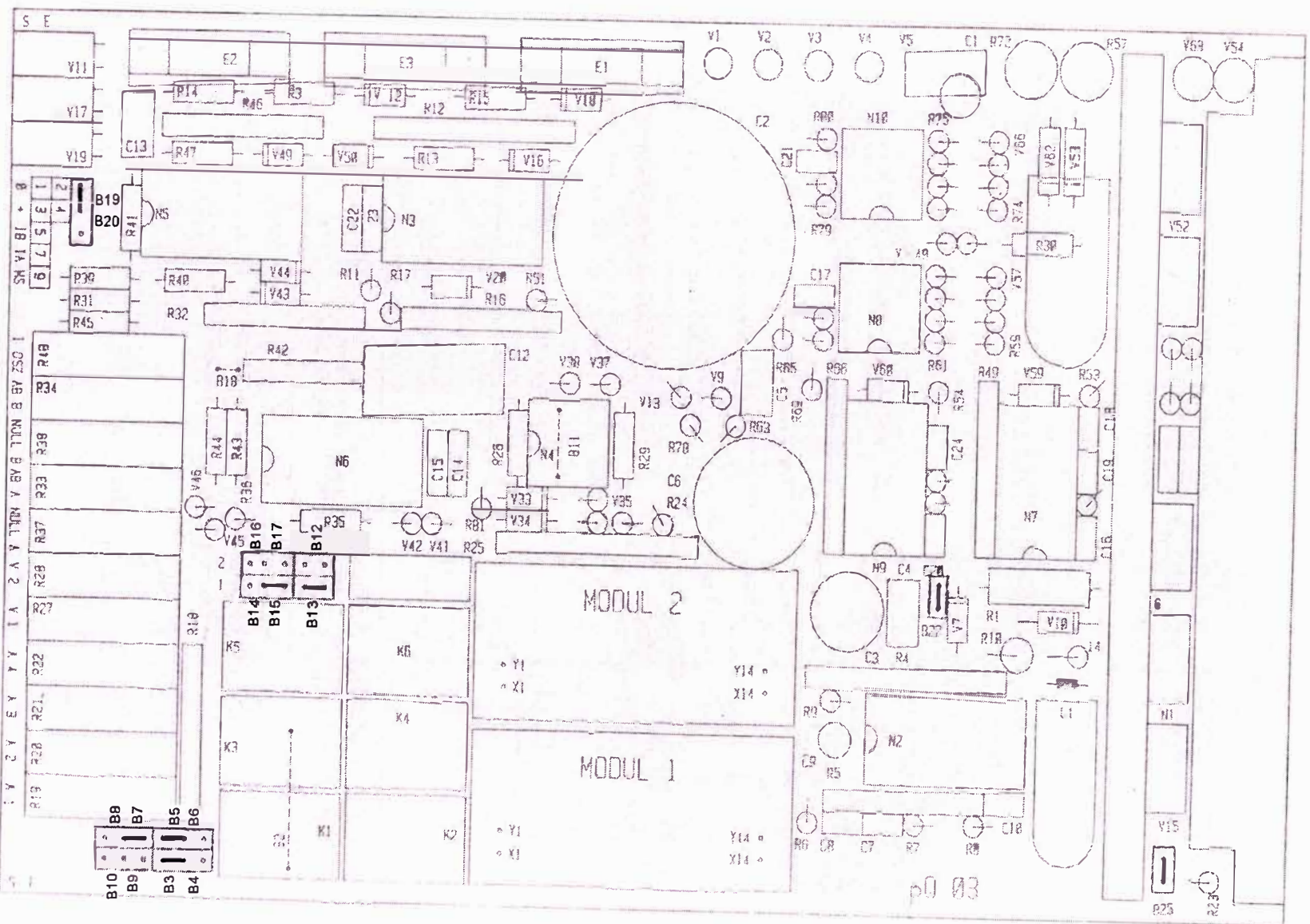




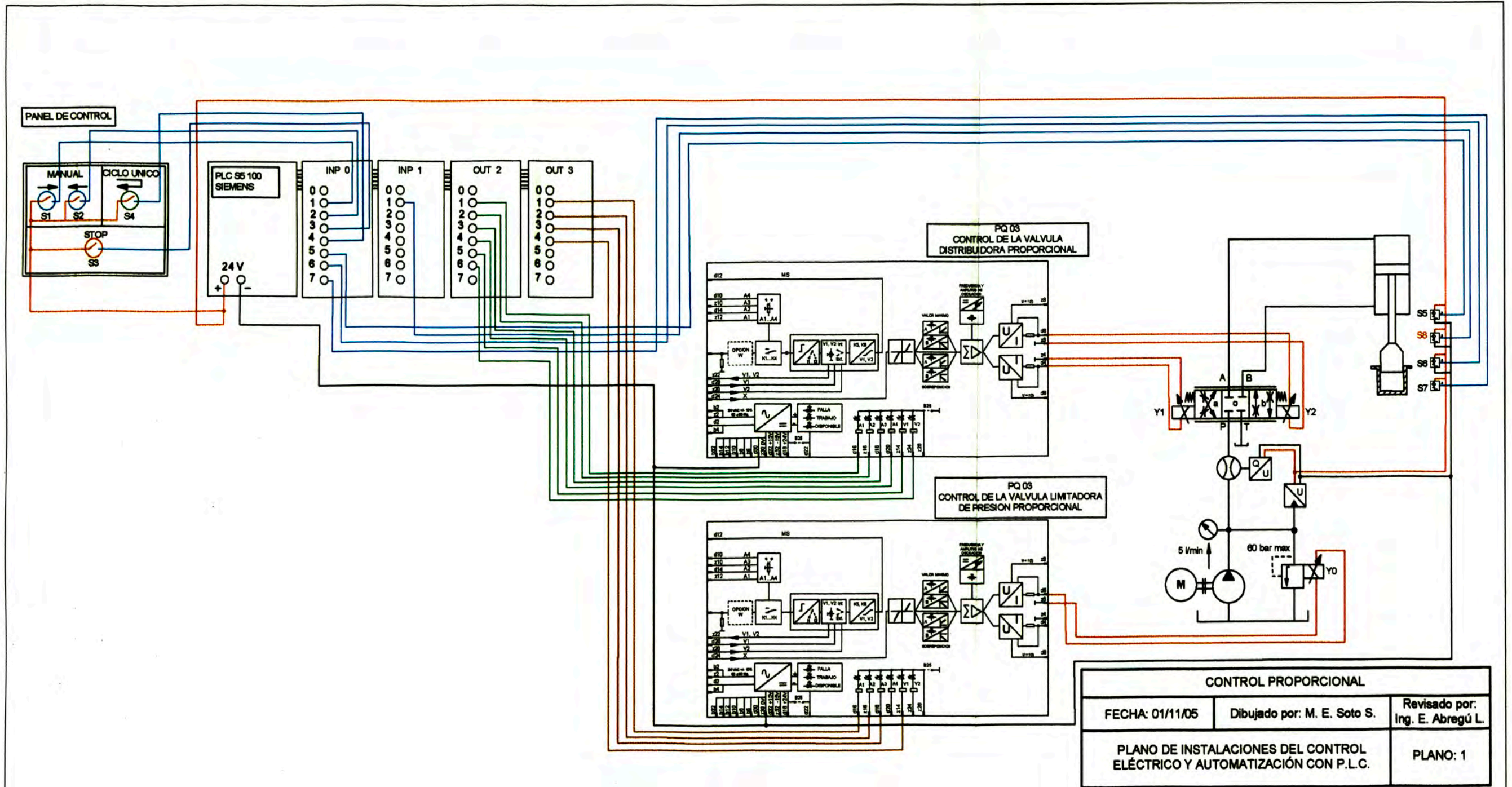
II) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA PROPORCIONAL.



III) CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PQ 03 PARA EL CONTROL DE LA VÁLVULA
LIMITADORA DE PRESIÓN PROPORCIONAL

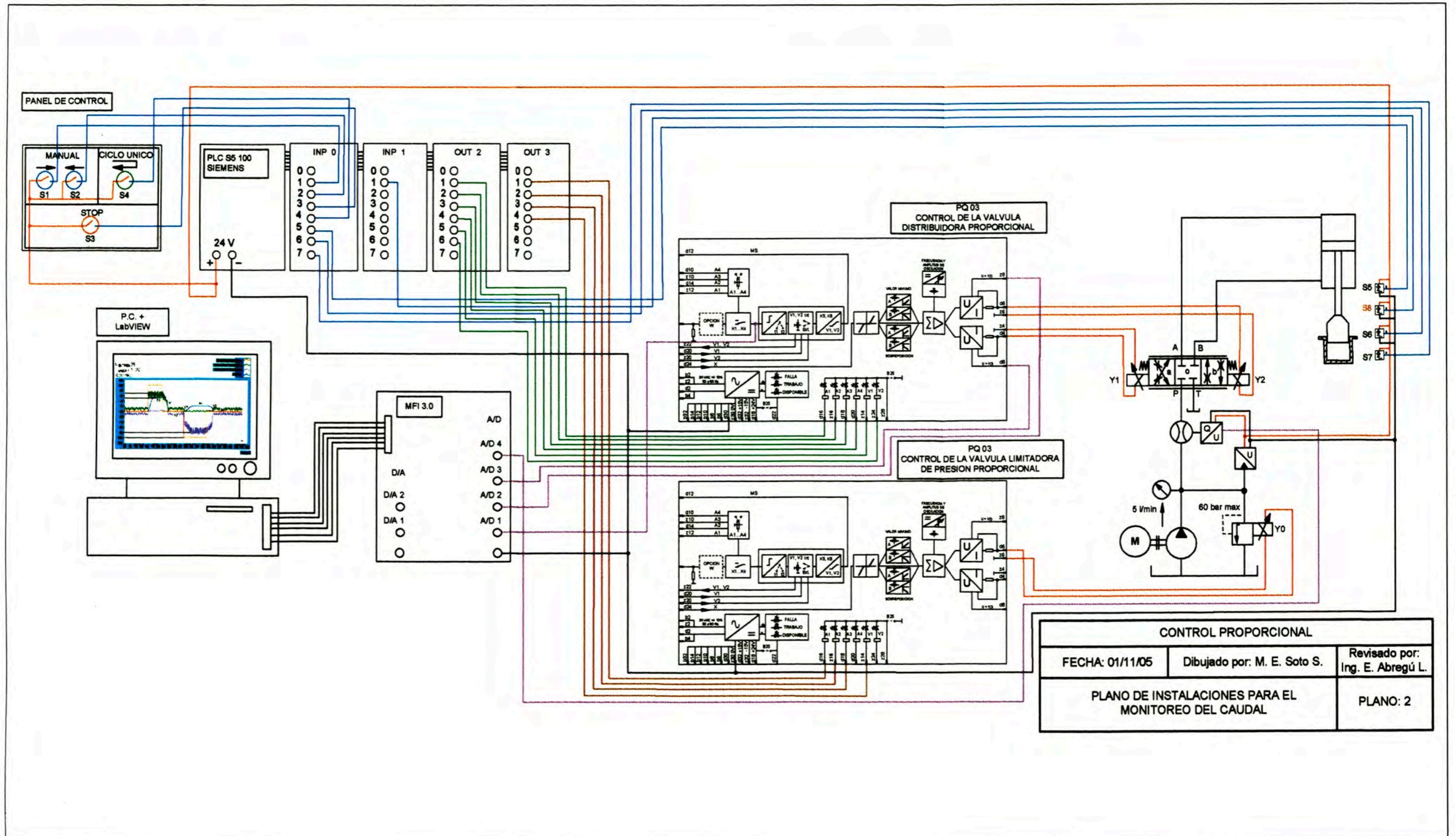


IV) PLANO DE INSTALACIONES DEL CONTROL ELÉCTRICO CON P.L.C.



CONTROL PROPORCIONAL		
FECHA: 01/11/05	Dibujado por: M. E. Soto S.	Revisado por: Ing. E. Abregú L.
PLANO DE INSTALACIONES DEL CONTROL ELÉCTRICO Y AUTOMATIZACIÓN CON P.L.C.		PLANO: 1

V) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DEL CAUDAL



VI) PLANO DE INSTALACIONES PARA EL MONITOREO DE LA PRESIÓN

