

**SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPERACIÓN Y PUESTA  
A PUNTO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE LA  
CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS DEL TREN  
DE LAMINACIÓN 1100 EN ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A.**

**RAÚL ELÍAS NAVARRO SOTOMAYOR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.006**

**SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPERACIÓN Y PUESTA  
A PUNTO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE LA  
CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS DEL TREN  
DE LAMINACIÓN 1100 EN ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A.**

**RAÚL ELÍAS NAVARRO SOTOMAYOR**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
ABEL PARADA CORRALES  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.006**

## DEDICATORIA

A Dios, por caminar siempre a mi lado, por protegerme, por lo que me ha permitido vivir y lo que ha preparado para mí en el futuro, por darme tranquilidad y salud, por todo lo que soy y lo que seré.

A mis padres, Pedro y Miriam, por que me apoyaron en todos los peldaños de mi vida, por su amor, por su colaboración incondicional, por sus enseñanzas y en especial por creer en mí y en mis capacidades.

A mis hermanos y mi familia, por crecer a mi lado, por escucharme, por su alegría y el cariño tan especial que me tienen.

A Gisela, mi reina, mi ángel de la guarda, por su amor gigantesco, por ser la luz de mi vida, por estar en las buenas y las malas, por enseñarme a amar con el corazón y el alma, por aguantarme, por ser la mejor decisión en mi vida y por que gracias a ti soy una mejor persona.

A mis amigos del alma, los de reír, los de llorar, los de parranda, los que dieron sabor a mi vida y me brindaron momentos inolvidables, los que dejaron una huella en mi personalidad.

A todas las personas que viven en mi mundo, que me apoyaron de lejos o de cerca, los que creyeron en mí y en este proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Acerias Paz del Río S.A., por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica empresarial en sus instalaciones y confiar en el criterio y capacidad de los ingenieros mecánicos de la universidad Industrial de Santander.

Al ingeniero Abel Parada Corrales, por su asesoría como director de este proyecto y permanente confianza en mis objetivos trazados.

A los ingenieros Josué Ardila Pachon, Alberto Murcia, Jaime Uribe, Gustavo Duarte y Adriano Espinel, ingenieros a cargo del tren 1100, por su constante apoyo tanto en los aspectos de análisis de ingeniería aportados, como en la logística de apoyo para la realización de pruebas, análisis e inspecciones en el desarrollo de este trabajo de grado.

Al jefe de la central hidráulica José Manrique por su constante y enérgico apoyo en cada una de las actividades de inspección, montaje, revisión y mantenimiento mecánico del circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas.

A los trabajadores, mecánicos, eléctricos, operadores de la central hidráulica y personal de la sección de ingeniería, por la colaboración prestada en todas las labores en que participaron directa e indirectamente.

A todas las personas que aportaron su apoyo desinteresado en este proyecto y creyeron siempre, en que no era imposible de lograr.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
1.1 HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN	4
1.2 MISIÓN	6
1.3 VISIÓN	7
1.4 UBICACIÓN	7
1.5 PRODUCTOS	8
1.5.1 Alambρόn Trefilable.	8
1.5.2 Planos en Caliente.	9
1.5.3 Barras para Refuerzo de Concreto.	11
1.5.4 Rollos para Refuerzo de Concreto.	12
1.5.5 Productos especiales.	12
1.6 MATERIAS PRIMAS	14
1.6.1 Generalidades.	14
1.6.2 Mineral de Hierro.	14
1.6.3 Carbón.	16
1.6.4 Caliza.	17
1.7 INSTALACIONES SIDERÚRGICAS	18
1.7.1 Generalidades.	18
1.7.2 Planta de Coque.	19
1.7.3 Planta de Sinterización.	19
1.7.4 Alto Horno.	20
1.7.5 Planta de Aceración.	21
1.7.6 Planta de Laminación.	23

1.7.7 Plantas Auxiliares y Servicios.	26
1.8 PROPUESTA DE SOLUCIÓN A PROBLEMA PRESENTADO EN EL ÁREA DE LAMINACIÓN	28
1.8.1 Identificación del Problema.	28
1.8.2 Justificación de la Solución.	30
1.8.3 Objetivos del Trabajo de Grado.	32
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN</b>	<b>34</b>
2.1 CONCEPTO DE LAMINACIÓN	34
2.2 ASPECTOS GENERALES	35
2.3 TEORÍAS MECÁNICAS APLICADAS A LA LAMINACIÓN	36
2.3.1 Materiales elásticos.	37
2.3.2 Materiales plásticos.	37
2.3.3 Esfuerzo unitario.	37
2.3.4 Limite de elasticidad.	37
2.3.5 Esfuerzo cortante.	37
2.4 TREN DE LAMINACIÓN	38
2.4.1 Trenes abiertos.	38
2.4.2 Trenes semicontínuos.	39
2.4.3 Trenes continuos.	39
2.5 TEMPERATURA DE LAMINACIÓN	40
2.6 DESCRIPCIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN 1100	41
2.6.1 Equipos Auxiliares.	42
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS</b>	<b>45</b>
3.1 LOCALIZACIÓN EN EL TREN 1100	46
3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	46
3.3 CUCHILLAS	47
3.4 SISTEMAS DE CORTE	47

3.4.1 Sistema Perpendicular al Flujo.	47
3.4.2 Sistema Inclinado.	48
3.4.3 Sistema de Corte de Cizalla de 900 Toneladas.	49
3.5 ANÁLISIS CINEMATICO	50
<b>4. CIRCUITO DE POTENCIA DE LA CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS</b>	<b>55</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO DE POTENCIA	55
4.1.1 Cilindros Hidráulicos.	56
4.1.2 Motores.	59
4.1.3 Bombas.	60
4.1.4 Manifold.	67
4.1.5 Válvulas de Control.	69
4.1.6 Tanque de Aceite T1.	91
4.1.7 Aceite Hidráulico.	91
4.1.8 Tuberías.	92
4.1.9 Interruptores de presión.	94
4.1.10 Interruptor de nivel.	96
4.1.11 Interruptores de Flujo de Alimentación.	96
4.1.12 Filtros.	97
4.1.13 Acumulador y Cilindro Amortiguador.	98
4.1.14 Intercambiadores de Calor.	98
4.2 LÓGICA OPERATIVA DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL	101
4.2.1 Marcha en Vacío.	101
4.2.2 Arranque del Ciclo de la Cizalla.	101
4.2.3 R2 Sujeción, R1 Aproximación y Cizallado.	101
4.2.4 R1 Deceleración.	102
4.2.5 R3A y R3B Retorno Rápido.	103

4.2.6 R3A Y R3B Deceleración.	103
4.2.7 R2 Suelta.	103
4.2.8 Cilindros Auxiliares.	104
4.3 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	105
<b>5. PRUEBAS, ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL CIRCUITO DE POTENCIA</b>	<b>106</b>
5.1 PRUEBAS DE POTENCIA EN LA CIZALLA	106
5.1.1 Pruebas con Tochos.	107
5.1.2 Pruebas con Despunte.	108
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	109
5.2.1 Resultados en las Pruebas de Corte a Tochos.	109
5.2.2 Resultados en las Pruebas de Corte a Despunte de Tochos.	110
5.3 ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE LAS BOMBAS INSTALADAS EN EL CIRCUITO DE POTENCIA	110
5.3.1 Bomba P2.	111
5.3.2 Bombas P5 y P6.	114
5.4 INSPECCIÓN DE MONTAJE Y COMUNICACIÓN ENTRE LAS VÁLVULAS DE CONTROL DEL SISTEMA HIDRÁULICO	115
5.5 DIAGNOSTICO GENERAL DEL CIRCUITO DE POTENCIA	120
<b>6. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE POTENCIA EN EL CIRCUITO</b>	<b>122</b>
6.1 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE POTENCIA	122
6.1.1 Válvulas de Control.	124
6.1.2 Bombas.	150
6.1.3 Aceite Hidráulico y Tanque de Almacenamiento.	160
6.1.4 Solenoides.	161
6.1.5 Fines de Curso.	162

6.1.6 Intercambiadores de calor.	164
6.2 ANÁLISIS Y PRUEBAS DE POTENCIA CONTROLANDO EL ALIVIO DE PRESIÓN EN LA VÁLVULA V6	165
6.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLACA BASE PARA PRUEBAS EN VÁLVULAS DE CONTROL	171
<b>7. ANÁLISIS DE MONTAJE Y OPERACIÓN DE BOMBA OILGEAR PVV540</b>	<b>175</b>
7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	175
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA OILGEAR PVV540	180
7.3 CAUSAS PROBABLES DE DESTRUCCIÓN	185
7.3.1 Contaminación del Fluido.	185
7.3.2 Aireación.	187
7.3.3 Calor Excesivo.	190
7.3.4 Alta velocidad de operación.	192
7.3.5 Demasiada condición de vacío en el puerto de succión de la bomba.	193
7.3.6 Excesiva presión en el drenaje.	194
7.3.7 Condiciones de Sobrecarga en la Succión.	197
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>199</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>201</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>202</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>204</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1. Planta Siderurgica Integrada. Materia prima, Producción de colada y Laminación	4
Figura 2. Símbolo de Acerias Paz del Río S.A.	6
Figura 3. Localización geográfica de la Planta Industrial	8
Figura 4. Alambrón Trefilable en Rollos	9
Figura 5. Laminas de Acero en Bobinas y Hojas	10
Figura 6. Barras para Refuerzo de Concreto	11
Figura 7. Rollos para Refuerzo de Concreto	12
Figura 8. Mineral de Hierro Triturado	15
Figura 9. Carbón Triturado	16
Figura 10. Caliza Triturada	17
Figura 11. Alto Horno	21
Figura 12. Diagrama de Flujo Seccion Fabricación Primaria y Aceración	23
Figura 13. Diagrama de Flujo Sección laminación.	24
Figura 14. Patio de Tochos	29
Figura 15. Patio de Planchones	30
Figura 16. Ilustración de Proceso de Laminación con Colada Continua	36
Figura 17. Laminación en caliente	40
Figura 18. Diagrama de flujo Tren 1100	42
Figura 19. Cizalla de 900 toneladas Cortando un Tocho	45
Figura 20. Ubicación Cizalla de 900 Toneladas	46
Figura 21. Cuchillas y Portacuchillas Superior e Inferior	47

Figura 22.	Sistema Perpendicular al Flujo	48
Figura 23.	Sistema Cuchilla Superior Inclinada	48
Figura 24.	Sistema de Corte Cizalla 900 toneladas	49
Figura 25.	Inicio de Movimiento del Mecanismo	51
Figura 26.	Movimiento Transitorio del Mecanismo donde inicia el Corte	52
Figura 27.	Momento del Corte e inicio del Retroceso del Mecanismo	54
Figura 28.	Ciclo de Corte de la Cizalla	57
Figura 29.	Ciclo de Reposición de la Cizalla	57
Figura 30.	Cilindros R1 y R3B	58
Figura 31.	Cilindro R2	58
Figura 32.	Motores E1 y E2	59
Figura 33.	Bombas P1, P2, P3 y P4	60
Figura 34.	Disposición de Bombas en Motor E1	61
Figura 35.	Bomba P2 Instalada en el Circuito Actual	62
Figura 36.	Bombas P5 y P6 Instaladas en el Circuito Actual	63
Figura 37.	Disposición de Bombas en Motor E2	63
Figura 38.	Bomba P9 y Motor E3	64
Figura 39.	Bomba de Pilotaje P10	65
Figura 40.	Disposición de Bombas en Motores E3 y E4	66
Figura 41.	Bomba de Sobrecarga P11	66
Figura 42.	Estación Manifold y Válvulas de Control instaladas	67
Figura 43.	Manifold Completo	68
Figura 44.	Válvulas Instaladas en Manifold	69
Figura 45.	Línea de Presión en el Ciclo de Corte de la Cizalla	70
Figura 46.	Línea de Presión en el Ciclo de Reposición de la Cizalla	71
Figura 47.	Línea de Presión del Cilindro Amortiguador R2	72
Figura 48.	Línea de Presión de Cilindros Blooming y Steckel	73
Figura 49.	Símbolo Grafico de V1	74

Figura 50.	Símbolo Grafico de V2A	74
Figura 51.	Símbolo Grafico de V2B	75
Figura 52.	Símbolo Grafico de V4	75
Figura 53.	Símbolo Grafico de V5	75
Figura 54.	Símbolo Grafico de Sistema de Seguridad V6, V7 y V8.	76
Figura 55.	Símbolo Grafico de V9	77
Figura 56.	Símbolo Grafico de V10	78
Figura 57.	Símbolo Grafico de V11	78
Figura 58.	Símbolo Grafico de V12	79
Figura 59.	Símbolo Grafico de V15A, V15B, V17A, V17B, V18A, V18B, V18C, V18D, V18E, V19 y V20	80
Figura 60.	Símbolo Grafico de V21	82
Figura 61.	Símbolo Grafico de V22	82
Figura 62.	Símbolo Grafico de V23 y V24	82
Figura 63.	Símbolo Grafico de V26	83
Figura 64.	Símbolo Grafico de V28	83
Figura 65.	Símbolo Grafico de V28	84
Figura 66.	Símbolo Grafico de V31	84
Figura 67.	Símbolo Grafico de Sistema de Seguridad V32, V33 y V34	85
Figura 68.	Símbolo Grafico de V35A y V35B	86
Figura 69.	Símbolo Grafico de V36A y V36B	86
Figura 70.	Símbolo Grafico de V37	86
Figura 71.	Símbolo Grafico de V38	87
Figura 72.	Símbolo Grafico de V39A y V39B	87
Figura 73.	Símbolo Grafico de V40	88
Figura 74.	Símbolo Grafico de V41	88
Figura 75.	Símbolo Grafico de V45	88
Figura 76.	Símbolo Grafico de V46A y V46B	89

Figura 77.	Símbolo Grafico de PV1A, PV1B y PV1C	89
Figura 78.	Símbolo Grafico de PV2A y PV2B	90
Figura 79.	Tanque de Aceite	91
Figura 80.	Tuberías del Circuito Hidráulico	93
Figura 81.	Símbolo Grafico de PSV3A, PSV3B, PSV3C, PSV13, PSV14, PSV27A y PSV27B	94
Figura 82.	Interruptor de nivel	96
Figura 83.	Filtro de Succión V42A	97
Figura 84.	Intercambiador de Calor	99
Figura 85.	Intercambiador de cabezal Flotante de Arrastre	100
Figura 86.	Pruebas Cortando Tochos	107
Figura 87.	Despunte de Tocho	108
Figura 88.	Pruebas Cortando Despunte de Tocho	109
Figura 89.	Curva de Eficiencia Total de Bomba P2	112
Figura 90.	Curva de Potencia de Bomba P2	113
Figura 91.	Manifold de Montaje de Válvulas de Control	116
Figura 92.	Manifold 1 y Corte	117
Figura 93.	Manifold 2 y Corte	117
Figura 94.	Manifold 3 y Corte	118
Figura 95.	Desmontaje para Inspección de Válvulas en Manifold	123
Figura 96.	Válvulas en Líneas de Corte y Reposición del Circuito Hidráulico	125
Figura 97.	Válvula V39A	126
Figura 98.	Válvula V39A en Posición Normalmente Cerrada	128
Figura 99.	Válvula V39A en Posición Abierta a Tanque	130
Figura 100.	Técnico Mecánico desarmando V39A	131
Figura 101.	Componentes internos de V39A	132
Figura 102.	Componentes internos de Válvulas en mal estado	133

Figura 103.	Desgaste de Alojamiento de Resorte	134
Figura 104.	Válvula V6 instalada en Manifold	135
Figura 105.	Componentes internos de Válvula V6	137
Figura 106.	Válvula V6 en Posición Normalmente Cerrada	138
Figura 107.	Válvula V6 aliviando a Tanque la Presión del Sistema	139
Figura 108.	V6 aliviando a Tanque con Dispositivo de Sobrepresion Activado	141
Figura 109.	Componentes internos de V6	143
Figura 110.	Deformaciones Superficiales en Bloque inferior de V6	144
Figura 111.	Posibles Puntos de Fuga de Aceite en V6	145
Figura 112.	Deformaciones en Pivote de V6	146
Figura 113.	Válvula V41 regulando el Flujo de Aceite	147
Figura 114.	Válvula V41 Descargando sin Regulación de Flujo	149
Figura 115.	Bomba Centrifuga tipo Carcasa Partida de Sobrecarga	152
Figura 116.	Bomba de Paletas P10	153
Figura 117.	Despiece de Bomba de Paletas P10	154
Figura 118.	Carcasa de Bombas de Pistones en Línea	155
Figura 119.	Eje de Bombas de Pistones en Línea	155
Figura 120.	Bombas P5 y P6 acopladas en Tanque de bancada	156
Figura 121.	Bomba P5 y/o P6 en plano individual	157
Figura 122.	Montaje y Revisión de P5 y P6	158
Figura 123.	Disposición del Eje y Pistones de P5 y P6	159
Figura 124.	Solenoides utilizados en el Circuito de Potencia	161
Figura 125.	Válvula Direccional con Solenoide instalado	162
Figura 126.	Fines de Curso de la Cizalla	163
Figura 127.	Intercambiador de Calor del Circuito de Potencia	164
Figura 128.	Dispositivo de Sobrepresion con opción de Regulación	167
Figura 129.	Planchón con Corte en un Extremo	169

Figura 130.	Planchon Despuntado por la Cizalla (izquierda) y Planchon sin Despuntar	170
Figura 131.	Disposición de Válvula en Placa Base	172
Figura 132.	Disposición de los Puertos de Pilotaje en Placa Base	173
Figura 133.	Dimensiones de Placa base	173
Figura 134.	Plano de Profundidades de Taladrado en Placa Base	174
Figura 135.	Bomba OILGEAR PVV540 instalada y desacoplada	176
Figura 136.	Componentes internos destruidos de Bomba PVV540	177
Figura 137.	Superficies internas rayadas en Bomba PVV540	177
Figura 138.	Pistones deteriorados superficialmente en bomba PVV540	178
Figura 139.	Aros, Anillo Retenedor, Patín cojinete y Pistón deteriorados en Bomba PVV540	179
Figura 140.	Vista isométrica en corte de Bomba OILGEAR PVV540	180
Figura 141.	Curva de Presión de Sobrecarga en Bomba PVV540	182
Figura 142.	Curva de Operación de Bomba PVV540	183
Figura 143.	Falla por contaminación de fluido.	186
Figura 144.	Influencia del tamaño de una malla y el ángulo de instalación al interior de un reservorio	189
Figura 145.	Daños en el patín de deslizamiento.	194
Figura 146.	Pistón y Cojinete Patín de Deslizamiento gravemente deteriorados.	195
Figura 147.	Disposición de Línea de Drenaje de Bomba PVV540	196
Figura 148.	Llenado de la Carcasa con Aceite antes del arranque de la Bomba	197

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Temperatura de Laminación	1
Tabla 2. Lista de Componentes del Intercambiador	100
Tabla 3. Valores de Presión en R1 Cortando Tochos	107
Tabla 4. Datos Nominales de Desempeño de Bomba PVV540	181
Tabla 5. Dimensiones Nominales y Peso Sin Controles	182
Tabla 6. Vida en Horas del aceite de acuerdo a la Temperatura de Trabajo.	191

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Despiece y lista de piezas de Bomba OLIGEAR PVV540	204
Anexo B. Características técnicas y de operaciones de Bomba PVV540	208
Anexo C. Plano Hidráulico General del circuito de potencia de la Cizalla de 900 Toneladas.	212

## RESUMEN

### TÍTULO:

**SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE OPERACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE LA CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS DEL TREN DE LAMINACIÓN 1100 EN ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A.\***

### AUTOR:

Raúl Elías Navarro Sotomayor. \*\*

### PALABRAS CLAVES:

Cizalla hidráulica, problema de potencia, análisis de operación, mantenimiento.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto tiene como objetivo principal solucionar un problema de potencia presentado en la cizalla hidráulica de 900 toneladas del tren de laminación 1100 en la empresa Acerias Paz del Río S.A., la cual tiene como función realizar cortes en tochos y planchones de acero. Actualmente la cizalla no tiene la capacidad de realizar cortes en planchones, por lo cual se requiere realizar un estudio de la situación y solucionar la incapacidad de trabajo de la maquina.

El proyecto se realizó en varias etapas. Primero se efectuó un estudio completo de los elementos actualmente instalados verificando su correcto montaje y operación en el circuito. Se realizaron pruebas de potencia para determinar la capacidad de trabajo del sistema y diagnosticar su estado actual. El análisis de operación de las bombas instaladas también reveló las condiciones de suministro de potencia de todo el sistema. Por ultimo, se realizaron actividades de inspección y mantenimiento en cada uno de los componentes del circuito, determinando problemas de deterioro de elementos internos y mal funcionamiento de los mismos.

El resultado es un completo informe de las actividades planeadas y realizadas, las cuales se enfocaron en solucionar un grave problema presentado en la línea de producción de Acerias Paz del Río S.A., permitiendo otorgar eficiencia en los procesos que dependían de ello, y además generando una gran experiencia practica y cognoscitiva para el autor, hacia un campo de acción de la carrera de ingeniería mecánica.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Abel Parada.

## SUMMARY

**TITLE:**

**SOLUTION OF PROBLEMS OF OPERATION AND SETTING TO POINT OF THE CIRCUIT OF POWER OF THE HYDRAULIC SHEARS OF 900 TONS OF THE TRAIN OF LAMINATION 1100 IN ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.\***

**AUTHOR:**

Raúl Elías Navarro Sotomayor. \*\*

**KEY WORDS:**

Hydraulic shears, problem of power, operation analysis, maintenance.

**DESCRIPTION:**

This project has as main objective to solve a problem of power presented in the hydraulic shears of 900 tons of the lamination train 1100 in the company Acerias Paz Del Rio S.A., which has as function to carry out courts in tochos and steel sheet. At the moment the shears doesn't have the capacity to carry out courts in sheet, reason for which is required to be carried out a study of the situation and to solve the work inability of it machine.

The project was carried out in several stages. First a complete study of the elements was made at the moment installed verifying its correct assembly and operation in the circuit. They were carried out tests of power to determine the capacity of work of the system and to diagnose their current state. The analysis of operation of the bombs installed also revealed the conditions of supply of power of the whole system. For I finish, they were carried out inspection activities and maintenance in each one of the components of the circuit, determining problems of deterioration of elements internal and bad operation of the same ones.

The result is a complete report of the planned activities and carried out, which were focused in solving a serious problem presented in the line of production of Acerias Paz del Rio S.A., allowing to grant efficiency in the processes that depended on it, and generating a great experience also practices and cognitive for the author, toward a field of action of the career of mechanical engineering.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Abel Parada.

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de mejorar los niveles de producción y estándares de calidad, muchas empresas nacionales han venido reestructurándose e innovando su tecnología en todas las áreas que afecten la productividad de la misma, y mejorando el rendimiento de los procesos a los que se dedica, otorgándole un nivel de competitividad en el creciente y cada vez mas exigente mercado mundial.

ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A., es una empresa líder a nivel nacional e internacional, en la producción y comercialización de productos de acero, efectuando la exploración, explotación y transformación de mineral de hierro, caliza y carbón como materia prima, constituyéndose en la única siderurgica integrada de Colombia. Es por ello que la empresa está actualmente desarrollando e inyectando nueva tecnología, especialmente en los equipos y procesos que presentan menor rendimiento en cuanto a la productividad de la planta.

Uno de estos cambios de tecnología en equipos se presenta en el área de laminación de la planta, en donde se realizara en los próximos meses el montaje y operación de un equipo de colada continua, el cual aumentará considerablemente los niveles de productividad y desplazará algunos equipos de laminación de vieja tecnología. Entre los cambios que se presentaran está el de la producción de productos redondos por medio de la transformación de tochos que se realiza actualmente en el tren 1100, el cual será totalmente realizado en un nuevo equipo de colada continua. Por lo tanto la línea del tren de laminación 1100, solo transformará los planchones de acero para la producción de productos planos.

La cizalla hidráulica de 900 toneladas es una maquina del tren 1100, encargada de cortar y despuntar tochos y planchones de acero a una elevada temperatura, para su transformación en los procesos posteriores.

En la actualidad, esta maquina no tiene la capacidad de efectuar cortes en los planchones, por lo cual se requiere un estudio y análisis de los problemas de potencia presentados en este equipo.

Está es la razón por la cual se planteó y desarrolló este trabajo de grado titulado, "**Solución De Problemas De Operación y Puesta A Punto Del Circuito De Potencia De La Cizalla Hidráulica De 900 Toneladas Del Tren De Laminación 1100**", con el fin de realizar un diagnostico y estudio completo del estado actual de los componentes del circuito de potencia de esta maquina, para solucionar los problemas presentados en este sistema y poder efectuar los cortes a los planchones de acero. Todo esto en base a actividades de inspección, mantenimiento y análisis en los elementos constitutivos del circuito de potencia y efectuando pruebas de operación para verificar la capacidad de trabajo de la maquina antes y después de la intervención.

El proyecto está estructurado de tal manera que el lector identifique las actividades realizadas en un orden apropiado. En el capitulo 1 se muestra el contexto donde se desarrolló el proyecto de grado. En el capitulo 2 se exponen conceptos claves del proceso de laminación y se describe el tren de laminación 1100 de la empresa. La descripción general de la cizalla hidráulica de 900 toneladas es mostrada en el capitulo 3, con un análisis cinemático de la maquina. En el capitulo 4 se describen en detalle todos los componentes que integran el circuito de potencia de la cizalla y se explica la lógica operativa de la misma. El diagnostico general del sistema se

incluye en el capítulo 5, en base a los análisis de operación de bombas, pruebas de potencia y estudio de conexiones en el manifold.

En el capítulo 6 se describen las actividades de inspección y mantenimiento en los componentes del circuito, que permiten encontrar la fuente del problema en la maquina y solucionarlo, para realizar eficientemente los cortes en planchones.

El estudio y análisis de los posibles factores de destrucción en un tipo de bombas instaladas en el circuito de potencia, es mostrado en el capítulo 7, el cual se estructura como un manual de instalación y operación de bombas de pistones.

El plano general de l circuito de potencia se encuentra en la sección de anexos y es indispensable en la comprensión de algunos capítulos de este trabajo.

## 1. CONTEXTUALIZACION DEL PROYECTO

En el presente capítulo, se llevará a cabo la contextualización del problema al cual se le quiere dar solución con el proyecto desarrollado, para ello se presentará la historia de la Empresa ACERIAS PAZ DEL RIO S.A. Posteriormente se presentarán los productos fabricados en la planta de producción, y se hará una descripción de la materia prima y de los procesos que se llevan a cabo en cada una de las instalaciones siderúrgicas para obtener los productos antes mencionados. Por último se identificará el problema presentado en un área específica de la empresa, la justificación de la solución y los objetivos planteados en el proyecto.

### 1.1 HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN

**Figura 1. Planta Siderúrgica Integrada. Materia prima, Producción de colada y Laminación**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co](http://www.pazdelrio.com.co)>

Por el año de 1910 la industria Siderúrgica se encontraba prácticamente en receso, y la demanda interna de hierro, acero y otros metales se satisfacía, casi en su

totalidad, desde el extranjero. Este tipo de importaciones no tuvo restricción hasta 1931 cuando se estableció el arancel aduanero como medio de protección y estímulo del Estado a la industria nacional que empezaba a desarrollarse.

En cumplimiento de esta política el Gobierno Nacional, por medio de la Ley 97 de 1938, fomentó y organizó industrias destinadas a la elaboración de hierro y acero. Esta Ley autorizó al Gobierno para suscribir hasta el 51% de las acciones de las empresas que se formaran y, en el artículo 11, estableció que las otras entidades de derecho público debían preferir en sus compras productos de hierro elaborados en el país.

A los antecedentes sobre la Siderúrgica Nacional, que se prologan por más de un siglo, debe sumarse las consecuencias de la falta de suministro de acero que debió afrontar la industria colombiana durante la segunda guerra mundial. Cobró entonces urgencia el empeño de establecer la primera siderúrgica integrada del país, cuyo resultado se tradujo en la creación de la Siderúrgica Nacional de Paz de Río.

En el año de 1940 el Instituto de Fomento Industrial inició el estudio geológico de los yacimientos de mineral de hierro de la región de Paz de Río, Boyacá. El 17 de septiembre de 1948 se formó la Sociedad Anónima Empresa Siderúrgica Nacional de Paz de Río, a la cual el Gobierno, aportó inicialmente seis millones de pesos, Sociedad que en 1954 se transformó en Acerías Paz del Río, S.A., iniciando la producción en el mes de octubre de este mismo año.

En 1955, el Gobierno Nacional mediante Decreto No. 2792, autorizó convertir los bonos que la Empresa había emitido para financiar la construcción de la planta, en acciones de la misma y a favor del Estado, por un valor de 300 millones de pesos. En este mismo año el Gobierno vendió las acciones que poseía en Acerías, al Banco de la República y cuyo valor nominal era de \$210.820.000.00, y se acordó que de aportes hechos por los contribuyentes al impuesto sobre la renta, cuando estos opten por suscribir acciones en Acerías, en vez de pagar el impuesto adicional

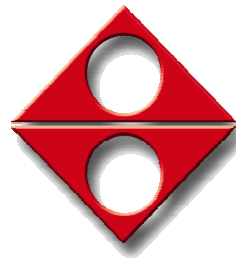
establecido por la Ley, el 50% se destinara al traspaso progresivo de las acciones del Banco de la República a los particulares, y el otro 50% se destinara a la emisión de nuevas acciones de la Empresa. Posteriormente se modificó, destinándose el 56% para el traspaso de las acciones del Banco de la República, y el 44% para la suscripción de nuevas acciones.

Después de un constante aumento en el capital autorizado, en 1967 se termina la venta de acciones del Banco de la República a los particulares, y con ella se consolida la sociedad como Empresa privada.

En la actualidad, Acerías Paz del Río, S.A., como Sociedad Anónima, con más de 450.000 accionistas, está dirigida por una Junta Directiva elegida por la Asamblea General de Accionistas para un período de dos años. La Junta Directiva nombra al presidente, de quién dependen varias Vicepresidencias.

## 1.2 MISIÓN

**Figura 2. Símbolo de Acerías Paz del Río S.A.**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/perfil.html](http://www.pazdelrio.com.co/perfil.html)>

La Misión de ACERIAS PAZ DEL RÍO, S.A. es explorar, explotar y transformar los minerales de hierro, caliza y carbón en productos de acero y los derivados del proceso siderúrgico para su comercialización y uso a nivel industrial, metalmecánico, construcción y agrícola.

### **1.3 VISIÓN**

Acerías Paz del Río, S.A. será una empresa estable y rentable, que genera valor a sus clientes, trabajadores, accionistas y a la comunidad, siendo competitiva con respecto al mercado abierto del acero a nivel nacional e internacional, como la única siderúrgica integrada de Colombia, produciendo nuevos y mejores productos. Será una Organización renovada tecnológicamente en los principales procesos productivos, que aplica una gestión integral enfocada en la prevención de riesgos en calidad, medio ambiente, salud y seguridad y en la mejora continua de su desempeño.

### **1.4 UBICACIÓN**

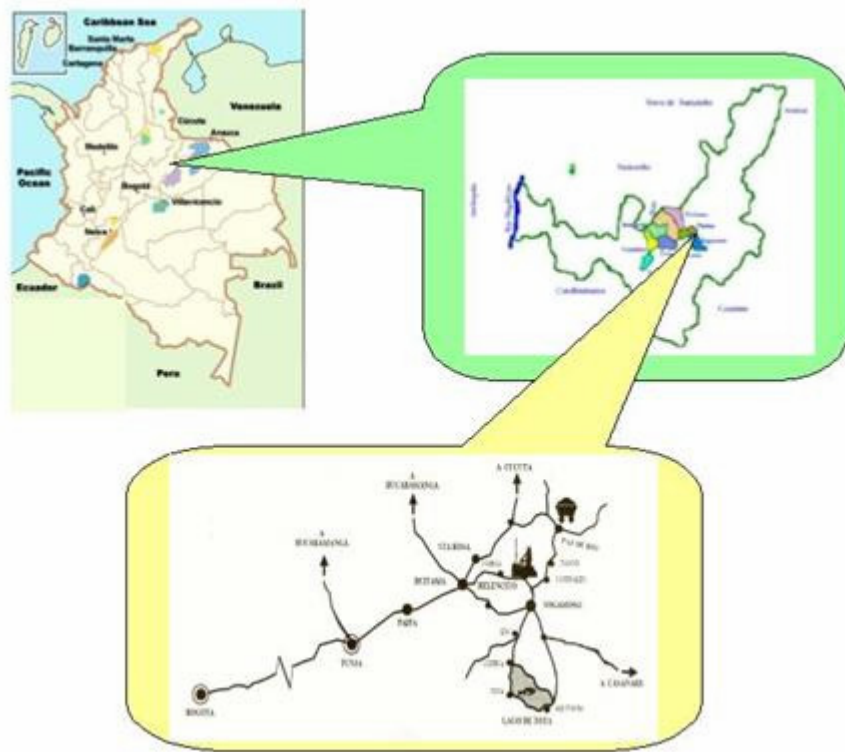
La coincidencia natural sobre una misma región de los recursos mineros, hidrológicos, de mano de obra y el acondicionamiento técnico e industrial para la elaboración de aceros terminados, permitieron la integración operativa de Acerías. La planta industrial está ubicada en Belencito, dentro de la jurisdicción de los municipios de Nobsa y Corrales. Por vía férrea está a 37 kilómetros de Paz de Río.

Distancias, por carretera, entre Belencito y otras ciudades:

- a 7 kilómetros de Sogamoso,
- a 20 kilómetros de Duitama,
- a 70 kilómetros de Tunja.
- a 220 kilómetros de Bogotá.

Su altura es de 2.400 metros sobre el nivel del mar y temperatura media de 18°C.

**Figura 3. Localización geográfica de la Planta Industrial**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/perfil.html](http://www.pazdelrio.com.co/perfil.html)>

## 1.5 PRODUCTOS

**1.5.1 Alambión Trefilable.** Producto semiterminado de sección circular maciza, laminado en caliente, suministrado en rollos con destino a ser trefilado o laminado en frío.

Calidad certificada ICONTEC - NTC 330

Norma de referencia - ASTM A-510

**Figura 4. Alambroón Trefilable en Rollos**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/portafolio.html](http://www.pazdelrio.com.co/portafolio.html)>

➤ **Usos y Aplicaciones:**

- ESE para fabricación de electrodos para soldadura.
- Calidad AISI 1006 y AISI 1008, gran ductilidad para altas reducciones de área. Fabricación de alambres finos.
- Calidad AISI 1010 para fabricación de alambres con destino a grapas, puntillas, clavos y parrillas con baja reducción de área. Cables de bajas exigencias.
- AISI 1012 para fabricación de puntillas.
- 1015 Y 1022 para fabricación de alambres de resistencia media y puntillas y elementos de fijación.

**1.5.2 Planos en Caliente.** Láminas en hojas y bobinas de Acero al carbono. Laminada en caliente, espesor comprendido entre 1.9 y 76mm.

Calidad certificada ICONTEC - NTC 5, 6, 7, 1920

Normas de referencia ASTM: A635, A1011, A568, A36

**Figura 5. Laminas de Acero en Bobinas y Hojas**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/portafolio.html](http://www.pazdelrio.com.co/portafolio.html)>

- **Usos y Aplicaciones:** Dependiendo de la calidad, se utiliza con excelentes resultados en la fabricación de:
- Estructuras: Puentes, Cubiertas, Edificios, Perfiles, Puente, Grúas
  - Silos , tolvas
  - Autopartes, Carrocerías
  - Tuberías
  - Defensas viales.
  - Estructuras metálicas.
  - Tanques de almacenamiento de líquidos
  - Aplicaciones estructurales generales.
  - Carpintería metálica y para uso pesado.
  - Estantería metálica

**1.5.3 Barras para Refuerzo de Concreto.** Barra laminada en caliente, con núcleo central circular en cuya superficie existen salientes llamadas resaltes, con el fin de aumentar la adherencia del hormigón a la barra.

Calidad certificada ICONTEC NTC 2289

Norma de referencia - ASTM A-706

**Figura 6. Barras para Refuerzo de Concreto**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/portafolio.html](http://www.pazdelrio.com.co/portafolio.html)>

En las barras PDR-60, la relación Resistencia/Límite de Fluencia es superior o igual a 1.25, lo cual garantiza una gran capacidad de absorción de energía y elevada deformación plástica. Este acero es soldable aplicando los procedimientos de la norma AWS D 1.4. Su bajo Carbono equivalente garantiza esta característica.

**Usos y Aplicaciones:**

Colombia está localizada en una región de alto riesgo sísmico, por esta razón las construcciones deben tener un diseño sismorresistente, y para cumplir con este requisito deben utilizar obligatoriamente barras corrugadas que cumplan con la

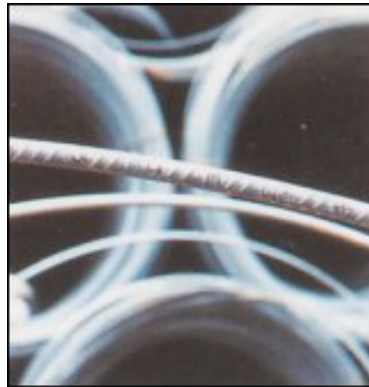
norma NTC 2289. (Resolución 002 de 1995, del Consejo Nacional de normas y calidades).

**1.5.4 Rollos para Refuerzo de Concreto.** Producto terminado redondo de acero al carbono, laminado en caliente en rollos de sección en cuya superficie existen salientes llamadas resaltes, con el fin de aumentar la adherencia del hormigón.

Calidad certificada ICONTEC NTC 2289, norma de referencia - ASTM A-706

Calidad certificada ICONTEC NTC 161, grados AH22, AH-24(A37) Y AH28

#### **Figura 7. Rollos para Refuerzo de Concreto**



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/portafolio.html](http://www.pazdelrio.com.co/portafolio.html)>

Para la calidad PDR-60 (ICONTEC NTC 2289), la relación Resistencia/Límite de Fluencia es superior o igual a 1.25, lo cual garantiza una gran capacidad de absorción de energía y elevada deformación plástica. Este acero es soldable aplicando los procedimientos de la norma AWS D 1.4. Su bajo Carbono equivalente garantiza esta característica

#### **1.5.5 Productos especiales.**

- **Abono Paz Del Río:** Fertilizante y acondicionador de suelos, rico en fósforo asimilable, calcio, magnesio, manganeso y elementos menores, proveniente

de la refinación del arrabio fosforoso. Cumple integralmente con la norma ICONTEC 41, y se fabrica bajo Registro de venta ICA No. 066.

- **Sulfato de amonio:** Abono fuente de nitrógeno y azufre de amplio uso en agricultura. También se utiliza como materia prima en la industria química y como mordiente de curtiembres. Cumple integralmente con la norma ICONTEC 99 y la Registro de venta ICA No. 2744.
  
- **Coque Metalúrgico:** Agente reductor y combustible para la fabricación de arrabio de Alto Horno, fundición de cubilote y otros procesos. Presenta gran resistencia a la compresión, abrasión y desgaste. Posee una alta reactividad debido a su estructura celular que permite una fácil penetración de los gases
  
- **Escoria Granulada de Alto Horno:** Mezcla de fundentes, ganga de mineral y cenizas con excelentes resultados en la fabricación de cementos, vidrios y pavimentos.
  
- **Otros Productos:** Oxígeno, Nitrógeno, Naftalina, Brea de alquitrán de hulla, Alquitrán, Finos de mineral de hierro, Caliza, Aceites Pesados y Antracénicos.

## 1.6 MATERIAS PRIMAS

**1.6.1 Generalidades.** Una de las principales características de Paz del Río es su autoabastecimiento en materias primas, por ser propietaria y explotar sus minas de carbón, caliza y mineral de hierro.

El área mineralógica central de la Empresa está comprendida por Belencito (caliza), Paz de Río (mineral de hierro y carbón) y Samacá (carbón medio en volátiles). El proceso extractivo cumple condiciones de la más alta especialización en el país con equipos técnicos, de control y de seguridad adecuadas, y con mineros ampliamente capacitados.

El mineral de hierro extraído en Jurisdicción de Paz de Río y el carbón proveniente de La Chapa, son transportados por cable aéreo a las Plantas de Trituración y Lavado respectivamente, en Paz de Río. Luego se cargan al Tren eléctrico que los conduce a Belencito, donde también se reciben el carbón de Samacá y la caliza de los alrededores de la Planta. Los carbones de La Chapa, alto en material volátil y de Samacá, medio en material volátil, son complementarios en la coquización para obtener un reductor de mejor calidad y mayor poder calorífico para el Alto Horno.

**1.6.2 Mineral de Hierro.** El mineral de hierro proviene del único depósito importante conocido hasta ahora en Colombia. El yacimiento está localizado a lo largo del Río Chicamocha entre Sogamoso y Socotá y en el sector comprendido entre Paz de Río y Sativa. Su espesor varía entre 2 y 10 metros, con un promedio de cerca de 4,5 metros.

Se ha establecido que los yacimientos de mineral hierro se formaron por la precipitación de óxidos de hierro solubles, en medio acuoso de baja profundidad y en el cual los cristales de cuarzo se depositaron primero para luego formar oolitas

debido a la saturación de los hidróxidos de hierro coloidales alrededor de un núcleo. El mineral de hierro es básicamente goetita de estructura oolítica. La matriz está compuesta principalmente de hematita y chamocita. Cuarzo subangular, siderita y clorita son comunes como minerales accesorios. El fósforo se encuentra principalmente como apatita y en algunos fosfatos complejos de hierro, distribuidos entre las oolitas y el material de ligamento.

### **Figura 8. Mineral de Hierro Triturado**



Fuente: El autor

Los yacimientos pertenecen al período geológico Terciario de la era Cenozoica. Estratigráficamente el manto de mineral de hierro se encuentra encajado dentro de una serie de capas constituidas por areniscas, arcillas y pizarras, cuyo conjunto llega a contabilizar hasta 1.200 m., con espesores entre los dos y nueve metros; pendientes que van desde los 3° hasta los 70°. Los diferentes espesores y pendientes obligan a emplear simultáneamente varios métodos de explotación; el de tambores paralelos en zonas con pendientes mayores de 15° y el de cámaras y pilares en zonas con pendientes menores de 15°, ambos métodos dentro del sistema de explotación subterránea.

**1.6.3 Carbón.** Los depósitos de este mineral están localizados dentro de una de las regiones carboníferas más grandes de Colombia. Las operaciones principales se llevan a cabo en la Mina La Chapa localizada cerca de Paz de Río y a corta distancia de las minas de mineral de hierro. Una segunda mina, conocida como la Mina de Samacá, está localizada 100 kilómetros al sur de la planta.

**Figura 9. Carbón Triturado**



Fuente: El autor

El carbón de estos yacimientos está clasificado como carbón de alta y de medio contenido de materias volátiles. El coque de buena calidad requiere de una mezcla de estos carbones con carbón de bajo contenido de volátiles, el cual se obtiene de suministradores independientes que operan en el área de Guachetá, adyacente a la de Samacá.

El carbón es extraído bajo tierra utilizando el sistema de tajo largo. Se transporta hasta los carros de la mina por medios mecánicos y luego a la estación de trituración situada en la superficie. La operación es similar en ambas minas.

Para la fabricación de coque el carbón debe ser lavado, por lo tanto se dispone de una Planta Lavadora de carbón localizada en la región de Paz de Río y que lava los

carbones de las minas de la Chapa y de Samacá. El carbón de Samacá se envía por carretera a Belencito y de allí por ferrocarril hasta la planta lavadora. Esta planta utiliza el sistema de flotación en medio denso, para obtener la calidad apropiada del carbón. El rendimiento de la lavadora es de cerca del 60% para el carbón de La Chapa y del 70% para el carbón de Samacá. Dicha planta tiene una capacidad anual de 1.000.000 de ton. de carbón lavado.

El análisis del carbón lavado es: 60% carbono fijo, 31,5% de materias volátiles y 8,5% de cenizas.

**1.6.4 Caliza.** Mediante los sistemas de extracción bajo tierra, conocido como de cámaras, y de cielo abierto en superficie, se explotan las minas de caliza, ubicadas en las inmediaciones de la Planta Industrial de Belencito.

**Figura 10. Caliza Triturada**



Fuente: El autor

La formación, perteneciente al período geológico del cretáceo inferior, consta de 12 bancos de espesores variables entre 2 y 8 m., dividiéndose éstos en un grupo de caliza siderúrgica y en otro de caliza cementera.

La diferencia entre los dos grupos de mineral radica en los porcentajes de contenido de sílice, no siendo aptas para uso siderúrgico las calizas con más de un

5%. Por el contrario la caliza con alto contenido de sílice es perfectamente utilizable en los procesos cementeros.

## **1.7 INSTALACIONES SIDERÚRGICAS**

**1.7.1 Generalidades.** La Planta comenzó operaciones el 13 de octubre de 1945, luego de la instalación de equipo minero y siderúrgico, con capacidad nominal conjunta de 140.000 ton. anuales de acero en lingotes, destinadas a la fabricación de perfiles y redondos.

Posteriormente se instaló un equipo para la producción de láminas en caliente.

En 1968 fueron puestas en marcha instalaciones adicionales tales como la planta de sinterización, el tren desbastados **1100** y el tren steckel, los cuales, junto con algunas mejoras en el Alto Horno, aumentaron la capacidad de producción anual de acero bruto a 260.000 ton.

Durante 1982 se pusieron en marcha nuevos equipos, que permitieron aumentar a 380.000 ton. de acero por año, la capacidad nominal de la Planta.

A continuación se describen someramente las principales instalaciones de que dispone Acerías Paz del Río en Belencito, para obtener como producto final del proceso siderúrgico, barras de acero, rollos de alambros, laminas y otros subproductos tales como abonos, brea y ácido sulfúrico .

**1.7.2 Planta de Coque.** La planta de Coquería tiene por objeto producir el coque metalúrgico, que es una masa de carbón dura y de estructura celular que se obtiene destilando la hulla o carbón mineral en hornos, en ausencia del aire. Se puede decir también que el coque es el residuo de la destilación del carbón mineral.

Se cuenta con una batería de 57 hornos, cada uno de los cuales coquizan 20.5 m<sup>3</sup> de carbón en aproximadamente 14 horas de operación, a 1.250° C. La capacidad diaria del complejo asciende a 1000 ton. de coque, a partir de 1.415 ton. de carbón mineral utilizado. En el proceso se genera 300 m<sup>3</sup> de gas o materias volátiles por cada tonelada de carbón coquizado, los cuales son captados por un sistema de colectores y conducidos a la Planta de Subproductos, donde se les separan escalonadamente los diversos elementos recuperables, tales como: alquitrán, brea, amoníaco, sulfato de amonio, benzol, ácido sulfhídrico y naftalina. El gas libre de estos componentes, se torna en altamente combustible y es usado en un 45% de su volumen para el calentamiento de los mismos hornos de coquización, mientras que el remanente pasa a suplir en parte los requerimientos energéticos de las diversas plantas de la zona industrial.

Una vez apagado, estabilizado y cribado, el coque se envía al Alto Horno y las partes más finas se trasladan a la planta de aglomeración o sinterización.

**1.7.3 Planta de Sinterización.** Durante los procesos de extracción minera, transporte y manipulación de las materias primas, se producen grandes cantidades de material, de una granulometría excesivamente fina, que impide su utilización en el Alto Horno.

Para aprovechar el material fino se utiliza uno de los procesos de aglomeración denominado sinterización, que consiste en cargar una mezcla húmeda de finos de mineral de hierro y de caliza, junto con finos de coque, en una parrilla permeable.

La capa superior es calentada a alta temperatura mediante unos quemadores y se succiona aire hacia abajo a través de la parrilla, lográndose temperaturas de hasta 1.500 °C, produciéndose una fusión incipiente de los materiales que permiten luego una aglomeración fuerte a medida que se van enfriando los mismos. Más adelante, la torta de sinterización es volteada de la parrilla y quebrada bruscamente para ser tamizada, seleccionada granulométricamente y terminada de enfriar para su envío al Alto Horno.

Las instalaciones de la Planta de Sinterización incluyen: un sistema de trituración para el mineral y la caliza, un pulverizador de coque, un planta de mezclas con cuatro pilas de almacenamiento de cerca de 6.500 ton. de capacidad, un apilador, dos recuperadores y una máquina de sinterización convencional más su equipo auxiliar.

La máquina de sinterización es tipo DW. GHT-LLOVD, con cadena de 2 m de ancho y 68 m<sup>2</sup> de superficie de parrilla. El enfriador es del tipo de cadena recta.

Esta unidad tiene capacidad para 1250 ton. diarias de sinter bruto, pero con el retamizado en la estacada del Alto Horno el sinter neto producido es en la actualidad de 1.100 ton. diarias. El sinter producido es autofundente y su basicidad promedia, relación CaO / SiO<sub>2</sub>, es del orden 2 : 3.

**1.7.4 Alto Horno.** Se dispone de un alto horno convencional de 5,9 m<sup>3</sup>, estufas y equipo auxiliar que incluye: un colector de polvo, un lavador venturi, un lavador de gas, un precipitador electrostático, un colector de lodos y una máquina lingoteadora.

En el Alto Horno, el mineral de hierro y el sinter son precalentados, reducidos y fundidos, para obtener arrabio con destino a los convertidores. Por otro lado se obtiene escoria que, una vez granulada, es vendida para la fabricación de cemento.

**Figura 11. Alto Horno**



Fuente: El autor

Mejoras en el diseño y en la operación de esta unidad de producción, han permitido aumentar su capacidad original de 500 ton/día a 840 ton/día.

Con la utilización de la técnica de inyección de oxígeno y de coque de bajo contenido de cenizas, se espera alcanzar la producción de 950 ton/día, con lo cual se habrá prácticamente duplicado la capacidad original del horno.

**1.7.5 Planta de Aceración.** La función principal de esta planta es la de transformar el arrabio producido en el alto horno en aceros de diferentes calidades. Además, fundir la chatarra de recirculación proveniente de los procesos de Laminación.

Para transformar el arrabio en acero se dispone de dos convertidores LWS (Loire-Wendel-Sprunck) de 30 ton. de capacidad, que utilizan oxígeno puro inyectado por el fondo.

El arrabio es transportado en estado líquido del Alto Horno a la Planta de Aceración en cucharas de 40 ton. de capacidad y por vía férrea. Al llegar a la

Acería, las cucharas son desescoriadas en una estación diseñada para tal fin. Según la composición, este material es sometido al proceso de desiliciado con oxígeno. Es trasvasado luego a un mezclador de 800 ton. de capacidad, en donde se mantiene a una temperatura aproximada de 1250° C. Del mezclador el arrabio es vertido a cucharas de trasvase de 20 ton. y enviado a los convertidores; en éstos por la acción de aire enriquecido o del oxígeno, se realiza la oxidación de elementos tales como el silicio, el carbono y el fósforo, para obtener el acero líquido que posteriormente es vertido en lingoteras.

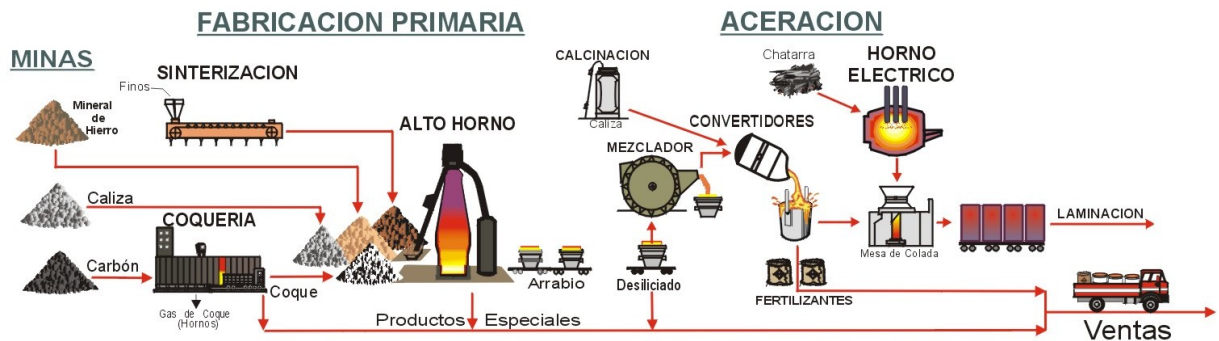
Como los procesos de aceración requieren cal, se dispone de 3 hornos de calcinación de caliza; dos de ellos de 60 ton/día y un tercero de 70 ton/día, de capacidad.

La Planta de Aceración cuenta, además, con las siguientes plantas auxiliares:

- **Planta de Revestimientos:** En esta planta se preparan las mezclas de material refractario para el revestimiento interno de los convertidores y del horno eléctrico. También se realiza el cambio de refractarios de las cucharas de manejo de metal líquido.
- **Taller de Fundición:** Para la fabricación de lingoteras y placas de base, así como algunos repuestos de hierro colado. Se dispone de dos cubilotes, uno de 10 ton/h y otro de 7 ton/h.
- **Planta de Fertilizantes.** El alto contenido de fósforo en el arrabio, conduce a que en los convertidores se produzca escoria rica en este elemento. Esta escoria, luego de ser enfriada al aire ambiente, es pulverizada y empacada en la Planta de Fertilizantes, transformándola en abono fosfórico calfos.

- **Planta de Oxígeno.** Para suministrar el oxígeno requerido en los convertidores LWS, se cuenta con una planta de oxígeno de 250 ton/día, de capacidad. Esta planta también suministra oxígeno al Alto Horno.

**Figura 12. Diagrama de Flujo Sección Fabricación Primaria y Aceración**

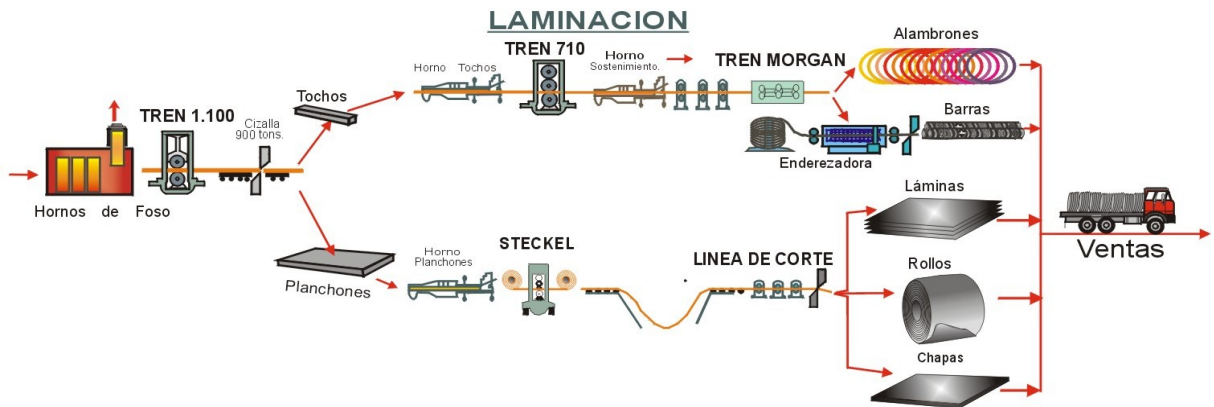


Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/herramientas.html](http://www.pazdelrio.com.co/herramientas.html)>

**1.7.6 Planta de Laminación.** Según su destino, el acero líquido es recibido en lingoteras de base rectangular (para productos planos) y en lingoteras de base cuadrada (para productos redondos); los lingotes son calentados en hornos de foso (6 hornos), hasta temperaturas de 1.200 ° C.

El tren terminador 1100 recibe los lingotes y mediante pasos sucesivos de laminado, obtiene planchones de los lingotes de base rectangular y tochos de los lingotes de base cuadrada.

Figura 13. Diagrama de Flujo Sección laminación.



Fuente: <[www.pazdelrio.com.co/herramientas.html](http://www.pazdelrio.com.co/herramientas.html)>

Los planchones son calentados nuevamente y procesados en el 1100 hasta obtener el desbaste que es entregado al laminador de planos Steckel para transformarlos en bandas bobinadas, con espesores entre dos y ocho milímetros. Estas bandas frías son entregadas a la línea de corte donde por solicitud del cliente se efectúa el rebordeo y bobinado o corte en hojas y su embalaje.

Los tochos obtenidos en el 1100 son calentados nuevamente y entregados al tren laminador 710. La capacidad de laminación del tren 1100 en tochos, planchones y desbastes es de 450.000 ton / año.

En el tren 710 mediante pasos sucesivos se obtiene la palanquilla que alimenta al tren MORGAN o al tren 450.

La palanquilla de 100 x 100 mm de sección y en longitud de 18 metros es entregada al MORGAN para la fabricación de redondos en rollos de 1300 Kg y diámetros entre 5.5 y 14 mm. La capacidad de producción del tren 710 es de 300.000 ton / año y la del tren MORGAN 340.000 ton / año.

➤ **Instalaciones Laminación Planos.**

- **Horno de Foso.** Los lingotes una vez recibidos en la planta de laminación son introducidos en los hornos de foso, en donde se les mantiene a la temperatura de laminación, 1150° C. Se dispone de una batería de seis hornos rectangulares, de un paso, con capacidad promedio de calentamiento de 720.000 ton. de lingotes por año.
- **Tren Desbastador 1100.** En este tren se realiza el primer paso de laminación. Es un dúo reversible, impulsado por dos motores de 3.000 HP, con distancia de 1060 mm entre centros y tabla de 2.750 mm. Está diseñado para laminar lingotes de 5.0 ton. a tochos, con capacidad de 100 ton/hora y lingotes de 7.0 ton. a planchones, con capacidad de 150 ton/hora.
- **Laminador Steckel para lámina en caliente.** Este laminador trabaja en conjunto con el tren **1100**. Convierte los planchones en bobinas de lámina procesada en caliente y es del tipo cuarto reversible, con cilindros de 690 y 1350 x 1425 mm. Está accionado por un motor de 5140 HP y equipado con un sistema hidráulico para el control automático de espesores. El conjunto laminador desbastador **1100-steckel**, tiene capacidad para procesar 450.000 ton. anuales distribuidos en 280.000 ton. en lingotes para tochos y 170.000 ton. con destino a la fabricación de planos. El laminador **Steckel** es capaz de laminar bobinas cuya ancho va de 600 a 1.220 mm y cuyo espesor está entre 2.0 y 8 mm. Los rollos producidos en este laminador se utilizan como materia prima para productos planos laminados en caliente.
- **Línea de Corte.** La Línea de Corte tiene como materia prima las bobinas (rollos) de las láminas provenientes del **Steckel**, previamente enfriadas, ya

que es un proceso en frío. Esta dependencia suministra como producto terminado láminas, chapas y bobinas, garantizando los espesores, el aplanamiento, la longitud y los terminados requeridos y exigidos por los clientes.

➤ **Instalaciones Laminación No Planos.**

- **Tren Desbastador 710.** La función principal de este desbastador es convertir los tochos de 200 x 250 mm, provenientes del Tren 1100 en palanquilla y con destino al Tren Morgan. Los tochos calentados en un horno de recalentamiento se entregan a un trío de 710 mm impulsado por un motor de 2.200 HP. El laminador está equipado con mesas basculantes tanto en el frente como en la parte posterior.
- **Tren Morgan.** La palanquilla de 100 mm x 100 mm de sección y en longitud de 18 metros es entregada al Morgan la cual proviene del tren 710, para la fabricación de redondos en rollos de 1300 kg y diámetros entre 5.5 y 14 mm. La capacidad de producción del tren de laminación Morgan es de aproximadamente 340.000 ton / año.

**1.7.7 Plantas Auxiliares y Servicios.** Como apoyo fundamental al proceso productivo, se dispone de las siguientes plantas, equipos auxiliares y servicios:

- **Planta de Fuerza:** Es una central térmica para generación de energía, con una producción anual de aproximadamente 180.000 MW/año (25 MW/hora), que suministra parte de la energía consumida durante el proceso siderúrgico, cuyo equipo principal consta de:

- 2 Turbogeneradores de 12.500 KW cada uno.
  - 4 Turbosopladores así: 2 para el Alto Horno, uno de 1750 m<sup>3</sup> N/min. y otro de 1250 m<sup>3</sup> N/min.; 2, de 750 m<sup>3</sup> N/min.
  - Sistema de bombeo de agua.
  - Conjunto de compresores de aire.
  - Como la generación interna de energía eléctrica no es suficiente, existe una subestación de 100 MVA, 115/13.8 KV, alimentada desde Termopaipa.
- **Planta de Oxígeno y Nitrógeno:** En la Planta de Fraccionamiento de aire Linde (de fabricación alemana) se produce el oxígeno (250t/día) y el Nitrógeno (100t/día) necesarios para el proceso siderúrgico. Tiene 2 tanques de 500m<sup>3</sup> para almacenamiento, 1) para oxígeno líquido (LOX) y el otro para nitrógeno líquido (LIN). En esta planta se produce:
- **Equipo Férrico:** La Empresa posee equipo con capacidad para movilizar 4.000 t/día, para lo cual existen 90km de vía férrea propias, de las cuales hay 37km de vía externa electrificada, 43km en patios Belencito (8km electrificadas) y 10km en el municipio de Paz de Río (2 km electrificadas). Posee 7 estaciones y Talleres para la línea eléctrica (catenaria), revisión y mantenimiento de vías.
- **Mantenimientos:** Dependencias que realizan los diferentes mantenimientos centralizados en la Empresa: Mantenimiento General Mecánico, Mantenimiento General Eléctrico y Mantenimiento Preventivo (Incluye Lubricación)

- **Talleres de Mantenimiento:** Para equipos férreos (Taller FF.CC), automotores (Taller Automotores), máquinas herramientas y soldadura (Taller de Mecánica General) y de Operación (Cuadrillas de Puentes y Grúas, Móvil Mecánica, Móvil Eléctrica, Básculas, Taller Tuberías, Electrónica Industrial y Equipo auxiliar).
  
- **Comunicaciones:** Se cuenta con el siguiente servicio de comunicaciones:
  - Plantas Telefónicas en Belencito y Paz de Río.
  - Sistema Digital de radio-enlace UHF que comunica a Belencito con Paz de Río
  - Sistema análogo de radio-enlace VHF que comunica a Belencito con Paz de Río
  - Sistema de comunicación mediante radios portátiles con equipo repetidor para FF.CC externo, seguridad industrial y maniobras internas de la planta.

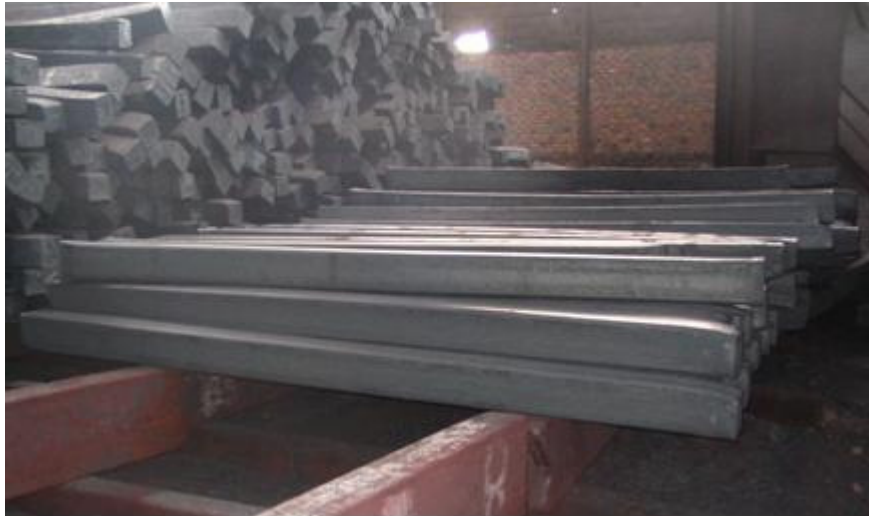
## 1.8 PROPUESTA DE SOLUCIÓN A PROBLEMA PRESENTADO EN EL ÁREA DE LAMINACIÓN

**1.8.1 Identificación del Problema.** En el proceso normal de producción del tren de laminación 1100 de Acerías Paz del Río, la cizalla de 900 toneladas cumple un papel fundamental, el cual es el de hacer cortes transversales a los elementos denominados “tochos y planchones”, los cuales son de una longitud predeterminada y además se le realizan despuntes.

Estos elementos seccionados son enviados a los procesos de laminación posteriores, para ser transformados en los productos finales de comercialización de la empresa. Actualmente, el sistema de potencia hidráulico de la cizalla de 900

toneladas no se encuentra en su punto óptimo, limitándose a cortar solamente tochos, porque la potencia del sistema es insuficiente al tratar de efectuar un corte en un planchon.

**Figura 14. Patio de Tochos**



Fuente: El autor

Por lo tanto, se están efectuando los cortes a este elemento por medio de oxicorte, lo cual implica costos extras a la empresa y perdidas de tiempo en la producción de la línea de corte, al tomar este y transportarlo con grúa hasta el lugar donde se corta, esperar a que se enfríe, efectuar el corte y luego volver a calentarlo para el proceso de desbaste posterior.

El problema es aun más relevante al considerar que la empresa implementará un proceso de colada continua en el que se utilizará nueva maquinaria y en el cual la cizalla de 900 toneladas realizará los cortes solamente a los planchones.

Esto plantea la necesidad por parte de Acerías Paz del Río de efectuar un análisis de ingeniería acerca de los problemas presentados y proponer la mejor disposición y funcionamiento del circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas, llevando esta a su punto óptimo de trabajo para realizar cortes a planchones de

acero y otorgando eficiencia en el proceso de producción de este tren de laminación, realizando las labores de mantenimiento requeridas.

**Figura 15. Patio de Planchones**



Fuente: El autor

**1.8.2 Justificación de la Solución.** El área de laminación de la empresa ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A. requiere una urgente asesoría en la solución de algunos problemas presentados en casos específicos como la cizalla hidráulica de 900 toneladas, la cual cumple un papel fundamental en la línea de producción y que se encuentra actualmente en la mínima expresión de su capacidad de trabajo.

Esta situación ha causado anomalías en el proceso normal de laminación de los lingotes de acero, al ser la cizalla incapaz de efectuar la labor de cortar *los planchones* que a esta máquina entrega un proceso anterior realizado en el Blooming.

Se requiere trasladar estos elementos de acero a un sitio fuera de la línea, para esperar que disminuyan su temperatura, de tal forma que sea posible realizar un corte con oxígeno. Luego de efectuado el corte se procede a nuevamente aumentar su temperatura en el horno de planchones para realizar el desbaste requerido según el espesor del producto final deseado.

Es notable la importancia de esta cizalla en la estructura productiva de esta empresa, además de aumentar costos en equipos y personal.

Es por tanto necesario desarrollar un proceso de estudio analítico de todo este sistema de potencia hidráulico de la cizalla, determinando la disposición actual de todos sus elementos y comparándolo con la original estructura que se instaló años atrás por la empresa inglesa DAVY AND UNITED, para reacondicionar la capacidad de trabajo de esta maquinaria.

Es absolutamente relevante el hecho de que se realizaran pruebas para determinar el comportamiento de elementos constitutivos de este sistema como válvulas de control, bombas hidráulicas, tuberías, manifold, finales de carrera, etc., y además que un apoyo experimental para encontrar fallas y descartar posibles errores en la estructura normal, es efectuar labores de limpieza y mantenimiento a estos elementos. Además es importante tener en cuenta dentro de todo este proceso la verificación y supervisión de la lógica de control de las válvulas y el funcionamiento coordinado de este sistema de potencia.

Es también un tema de suma importancia el hecho de que las bombas han tenido hace algunos años muchos problemas.

Específicamente el caso de las constantes explosiones y destrucción de varias bombas de alta presión y caudal que son de un alto costo comercial y que implican pérdidas para la empresa.

Este problema no se ha podido resolver y ha implicado un inútil mejoramiento de la capacidad de trabajo de la cizalla hidráulica, por parte de los ingenieros a cargo

de esta área de la planta, por lo cual se requiere realizar un estudio de las posibles causas de destrucción de las bombas y plantear las recomendaciones de montaje y operación de las mismas.

Cabe resaltar que la experiencia personal es altamente enriquecedora, al entrar en contacto directo con un problema real de una planta y hacer tangible la aplicación de los conocimientos adquiridos en la academia, en una maquinaria de trabajo pesado, reafirmando y consolidando la teoría ya estudiada. Es una oportunidad de una nueva y más significativa evaluación de todo el conocimiento condensado en la carrera de ingeniería mecánica.

### **1.8.3 Objetivos del Trabajo de Grado**

- **Objetivo General**

- ✓ Realizar un análisis de ingeniería y solucionar los problemas presentados actualmente en el sistema de potencia hidráulico de la cizalla de 900 toneladas, realizando actividades que permitan un correcto funcionamiento de esta, otorgando eficiencia y reducción de tiempos y costos en la línea de producción del tren de laminación 1100 de Acerías paz del Río S.A.

- **Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar un estudio del funcionamiento global de la cizalla hidráulica, teniendo en cuenta la disposición original de los elementos del sistema de potencia, como bombas, válvulas de control, cilindros, manifold, tuberías, etc., comparándola con la actual disposición de estos, y determinando si están o no fuera de servicio.

- ✓ Efectuar pruebas de operación del sistema hidráulico, para determinar posibles pérdidas de presión en el corte de la cizalla y proponer soluciones para un óptimo funcionamiento de esta, en base a los resultados obtenidos.
- ✓ Determinar la correcta selección de las bombas hidráulicas de pistones del sistema de potencia haciendo un estudio de las curvas respectivas otorgadas por el fabricante, teniendo en cuenta las condiciones de operación de la cizalla.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de control del sistema, programando un mantenimiento general en el manifold y revisando cada una de ellas internamente, para descartar posibles errores en el montaje y en la lógica de control del circuito.
- ✓ Instalar los manómetros requeridos en el circuito hidráulico, con el fin de supervisar, con las lecturas de presión, las pruebas necesarias programadas y la futura operación de la cizalla de 900 toneladas.
- ✓ Determinar, solo si es necesario, la adquisición e instalación de nuevos elementos hidráulicos como bombas, válvulas, sensores, etc., para el óptimo funcionamiento del sistema de potencia de la cizalla.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN**

En el capítulo que se presenta a continuación se mostrarán los conceptos que describen el proceso básico de laminación. Los aspectos generales de la laminación, las teorías aplicadas al proceso, la temperatura a la cual se efectúa y los conceptos generales que enmarcan los trenes de laminación. Por último se describe la función y estructura del tren 1100 de la empresa ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A. Esto con el fin de aclarar el panorama acerca de este importante proceso y ubicarse en el área en la cual se establece el problema que se plantea para el desarrollo del proyecto.

### **2.1 CONCEPTO DE LAMINACIÓN**

La laminación es un trabajo mecánico para deformar materiales metálicos sin arranque de viruta, que se efectúa arrastrando un material a través de dos cuerpos cilíndricos que giran en sentido contrario al del flujo de material. Bajo esas dos fuerzas de compresión, el material a laminar experimenta un alargamiento en sentido longitudinal, así como un ensanchamiento o una disminución de sección.

Es el procedimiento más extendido para el trabajo de los metales, porque es el que mejor se presta a las producciones elevadas y permite obtener un buen control de los productos finales. Al deformar los metales pasándolos entre los cilindros se somete el material a intensas tensiones de compresión, por el efecto de aplastamiento de los cilindros, y a tensiones superficiales de cizallamiento originadas por la fricción entre los cilindros y el metal.

La fricción entre la superficie del cilindro y el material es un factor fundamental en la reducción por laminación, afectando directamente la presión entre el material y los cilindros.

## **2.2 ASPECTOS GENERALES**

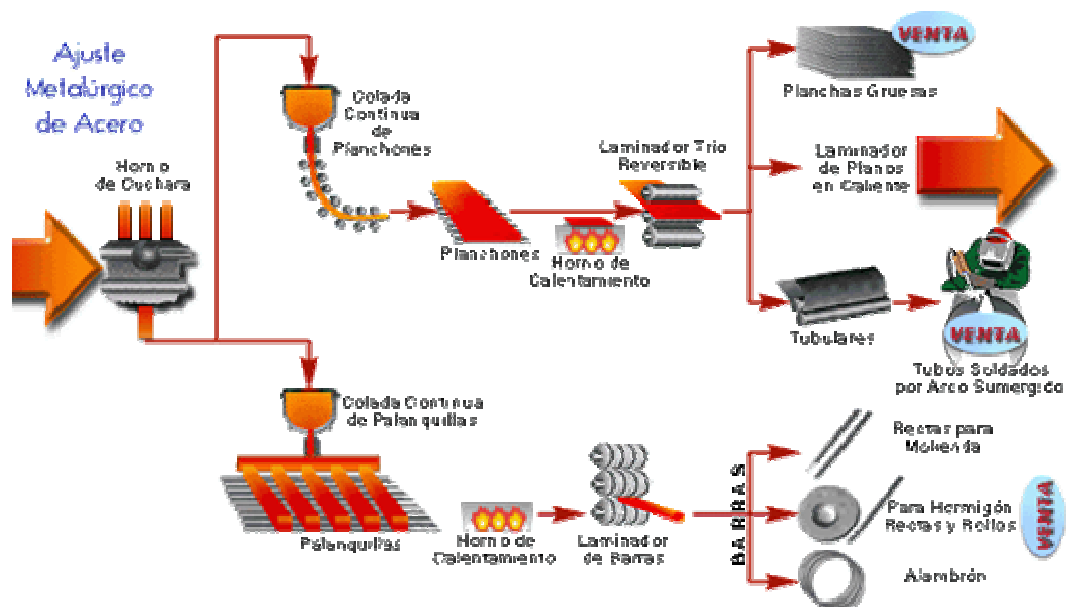
Cuando la laminación se efectúa a temperaturas por encima de la temperatura de recristalización se llama laminación en caliente y en caso contrario, laminación en frío. La laminación uniforme de un lingote o una barra solo es posible si en todas las secciones, la masa del mismo tiene la misma temperatura.

La laminación puede dividirse básicamente y de acuerdo al producto obtenido, en laminación de no planos (redondos; varillas y barras), y en laminación de planos.

La laminación es actualmente el tratamiento metal-mecánico de mayor aplicación industrial. En las últimas décadas ha sufrido un acelerado desarrollo debido en gran parte al advenimiento de los laminadores continuos, que fueron posibles gracias al notable mejoramiento de los equipos mecánicos y eléctricos. Sin embargo, las bases fundamentales de la laminación, que son pasar el acero por entre cilindros con una separación conveniente entre si, para darle una forma determinada, ha permanecido inalterable.

El lingote, o sea, la primera forma sólida del acero obtenida en el proceso, es el punto de partida en la laminación. Actualmente casi la totalidad de las plantas poseen colada continua, la cual facilita el proceso de laminación, ya que se pasa de colada en cuchara a productos semi-terminados, omitiendo de esta forma la etapa del lingote y en consecuencia el laminador desbastador (blooming).

Figura 16. Ilustración de Proceso de Laminación con Colada Continua



Fuente: Aceros SIDESA, S. A.

Para el lingote su transformación en producto terminado, se lleva a cabo en dos etapas: Primero utilizando el laminador desbastador, el lingote se transforma en productos semi-terminados, entre los cuales están los llamados tochos y planchones similares a los obtenidos en laminación continua. En la segunda, los productos semi-terminados son convertidos en productos terminados que para nuestro caso es el alambrón.

### 2.3 TEORÍAS MECÁNICAS APLICADAS A LA LAMINACIÓN

El estudio del proceso de laminación envuelve conocimientos profundos de la teoría plástica y elástica. Es, sin embargo, posible reducir las complicadas formulas

a principios básicos que sirven para juzgar el comportamiento del material y del laminador mismo, durante el proceso de laminación. A continuación se explican brevemente los términos básicos, mecánicos y metalúrgicos del proceso de laminación.

**2.3.1 Materiales elásticos.** Se dice que un material tiene un comportamiento elástico, cuando, al retirar una fuerza que le ha sido aplicada y que ha producido una deformación (alargamiento o comportamiento), en el sentido de su aplicación, vuelve a sus dimensiones originales.

**2.3.2 Materiales plásticos.** Se dice que un material tiene un comportamiento plástico, cuando al aplicársele una fuerza, llega un momento en que, superado el comportamiento elástico va a producir una deformación permanente.

**2.3.3 Esfuerzo unitario.** Es la fuerza por unidad de área y se obtiene al dividir el valor de la fuerza aplicada por el área sobre la cual esta siendo ejercida.

**2.3.4 Limite de elasticidad.** Es el esfuerzo unitario máximo que puede desarrollarse en el material sin producir una deformación permanente.

**2.3.5 Esfuerzo cortante.** Es aquel que actúa paralelamente a un plano. Los esfuerzos de tensión y compresión actúan normalmente a un plano. Las cargas que producen las condiciones de corte son:

- Las resultantes de fuerzas paralelas, pero opuestas actuando a través de los centroides de secciones espaciadas a distancias infinitesimales entre si.

- Las fuerzas opuestas y paralelas, actuando normalmente a un eje longitudinal del cuerpo, pero están espaciadas distancias finitas entre si, estableciendo además esfuerzos de flexión.
- Las fuerzas aplicadas paralelas y opuestas, pero no actuando en un plano que contenga el eje longitudinal del cuerpo, por lo que se establece un par que produce una torsión alrededor de un eje longitudinal.

## 2.4 TREN DE LAMINACIÓN

Se suele llamar trenes a cada uno de los laminadores de una instalación. La denominación tren de laminación se aplica con frecuencia a una sola caja sobre todo si en esta se realiza una operación completa, de esta forma los trenes de laminación se clasifican:

- De acuerdo al número y disposición de los cilindros.
- De acuerdo al diámetro de los cilindros.

Un ejemplo clásico es el tren desbastador o blooming, que también se denomina tren 1100 y es un tren dúo reversible.

Sin embargo, también se denominan trenes de laminación a un conjunto de varios laminadores o cajas de laminación dispuestas para el paso de material sucesivamente por cada caja, con objeto de obtener un perfil o producto terminado que recibe aplicación en la industria.

La evolución de los trenes de laminación ha sido la siguiente:

**2.4.1 Trenes abiertos.** Los cuales están compuestos por cajas de laminación en una misma línea o en líneas paralelas. Frecuentemente se disponía de un solo

motor para el accionamiento de estas características. Actualmente se utilizan para producción a baja escala en las pequeñas siderúrgicas. Estos trenes también se denominan trenes en línea.

**2.4.2 Trenes semicontínuos.** Los cuales están formados por varias cajas, una a continuación de la otra, pero con suficiente espacio intermedio entre caja y caja, ofreciendo las siguientes ventajas:

- Se puede retirar el material entre caja y caja, si así interesa.
- Inspección y control inmediato del proceso.
- Facilidad en las operaciones e mantenimiento.

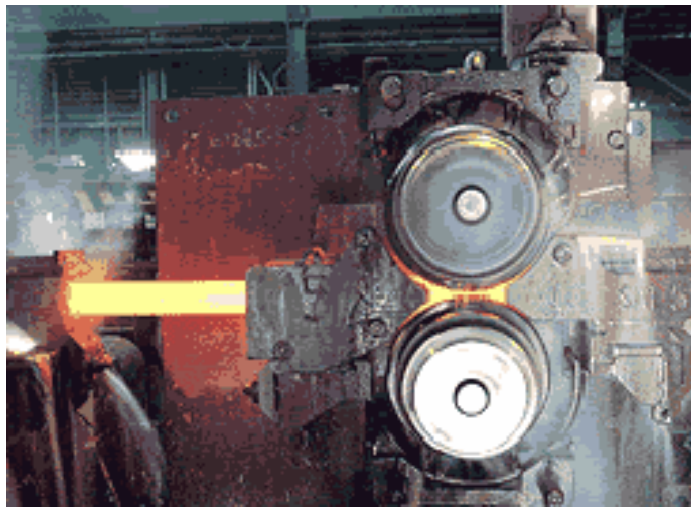
Se utiliza para laminar perfiles complicados. En estos la disposición continua se reserva para las cajas primarias o de desbaste, pero las cajas intermedias y terminadoras se disponen una junto a otra en una o más líneas. Las primeras pasadas se efectúan en el grupo de cajas continuas y las últimas en cajas individuales, donde es necesario el ajuste frecuente de los cilindros a causa de los desgastes de los canales.

**2.4.3 Trenes continuos.** Los cuales están formados por cajas dispuestas una a continuación de otra, pasando el material que se lamina de una caja a otra sin interrupción. Coincide el número de pasadas requeridas para reducir la sección y dar la forma con el de cajas.

## 2.5 TEMPERATURA DE LAMINACIÓN

El propósito principal para establecer una temperatura de absorción para el horno de recalentamiento, es asegurar un refinamiento óptimo del grano, condición que requiere que la laminación de terminado ocurra cerca, pero por encima, de la temperatura austenítica de transformación.

**Figura 17. Laminación en caliente**



Fuente: Aceros SIDESA, S. A.

Debido a que la temperatura promedio de transformación de las gamas de carbón consideradas aquí, disminuye con el aumento del carbono, la temperatura de empape seguridad también disminuye.

Aunque los rangos de temperatura de empape pueden variar de un tren a otro dependiendo de las tasas de producción, las prácticas de laminación y la colocación de los dispositivos de medición de la temperatura, los rangos mostrados en la **tabla 1** deben ser satisfactorios.

**Tabla 1. Temperaturas de Laminación**

Carbono	Temperatura
0.30%	<b>1190°-1220° C</b>
0.31-0.50%	<b>1175°-1205° C</b>
0.51-0.95%	<b>1160°-1190° C</b>

Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

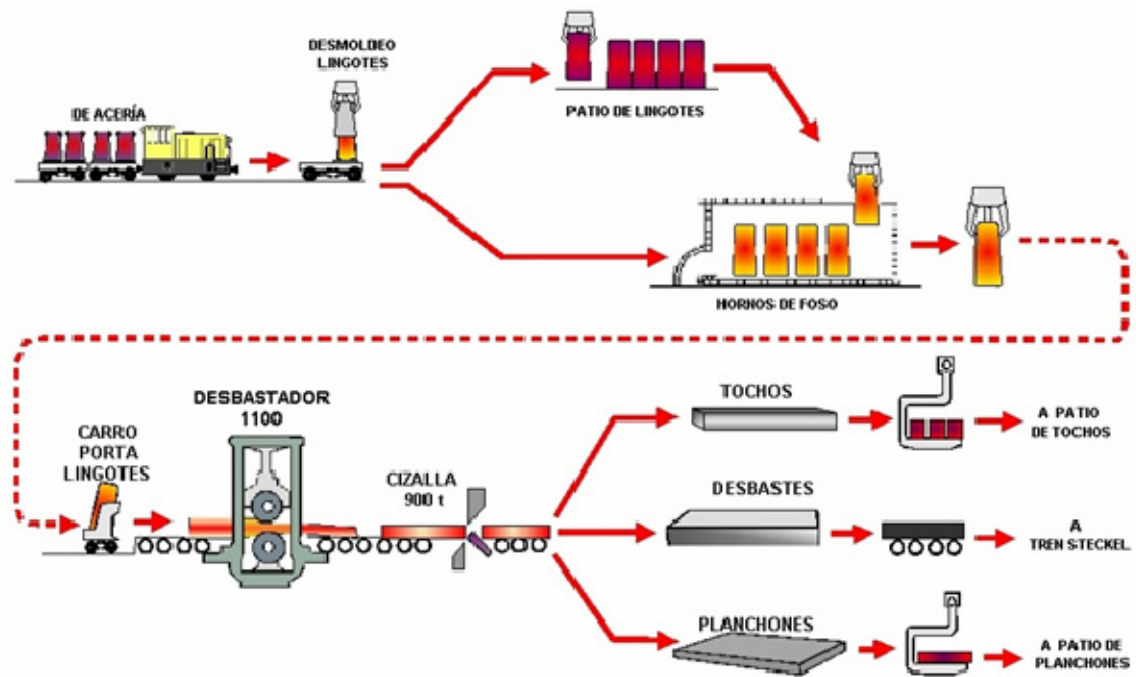
## **2.6 DESCRIPCIÓN DEL TREN DE LAMINACIÓN 1100**

El tren 1100 es una caja laminadora, tipo dúo reversible, cuyos cilindros son accionados por motores independientes de corriente continua. En el desbastador 1100 se reducen las dimensiones transversales del lingote y se aumenta su longitud al pasarlo repetidas veces por entre las cilindros que poseen movimiento reversible, velocidad variable y separación controlable. La capacidad de laminación del tren 1100 en tochos y planchones es de 400.000 ton/año.

El objetivo de este tren es:

- Laminar los lingotes cuadrados A7V en sus diferentes calidades a tochos de 215 x 215 y 215 x 220 mm de sección.
- Laminar lingotes rectangulares DD y E2 para planos, en planchones de diferente espesor y ancho, según requerimiento de los clientes.
- Laminar planchones calentados en los Hornos de Foso o en el Horno de Planchones a desbaste de 15 a 30mm de espesor como materia prima para el laminador de bandas en caliente Steckel.

Figura 18. Diagrama de flujo Tren 1100



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

**2.6.1 Equipos Auxiliares.** Cuenta con equipos auxiliares que se describen a continuación:

**Carro Lingotero:** Con una carga máxima de 7,5 toneladas (el carro vacío pesa 21ton.), sirve para transportar los lingotes a laminar, desde los hornos de foso a la mesa de acceso del desbastador, mediante un malacate accionado por un motor. Un sistema de fin de curso con fotoceldas regula el desplazamiento del carro, desde los hornos de foso hasta los rodillos de entrada al desbastador.

**Tomillos de Ajuste de los Cilindros:** Ubicados verticalmente a ambos lados del bastidor, regulan la abertura entre los cilindros, elevando o descendiendo el cilindro superior en combinación con el mecanismo de balance. Un indicador

señala la abertura real. Cada tornillo tiene un motor de CC, que normalmente los hace mover de forma sincronizada. Cada motor posee frenos de disco que impiden que los tornillos retrocedan cuando los cilindros se encuentran a plena carga.

**Manipuladores:** Están accionados por motores de corriente continua y acoplados mecánicamente por pares, respectivamente, correspondiendo a manipuladores lado transmisión y manipuladores lado opuesto a la transmisión.

**Manipulador de Volteo o Dedos de Volteo:** Estos son accionados por el manipulador del lado de la transmisión situado en el lado de entrada del tren, por lo cual, el volteo se hace siempre cuando el metal se encuentra en las mesas principales de entrada.

**Guías laterales Ajustables para la Cizalla de 900 toneladas:** Con una longitud de 3200mm, ayuda al operario a ubicar el material para la realización del corte o seccionado. Cuenta con una abertura máxima 1385 mm y mínima de 100 mm.

**Cizalla de 900 toneladas:** Localizada a la salida del Blooming, cuenta con un par de cuchillas accionadas por un sistema hidráulico. Posee una abertura máxima de 305 mm entre cuchillas con una frecuencia máxima de 10 cortes por minuto.

**Mesa de Rodillos Retirables:** Está compuesta por rodillos accionados por motores de servicio pesado cerrados. El conjunto se retira por accionamiento de un motor de corriente alterna, el cual se detiene mediante un freno de disco de accionamiento neumático y un desplazamiento lateral de 1800 mm.

**Empujador de Despunte:** Tiene un recorrido total de 2100 mm, terminando en el centro de la cizalla, desplazándose los primeros 500 mm en posición elevada y los últimos 1600mm, horizontalmente sobre los rodillos.

**Apilador de Planchones y Tochos:** Con una capacidad promedio de 30 toneladas (aproximadamente ocho tochos), el cual puede bajarse con parte de la carga para facilitar la formación de la pila después de lo cual retorna al nivel original, permitiendo que el empujador traslade el material al carro.

**Carro de Traslado:** Se desplaza sobre rieles y es accionado por un motor de C.C. Se desplaza con una velocidad de 1 .02m /seg. y posee una capacidad de carga máxima de 35 toneladas.

**Deslizadores de Carga:** Recepcionan la llegada de material luego de ser trasladado por el carro, contando para tal fin con un motor de C.C.

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS

En este capítulo, se presenta la descripción física general de la maquina que presenta problemas de potencia y en la cual se enfoca el proyecto de grado.

Se muestra la localización en el tren 1100, las características principales y el sistema de corte de cuchillas. Además se representa paso a paso el análisis cinemático de los ciclos de operación de la cizalla.

Todo esto con el fin de tener claridad en la operación y funcionalidad de la maquina, en la cual se encuentra el sistema de potencia que se requiere analizar.

**Figura 19. Cizalla de 900 toneladas Cortando un Tocho**

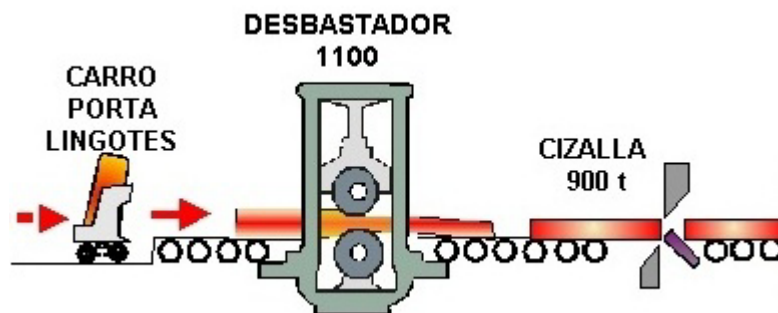


Fuente: El autor

### 3.1 LOCALIZACIÓN EN EL TREN 1100

Se encuentra localizada entre el tren desbastador Blooming y el tren Steckel. Recibe tochos y planchones (por medio de una mesa de rodillos), para cortarlos en longitudes predeterminadas y efectúa despuntes para eliminar las partes del material deformadas por el desbastador.

Figura 20. Ubicación Cizalla de 900 Toneladas



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

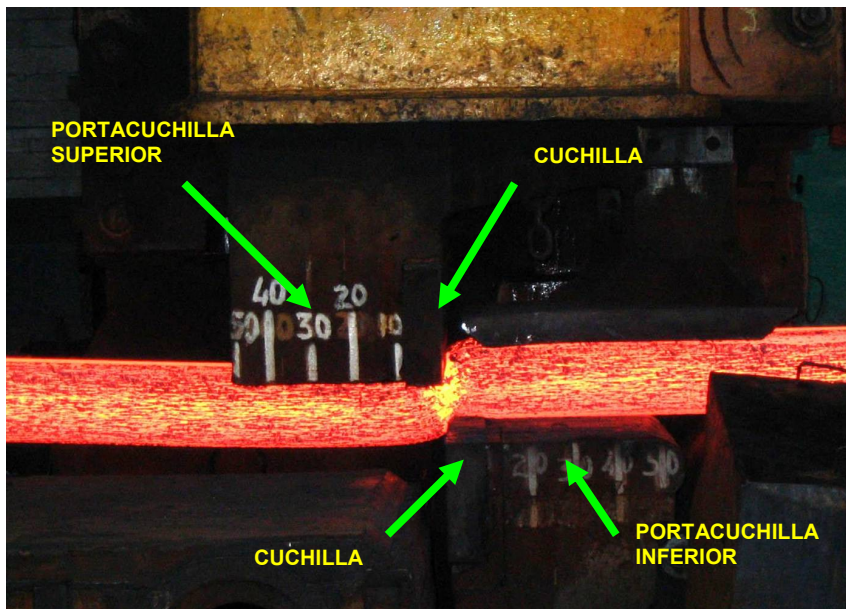
- Cizalla hidráulica, de corte hacia arriba, ambas cuchillas móviles.
- Abertura máxima entre cuchillas: 305 mm.
- Material a cortar:
  - Tochos de 205/210 mm de espesor. (sección cuadrada).
  - Planchones de 1270 mm (ancho máximo) \* 200/155 mm de espesor.
- Tiempo de operación en vacío original: 6 seg.
- Tiempo de operación original con carga: 10 seg. máximo.
- Carga sobre las cuchillas: 915 toneladas.

### 3.3 CUCHILLAS

Acero aleado H13 tratado térmicamente con una alta dureza.

Idénticas de tal forma que se puedan intercambiar; poseen cuatro aristas cortantes cada una.

**Figura 21. Cuchillas y Portacuchillas Superior e Inferior**

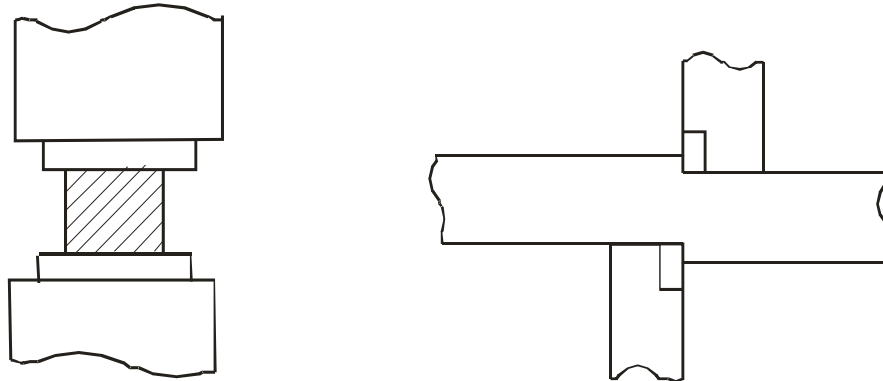


Fuente: El autor

### 3.4 SISTEMAS DE CORTE

**3.4.1 Sistema Perpendicular al Flujo.** En este sistema hay movimiento de ambas cuchillas, el corte lo realizan las dos simultáneamente de tal forma que ambas cortan la misma cantidad de material y el desgaste en sus filos es igual en ambas, lo mismo que en sus caras de contacto con el material. El esfuerzo de corte es uniforme e igual durante la operación.

**Figura 22. Sistema Perpendicular al Flujo**

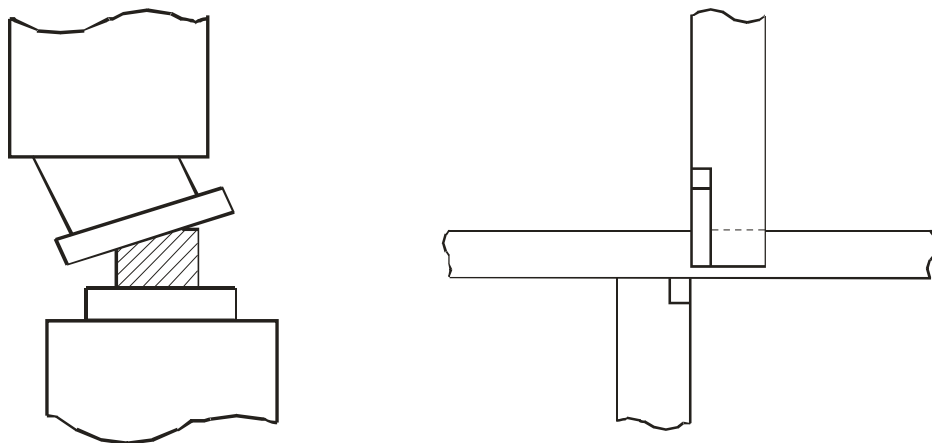


Fuente: El autor

**3.4.2 Sistema Inclinado.** En este sistema hay movimiento de la cuchilla superior inclinada. El corte lo realiza la superior, y el esfuerzo es gradual siendo mínimo cuando la cuchilla hace contacto con la arista superior y máximo cuando toma la diagonal, volviendo a ser mínimo en el momento de terminar el corte.

Este sistema resulta eficiente en piezas que tienen un ancho mucho mayor que el espesor, de tal forma que la potencia requerida para realizar el cizallado se disminuye con relación al sistema de la **figura 22**.

**Figura 23. Sistema Cuchilla Superior Inclinada**



Fuente: El autor

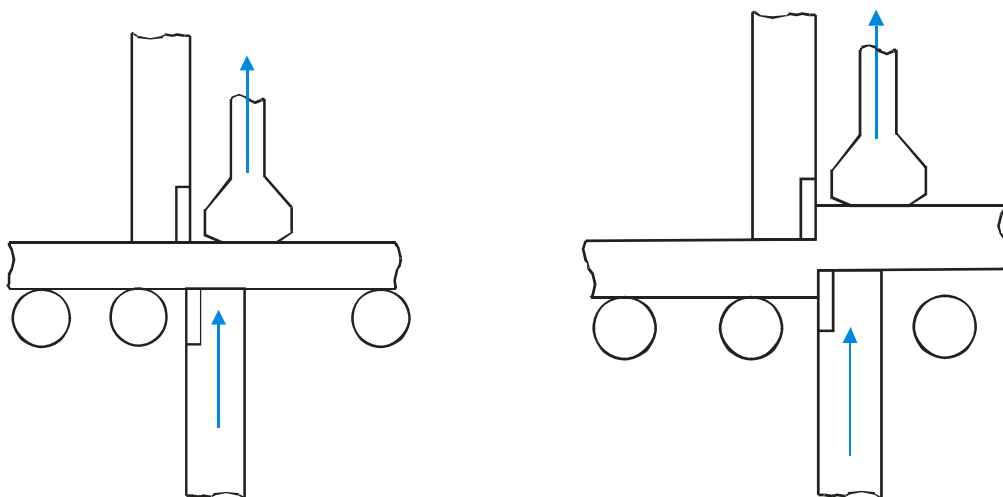
Presenta la desventaja de tener que contar con un dispositivo que inmovilice la pieza debido al esfuerzo transversal que tiene que soportar. Otra desventaja que se presenta es en el corte de piezas de espesor mayor puesto que la carrera del portacuchilla superior es mayor ocasionando un mayor tiempo en la realización del cizallado.

Estos son los sistemas fundamentales; existen otras clases de sistemas pero básicamente son combinaciones de los descritos anteriormente.

**3.4.3 Sistema de Corte de Cizalla de 900 Toneladas.** El sistema utilizado en el caso concreto de la cizalla de 900 T del tren 1100 es una combinación de los anteriores por cuanto hay desplazamiento de una cuchilla (**figura 23**) y se hace en forma perpendicular al flujo de material (**figura 22**).

Este sistema se muestra a continuación:

Los o desbastes llegan del blooming a través de las mesas de rodillos. Son tomadas en la mesa de la cizalla para despuntarlas, como puede apreciarse en la **figura 24** el despunte se hace así:



Fuente: El autor

El tocho es situado debajo de la cuchilla; seguidamente baja el patín y la cuchilla superior; la mordaza del patín aprisiona el material, y a continuación sube la cuchilla inferior y se efectúa el corte. Las puntas caen a un foso refrigerado para posteriormente ser sacados para alimentar el horno eléctrico.

Como puede apreciarse este sistema ofrece la ventaja de no presionar los rodillos de las mesas transportadoras. Además la mesa que hay después de la cizalla puede ser retirada para que estos despuntes caigan; se puede afirmar que este sistema es el más aconsejable en esta clase de cizallado debido a la diversidad de material a cortar, porque son tochos de 205 mm de espesor por 205 mm de ancho, hasta laminas de 1270 mm por 200 mm. Esto se afirma puesto que el sistema 1 implicaría presión sobre los rodillos en el momento de efectuar el corte y el sistema 2 requiere el dispositivo mencionado anteriormente para fijar la pieza, además de las desventajas que ya fueron descritas.

### 3.5 ANÁLISIS CINEMÁTICO

A continuación se describe en forma totalmente simplificada la operación básica de este sistema y posteriormente se muestra su aplicación en la cizalla de 900 toneladas.

1. Se inicia el movimiento.
2. Momento de hacer contacto con la pieza y cambia de dirección el movimiento del patín.
3. Momento en el cual se está efectuando el corte.

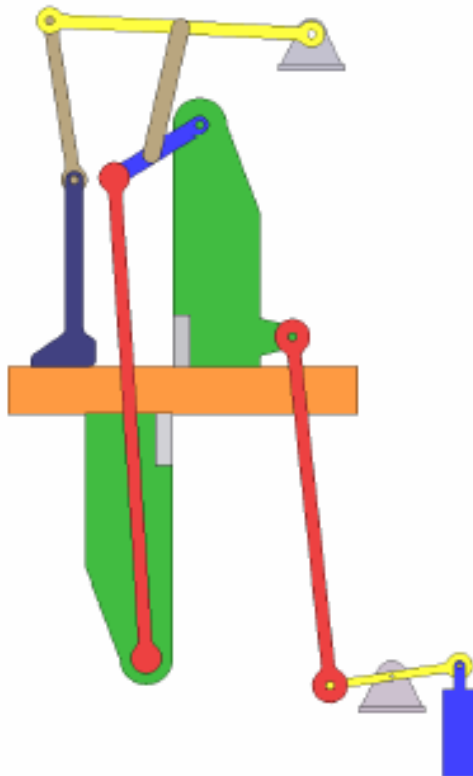
El movimiento entra a través del pistón **17** (**figura 25, 26 y 27**) el cual está articulado en **9** a la palanca **18** la cual pivota en **11**; este movimiento hace que la



- Articulación 1: esta es la unión con la barra 20 que a su vez esta unida al portacuchilla inferior 15 por medio de la articulación 7.
- Articulación 2: une la palanca 19 con la barra 21 la cual esta comunicada por medio de la articulación 5 a la palanca 23.
- Articulación 3: une la palanca 19 con el portacuchilla superior 13.

La palanca 19 es la llamada palanca flotante. Esto se debe a que, a medida que 13 portacuchilla superior, se desplaza por sus guías hacia abajo, hace que la palanca gire sobre sus apoyos y a su vez estos apoyos se trasladan.

**Figura 26. Movimiento Transitorio del Mecanismo donde inicia el Corte**



Fuente: El autor

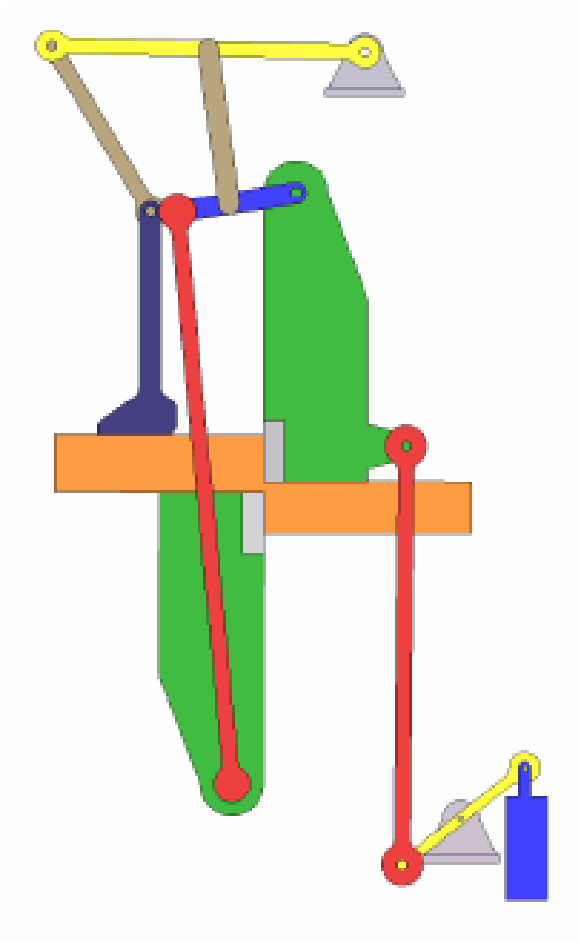
Como se aprecia en la secuencia esquemática, a medida que el portacuchilla superior **13** se desplaza hacia abajo, por medio de la articulación **1** y la barra **20**, el portacuchilla inferior **15** se desplaza hacia arriba.

El movimiento del patín **14** se efectúa debido a que la articulación **2** la transmite por intermedio de la barra **21** a la palanca **23** la cual pivota en **6** y tiene en su extremo opuesto la articulación **4** que comunica el movimiento al patín por medio de la barra **22**; como la palanca flotante **19** se encuentra trasladándose en ese momento hacia abajo, entonces el patín como puede verse, también se trasladara hacia abajo debido a la barra **21**.

En el momento en que se efectuó el contacto del portacuchilla inferior y el patín con el tocho, entonces la palanca **19** va pivotando en **3** haciendo que la barra **21** empuje hacia arriba a la palanca **23** y esto a su vez desplace el patín hacia arriba, el cual sube junto con el portacuchilla inferior **15** y se efectúa el corte.

En el movimiento de retroceso, el pistón **17** se desplaza hacia abajo y se efectúa todo el movimiento en retroceso, comenzando por el portacuchilla superior el cual lo comunica de la misma forma a la palanca flotante **19** y esta a los demás mecanismos articulados, de tal forma que todo el sistema vuelve a su posición inicial.

Figura 27.Momento del Corte e inicio del Retroceso del Mecanismo



Fuente: El autor

## **4. CIRCUITO DE POTENCIA DE LA CIZALLA HIDRÁULICA DE 900 TONELADAS**

En este capítulo se describirán los elementos que hacen parte del circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas. Se muestran las características técnicas de cada uno y su función dentro de la operación del sistema, identificando si están o no fuera de servicio actualmente. Esto permite conocer más detalladamente el estado actual del sistema y de sus componentes.

Al final se explica la lógica operativa del sistema de válvulas de control y las características de seguridad del circuito.

### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CIRCUITO DE POTENCIA**

El circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas consta de los siguientes elementos:

- Cilindros hidráulicos
- Motores
- Bombas
- Manifold
- Válvulas de control
- Tanque de aceite
- Aceite hidráulico
- Tuberías
- Filtros

- Acumuladores
- Sensores
- Intercambiadores de calor

Para una mejor comprensión de la siguiente descripción de los componentes se requiere observar el plano hidráulico general del circuito de potencia suministrado en el **Anexo C**.

A continuación se describen en detalle los más importantes.

#### **4.1.1 Cilindros Hidráulicos.**

- **Cilindro de Corte R1:** Es el cilindro principal de la cizalla. El circuito hidráulico le suministra aceite a este cilindro cuando la orden es de cortar tocho o planchón de acero.

Sus dimensiones aproximadas son:

1100 mm de longitud total, 845 mm de carrera, 585 mm de diámetro interno.

Material: AISI 1050.

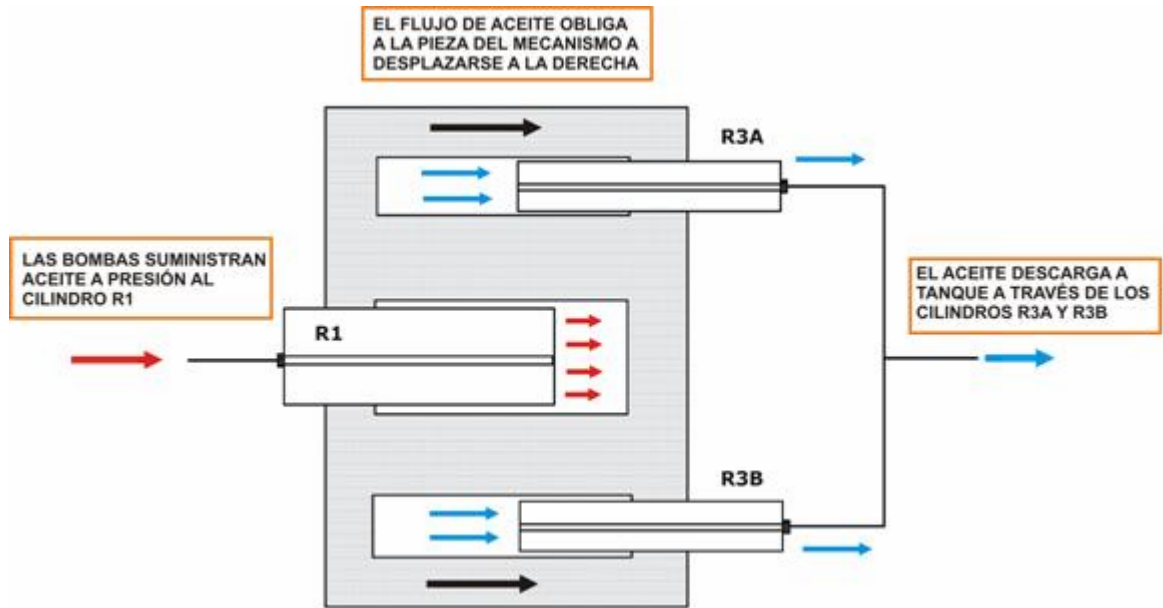
- **Cilindros de Reposición R3A Y R3B:** Son dos cilindros a los cuales se les suministra aceite cuando la orden es reposicionar la cizalla, ya sea después del corte o en una operación en la cual se necesite subir la cuchilla superior.

Sus dimensiones aproximadas son:

670 mm de longitud total, 560 mm de carrera, 185 mm de diámetro interno.

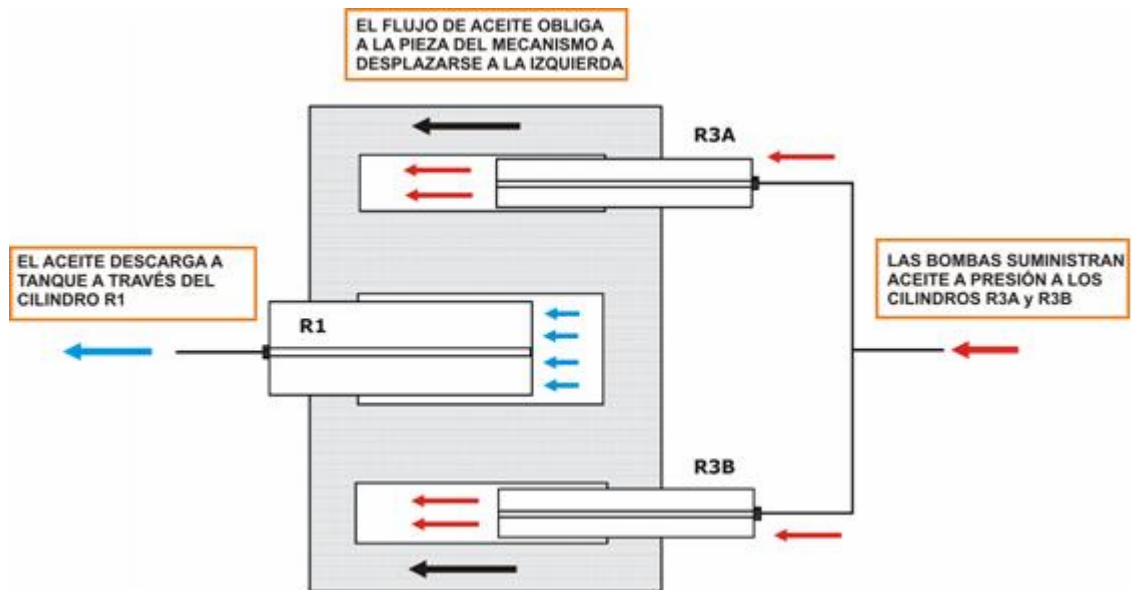
Material: AISI 1050.

Figura 28. Ciclo de Corte de la Cizalla



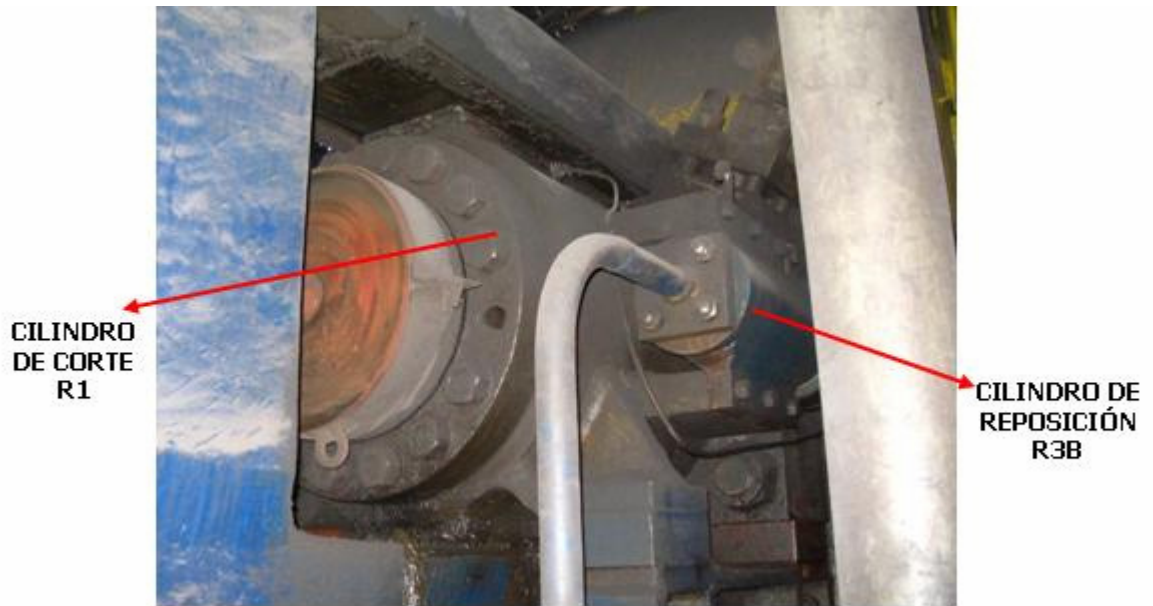
Fuente: El autor

Figura 29. Ciclo de Reposición de la Cizalla



Fuente: El autor

**Figura 30. Cilindros R1 y R3B**



Fuente: El autor

- **Cilindro Amortiguador R2:** Es el cilindro encargado de amortiguar el peso del portacuchilla inferior cuando este desciende debido a la reposición de la cizalla.

**Figura 31. Cilindro R2**



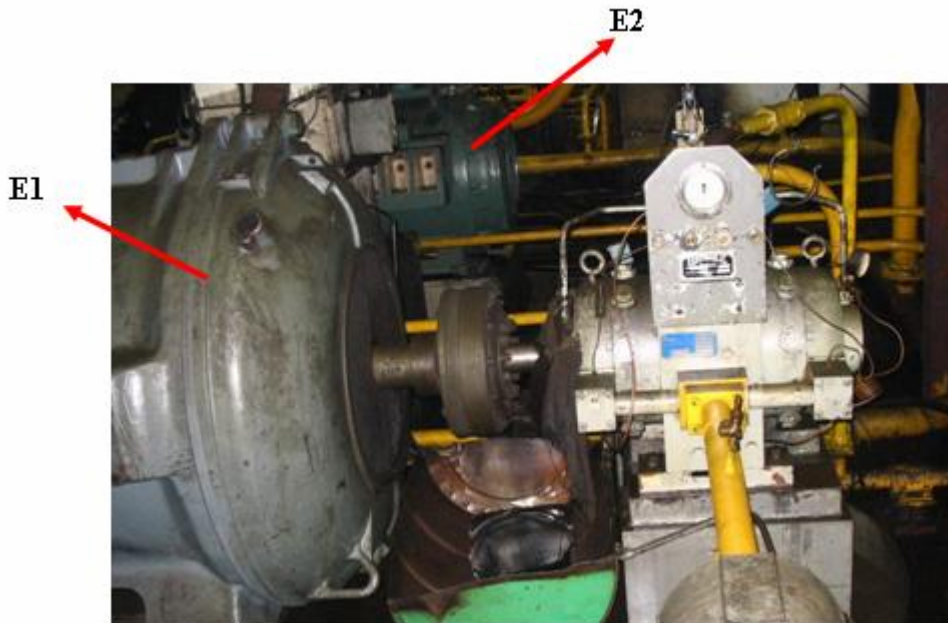
Fuente: El autor

- **Cilindros R4 y R5:** Son los actuadores encargados del movimiento para cambio de cilindros en el tren desbastador Blooming y el tren Steckel respectivamente.

#### 4.1.2 Motores.

- **E1:** Motor eléctrico AEI de 930 HP y 1200 rpm con patas y eje prolongado en ambos lados, blindado, refrigerado por ventilador.
- **E2:** Motor eléctrico AEI de 550 HP y 1200 rpm con patas y eje prolongado en un lado, blindado, refrigerado por ventilador.

Figura 32. Motores E1 y E2



- **E3:** Motor eléctrico AEI de 10 HP y 1150 rpm con patas y eje prolongado en un lado, blindado, refrigerado por ventilador.

- **E4:** Motor eléctrico AEI de 125 HP y 3600 rpm con patas y eje prolongado en un lado, blindado, refrigerado por ventilador.

#### 4.1.3 Bombas.

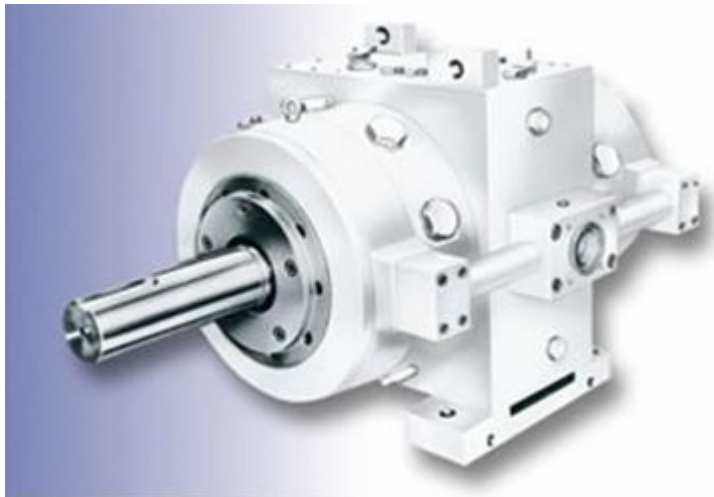
- **Bomba P1:** Bomba de pistones axiales TOWLER serie D 3-3-3 combinada. Descarga derecha, rotación antihoraria, montada en placa base B1. Acoplada a motor E1.

Capacidad de suministro: Hasta 134 gpm a una presión de 5000 psi (351.5 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

Bomba de alta presión y alto caudal para trabajo en ciclos \de corte y reposición.

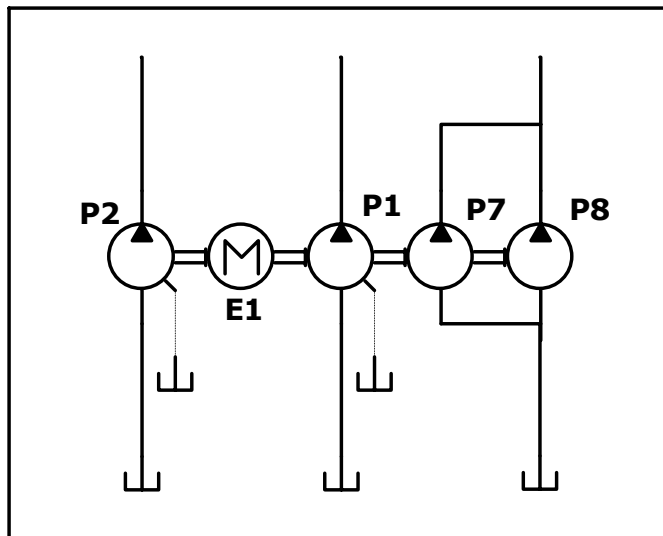
Actualmente fuera de servicio.

**Figura 33. Bombas P1, P2, P3 y P4**



Fuente: <[www.oilgear.com](http://www.oilgear.com)>

**Figura 34. Disposición de Bombas en Motor E1**



Fuente: El autor

- **Bomba P2:** Bomba de pistones axiales TOWLER serie D 3-3-3 combinada. Descarga izquierda, rotación horaria, montada en placa base B1. Acoplada a motor E1.

Capacidad de suministro: Hasta 134 gpm a una presión de 5000 psi (351.5 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

Bomba de alta presión y alto caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición.

Actualmente en operación.

**Figura 35. Bomba P2 Instalada en el Circuito Actual**



Fuente: El autor

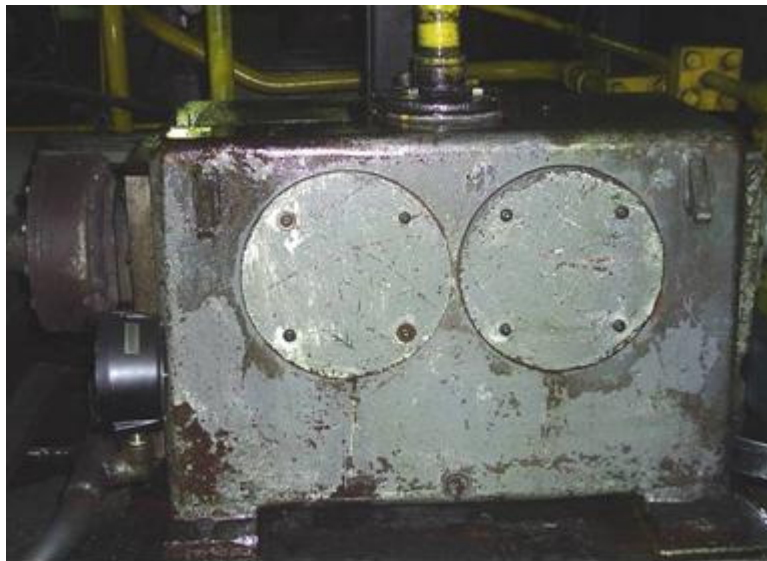
- **Bombas P3 - P4:** Bomba de pistones axiales TOWLER serie D 3-6. Rotación antihoraria, doble descarga, montada en placa base B2. Acoplada a motor E2.  
Capacidad de suministro P3: Hasta 90 gpm a una presión de 5000 psi (351.5 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.  
Capacidad de suministro P4: Hasta 45 gpm a una presión de 5000 psi (351.5 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.  
Bomba de alta presión y alto caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición.  
P4 trabaja independiente para sacar cilindros R4 y R5.  
Actualmente fuera de servicio.
- **Bombas P5 - P6:** Bomba doble de pistones en línea TOWLER tipo 5E 300/ 5E 300. Rotación antihoraria, doble descarga, montada en placa base B2. Acoplada a motor E2.

Capacidad de suministro P5: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600 psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

Capacidad de suministro P6: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

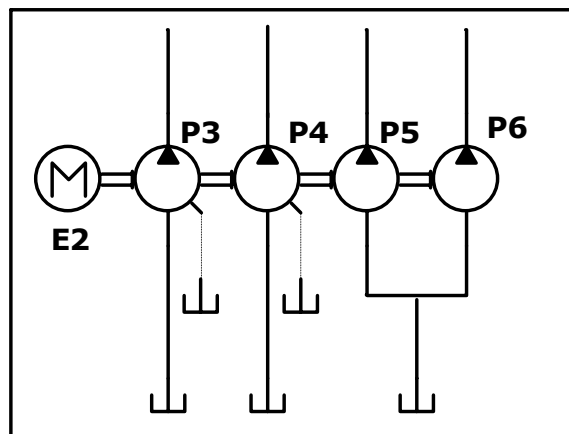
Bomba de alta presión y bajo caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición. Actualmente en operación.

**Figura 36. Bombas P5 y P6 Instaladas en el Circuito Actual**



Fuente: El autor

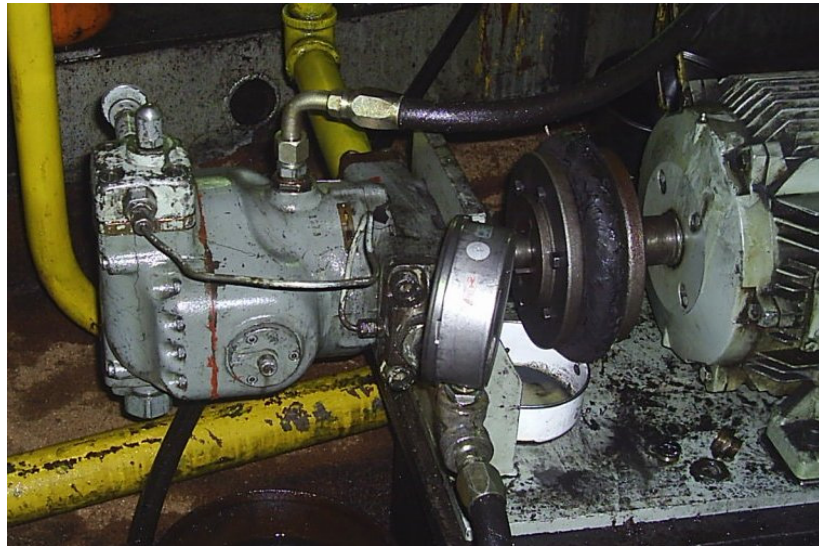
**Figura 37. Disposición de Bombas en Motor E2**



Fuente: El autor

- **Bombas P7 - P8:** Bomba doble de pistones en línea TOWLER tipo 5E 300/ 5E 300. Rotación antihoraria, doble descarga, montada en placa base B1. Acoplada a motor E1.  
Capacidad de suministro P7: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600 psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.  
Capacidad de suministro P8: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.  
Bomba de alta presión y bajo caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición.  
Actualmente fuera de servicio.
- **Bomba P9:** Bomba de pistones axiales TOWLER tipo A4. Rotación antihoraria, montada en placa base B4. Acoplada a motor E3.

**Figura 38. Bomba P9 y Motor E3**



Fuente: El autor

Capacidad de suministro: Hasta 2.5 gpm a una presión de 4500 psi (316 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

Bomba de alta presión y bajo caudal para trabajo en sistema amortiguador R2.

Actualmente fuera de servicio.

- **Bomba P10:** Bomba de paletas VICKERS tipo J8A-3B. Rotación antihoraria. Originalmente estaba acoplada al motor E3. Actualmente trabaja con un motor independiente

**Figura 39. Bomba de Pilotaje P10**



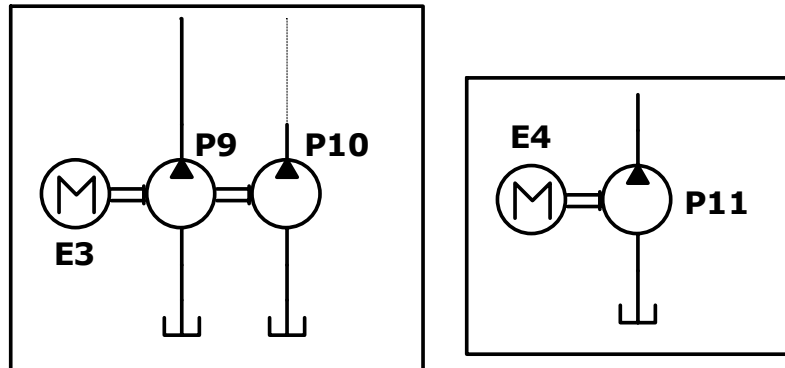
Fuente: El autor

Capacidad de suministro: Hasta 7.5 gpm a una presión de 300 psi (21 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.

Bomba de baja presión y bajo caudal para suministro de aceite de pilotaje.

Actualmente en operación.

Figura 40. Disposición de Bombas en Motores E3 y E4



Fuente: El autor

- **Bomba P11:** Bomba centrífuga WORTHINGTON SIMPSON tipo 3L13. Rotación antihoraria, montada en placa base B3. Acoplada a motor E4.

Figura 41. Bomba de Sobrecarga P11



Fuente: El autor

Capacidad de suministro: Hasta 628 gpm a una presión de 200 psi  
(14 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 3600 rpm.

Bomba de sobrecarga de las bombas P1, P2, P3 y P4.

Actualmente en operación.

**4.1.4 Manifold.** Es la estación donde se instalan y montan las válvulas de control para el suministro de aceite de presión, escape a tanque o pilotaje de cada una de estas, permitiendo su correcta operación y control del sistema.

**Figura 42. Estación Manifold y Válvulas de Control instaladas**

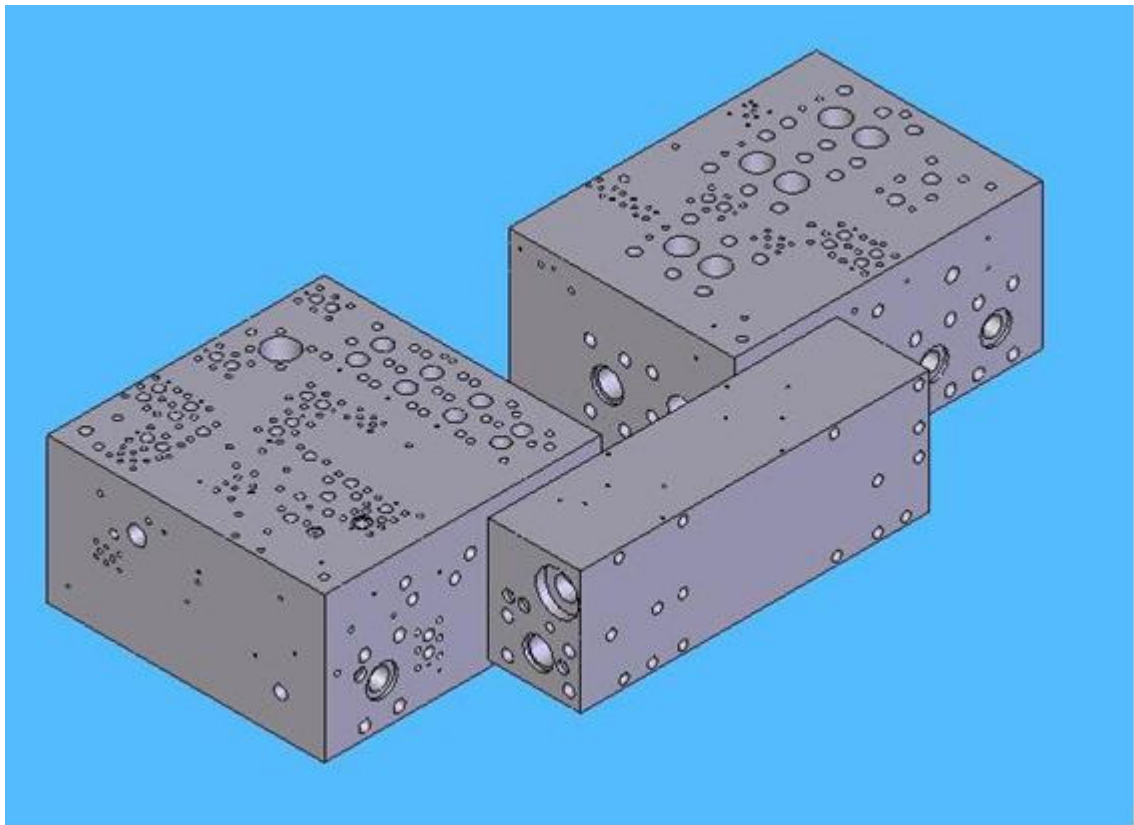


Fuente: El autor

Es idóneo para un circuito como el de la cizalla de 900 toneladas, que contiene un gran número de válvulas para permitir un control individual de las 10 bombas instaladas en el sistema, porque permite tenerlas en un solo punto de operación, ahorrando de gran manera espacio y tuberías de conexión.

Además presenta la ventaja de evitar, en un mayor porcentaje a las tuberías o mangueras, fugas o goteo permanente en puntos de unión.

**Figura 43. Manifold Completo**



Fuente: El autor

El manifold instalado se compone de 3 bloques de acero resistente a la alta presión, ensamblados y comunicados entre si, con aproximadamente 600 taladrados en su volumen.

Tiene un peso total aproximado de 3 toneladas

#### 4.1.5 Válvulas de Control.

**Figura 44. Válvulas Instaladas en Manifold**

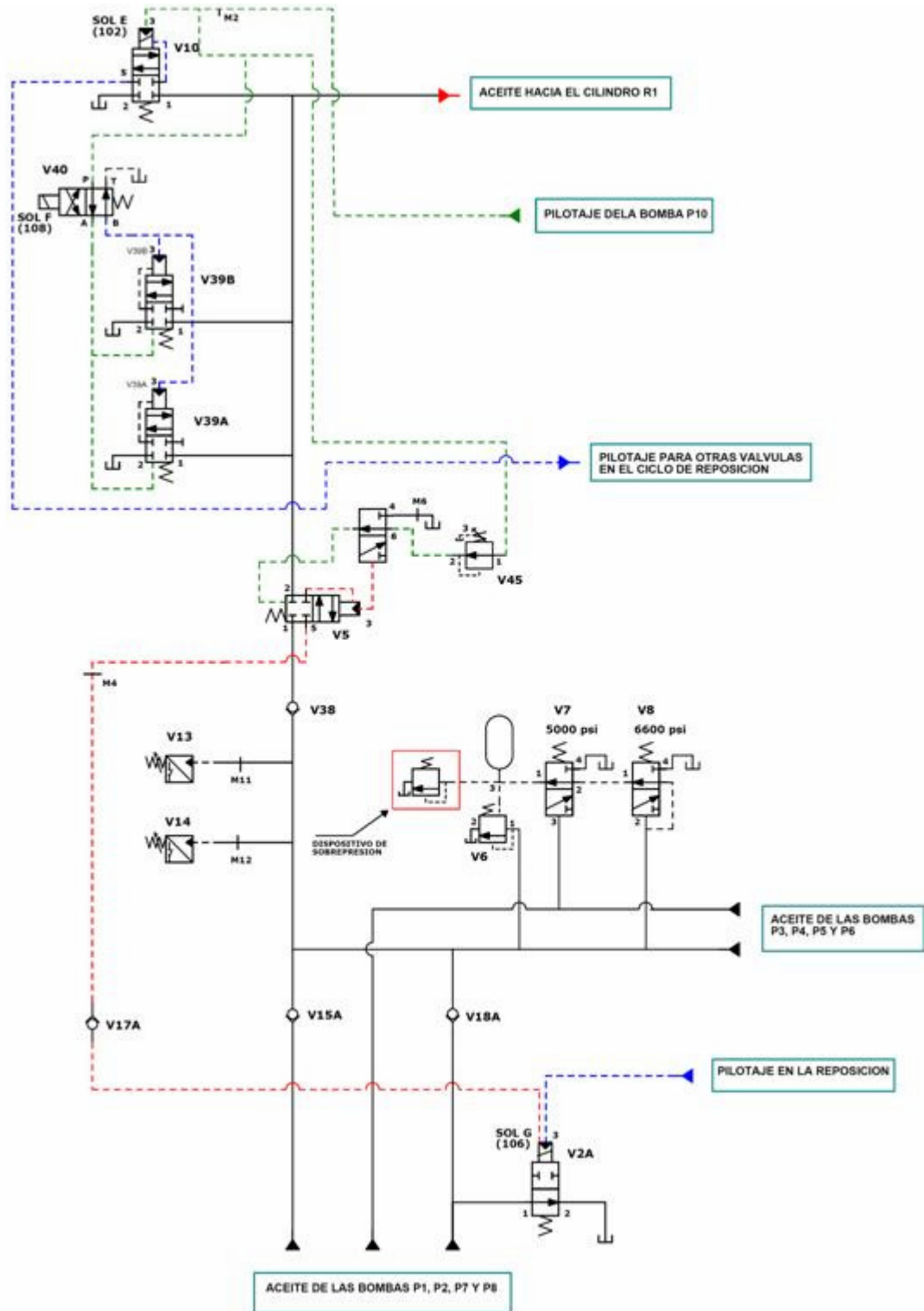


Fuente: El autor

Las válvulas de control, aunque están comunicadas entre si y se controlan por líneas comunes de pilotaje, se pueden distribuir en el manifold en cuatro líneas básicas de trabajo. La línea de corte, la de reposición, la de amortiguación y la de cilindros Blooming y Steckel.

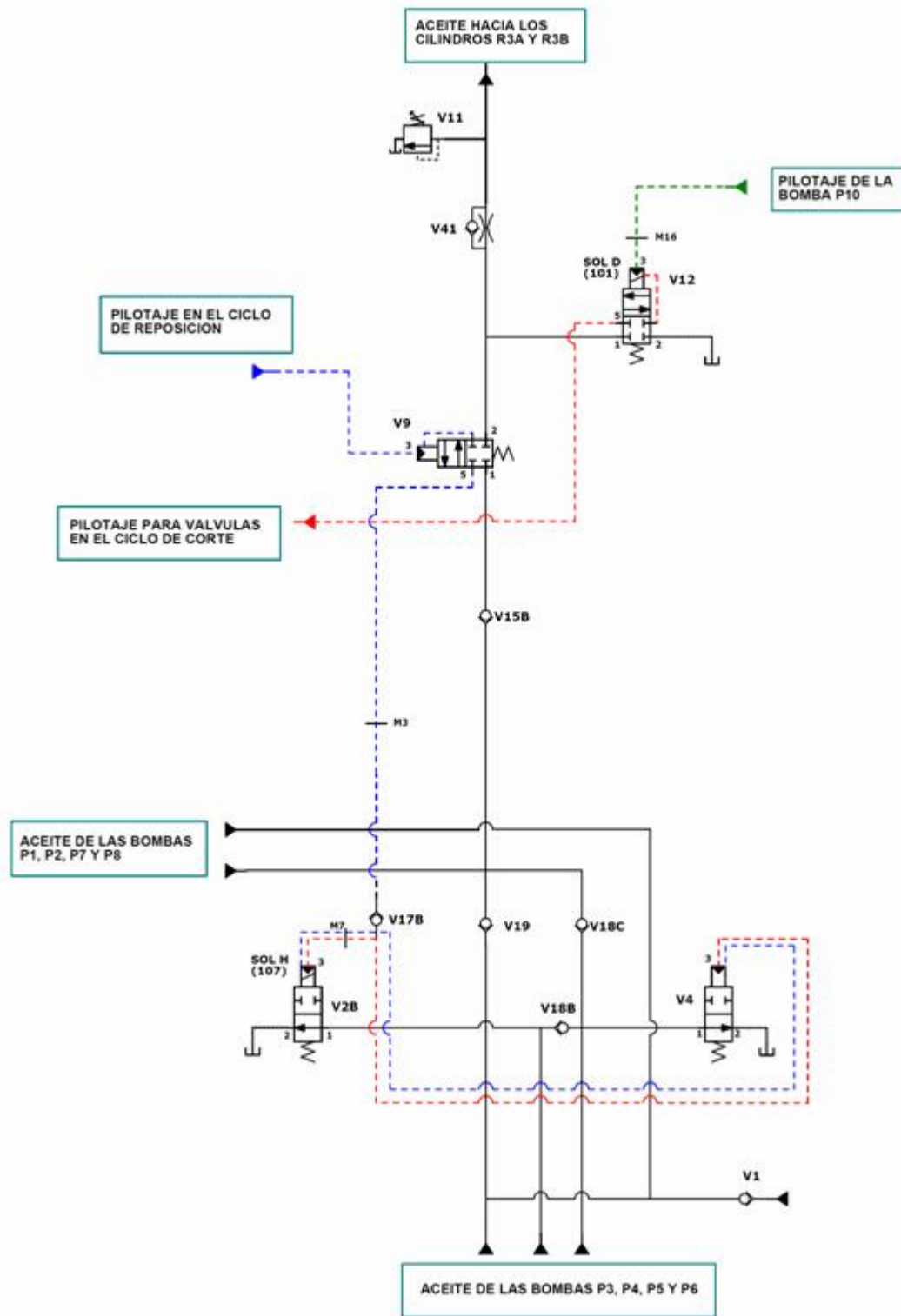
A continuación se muestran estas líneas de trabajo, en las figuras **45, 46, 47 y 48** las cuales son segmentos del plano hidráulico general del circuito de potencia de la cizalla que se puede visualizar en el **Anexo C**. Estas figuras ayudan a identificar la ubicación de cada válvula en la distribución del manifold.

Figura 45. Línea de Presión en el Ciclo de Corte de la Cizalla



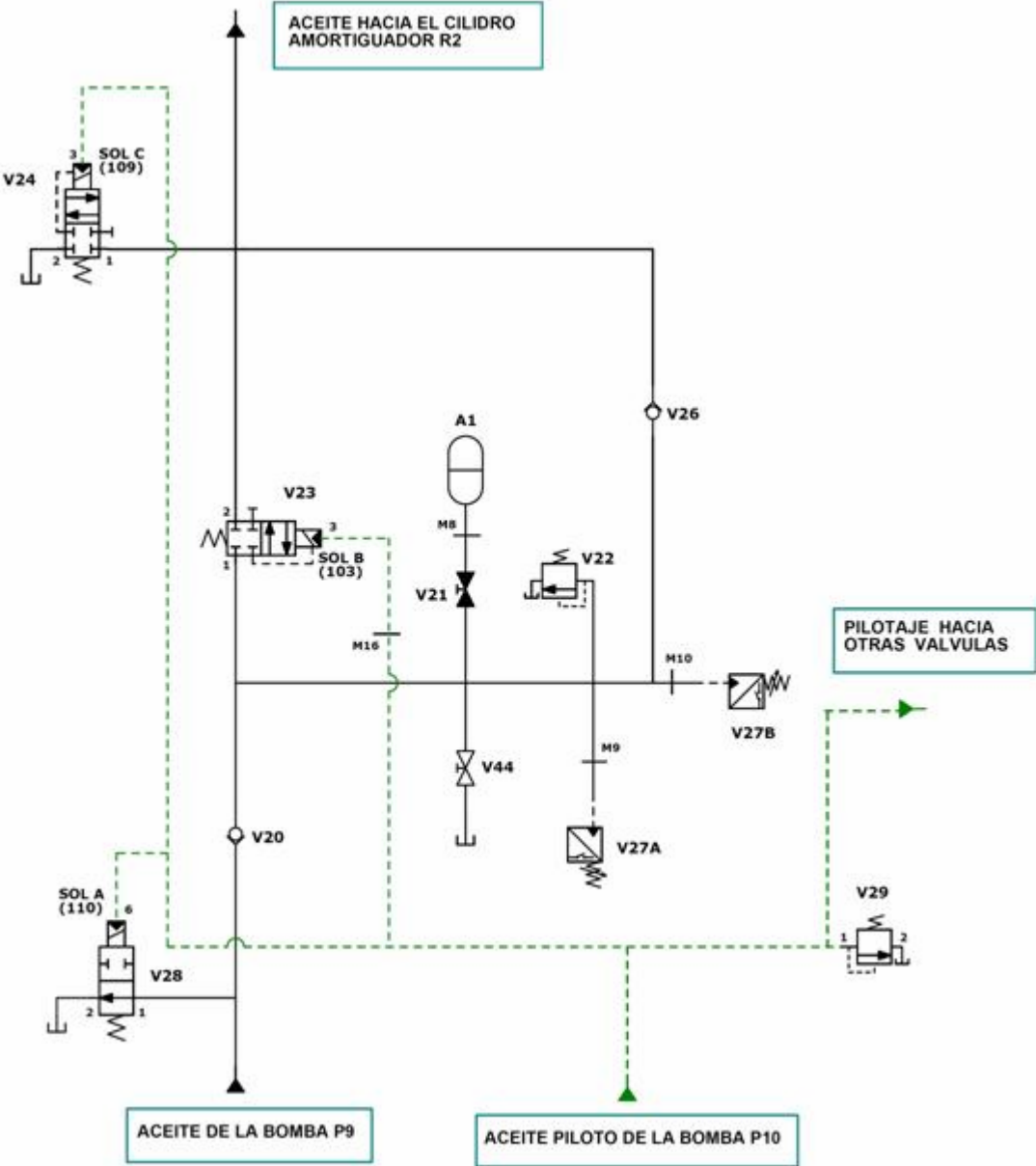
Fuente: El autor

Figura 46. Línea de Presión en el Ciclo de Reposición de la Cizalla



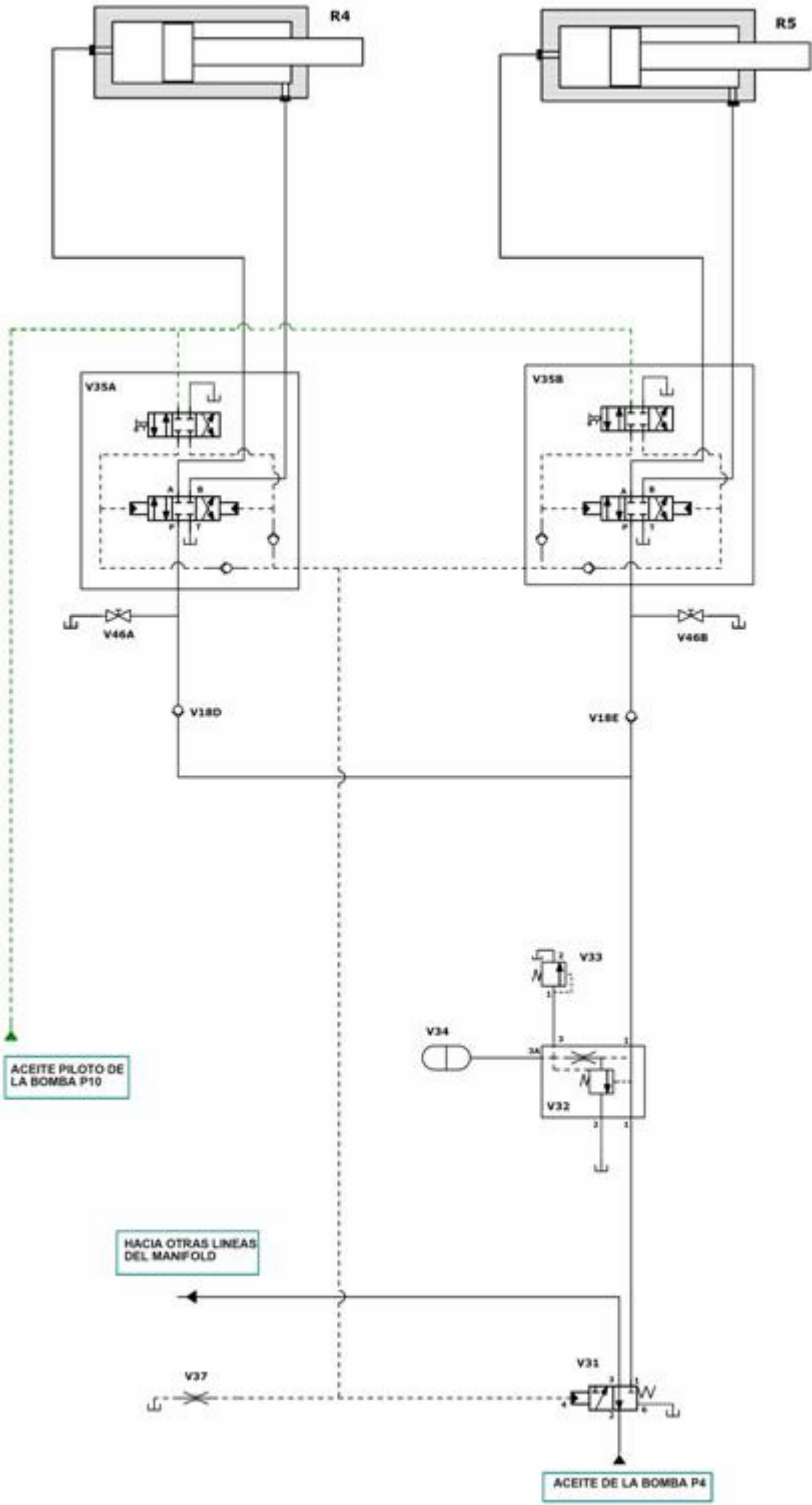
Fuente: El autor

Figura 47. Línea de Presión del Cilindro Amortiguador R2



Fuente: El autor

Figura 48. Línea de Presión de Cilindros Blooming y Steckel

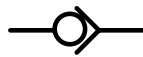


Fuente: El autor

A continuación se describen en detalle, cada una de las válvulas que conforman el manifold del circuito de potencia de la cizalla. La fuente de todos los símbolos gráficos de las válvulas es el Software Automation Studio trabajado por el autor.

- **Válvula V1**

**Figura 49. Símbolo Gráfico de V1**

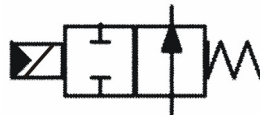


Válvula antirretorno. En el circuito original, su función era la de aislar la bomba P3 de la línea de presión de la bomba P4, cuando esta se encontraba suministrando aceite a los cilindros R4 y/o R5.

Actualmente no cumple ninguna función por estar P3 y P4 fuera de servicio, y el suministro a R4 y R5 lo realiza otra bomba independiente del circuito de la cizalla.

- **Válvula V2A**

**Figura 50. Símbolo Gráfico de V2A**

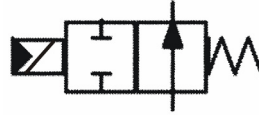


Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlado con solenoide, operada por presión piloto.

En el circuito original su función era cargar las bombas P7 y P8 a los cilindros de trabajo y desviar el suministro de aceite de estas bombas directamente a tanque cuando no eran requeridas para el accionamiento de la cizalla. Actualmente no cumple ninguna función por estar las bombas P7 y P8 fuera de servicio.

- **Válvula V2B**

**Figura 51. Símbolo Grafico de V2B**



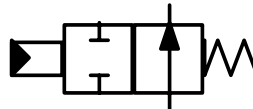
Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

Su función es cargar la bomba P5 a los cilindros de trabajo y desviar el suministro de aceite de esta bomba directamente a tanque cuando no sea requerida para el accionamiento de la cizalla.

- **Válvula V4**

Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, accionada por presión piloto.

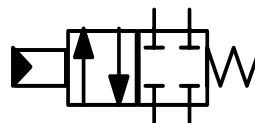
**Figura 52. Símbolo Grafico de V4**



Su función es cargar la bomba P6 a los cilindros de trabajo y desviar el suministro de aceite de esta bomba directamente a tanque cuando no sea requerida para el accionamiento de la cizalla.

- **Válvula V5**

**Figura 53. Símbolo Grafico de V5**



Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, accionada por presión piloto. 2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal.

La magnitud de abertura de los puertos de presión principal, es ajustable.

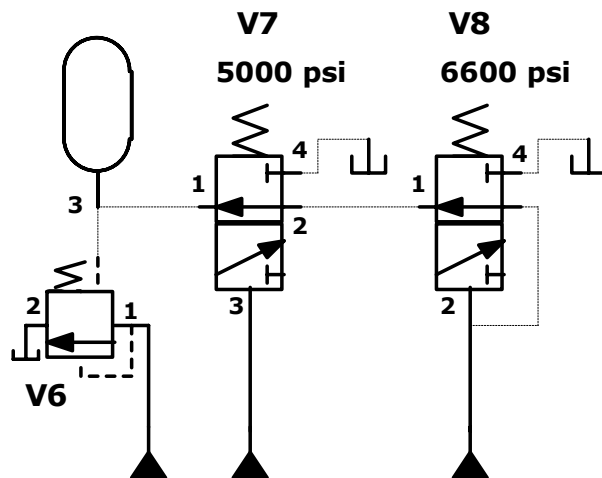
Su función es proporcionar el paso de aceite de las bombas de trabajo hacia el cilindro principal R1

También proporcionaba, en el circuito original, el paso de aceite piloto hacia las válvulas PV1A, PV1B, PV1C, V2A, V2B y V4. Actualmente lo suministra a las válvulas PV1A, V2B y V4 por estar las otras fuera de servicio.

- **Válvula V6**

Es la válvula de seguridad principal del sistema. Maneja dos niveles de presión: 5000 psi y 6600 psi. Consta de un cilindro de alta presión que funciona como amortiguador de picos de presión en la válvula y un dispositivo de sobrepresión para proteger el sistema en caso de falla de las válvulas de control V7 y V8, que operan los límites de presión de la válvula V6.

**Figura 54. Símbolo Grafico de Sistema de Seguridad V6, V7 y V8.**



En el circuito original cumplía la función de proteger las bombas P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8. Actualmente solo protege a las bombas P2, P5 y P6 por estar las otras fuera de servicio.

- **Válvula V7**

Válvula limitadora de presión (5000 psi).

Su función es controlar la apertura de la válvula de seguridad principal V6, liberando a tanque el aceite que no permite que se levante el pistón de la misma, para aliviar el exceso de presión del sistema, sensando permanentemente y protegiendo las bombas P1, P2, P3 y P4 (en el circuito original). Actualmente protege a P2.

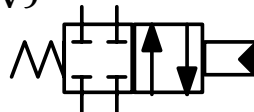
- **Válvula V8**

Válvula limitadora de presión (6600 psi).

Su función es controlar la apertura de la válvula de seguridad principal V6 (ver **figura 55**), liberando a tanque el aceite que no permite que se levante el pistón de la misma, para aliviar el exceso de presión del sistema, sensando permanentemente y protegiendo las bombas P5, P6, P7 y P8 (en el circuito original). Actualmente protege a P5 y P6.

- **Válvula V9**

**Figura 55. Símbolo Gráfico de V9**



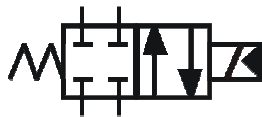
Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, accionada por presión piloto. 2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal.

La magnitud de abertura de los puertos de presión principal, es ajustable.  
Su función es proporcionar el paso de aceite de las bombas de trabajo hacia los cilindros de reposición R3A y R3B.

También proporcionaba, en el circuito original, el paso de aceite piloto hacia las válvulas PV1A, PV1B, PV1C, V2A, V2B y V4. Actualmente lo suministra a las válvulas PV1A, V2B y V4 por estar las otras fuera de servicio.

- **Válvula V10**

**Figura 56. Símbolo Grafico de V10**



Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

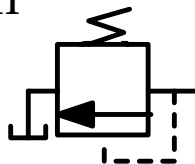
2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal.

La función de esta válvula es la de cargar y descargar las bombas principales del sistema.

Se abre en el recorrido de reposición descargando a tanque el aceite del cilindro principal R1 y suministra aceite piloto a la válvula V9.

- **Válvula V11**

**Figura 57. Símbolo Grafico de V11**

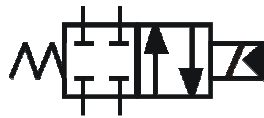


Válvula de seguridad.

Esta prevista para evitar el aumento de presión en los émbolos R3A y R3B, especialmente al terminar el recorrido de corte de la cizalla.

- **Válvula V12**

**Figura 58. Símbolo Grafico de V12**



Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal.

Es accionada para descargar directamente a tanque el aceite de los émbolos de reposición R3A y R3B.

También suministra aceite piloto a la válvula V5, para que esta se accione.

Permanece cerrada en el ciclo de corte de la cizalla.

- **Válvula V15A**

Válvula antirretorno.

En el circuito original su función era aislar la línea de presión de las bombas P3, P4, P5 y P6 de las bombas P1 y P2.

Actualmente solo aísla la línea de presión de P5 y P6, de la bomba P2, por estar las otras fuera de servicio.

- **Válvula V15B**

Válvula antirretorno. Impide el retorno del aceite proveniente de los émbolos de reposición R3A y R3B a las líneas de presión de las bombas, en caso de que la válvula V9 no se accione o no cumpla su función correctamente.

**Figura 59. Símbolo Gráfico de V15A, V15B, V17A, V17B, V18A, V18B, V18C, V18D, V18E, V19 y V20**



- **Válvula V17A**

Válvula antirretorno.

Impide el paso de aceite piloto suministrado por la válvula V9 (a las válvulas de carga de las bombas) en el recorrido de reposición de la cizalla, hacia la válvula V5, que en ese instante se encuentra cerrada.

- **Válvula V17B**

Válvula antirretorno.

Impide el paso de aceite piloto suministrado por la válvula V5 (a las válvulas de carga de las bombas) en el recorrido de corte de la cizalla, hacia la válvula V9, que en ese instante se encuentra cerrada.

- **Válvula V18A**

Válvula antirretorno.

En el circuito original, su función era la de aislar las bombas P7 y P8 del suministro de aceite de las bombas P1 y P2.

Actualmente no cumple ninguna función por estar P7 y P8 fuera de servicio.

- **Válvula V18B**

Válvula antirretorno.

Su función es la de aislar la bomba P6 del suministro de la bomba P5.

- **Válvula V18C**

Válvula antirretorno.

En el circuito original, su función era la de aislar las bombas P1, P2, P3 y P4 del suministro de las bombas P5 y P6.

Actualmente solo aísla la bomba P2 de P5 y P6, por estar P1, P3 y P4 fuera de servicio.

- **Válvulas V18D y V18E**

Válvulas antirretorno.

Su función es la de proteger la línea de trabajo de la bomba que suministra aceite a los cilindros R4 y/o R5, de una posible contrapresión en estos.

- **Válvula V19**

Válvula antirretorno.

Su función es aislar el suministro de aceite de las bombas P1, P2, P5, P6, P7 y P8, de la línea de trabajo de las bombas P3 y P4.

Actualmente no cumple esta función, por estar P3 y P4 fuera de servicio.

- **Válvula V20**

Válvula antirretorno.

Impide el paso de aceite proveniente ya sea del cilindro amortiguador R2, en caso de que fallen las válvulas V23 y/o V24, o del acumulador A1, hacia la línea de trabajo de la bomba P9.

Actualmente no cumple esta función por estar fuera de servicio el sistema amortiguador.

- **Válvula V21**

**Figura 60. Símbolo Grafico de V21**



Válvula de cierre manual.

Admite o no el paso de aceite de la bomba P9, hacia el acumulador A1.

Actualmente no cumple esta función por estar fuera de servicio el sistema amortiguador.

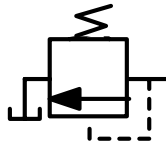
- **Válvula V22**

Válvula de seguridad tarada a  $316,4 \text{ kg/cm}^2 = 4500 \text{ psi}$ .

Su función es limitar la presión de la bomba P9 y del sistema amortiguador.

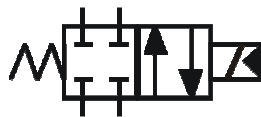
Actualmente no cumple esta función por estar fuera de servicio este sistema.

**Figura 61. Símbolo Grafico de V22**



- **Válvula V23**

**Figura 62. Símbolo Grafico de V23 y V24**



Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal. 1 puerto de pilotaje bloqueado.

En el circuito original, su función era dar paso de aceite de la bomba P9 hacia el cilindro amortiguador R2. Actualmente no cumple ninguna función, por estar fuera de servicio el sistema amortiguador.

- **Válvula V24**

Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

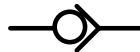
2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal. 1 puerto de pilotaje bloqueado.

Su función es descargar a tanque el aceite proveniente de la cámara del cilindro amortiguador R2, cuando este es retornado por su propio resorte.

- **Válvula V26**

Válvula antirretorno.

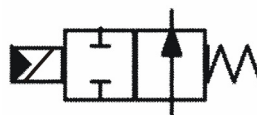
**Figura 63. Símbolo Grafico de V26**



Impide el paso de aceite de la línea de trabajo del acumulador A1(cuando se está cargando), hacia el cilindro amortiguador R2.

- **Válvula V28**

**Figura 64. Símbolo Grafico de V28**



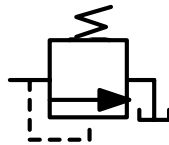
Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

En el circuito original su función era cargar la bomba P9 al cilindro amortiguador R2 y desviar el suministro de aceite de esta bomba directamente a tanque cuando no se requería este servicio.

Actualmente no cumple ninguna función por estar el sistema amortiguador fuera de servicio.

- **Válvula V29**

**Figura 65. Símbolo Grafico de V28**



Válvula de seguridad tarada a  $21 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ psi}$ .

Su función es limitar la presión de la bomba de pilotaje P10.

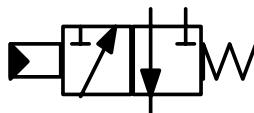
- **Válvula V31**

Válvula direccional de 3 vías y 2 posiciones, accionada por presión piloto.

Su función es de dirigir o no, el aceite a presión hacia los cilindros R4 y/o R5.

Originalmente lo realizaba con la bomba P4. Actualmente este procedimiento se realiza con una bomba independiente.

**Figura 66. Símbolo Grafico de V31**



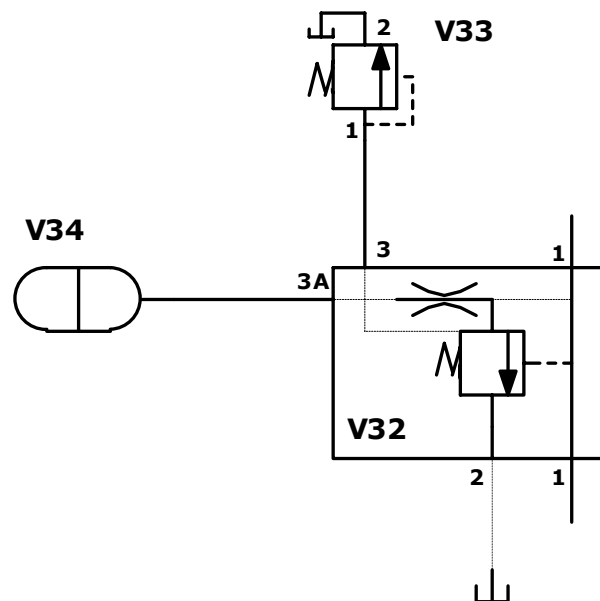
- **Válvula V32**

Válvula de seguridad. Se abre al taraje de la válvula V33.

Limita la presión de la bomba P4 cuando esta trabaja en el suministro de aceite a los cilindros R4 y/o R5. Consta de un cilindro amortiguador de choques.

Actualmente limita la presión de la bomba independiente que trabaja para R4 y R5.

**Figura 67. Símbolo Grafico de Sistema de Seguridad V32, V33 y V34**



- **Válvula V33**

Válvula de seguridad.

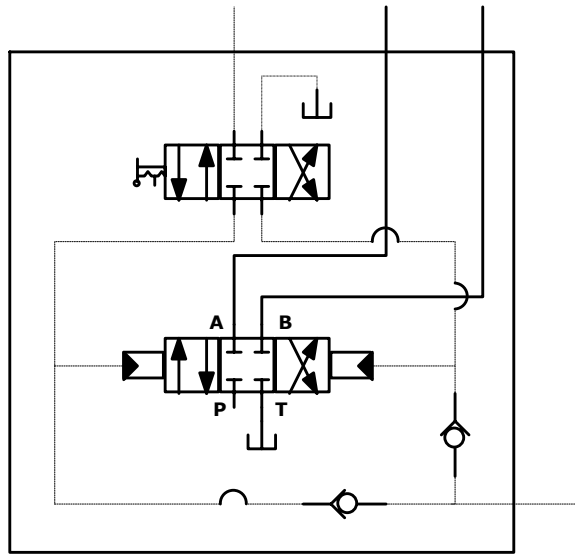
Controla la apertura de la válvula V32.

- **Válvula V35A**

Válvula direccional de 6 vías y 3 posiciones, centro cerrado, accionada y reposicionada manualmente. 2 puertos para presión piloto y 4 para presión principal.

Suministra aceite y descarga a tanque al embolo R4 y aceite piloto a la válvula V31.

**Figura 68. Símbolo Grafico de V35A y V35B**



- **Válvula V35B**

Válvula direccional de 6 vías y 3 posiciones, centro cerrado, accionada y reposicionada manualmente. 2 puertos para presión piloto y 4 para presión principal.

Suministra aceite y descarga a tanque al embolo R5 y aceite piloto a la válvula V31.

- **Válvulas V36A y V36B**

**Figura 69. Símbolo Grafico de V36A y V36B**



Válvula de cierre manual.

Abren o bloquean la línea de sensado de un manómetro.

- **Válvula V37**

**Figura 70. Símbolo Grafico de V37**



Válvula estranguladora de caudal.

Regula la descarga a tanque del aceite piloto de control de la válvula V31.

- **Válvula V38**

**Figura 71. Símbolo Grafico de V38**



Válvula antirretorno.

Impide el retorno de aceite del cilindro principal R1, hacia las líneas de presión de las bombas, en caso de que la válvula V5 funcione incorrectamente.

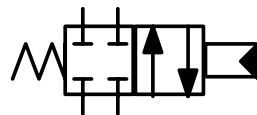
- **Válvulas V39A y V39B**

Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, accionada por presión piloto. 2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal. 1 puerto de pilotaje bloqueado.

La magnitud de abertura de los puertos de presión principal, es ajustable.

Su función es proporcionar descarga directa a tanque del cilindro principal R1, es decir, que solo son accionadas en el recorrido de reposición.

**Figura 72. Símbolo Grafico de V39A y V39B**



- **Válvula V40**

Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, de accionamiento por solenoide y retorno por resorte.

Suministra aceite piloto a las válvulas V39A y V39B para su accionamiento y apertura.

**Figura 73. Símbolo Grafico de V40**



- **Válvula V41**

Válvula de estrangulación con antirretorno.

Permite el suministro de aceite hacia los émbolos de reposición R3A y R3B, en dirección del flujo libre del antirretorno.

En la otra dirección regula el caudal proveniente de R3A y R3B, en el recorrido de corte de la cizalla.

**Figura 74. Símbolo Grafico de V41**



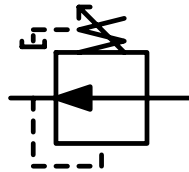
- **Válvula V44**

Válvula de cierre manual de alta presión.

Permite el descargado del acumulador A1.

- **Válvula V45**

**Figura 75. Símbolo Grafico de V45**



Válvula reductora de baja presión de accionamiento automático.

Ajustada a  $7 \text{ kg/cm}^2 = 100 \text{ psi}$ .

Regula la presión del aceite piloto suministrado a la válvula V5.

- **Válvula V46A**

Válvula de cierre manual.

Su función es proveer o regular el flujo adecuado para obtener movimiento fraccionado en el embolo R4.

- **Válvula V46B**

Válvula de cierre manual.

Su función es proveer o regular el flujo adecuado para obtener movimiento fraccionado en el embolo R5.

**Figura 76. Símbolo Grafico de V46A y V46B**

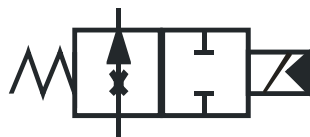


- **Válvula PV1A**

Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

Su función es cargar al sistema la bomba P2 y descargar a tanque la misma si no es requerida.

**Figura 77. Símbolo Grafico de PV1A, PV1B y PV1C**



- **Válvula PV1B**

Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

Su función es cargar al sistema la bomba P1 y descargar a tanque la misma si no es requerida.

Actualmente está fuera de servicio.

- **Válvula PV1C**

Válvula direccional de 2 vías y 2 posiciones, normalmente abierta, controlada con solenoide, operada por presión piloto.

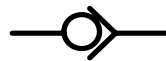
Su función es cargar al sistema las bombas P3 y P4, y descargar a tanque la misma si no es requerida.

Actualmente está fuera de servicio.

- **Válvula PV2A**

Válvula antirretorno. Bloquea el suministro de aceite de la bomba P1 hacia la línea de presión de la bomba P2.

**Figura 78. Símbolo Grafico de PV2A y PV2P**



- **Válvula PV2B**

Válvula antirretorno.

Bloquea el suministro de aceite de la bomba P2 hacia la línea de presión de la bomba P1.

**4.1.6 Tanque de Aceite T1.** Tanque de 800 galones para suministro de aceite.

La base es de 3.33 m x 1.2 m y una altura de 1.02 m.

Esta ubicado en cimientos a una altura de 4.1 m sobre el nivel del suelo.

**Figura 79. Tanque de Aceite**



Fuente: El autor

**4.1.7 Aceite Hidráulico.** El aceite hidráulico utilizado actualmente en el sistema de potencia de la cizalla es el NUTO H 68 suministrado por la empresa EXXON MOBIL.

Es un aceite recomendado para transmisiones hidráulicas que operen a velocidad y temperaturas altas y cargas severas. Mantiene su viscosidad durante el cambio de temperatura y su bajo punto de fluidez le provee un adecuado flujo durante el arranque en clima frío.

Originalmente se usaba en el sistema, el aceite hidráulico **TELLUS 68** de la empresa SHELL, pero fue sustituido por el departamento de tribología de la empresa, aunque el actual aceite tiene las mismas propiedades y características de trabajo que el anterior.

Posee las siguientes características:

- Propiedades antidesgaste, reduciendo el desgaste de los equipos en mas de un 90%.
- Elevada estabilidad térmica.
- Baja formación de depósitos.
- Rápida separación del aire lo cual previene problemas de respuestas lentas imprecisas en el sistema.
- Es resistente a emulsionarse, por lo tanto separa rápidamente el agua del aceite en el tanque evitando que esta circule en el sistema.
- Baja formación de depósitos.
- Resistente a la oxidación.
- Viscosidad cinemática a 40 °C = 68 cSt.
- Viscosidad cinemática a 100 °C = 8.7cSt.
- Índice de viscosidad = 95
- Punto de fluidez o escurrimiento = -12 °C
- Punto de chispa o inflamación = 266 °C

**4.1.8 Tuberías.** En el circuito de potencia se utilizan diferentes denominaciones de tuberías dependiendo el flujo y presión que se maneje en estas.

**Figura 80. Tuberías del Circuito Hidráulico**



Fuente: El autor

A continuación se describen algunas de las principales, nombrando el punto de partida, el punto de llegada, el diámetro exterior nominal en pulgadas y el espesor:

- P1 - Manifold= 3" e = 0.45"
- P2 - Manifold= 3" e = 0.45"
- P3/P4 - Manifold= 3" e = 0.45"
- P5/P6 - Manifold= 1 1/16" e = 0.176"
- P7/P8 - Manifold= 1 11/32" e = 0.212"
- P9 - Manifold= 27/32" e = 0.16"
- P10 - Manifold= Manguera alta presión 3/4"
- P11 - P1/P2/P3/P4= 3" e = 0.176"
- Drenaje P1/P2/P3/P4 - Tanque = 1 29/32" e = 0.16"
- P1/P2/P3/P4 - Tanque= 3" e = 0.176"
- Tanque - P5/P6/P7/P8 = 3" e = 0.176"

- Tanque - P10 = Manguera alta presión 1"
- Tanque - P11 = 4 1/2" e = 0.212"
- Manifold - R1 = 5 1/2" e = 0.79"
- Manifold - R3A/R3B = 3" e = 0.456"
- Manifold - R2 = 1 11/32" e = 0.212"
- Manifold - Tanque = 5 1/2" e = 0.212"

#### 4.1.9 Interruptores de presión.

- **Interruptor PSV3A**

Interruptor de presión tarado a  $5,6 \text{ kg/cm}^2 = 80 \text{ psi}$ .

Indica baja presión en la alimentación de la bomba P2.

Actualmente fuera de servicio.

- **Interruptor PSV3B**

Interruptor de presión tarado a  $5,6 \text{ kg/cm}^2 = 80 \text{ psi}$ .

Indica baja presión en la alimentación de la bomba P3.

Actualmente fuera de servicio.

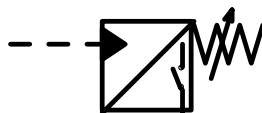
- **Interruptor PSV3C**

Interruptor de presión tarado a  $5,6 \text{ kg/cm}^2 = 80 \text{ psi}$ .

Indica baja presión en la alimentación de las bombas P3 y P4.

Actualmente fuera de servicio.

**Figura 81. Símbolo Grafico de PSV3A, PSV3B, PSV3C, PSV13, PSV14, PSV27A y PSV27B**



- **Interruptor PSV13**

Interruptor de presión ajustado a  $351,5 \text{ kg/cm}^2 = 5000 \text{ psi}$ .

Se acciona si se requiere en el trabajo de la cizalla mas de 5000 psi de presión, desexcitando los solenoides J (105A), L (105B) y K, abriendo las válvulas PV1A, PV1B y PV1C y descargando a tanque las bombas P1, P2, P3 y P4.

Actualmente se encuentra fuera de servicio.

- **Interruptor PSV14**

Interruptor de presión ajustado a  $105,5 \text{ kg/cm}^2 = 1500 \text{ psi}$ .

Se acciona si la presión de trabajo de la cizalla desciende por debajo de 1500 psi, excitando los solenoides J (105A), L (105B) y K, cerrando las válvulas PV1A, PV1B y PV1C y cargando al sistema las bombas P1, P2, P3 y P4.

Actualmente se encuentra fuera de servicio.

- **Interruptor PSV27A**

Interruptor de presión.

Si el acumulador A1 no es cargado hasta la presión ajustada en el interruptor ( $309 \text{ kg/cm}^2 = 4400 \text{ psi}$ ) se excita el solenoide A (110) causando el cierre de la válvula V28 y la bomba P9 carga para aumentar la presión en A1.

Si la presión desciende por debajo de la ajustada ( $281 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ psi}$ ) el solenoide A se excita de nuevo y cierra V28 para mantener la carga en el acumulador. Actualmente fuera de servicio.

- **Interruptor PSV27B**

Interruptor de presión.

Cuando se acciona el interruptor ( $290 \text{ kg/cm}^2 = 4125 \text{ psi}$ ) se excita el solenoide B (103), abriendo la válvula V23 (pilotaje directo de P10) y admitiendo la bomba P9 y el acumulador A1 al embolo de sujeción R2. Actualmente fuera de servicio.

#### 4.1.10 Interruptor de nivel

- **Interruptor PSV43**

Interruptor accionado por flotador.

Indica nivel bajo de aceite en el tanque T1.

**Figura 82. Interruptor de nivel**



Fuente: El autor

#### 4.1.11 Interruptores de Flujo de Alimentación.

3 interruptores que indican un bajo caudal suministrado por la bomba de sobrecarga, hacia las bombas P1, P2, P3 y P4.

Actualmente están fuera de servicio.

#### 4.1.12 Filtros.

- **Filtro V30**

Filtro de protección de la bomba de pilotaje P10.

- **Filtros V42A, B y C**

Filtros de succión de indicación mecánica y eléctrica.

Protege las bombas principales P1, P2, P3 y P4.

Actualmente está en funcionamiento el filtro V42A.

**Figura 83. Filtro de Succión V42A**



Fuente: El autor

#### **4.1.13 Acumulador y Cilindro Amortiguador.**

- **Amortiguador V34**

Cilindro amortiguador de picos de presión instalado en un puerto de la válvula V32. Capacidad en volumen de  $1,120 \text{ dm}^3 = 0,3 \text{ gal}$ .

Actualmente fuera de servicio.

- **Acumulador A1**

Acumulador de 35 litros (5000 psi).

Provee capacidad para suministrar aceite y accionar el embolo amortiguador R2.

Precarga a  $12,3 \text{ kg/cm}^2 = 1750 \text{ psi}$ . Actualmente fuera de servicio.

**4.1.14 Intercambiadores de Calor.** Para el sistema de refrigeración del aceite hidráulico de trabajo, se utilizan dos intercambiadores de calor de carcaza y tubos marca SERCK del tipo haz removible, de cabezal flotante de arrastre.

Su función es bajar la temperatura del aceite de trabajo, para otorgar una estabilidad en su viscosidad y no afectar la operación de las válvulas de control del sistema.

El grupo consiste de un cilindro, colector de tubos, cajas de agua y anillo de fugas de seguridad con unión doble.

El cilindro es labrado a maquina y taladrado con plantilla para recibir un colector de tubos retirable.

**Figura 84. Intercambiador de Calor**



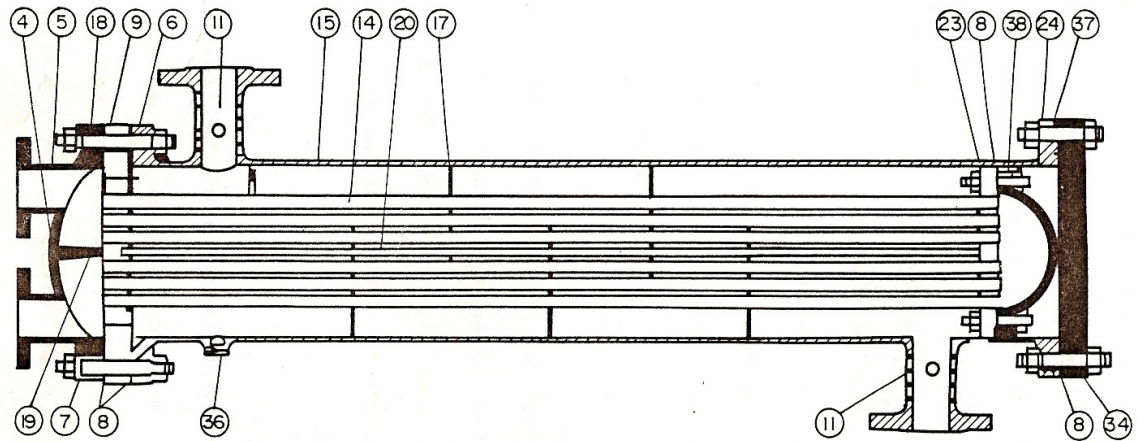
Fuente: El autor

El colector de tubos consiste de placas de tubo de latón dentro de las cuales se llevan montados tubos por expansión y luego las placas y los tubos son unidos entre si por soldadura para impedir cualquier fuga probable entre los fluidos en el punto de unión del tubo y de la placa. Placas de guía hacen pasar el fluido primario sobre la superficie y proporcionan un sostén adecuado a los tubos a lo largo de su longitud.

Los anillos de fugas de seguridad permiten que la placa de tubos pueda ser fijada en un extremo del cilindro, mientras que el otro extremo puede dilatarse libremente. Este anillo y su unión doble en el extremo de expansión contribuyen a que resulte imposible el que un liquido pueda escapar dentro del otro, al mismo tiempo que esto permite el movimiento del colector de tubos.

En la figura 85 se muestra un detalle del tipo de intercambiador utilizado en el circuito de potencia de la cizalla.

**Figura 85. Intercambiador de cabezal Flotante de Arrastre**



**Tabla 2. Lista de Componentes del Intercambiador**

Numero	Componente
1	Tapa del canal
2	Cabezal tipo canal
3	Brida de conexión del canal
4	Cabezal tipo bonete
5	Brida de conexión del bonete
6	Brida de la carcaza
7	Bulonería
8	Junta
9	Placa de tubos estacionaria
10	Placa de tubos fija
11	Brida de conexión de la carcaza
12	Brida de la carcaza, extremo del cabezal posterior
13	Deflector de protección de impacto
14	Tubos
15	Carcaza
16	Junta de expansión
17	Deflector transversal
18	Brida del cabezal fijo (canal o bonete)
19	Placa de partición de pasos
20	Barras distanciadoras y espaciadoras
21	Conexión para venteo
22	Anillo de respaldo o anillo partido
23	Placa de tubos flotante
24	Cabezal flotante
25	Anillo linterna
26	Empaquetadura
27	Caja de empaquetadura
28	Prensaestopas
29	Placa – cabezal flotante
30	Brida loca
31	Anillo chaveta
32	Bonete de retorno
33	Tapa del cabezal flotante
34	Tapa de la carcaza
35	Oreja de izaje
36	Tapón de drenaje
37	Brida de la tapa de carcasa
38	Brida del cabezal flotante
39	Brida del bonete de retorno

Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

## 4.2 LÓGICA OPERATIVA DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

**4.2.1 Marcha en Vacío.** Estando los motores E1, E2, E3 y E4 accionando y todos los solenoides desexcitados, las bombas son descargadas como siguen:

P1 vía PV1B, P2 vía PV1A, P3 vía PV1C, P4 vía V31, V1 y PV1C, P5 vía V2B, P6 vía V4, P7 y P8 vía V2A, P9 vía V28. P10 descarga vía V29 a 21 kg/cm<sup>2</sup> para proveer presión de pilotado. P11 provee presión de alimentación para P1, P2 y P3 a aproximadamente 10,5 kg/cm<sup>2</sup>.

**4.2.2 Arranque del Ciclo de la Cizalla.** Si el acumulador A1 no es cargado hasta la presión ajustada en el interruptor V27A (309 kg/cm<sup>2</sup>) se excita el solenoide A (110) causando el cierre de la válvula V28 y la bomba P9 carga para aumentar la presión en A1.

Si la presión desciende por debajo de la ajustada en V27A (281 kg/cm<sup>2</sup>) el solenoide A se excita de nuevo y cierra V28 para mantener la carga en el acumulador. Esto se repite durante todo el ciclo de trabajo.

**4.2.3 R2 Sujeción, R1 Aproximación y Cizallado.** Cuando acciona el interruptor de presión V27B (290 kg/cm<sup>2</sup>) se excita el solenoide B (103), abriendo la válvula V23 (pilotaje directo de P10) y admitiendo la bomba P9 y el acumulador A1 al embolo de sujeción R2.

Al mismo tiempo se excitan los solenoides D (101), J (105A), G (106), H (107), K y L (105B) para permitir la marcha de aproximación del embolo principal como sigue:

El solenoide D causa la apertura de la válvula V12 para permitir el retorno de los émbolos R3A y R3B descargando vía 1-2 / V12.

El aceite de pilotaje pasa de 5/V12 a V5, ocasionando la apertura de esta válvula de forma que las bombas principales pueden ser entonces admitidas a R1.

El aceite de pilotaje pasa entonces de 5/V5 a V2A, V2B, PV1A, PV1B, PV1C y V4, cerrando todas estas válvulas y cargando bombas así:

PV1B carga P1, PV1A carga P2, PV1C carga P3, V4 carga P4, V2B carga P5, V4 carga P6, V2A carga P7 y P8. Todas estas bombas descargan en el émbolo principal R1, vía V38 y V5 causando el recorrido de aproximación.

Las cuchillas se ponen en contacto con la pieza a cortar y la presión sube hasta el valor requerido.

Si el valor es inferior a lo ajustado en el interruptor de presión PSV13 (351,5 kg/cm<sup>2</sup> = 5000 psi), todas las bombas continúan impulsando y el recorrido de corte es completado a *velocidad máxima*.

Si se requiere más de 5000 psi, se acciona PSV13 desexcitando los solenoides J (105A), K y L (105B), abriendo las válvulas PV1A, PV1B y PV1C y descargando a tanque las bombas P1, P2 y P3. Por lo tanto P5, P6, P7 y P8 continuarán presionando a *velocidad reducida* hasta el final del recorrido o hasta que la presión descienda por debajo de la ajustada en el interruptor de presión PSV14 (105,5 kg/cm<sup>2</sup> = 1500 psi) lo cual hace que se vuelvan a excitar los solenoides J (105A), L (105B) y K y carguen las bombas P1, P2 y P3. Entonces se vuelve a tener la *velocidad máxima*.

**4.2.4 R1 Deceleración.** Al final de la carrera de corte, es accionado un fin de curso (**fin de curso de deceleración = acercamiento R1**), desexcitando los solenoides J (105A), L (105B) y K entonces P1, P2 y P3 son descargadas y la cizalla completa su recorrido a *velocidad reducida*.

**4.2.5 R3A y R3B Retorno Rápido.** Al final del recorrido de corte es accionado el **fin de curso inferior**. Se desexcitan los solenoides D (101) y B (103). Los solenoides G (106) y H (107) permanecen excitados y se excitan E (102), F (108) y C (109).

El solenoide E (102) abre la válvula V10 para liberar aceite de R1. El aceite de pilotaje de V10 pasa de 5/V10 a 3/V9 abriendo V9. El aceite de pilotaje pasa de 5/V9 a las válvulas de carga de las bombas. Mientras el solenoide D (101) estaba desexcitado, el suministro de pilotaje a las válvulas de carga de las bombas, estaba cortado de forma que las bombas se encontraban descargadas momentáneamente.

El solenoide F (108) acciona la válvula V40, la cual suministra pilotaje y acciona V39A y V39B suministrando descarga principal para R1.

Entonces los solenoides G y K cargan las bombas P7, P8, P3 y P4. El aceite de pilotaje pasa también de 5/V5 a V9 y a 3/V4 accionando V4 y así cargando la bomba P6. Todas esas bombas descargan entonces a los émbolos de retorno R3A y R3B vía V15B, V9 y V41. Entonces la cizalla hace un rápido curso de retorno descargando el aceite de R1 vía V39A y V39B.

**4.2.6 R3A Y R3B Deceleración.** Hacia el final del curso de retorno es accionado un fin de curso (**fin de curso deceleración = retorno R1**) que desexcita los solenoides G (106), H (107), K y F (108), permaneciendo el solenoide E (102) excitado. Esto descarga a tanque todas las bombas excepto P6 y el recorrido de retorno se completa a *velocidad reducida*.

**4.2.7 R2 Suelta.** Al final del curso de retorno de R3A y R3B se acciona un fin de curso (**fin de curso superior**), desexcitando los solenoides E (102) y B (103), y excitando el solenoide C (109); por lo tanto se bloquea el pilotaje para V9 y V4, y

así todas las bombas quedan descargando a tanque y el circuito queda listo para iniciar un nuevo ciclo.

El solenoide C (109) abre la válvula V24 y descarga así el embolo R2, el cual es retornado entonces por medio de su propio resorte. El solenoide B (103) cierra para cortar el acumulador A1 y permitir su recargado excitando el solenoide A (110) y cargando P9 si es preciso.

C (109) es desexcitado por un fin de curso al finalizar la carrera de reposición del portacuchilla inferior (final de carrera de R2).

**4.2.8 Cilindros Auxiliares.** Son dos émbolos idénticos R4 y R5 utilizados para el cambio de cilindros del tren desbastador Blooming y del tren Steckel.

- **R4 o R5 Avance:** Accionar manualmente la válvula V35A o V35B a la posición de avance. Esto pasa aceite de V/V35A o B a 4/V31, cargando la bomba P4 en el lado del pistón embolo R4 o R5 vía 2-1/V31, V32, V18D o E, P-A/V35A o B. El aceite del lado anular es descargado vía B-R/V35A o B. La presión sube hasta la de ajuste de V33 (140,6 kg/cm<sup>2</sup>). V33 controla la válvula de desahogo V32.
- **R4 o R5 Retorno:** Accionar manualmente la válvula V35A o V35B a la posición de retorno. Esto hace pasar aceite de pilotaje de V/V35A o B a 4/V31 accionando V31 y cargando P4 como antes. P4 descarga entonces en el lado anular de R4 o R5 vía V31, V32, V18D o E y P-B/V35A o B. Con esto se efectúa el recorrido de retorno siendo la presión limitada por V33 (140,6 kg/cm<sup>2</sup>).

- **Marcha Fraccionada:** Abriendo las válvulas V46A y V46B se reduce el flujo a las válvulas V35A y V35B respectivamente, consiguiéndose así una marcha fraccionada cuya velocidad puede ser graduada a voluntad.

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD

Las bombas principales P1-8 son protegidas por V6 que a su vez es controlada por V7 (351,5 kg/cm<sup>2</sup>= 5000 psi) o V8 (464 kg/cm<sup>2</sup>= 6600 psi).

V7 limita la presión de P1, P2, P3 y P4.

V8 limita la presión de P5, P6, P7 y P8.

V22 (316,4 kg/cm<sup>2</sup> = 4500 psi) limita la presión de P9.

V29 (21 kg/cm<sup>2</sup> = 300 psi) limita la presión de la bomba piloto P10.

Las bombas P1-4 están protegidas contra pérdida de alimentación por medio de los interruptores de presión PSV3A, PSV3B y PSV3C. Las bombas P1-4 tienen también un interruptor de flujo de alimentación para indicar el flujo reducido debido a pérdida parcial de bombeado.

La válvula de desahogo V11 está prevista para evitar el aumento de presión en el embolo R3A o R3B, especialmente al terminar el corte.

El tanque de suministro de aceite T1 va provisto de un interruptor de flotador para indicar el nivel bajo del aceite.

## **5. PRUEBAS, ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL CIRCUITO DE POTENCIA**

En este capítulo se diagnostica el estado general del circuito de potencia de la cizalla, en referencia a la capacidad de trabajo en los ciclos de corte a planchones. Para ello, primero se exponen las pruebas que determinan el máximo valor de presión del sistema. También se presentan dos análisis que permiten descartar posibles puntos erróneos de trabajo: el análisis de las curvas de operación de la bomba instalada y la verificación de las comunicaciones y el montaje correcto de las válvulas de control en el manifold. Esto con el fin de establecer conclusiones acerca del estado real del circuito de potencia y realizar propuestas para solucionar el problema presentado en este.

### **5.1 PRUEBAS DE POTENCIA EN LA CIZALLA**

Se realizaron diferentes pruebas de potencia al sistema hidráulico de la cizalla de 900 toneladas, para comprobar el estado y capacidad de esta.

Específicamente se realizaron cortes a diferentes calidades de lingotes y condiciones de temperatura de los mismos.

Se instaló un manómetro en la tubería de suministro de aceite del cilindro principal R1, para registrar los datos entregados en cada prueba.

Esto permitiría saber con certeza, el valor de presión del sistema en un punto en el cual se han superado pérdidas y alturas, y se suministra el aceite al cilindro en el momento de máxima exigencia de potencia en el corte.

**5.1.1 Pruebas con Tochos.** Se realizaron cortes a 3 tochos en diferentes calidades, a una temperatura promedio de 1250 °C, directamente enviados del tren desbastador Blooming por medio de las mesas de rodillos.

**Figura 86. Pruebas Cortando Tochos**



Fuente: El autor

Las pruebas con cada tocho se realizaron a diferentes horas, teniendo en cuenta que se estuvieran laminando lingotes de calidades diferentes en la línea de producción. Los resultados se encuentran agrupados en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Valores de Presión en R1 Cortando Tochos**

	TOCHO 1	TOCHO 2	TOCHO 3
CORTES	Presión [psi]	Presión [psi]	Presión [psi]
1	1300	1300	1400
2	1350	1400	1400
3	1400	1400	1450
4	1400	1450	1450
5	1450	1500	1500
6	1500	1500	1550

### 5.1.2 Pruebas con Despunte.

**Figura 87.Despunte de Tocho**



Fuente: El autor

Se realizaron cortes a varios despunte fríos de tocho, para determinar en que valor de presión se estabilizaba el sistema de potencia.

Los resultados en los tres casos de despunte a los que se les realizaron cortes, entregan un valor de presión de 1700 psi, como máximo.

Los despunte no fueron cortados y la cizalla no era capaz de proporcionar mas potencia de corte, quedándose a mitad de recorrido y procediendo a activar el ciclo de reposición con un interruptor de emergencia.

**Figura 88. Pruebas Cortando Despuntos de Tocho**



Fuente: El autor

## **5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS**

**5.2.1 Resultados en las Pruebas de Corte a Tochos.** De los resultados de esta prueba se concluyó que la cizalla se somete a más esfuerzo con cada corte realizado. Esto se debe a la disminución de temperatura del material con el tiempo entre corte y corte, encontrando un aumento gradual en la resistencia a la cizalladura.

De aquí la importancia de tener en cuenta el rápido traslado del tocho desde el Blooming, por medio de la mesa de rodillos, hasta la cizalla como tal, para evitar

una disminución apreciable de temperatura y poder hacer el corte a unas buenas condiciones de resistencia.

También se concluye que para cortar y despuntar un tocho es necesario como máximo un valor de presión de 1550 psi en el sistema de potencia hidráulico y específicamente en el cilindro de corte R1.

**5.2.2 Resultados en las Pruebas de Corte a Despuntes de Tochos.** De los resultados de esta prueba se concluyó que el sistema de potencia hidráulico es capaz de suministrar aceite a una presión máxima de 1700 psi.

Esto indica una pérdida de presión localizada en algún punto del sistema en el cual se alivia a tanque, ya sea por fugas en tuberías del circuito, por escapes en válvulas de control o por poca capacidad de la bomba de pistones instalada.

Cabe resaltar que la válvula de seguridad general del sistema es controlada por dos válvulas que manejan dos niveles de presión: 5000 psi y 6600 psi.

Esto es un indicador de la incapacidad de suministro de alta potencia del sistema, aun cuando el diseño original si lo permite.

### **5.3 ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE LAS BOMBAS INSTALADAS EN EL CIRCUITO DE POTENCIA**

Las pruebas de corte realizadas a la cizalla revelan un problema de pérdida de presión en el sistema. Para eliminar este problema es indispensable hacer un estudio y análisis de las posibles causas de este y hacer un seguimiento del comportamiento del flujo de aceite hidráulico por todos los elementos con los que tiene contacto.

Por lo tanto, se requiere inicialmente verificar el estado y capacidad de trabajo de las bombas encargadas de suministrar potencia a la maquina.

Originalmente el circuito de potencia contaba con 8 bombas de pistones de alta presión encargadas de suministrar potencia a la cizalla.

Al empezar este trabajo de grado solo estaba en operación una de ellas: P2.

Se podría concluir de primera intención que el problema de potencia de la cizalla está enmarcado en el hecho de que no hay las suficientes bombas trabajando en el sistema, como originalmente se diseñó. Pero es más que obligatorio saber la capacidad de trabajo de la bomba P2, aunque este operando sola, y observar si puede suministrar la potencia total requerida, lógicamente a una menor velocidad.

Actualmente, en el circuito de potencia de la cizalla se encuentran en operación 3 bombas de alta potencia, para trabajar los ciclos de la cizalla: P2, P5 y P6.

P5 y P6, se recuperaron y se instalaron en el sistema con un trabajo de reparación y montaje que será explicado detalladamente en el capítulo 6.

Hay que resaltar el hecho de que no había disponibilidad de tiempo para realizar una inspección que comprobara el estado mecánico real de P2, por lo que se requirió entonces estudiar directamente las curvas de operación e investigar acerca del comportamiento operativo de la misma.

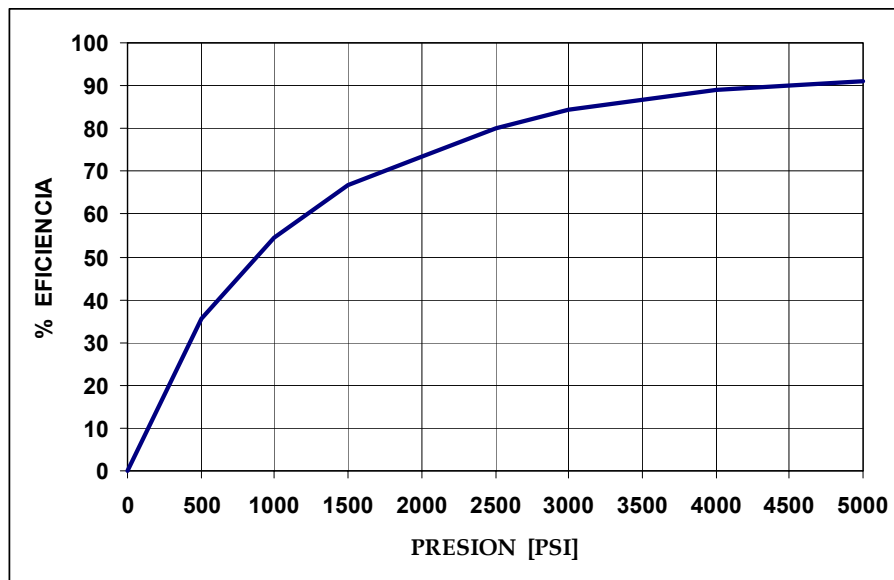
A continuación se detallan las características técnicas de P2 y se hace un estudio de su curva de operación.

### **5.3.1 Bomba P2.**

- Bomba de pistones axiales **TOWLER** serie D 3-3-3 combinada.
- Descarga izquierda, rotación horaria, montada en placa base.
- Acoplada a motor E1.

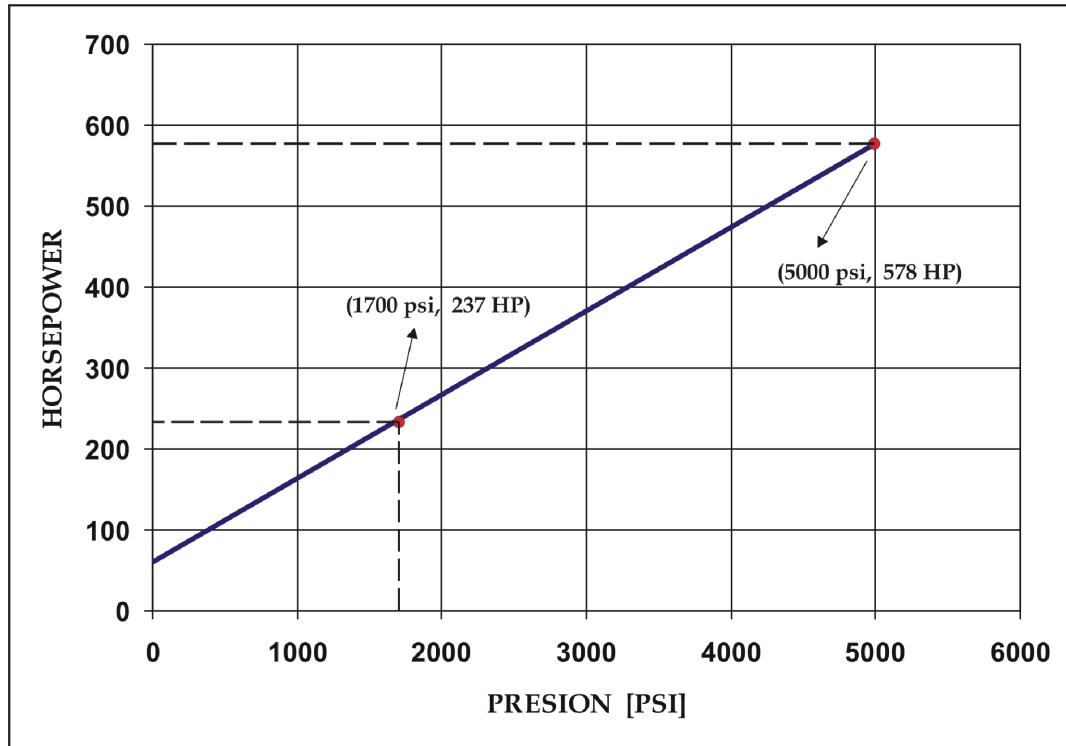
- Capacidad de suministro: Hasta 134 gpm a una velocidad de 1150 rpm.
- Bomba de alta presión y alto caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición.
- Esta bomba de pistones, axial doble se puede disponer para girar en ambas direcciones, con conjunto del eje reversible para accionamiento por cualquiera de los dos extremos.
- Requiere de presión de sobrecarga y esta puede ser provista a distancia o se puede montar una bomba de alimentación acoplada a la prolongación del eje. La presión de sobrecarga mínima es 7 kg /cm<sup>2</sup> (100 psi).
- Esta diseñada para operar en tres secciones separadas que pueden ser dispuestas para descargar a presiones iguales o en combinaciones. P2 está dispuesta para descargar por una sola sección.
- Su eficiencia volumétrica oscila entre 97 y 100%.

**Figura 89. Curva de Eficiencia Total de Bomba P2**



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

Figura 90. Curva de Potencia de Bomba P2



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

Estas dos curvas nos permiten detectar inmediatamente la alta capacidad de trabajo de la bomba al indicarnos un valor máximo de 5000 psi de presión suministrada al actuador, por lo que se concluye que la insuficiente potencia en el ciclo de corte de la cizalla no se debe a la incapacidad de P2, siempre que el motor le proporcione la potencia requerida.

Los datos de eficiencia volumétrica y de eficiencia total de la bomba nos muestra su excelente comportamiento trabajando con cargas altas, especialmente después de los 4000 psi de presión de trabajo, por lo que podemos concluir que esta bomba tendrá el suficiente rendimiento en operaciones tales como el corte de planchones de acero, en el cual se exige un alto valor de potencia del sistema hidráulico.

La curva de potencia de la bomba entrega dos datos interesantes.

Uno tiene que ver con la actual presión de trabajo del sistema, la cual es de 1700 psi y corresponde en la curva al valor de potencia de 237 HP, lo cual indica que la potencia que puede entregar el motor, que es de 930 HP, está por encima de la potencia de salida de P2 a 1700 psi, “descartando” la incapacidad tanto del motor como de la bomba de suministrar la suficiente potencia para que el sistema opere en el ciclo de corte a planchones, como originalmente se diseñó para hacerlo.

La curva también nos muestra que aunque la carga de trabajo de la maquina exija un valor de presión de 5000 psi para un corte en planchones, el motor está en la capacidad de suministrar la potencia necesaria, ya que el caballaje en este punto de trabajo es 578 HP para la bomba y aproximadamente con un 90 % de eficiencia total se requerirían 643 HP en el motor; valor que también está por debajo de su capacidad de caballaje.

Entre los documentos técnicos de los equipos de la central hidráulica no figuran las hojas de vida de esta bomba, pero se logró investigar y corroborar la información del comportamiento de esta bomba con los jefes e ingenieros de la sección de laminación, los cuales afirman que hace algunos años P2 se envió y se reparó por la compañía OILGEAR TOWLER en Estados Unidos, empresa representante y dueña del diseño y comercialización de los equipos y elementos de la antigua firma TOWLER BROS. Esto se debió a una falla presentada en la bomba, lo cual originó una extensa parada en la operación de la cizalla de 900 toneladas.

Desde entonces P2 ha operado en excelentes condiciones y trabajando 24 horas diarias y 7 días a la semana.

Por ende se concluye que a pesar de que P2 presentó una falla mecánica en una ocasión, es un equipo bastante eficiente y no tiene un comportamiento constantemente defectuoso.

**5.3.2 Bombas P5 y P6.** La curva de operación de las bombas P5 y P6 no existe dentro de los documentos técnicos de la central hidráulica del tren de laminación

1100, pero las características técnicas se suministran en catálogos generales del sistema.

A continuación se muestran las características más importantes:

- Bomba doble de pistones en línea TOWLER tipo 5E 300/ 5E 300.
- Rotación antihoraria, doble descarga, montada en placa base.
- Acoplada a motor E2.
- Capacidad de suministro P5: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600 psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.
- Capacidad de suministro P6: Hasta 14.6 gpm a una presión de 6600psi (464 kg /cm<sup>2</sup>) a una velocidad de 1150 rpm.
- Bomba de alta presión y bajo caudal para trabajo en ciclos de corte y reposición.

Estos datos son suficientes para determinar que las bombas P5 y P6 son aptas para operar en los ciclos de corte y reposición de la cizalla.

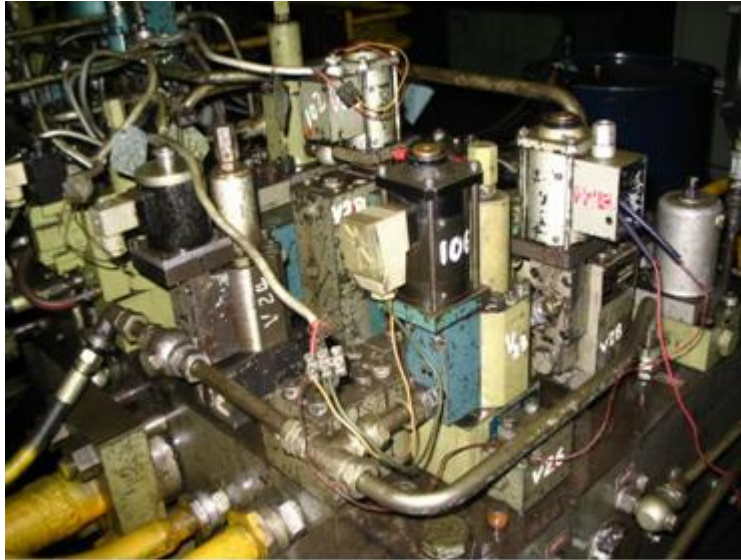
La reparación y montaje de estas bombas se expone en el capítulo 6.

#### **5.4 INSPECCIÓN DE MONTAJE Y COMUNICACIÓN ENTRE LAS VÁLVULAS DE CONTROL DEL SISTEMA HIDRÁULICO**

El manifold del sistema de potencia hidráulico de la cizalla cumple las funciones de soporte para el montaje de las válvulas de control y principalmente de conectarlas y comunicarlas entre ellas para poder funcionar la lógica de control establecida para la correcta operación de los ciclos de la cizalla.

El manifold como tal es un bloque metálico taladrado en algunas partes de su volumen, para simular los puertos y tuberías entre válvulas.

**Figura 91. Manifold de Montaje de Válvulas de Control**



Fuente: El autor

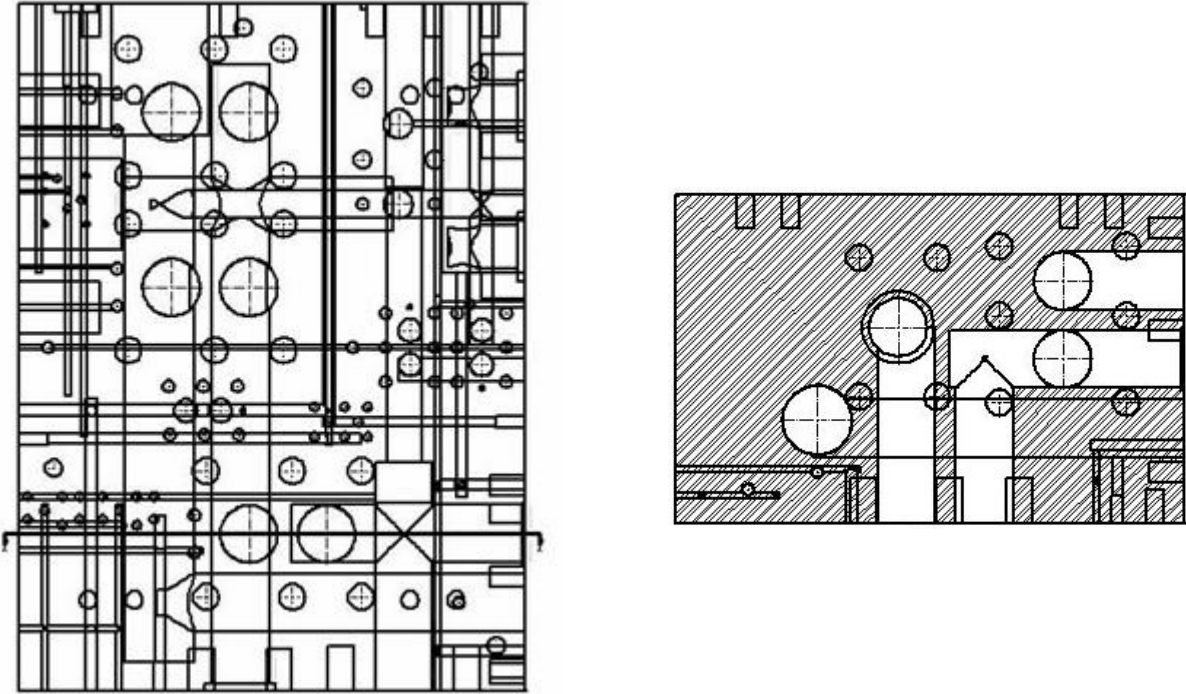
Por lo tanto fue conveniente incluir entre las actividades del proceso de análisis de este sistema hidráulico, una comprobación de la correcta disposición de las válvulas y sus comunicaciones con otras. Esto con el fin de descartar posibles errores de montaje en el circuito, que permitieran un mal funcionamiento de este, causando problemas en el sistema y en la cizalla en general.

Esta actividad se planteó, teniendo en cuenta la incógnita que se presentaba entre los jefes del tren de laminación, sobre posibles cambios realizados al circuito de potencia en años atrás por otro personal y por las sospechas frecuentes de alteraciones en el montaje original de las válvulas de este.

Lo primero era conseguir los planos del circuito que permitieran comparar lo originalmente correcto con lo instalado actualmente y además conocer con certeza los puertos, pilotajes y comunicaciones de cada válvula con el resto del sistema.

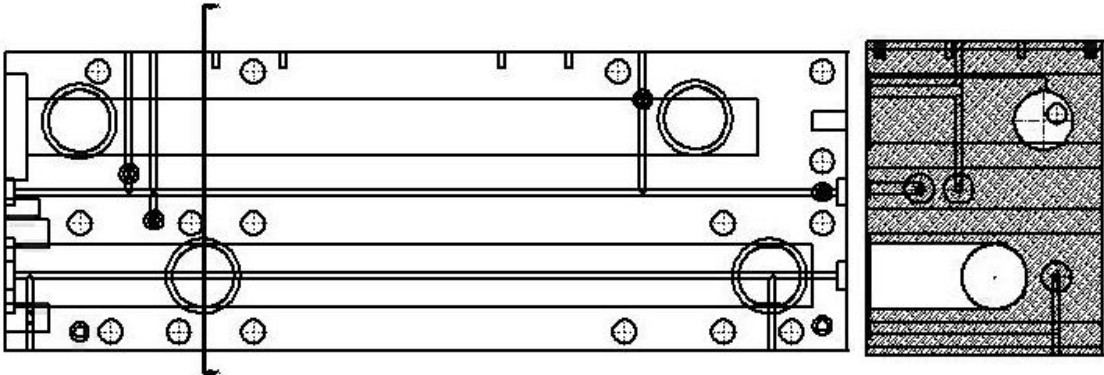
En las siguientes figuras se muestran ejemplos de los planos de cada uno de los tres manifolds, con una sola vista y un corte. Los planos originales con que se hizo el estudio contaban con varias vistas y 8 cortes para cada manifold.

Figura 92. Manifold 1 y Corte



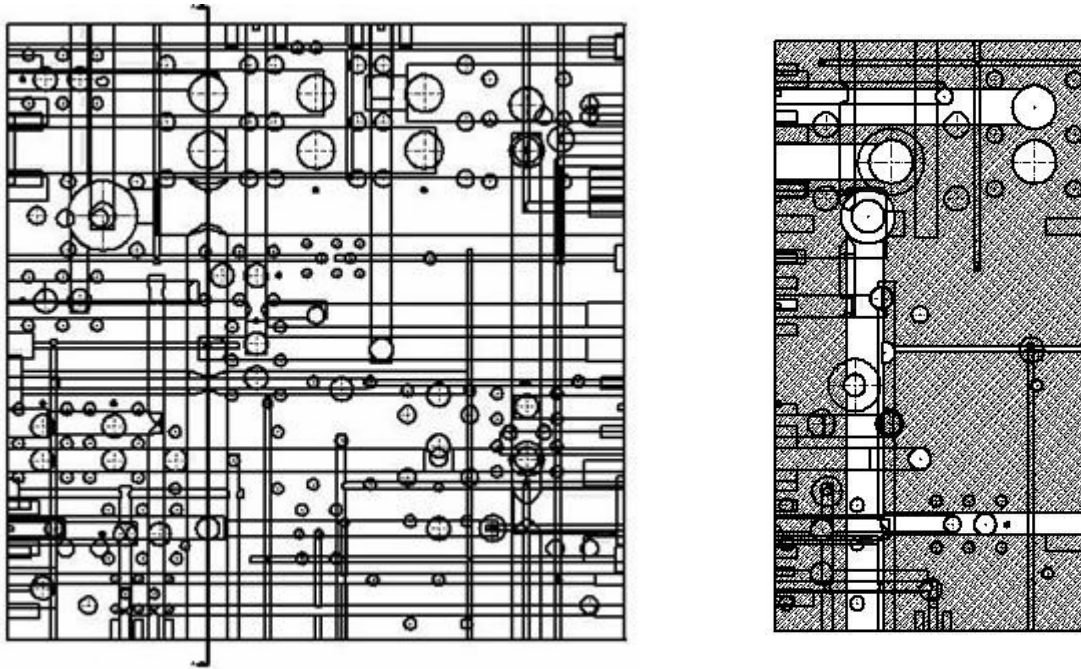
Fuente: El autor

Figura 93. Manifold 2 y Corte



Fuente: El autor

Figura 94. Manifold 3 y Corte



Fuente: El autor

Además existe un plano del manifold del diseño original con tres vistas y todas las válvulas instaladas en el sitio y disposición correctos.

Teniendo los planos del manifold y del circuito general, se procedió a identificar las conexiones establecidas para cada una de las válvulas de control, localizando los puertos de presión, descarga, entradas, salidas, pilotajes, drenajes y otros posibles puertos dependientes del diseño de cada una de estas; verificando su correcto montaje, teniendo en cuenta el plano individual del fabricante de cada válvula instalada.

Luego se procedió a identificar las rutas de suministro de aceite mostradas en los planos para cada válvula y se verificó en el manifold, que en realidad estas comunicaciones se establecieran correctamente y los terminales de las rutas llegaran a las válvulas correspondientes, como lo establece el diseño del circuito.

**Resultados.** El estudio de montaje y comunicaciones entre válvulas entregó un resultado positivo en cuanto a las dudas que se tenían de la alteración del diseño original.

Se encontraron cambios en el manifold con respecto a los planos originales en algunas válvulas, específicamente en el sistema de seguridad del circuito. Los cambios se establecieron en las comunicaciones entre las válvulas V7 y V8, pero manteniendo la funcionalidad de estas.

Es decir, actualmente se encontró una placa base en estas dos válvulas, que posiblemente se instaló por no corresponder exactamente la alineación de los puertos del manifold con los de los repuestos de las válvulas mencionadas. Entonces se aprovecharon estas placas base para crear una comunicación del puerto 2 de la válvula 7 hacia el puerto 1 de la válvula 8, remplazando una ruta interna del manifold y una tubería de 17/32" de diámetro externo, 3/8" de diámetro interno y una longitud aproximada de 60 cm.

Sin embargo, el estudio y análisis de esta situación en planos y en el manifold actual revela que la funcionalidad y el control de las válvulas V7, V8 y las respectivas válvulas con que establecen comunicación no se afectó por este cambio de montaje.

La placa base fue desmontada y revisada demostrando una correcta disposición de los taladrados y conexiones con las válvulas, estableciendo el funcionamiento deseado de las mismas.

Otra situación anómala se encontró en la válvula V10.

El plano original muestra esta válvula en una posición determinada y en el manifold se encuentra girada 180°. Por lo cual se procedió a desmontarla y mirar si los puertos de presión y tanque de la misma correspondían con los puertos taladrados en el manifold.

Estos se encontraban en una correcta posición, por lo que se concluyó que el plano original tenía un error o el diseño del manifold se invirtió en este punto de montaje de V10.

El circuito de control opera normal y correctamente con la actual disposición de las válvulas instaladas, por lo tanto se descarta cualquier escape de presión en el sistema, por causa de un error de montaje y comunicación de las válvulas de control en el manifold.

## **5.5 DIAGNOSTICO GENERAL DEL CIRCUITO DE POTENCIA**

Las actividades realizadas como las pruebas de potencia del circuito hidráulico, el análisis de operación de las bombas instaladas y la inspección de montaje y comunicación de válvulas de control, entregan resultados satisfactorios con respecto al estado real y capacidad actual de trabajo de este sistema.

A continuación se exponen las conclusiones a las que se llegó con referencia a estas pruebas:

- El sistema hidráulico tiene la capacidad de suministrar 1700 psi, como valor máximo de presión.
- Existe en algún punto del sistema una pérdida de presión que impide que la potencia necesaria para operar el ciclo de corte de la cizalla sea suministrada, específicamente en planchones de acero.
- La bomba de pistones P2 actualmente instalada tiene la capacidad de proporcionar la potencia necesaria para que la cizalla efectúe cortes que requieren un valor de presión de hasta 5000 psi, por lo cual no es el punto de pérdida de presión del circuito hidráulico.

- El motor E1 al cual esta acoplada la bomba P2 está en la capacidad de suministrar el caballaje necesario para que la bomba P2 trabaje en optimas condiciones de carga de la maquina.
- Las válvulas de control fueron inspeccionadas y se encontró un correcto montaje y disposición de estas en el manifold, lo que descarta un problema de fugas en el sistema por mala operación o desvío del suministro de aceite al fluir en rutas equivocadas y ocasionando un comportamiento erróneo en la lógica de control.
- Se inspeccionaron los cilindros hidráulicos R1, R3A y R3B en zonas criticas en donde se podrían presentar fugas de aceite y no se encontró ningún punto de escape, mostrando un excelente estado mecánico que permite una optima operación de los actuadores de la maquina.
- Se revisó el estado de las uniones entre tuberías del sistema y entre estas y el manifold y no se encontraron fugas de gran magnitud que pudieran afectar el suministro de aceite a los actuadores y aliviar la alta presión de trabajo exigida por la maquina en los cortes de planchones. Las fugas halladas son goteos en puntos de uniones roscadas entre tuberías de pilotaje de las válvulas.
- Se concluye que se deben realizar inspecciones y mantenimiento a las válvulas de control del manifold, las cuales por mal funcionamiento de alguno de sus componentes internos, pueden provocar que el aceite hidráulico fluya por una ruta errónea o en algún tiempo equivocado de operación, provocando una caída de presión en el circuito e incapacitando el correcto funcionamiento de la cizalla.

## **6. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE POTENCIA EN EL CIRCUITO**

En este capítulo se describen las actividades de inspección y mantenimiento realizadas a componentes del circuito de potencia, como válvulas de control, bombas, aceite hidráulico y tanque de almacenamiento, solenoides, fines de curso e intercambiadores de calor, entre los más importantes. Estas inspecciones además de proporcionar solución a fuentes de errores en la operación del sistema, representan una actividad integrada de mejoramiento del circuito en general.

También se expone la identificación del punto en donde se encontraba la pérdida de potencia y se muestra el diseño de una placa base para pruebas en válvulas de control.

### **6.1 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE POTENCIA**

El análisis realizado para establecer un diagnóstico completo del sistema de potencia de la cizalla de 900 toneladas, se basó en actividades de inspección y mantenimiento en los elementos constitutivos de este.

Esto permitió la reparación e instalación de algunos de estos elementos, los cuales se encontraban fuera de servicio, habilitándolos para otorgar más eficiencia en el sistema de trabajo.

Específicamente se trabajó en estas labores de mantenimiento, con válvulas de control, solenoides, bombas, tanque de almacenamiento de aceite, aceite hidráulico, intercambiadores de calor y finales de carrera.

**Figura 95. Desmontaje para Inspección de Válvulas en Manifold**



Fuente: El autor

Estas intervenciones, algunas planeadas y otras sin planear (emergencias), permiten descartar posibles errores en el montaje y mal funcionamiento de algunos elementos del sistema.

Las actividades fueron expuestas ante un equipo de ingenieros, con los cuales se entregó el diagnóstico, problemas presentados en el sistema de potencia y posibles soluciones en base a estas labores.

Discutido y evaluado el tema se tomó una decisión y se procedió a coordinar las actividades con los jefes de mantenimiento mecánico y eléctrico del tren.

Las labores de mantenimiento en todo el sistema se realizaron junto con personal trabajador del tren de laminación 1100, específicamente con técnicos mecánicos, electricistas, operadores de la central hidráulica y con la asesoría y coordinación de los jefes de taller, supervisores de sección e ingenieros a cargo.

En estas actividades se realizó supervisión de cada procedimiento, teniendo en cuenta planos y catálogos de los equipos, además de la participación en esfuerzo tanto intelectual como físico para la culminación de los mismos.

A continuación se muestra en detalle como se realizaron las inspecciones a cada elemento del circuito de potencia de la cizalla.

**6.1.1 Válvulas de Control.** Se le realizó limpieza e inspección a las válvulas que hacen parte de las líneas de trabajo de la cizalla (ciclos de corte y reposición). Las otras líneas no se inspeccionaron por tratarse de sistemas independientes o que están fuera de servicio, específicamente las líneas de presión para el sistema amortiguador R2 y los cilindros de Blooming y Steckel R4 y R5.

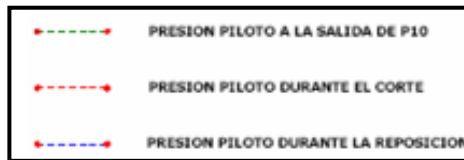
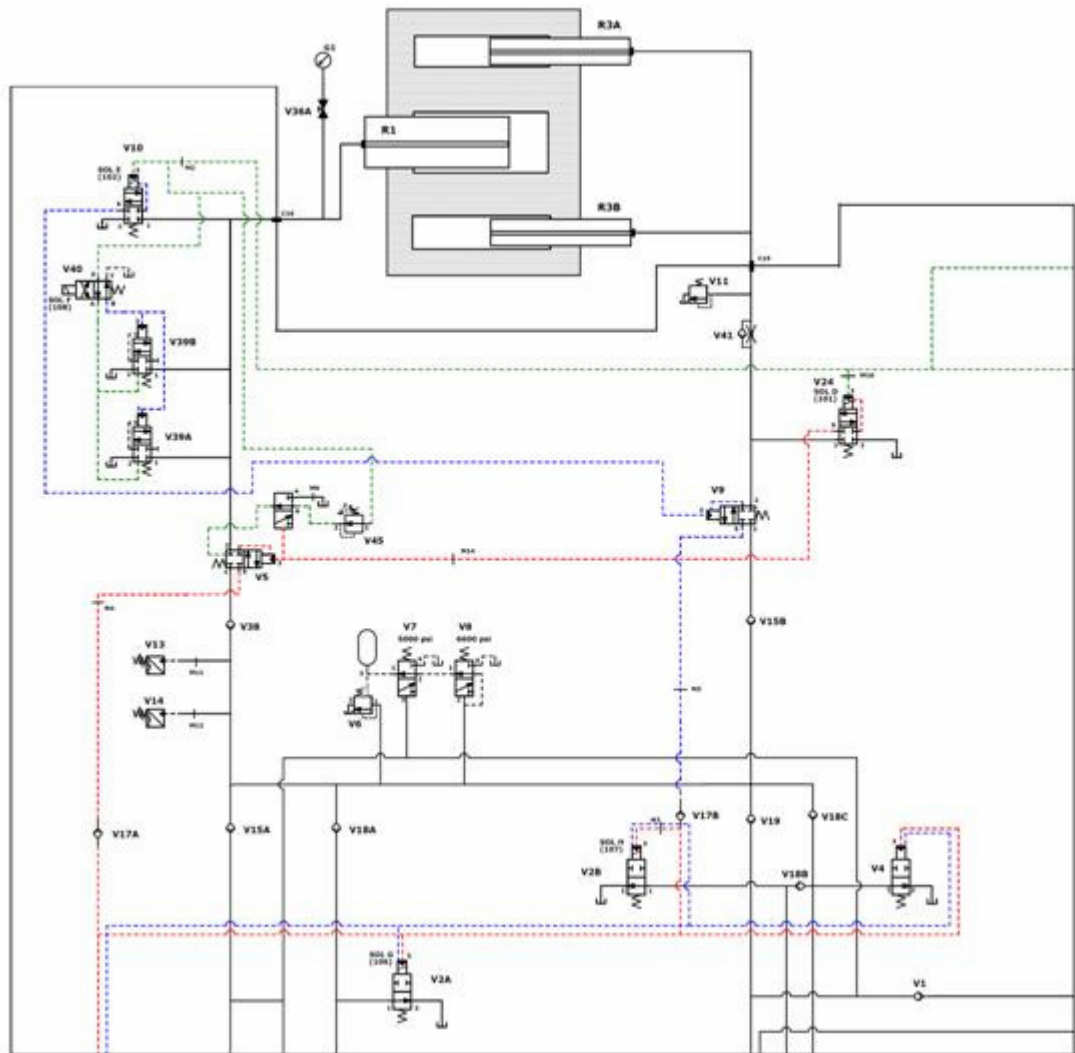
En total fueron inspeccionadas 27 válvulas, de las cuales 19 son de control direccional, 7 son de control de presión y 1 de control de caudal.

Se presenta a continuación una explicación de cómo se realizó la actividad de mantenimiento para cada uno de los 3 tipos de válvulas de control inspeccionadas.

➤ **Válvulas de control direccional:** Estas son las válvulas V2A, V2B, V4, V5, V9, V10, V12, V15A, V15B, V17A, V17B, V18A, V18B, V18C, V19, V38, V39A, V39B y V40.

Para mostrar el proceso de inspección se presenta como ejemplo la válvula V39A; su descripción, construcción, montaje, funcionamiento y mantenimiento. Cabe resaltar que esta inspección fue realizada para todas las válvulas mencionadas, con su respectivo manual de mantenimiento individual.

Figura 96. Válvulas en Líneas de Corte y Reposición del Circuito Hidráulico



Fuente: El autor

## Válvula V39A

- **Descripción:** Válvula direccional de 4 vías y 2 posiciones, normalmente cerrada, accionada por presión piloto. 2 puertos para presión piloto y 2 para presión principal. 1 puerto de pilotaje bloqueado.

La magnitud de abertura de los puertos de presión principal, es ajustable.

Su función es proporcionar descarga directa a tanque del cilindro principal R1, es decir, que solo es accionada en el recorrido de reposición.

- **Construcción:** Esta válvula consiste de dos partes, una de alta presión y otra de baja presión o piloto (**usar como plano de referencia la figura 98**). La parte de alta presión consiste del bloque de válvula (17) que tiene dos lumbreras, conexiones 1 y 2 interconectadas por un conducto taladrado con un asiento de válvula maquinado. En este bloque (17) se desliza una válvula (13) que tiene una cara cónica en uno de sus extremos.

**Figura 97. Válvula V39A**



Fuente: El autor

Un orificio central a través de la válvula (13) tiene un asiento maquinado en el extremo opuesto de su parte superior.

Una válvula piloto (12) se desliza en la guía de válvula (21) y tiene su extremo inferior maquinado de modo que ajuste en el pequeño asiento de la válvula (13).

El extremo inferior del carter del resorte (4) contiene un pistón (9) que lleva la válvula piloto (12).

Un resorte circular (23) retiene la arandela (24) en el pistón (9).

El resorte (11) comprimido entre la arandela (24) y la arandela de retención (10) acopla el pistón (9) a la válvula (12).

En la parte superior del pistón (9) va un resorte (5) alojado en el carter de resorte (4).

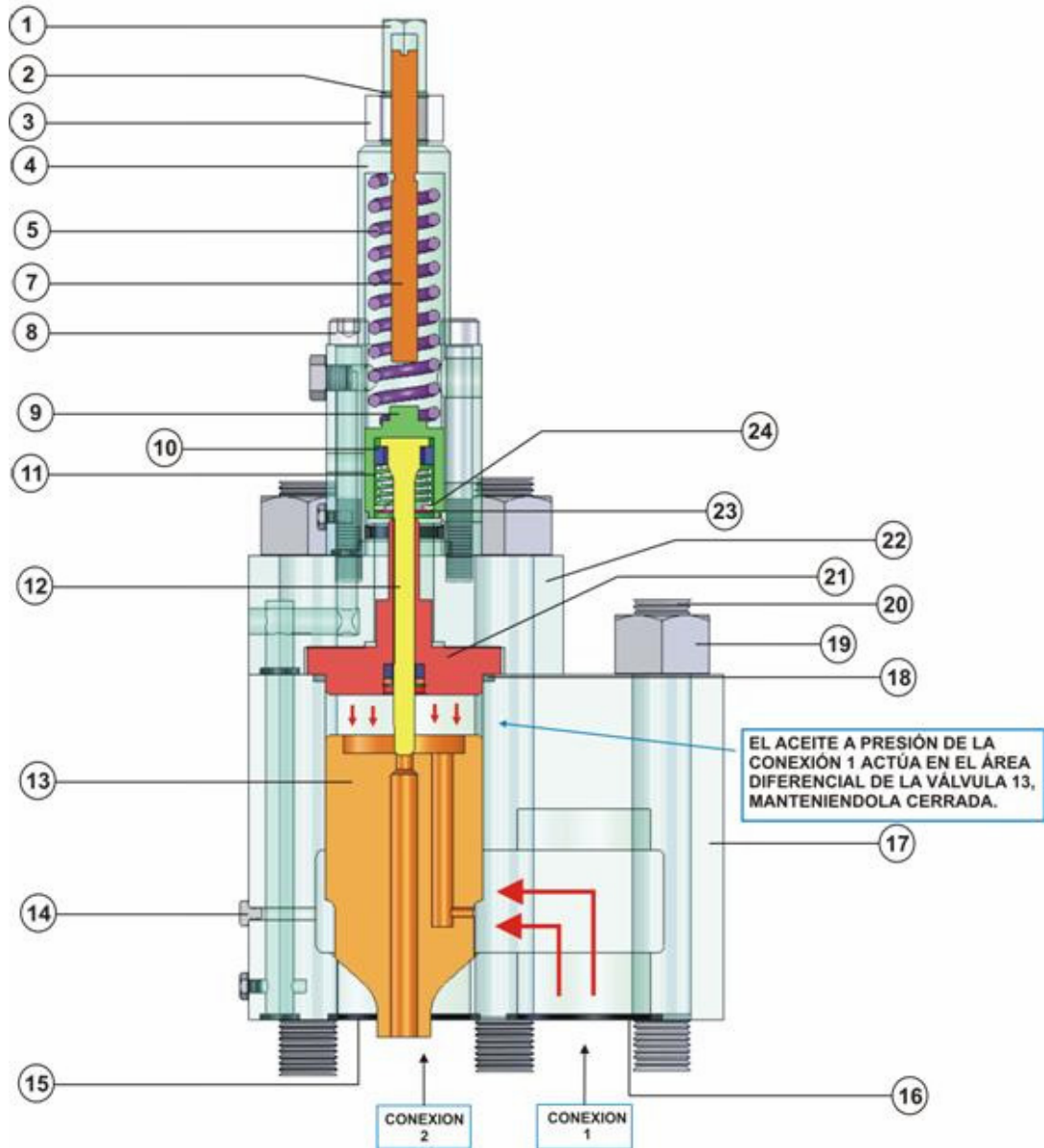
Montado en la parte superior del carter del resorte (4) hay un tornillo de ajuste (7) con contratuerca (3), cerrado herméticamente por la arandela de cobre (2) y cerrado por la cubierta (1).

Las tres partes de la válvula (4), (22) y (17) van unidas unas a otras por medio de los tornillos (8), espárragos (20) y tuercas (19).

Los anillos de junta (15), (16) y (18) evitan las fugas entre las varias superficies de las juntas.

El tapón (14) se puede quitar para montar una conexión de manómetro cuando se requiera.

Figura 98. Válvula V39A en Posición Normalmente Cerrada



Fuente: El autor

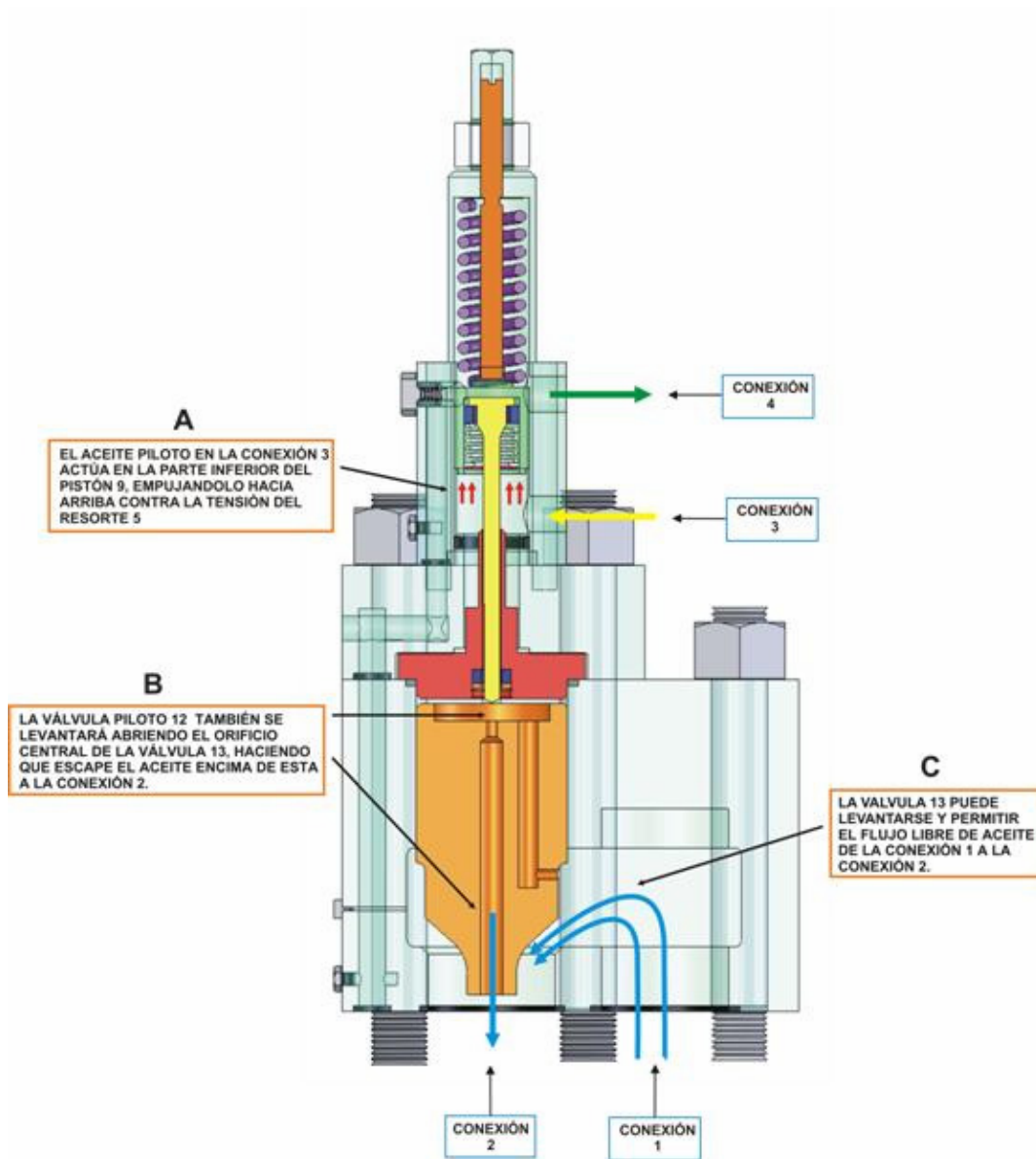
- **Montaje:** Esta válvula se ha diseñado para montaje directamente en el bloque colector con lumbrera de acoplamiento con las conexiones 1 y 2. Va sujeta al

colector por seis espárragos a través del bloque de válvula (17). Las conexiones 3 y 4 llevan rosca BSP y van provistas normalmente de algún tipo de conexión de tubería sin soldadura.

▪ **Funcionamiento:**

- a) En la posición normal (**ver figura 98**) la conexión 1 quedará aislada de la conexión 2 por la válvula (13) mantenida en su asiento debido a la presión en la conexión 1 ejercida en el área diferencial de la válvula a través de su conducto interno y la válvula piloto (12) cerrando el orificio central y mantenida en esa posición por el resorte (5) ejerciendo presión a través del pistón (9).
  
- b) Cuando se ejerce presión auxiliar o piloto a la conexión 3 (**ver figura 99**), ésta se aplica a la parte inferior del pistón (9) y lo empuja hacia arriba contra la tensión del resorte (5), el aceite del lado superior se desplaza al escape a través de la conexión 4. Como la válvula piloto (12) está acoplada al pistón (9) ésta también se levantará abriendo el orificio central de la válvula (13). Este movimiento permitirá que escape el aceite encima de la válvula (13) a la conexión 2 haciendo por lo tanto que esta se levante a causa de la presión en la conexión 1 ejercida en el área diferencial entre el asiento y el cuerpo principal de la válvula. Una diferencia de presión de 0,14 kg/cm<sup>2</sup> entre la conexión 1 y la conexión 2 será suficiente para mantener la válvula (13) hacia arriba contra la válvula piloto (12). La abertura de la válvula (13) se puede variar regulando el tornillo de ajuste (7) controlando de este modo el régimen de flujo de la conexión 1 a la conexión 2.

Figura 99. Válvula V39A en Posición Abierta a Tanque



Fuente: El autor

El obturador en el extremo de la válvula (13) permite una disminución gradual en la presión reduciendo al mínimo el choque en el sistema hidráulico.

Mientras se mantenga la presión auxiliar en la conexión 3 la válvula permanecerá en esta posición.

- c) Cuando el suministro de presión auxiliar o piloto a la conexión 3 se interrumpe, el pistón (9) y la válvula piloto (12) se desplazarán hacia abajo por la presión del resorte (5). Al empujar la válvula (12) hacia abajo ésta cierra herméticamente sobre la válvula (13) obturando su orificio central. Cualquier presión en la conexión 1 podrá ahora ejercerse a través del pequeño conducto en la válvula (13) en la parte superior de esta válvula para desplazarla hacia abajo. El pistón (9), la válvula piloto (12) y la válvula (13) se desplazarán hacia abajo a la vez hasta que la válvula (13) asiente en el bloque (17) aislando la conexión 1 de la conexión 2. La válvula (13) se mantendrá en esta posición por la presión de la conexión 1 ejercida en el área diferencial de la válvula.
- **Mantenimiento:** Este procedimiento de mantenimiento es suministrado con el catalogo y planos de la válvula, por lo cual fue tomado en cuenta para realizar la inspección y limpieza de esta.

**Figura 100. Técnico Mecánico desarmando V39A**



Fuente: El autor

La suciedad o los cuerpos extraños en el sistema pueden hacer que la válvula (13) y el pistón (9) queden demasiado apretados en sus respectivos orificios. Pueden también afectar el asiento entre la válvula piloto (12) y el asiento superior de la válvula (13) y/o en el asiento entre la parte inferior de la válvula (13) y el bloque de válvula (17). Para desarmar la válvula quítense los cuatro tornillos de cabeza hueca (8) y sáquese el cárter (4), teniendo cuidado con el resorte (5). Al quitar el cárter se podrá sacar el pistón (9), el resorte (11) y la válvula piloto (12).

**Figura 101. Componentes internos de V39A**



Fuente: El autor

La guía de la válvula piloto (21) puede salir con el bloque, o puede quedar asentada en el bloque (17). En cualquiera de dichos casos golpéese ligeramente la parte sobresaliente y quítese la guía, teniendo cuidado con el anillo de junta (18). Sáquese la válvula (13).

Límpiese bien todas las piezas y, si fuera necesario, púlense el pistón (9), la válvula (13) y la válvula piloto (12) en sus respectivos orificios; empleando solamente pasta para limpiar metales. No se use ningún compuesto de esmeril. Después del pulido límpiese bien todo vestigio de pasta para pulir metales, asegurándose de que los agujeros de los vástagos estén bien limpios. Para la limpieza úsese trapos que no tengan hilos sueltos.

Si los asientos de válvula necesitaran atención, esmeríense con un compuesto de esmeril fino acabando la operación con pasta para limpiar metales.

**Figura 102. Componentes internos de Válvulas en mal estado**



Fuente: El autor

- **Resultados obtenidos:** Los resultados del mantenimiento fueron satisfactorios en las válvulas de control direccional, al encontrar en algunas de estas mucha

suciedad, por lo cual se encontraban algunos elementos pegados a las superficies interiores, suponiendo un funcionamiento defectuoso que podía afectar la eficiencia del sistema en general.

**Figura 103. Desgaste de Alojamiento de Resorte**



Fuente: El autor

También se hallaron en algunas válvulas asientos de pistones y de bloques demasiado desgastados y deteriorados, lo cual es un factor de fugas importantes en el sistema. En estos casos se procedió como lo indica el manual de mantenimiento, excepto cuando se presentaba deterioro extremo, donde se cambiaron las piezas dañadas por otras en buen estado.

Se cambió la válvula V10 por un repuesto nuevo por presentar un alto grado de deterioro en sus componentes.

- **Válvulas de Control de Presión:** Estas son las válvulas V6, V7, V8, V11, V45 y un dispositivo de sobrepresión instalado en el bloque de la válvula V6 al que llamaremos V47.

También se inspecciono la válvula de seguridad de la bomba de pilotaje V29.

Para mostrar el proceso de inspección se presenta como ejemplo la válvula V6; descripción, construcción, montaje, funcionamiento y mantenimiento de la misma.

Cabe resaltar que esta inspección fue realizada para todas las válvulas mencionadas, con su respectivo manual de mantenimiento individual.

### Válvula V6

**Figura 104. Válvula V6 instalada en Manifold**



Fuente: El autor

- **Descripción:** Es la válvula de seguridad principal del sistema. Maneja dos niveles de presión: 5000 psi y 6600 psi. Consta de un cilindro de alta presión que funciona como amortiguador de picos de presión en la válvula y un dispositivo de sobrepresión V47 para proteger el sistema en caso de falla de las válvulas de control V7 y V8, que operan los límites de presión de la válvula V6.
- **Construcción:** La válvula consiste (**ver figura 105**) de un bloque de válvula (14) que contiene un buje (17) con anillo 'O' (16) que hace como cierre hermético de baja presión entre el buje y el bloque. Un pivote de desahogo (23) ajusta con precisión y se desliza en el buje (17) y va provisto de una ranura anular para un interruptor de accionamiento, que no se encuentra en este caso.

La parte superior del pivote (23) forma un soporte para el resorte (26) y la cara inferior de este soporte está esmerilada de modo que forma un cierre hermético con la arandela de amortiguación (22), que va bien ajustada en el orificio del alojamiento del resorte (25). La arandela amortiguadora (22) se mantiene contra el pivote (23) por medio de una arandela en forma de 'O' (21), al mismo tiempo que la arandela (20) hace de tope para el pivote (23).

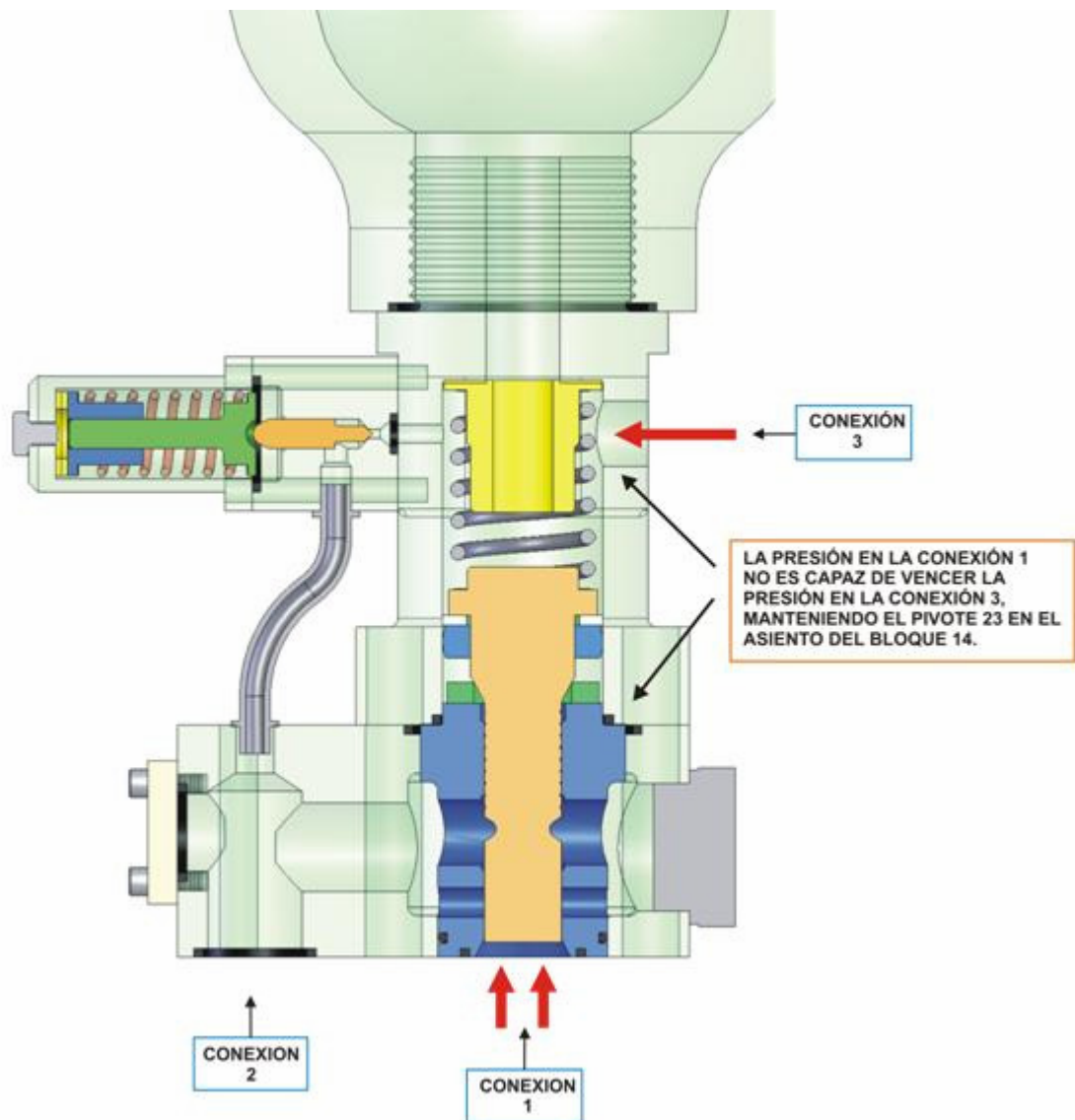
El bloque de la válvula (14) contiene además las conexiones 1 y 2. La conexión 1 está localizada directamente debajo del pivote (23) y la conexión 2 está conectada a los orificios radiales del buje (17) mediante conductos internos.

En la parte superior del alojamiento del resorte (25) y conectado al mismo se halla el cilindro de alta presión (1) dentro del cual proyecta un tubo (2) que va conectado a la conexión 4 desde donde salen tuberías al escape.



La caja de resorte (6) sujeta al bloque (12) y a la caja (25) por medio de 4 tornillos aloja el resorte (7). El extremo de la derecha del resorte (7) ejerce presión sobre el soporte de pivote (10) que a su vez se apoya contra el pivote (5). La parte izquierda del resorte (7) está posicionada en el soporte de resorte (9) formando también una guía para el soporte de resorte (9). La arandela (8) regula la carga aplicada al resorte (7).

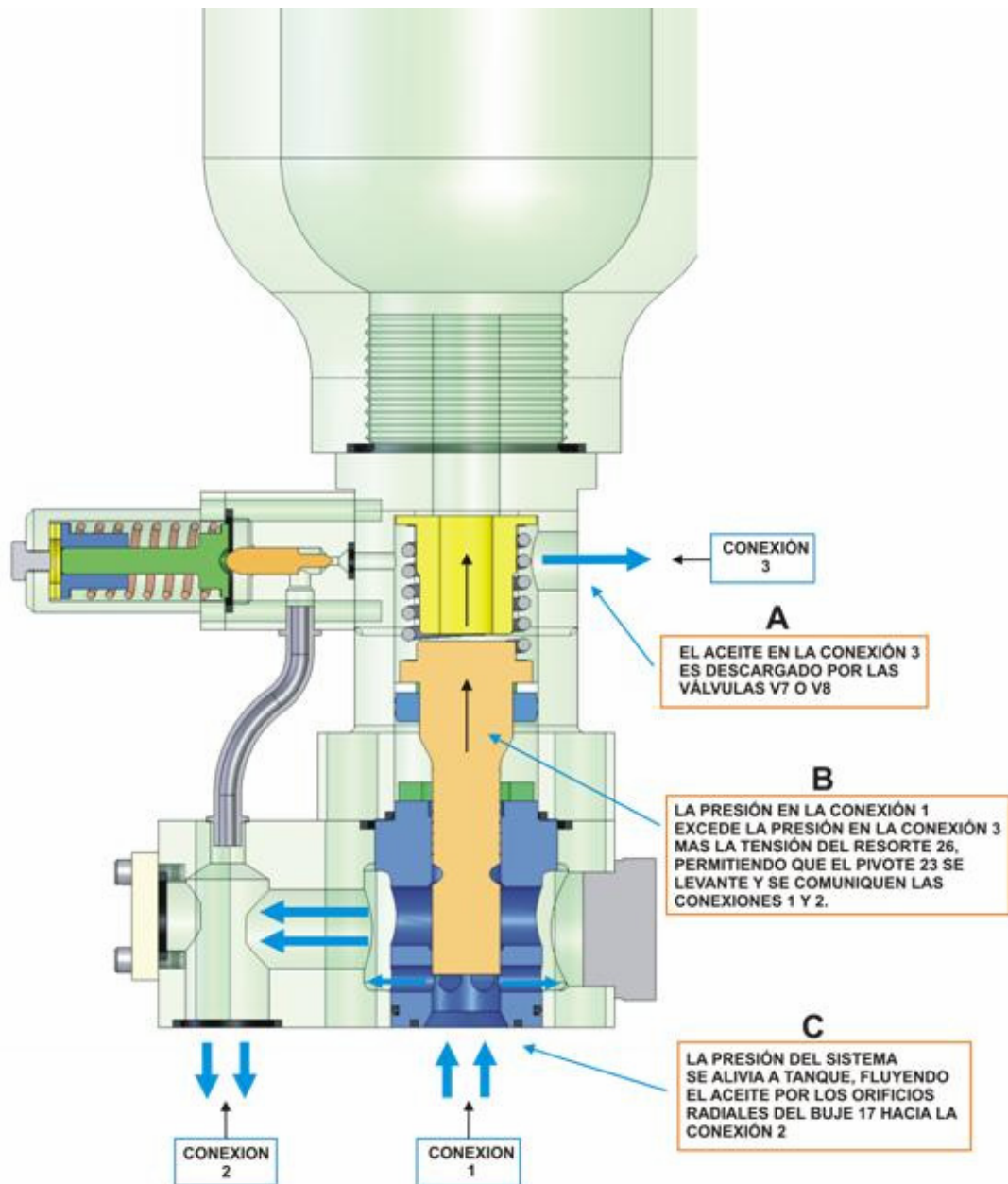
**Figura 106. Válvula V6 en Posición Normalmente Cerrada**



Fuente: El autor

Las juntas (3), (4), (11), (18) y (19) impiden las fugas en las varias juntas de superficies.

**Figura 107. Válvula V6 aliviando a Tanque la Presión del Sistema**



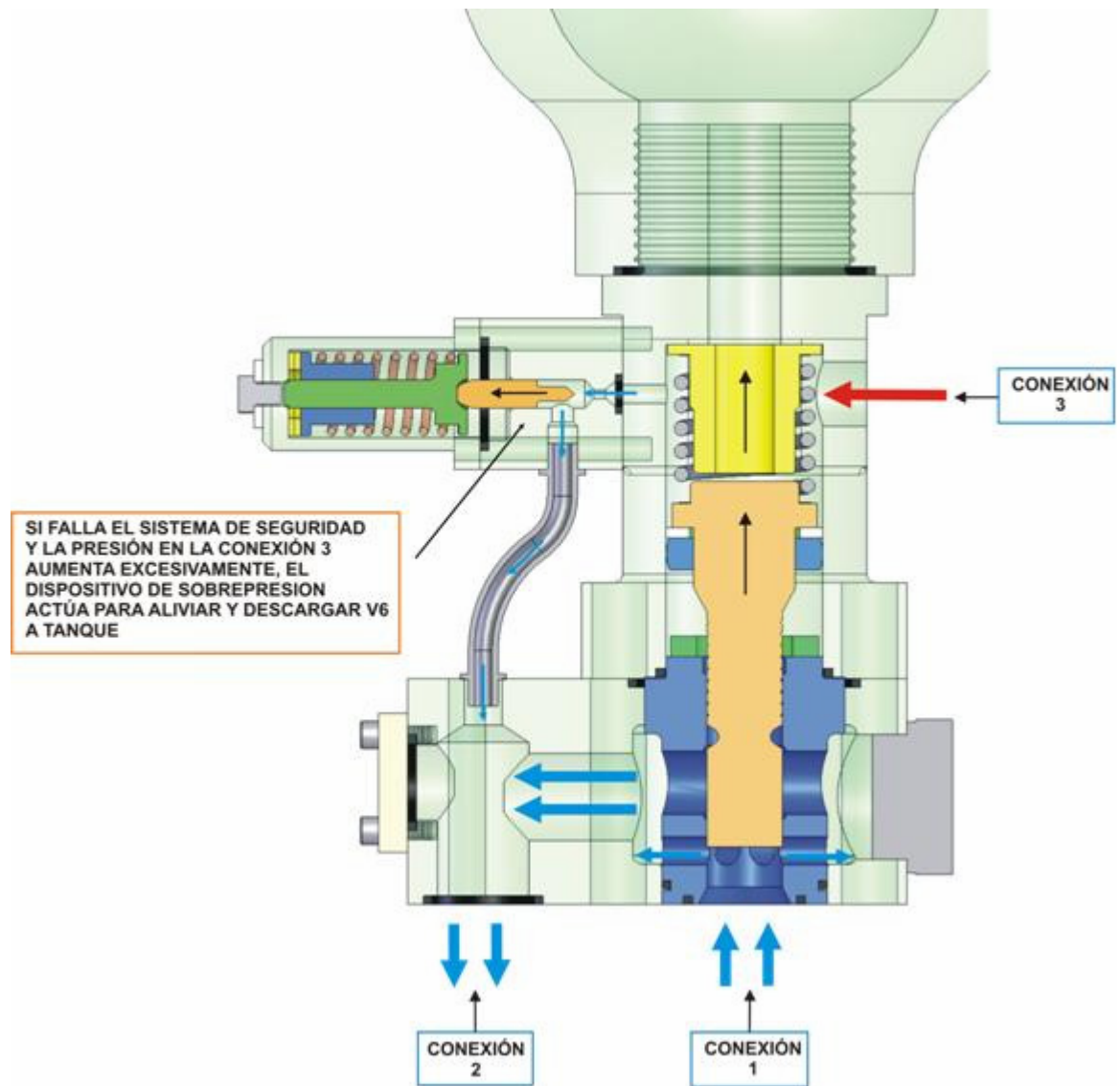
Fuente: El autor

- **Montaje:** La válvula se monta en alguna forma de bloque colector con lumbreras de acoplamiento con las conexiones 1 y 2, y va sujeta al bloque por medio de cuatro tornillos (24). La conexión va generalmente provista de alguna clase de conexión de tubería sin soldar.
- **Funcionamiento:** La conexión 1 de la válvula va acoplada a la línea de la bomba principal y la conexión 2 a la línea de escape (**ver figuras 106 y 107**). La conexión 3 va conectada a algún otro punto del circuito hidráulico, generalmente a una válvula de presión maestra.

Cuando la presión de la línea en la conexión 1 excede la presión en la conexión 3, mas la tensión producida por el resorte (26), y la carga producida por el aceite en el cilindro de alta presión (1), que puede ser considerado como un resorte hidráulico variable, el pivote de desahogo (23) se levantará, abriendo la conexión 1 a través de los orificios radiales en el buje (17) a la conexión 2 y al escape. Al mismo tiempo, la ranura ahusada en el pivote (23) moverá un pivote hacia fuera contra un resorte accionando el interruptor (56) cuando lo lleva (en este caso no lo lleva).

El pivote (23) está amortiguado contra la vibración excesiva y las oscilaciones por medio de un conjunto amortiguador; a medida que el pivote (23) se desplaza hacia arriba, el aceite por encima del conjunto amortiguador puede fluir libremente pasando por la arandela amortiguadora con tensión de resorte (22). El movimiento hacia abajo del pivote queda restringido por la arandela amortiguadora (22) cerrando contra la cara del pivote (23) y haciendo las veces de una válvula unidireccional, el aceite atrapado debajo de esta arandela se desplaza a través del pequeño espacio libre entre la arandela (22) y la caja del resorte (25).

Figura 108. V6 aliviando a Tanque con Dispositivo de Sobrepresion Activado



Fuente: El autor

Si debido a la falla de alguna otra de las válvulas del sistema (**ver figura 108**), la presión en la conexión 3 continua aumentando por encima de la presión de trabajo normal, esta presión ejercida en la parte inferior de la pequeña válvula de asiento (5) levantará esta válvula contra la carga de asiento del resorte (7) y la presión que actuará ahora en el área total del pivote (5) lo desplazará

totalmente hacia la izquierda, dejando al descubierto el conducto perforado en el bloque (12), dejando que el aceite se escape a través del tubo (13) al bloque de válvula (14) y por la conexión 2 al escape. La presión de la línea en la conexión 1 de la válvula podrá entonces levantar el pivote (23) aliviando la presión de la línea.

La válvula (5) no reasentará hasta que la presión en la caja del resorte (25) haya descendido hasta alrededor de 1/9 de su válvula original.

- **Mantenimiento:** El procedimiento de mantenimiento mostrado a continuación es suministrado con el catalogo y planos de la válvula, por lo cual fue tomado en cuenta para realizar la inspección y limpieza de esta.

Si surgieran contratiempos debido a pivotes pegados o apretados, estos se deben pulir en sus respectivos soportes empleando solamente pasta para pulir metales. No se deben emplear nunca compuestos de esmerilado.

Primero saque el cilindro de alta presión, girándolo con llave de tubo en la parte inferior de este, dejando al descubierto la parte superior del bloque (25) de la válvula.

Para desarmar la válvula, quítense los 4 tornillos que sujetan el bloque de sobrepresión (12) a la caja (25), quitando el tubo conector del lado izquierdo del bloque (12) y también de la conexión en el bloque (14), sacando el conjunto resorte (7) y el pivote (5).

Quítense los cuatro tornillos (24) y sáquese la caja de resorte (25), teniendo cuidado con el resorte (26).

Al quitar la caja se podrá sacar el pivote (23), el resorte (26), con el conjunto amortiguador y la arandela (20).

**Figura 109. Componentes internos de V6**



Fuente: El autor

Después de quitar las piezas mencionadas, sáquense los tornillos de unión (15), dándole unos golpecitos al bloque (14) para sacarlo.

Límpiese bien todas las piezas y, si fuera necesario, púlense el pivote (23) y el pivote (5) en sus respectivos orificios; empleando solamente pasta para limpiar metales.

Para la limpieza úsese trapos que no tengan hilos sueltos.

Si los asientos de válvula necesitaran atención, esmeríense con un compuesto de esmeril fino acabando la operación con pasta para limpiar metales.

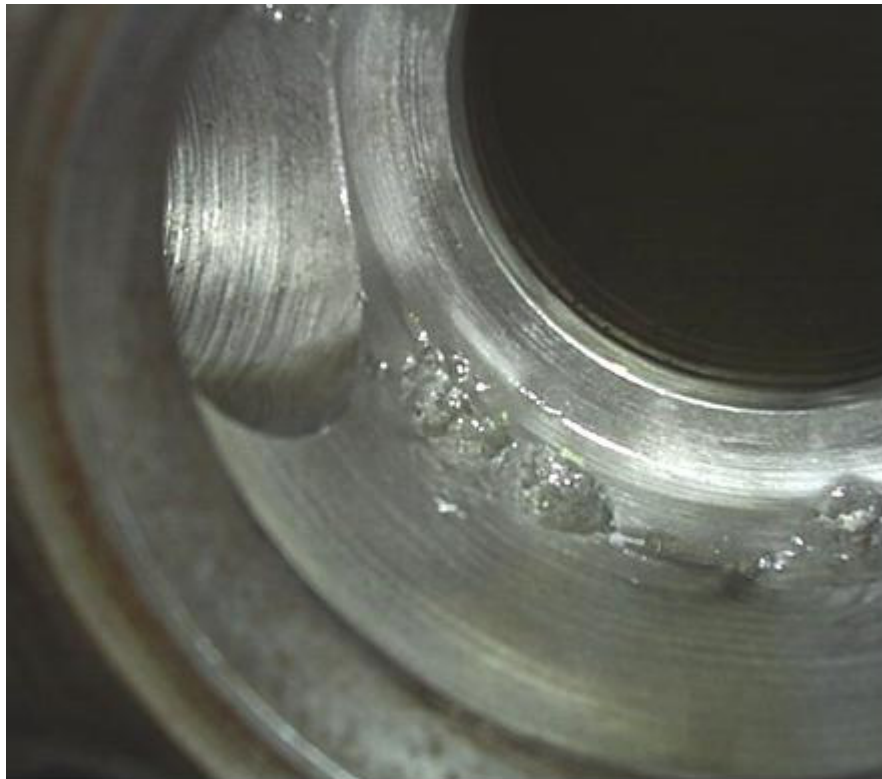
Asegúrese cuando se vuelva a hacer el montaje de que todos los anillos de junta están en buenas condiciones y en sus posiciones respectivas.

Asegúrese de que todas las piezas estén limpias y libres de arenilla antes de volver a montarlas.

- **Resultados Obtenidos:** Los resultados del mantenimiento fueron satisfactorios en este tipo de válvulas de control de presión, al encontrar en algunas de estas,

elementos muy deteriorados y desgastados por la fricción y la arenilla que estaba suministrando el aceite, ocasionando una mala operación de estas cuando el sistema lo requería.

**Figura 110. Deformaciones Superficiales en Bloque inferior de V6**



Fuente: El autor

Al inspeccionar este tipo de válvulas, se halló un caso bastante grave de deterioro de componentes. Específicamente es el caso de la válvula V6, en la cual se halló destruida parcialmente la superficie interior del bloque (18), presentando deformaciones superficiales y levantamiento de material en los asientos, los cuales podían estar causando un grave problema de fugas en el circuito o posiblemente pérdidas de presión en los ciclos de trabajo de las bombas del sistema.

**Figura 111. Posibles Puntos de Fuga de Aceite en V6**



Fuente: El autor

También se encontraron deformaciones en la superficie del pivote (27) del lado donde se efectúa el contacto y cierre con el asiento del bloque (18), otorgando una posibilidad mayor de fugas en esta válvula, considerada de mucha importancia operacional por ser la válvula de seguridad general del sistema.

Tanto el bloque (18) como el pivote (27) fueron remplazados por elementos nuevos en buen estado.

El bloque de sobrepresión V47 se inspeccionó y se encontraron los componentes internos en buen estado superficial.

**Figura 112. Deformaciones en Pivote de V6**



Fuente: El autor

El resorte de este bloque de sobrepresión se examinó, encontrándose en buen estado pero con una compresión bastante fácil al aplicarse una fuerza moderada. Esto requiere otro análisis más exhaustivo, el cual se presentará en el numeral 6.2.

➤ **Válvula de Control de Caudal:** Esta es la válvula V41.

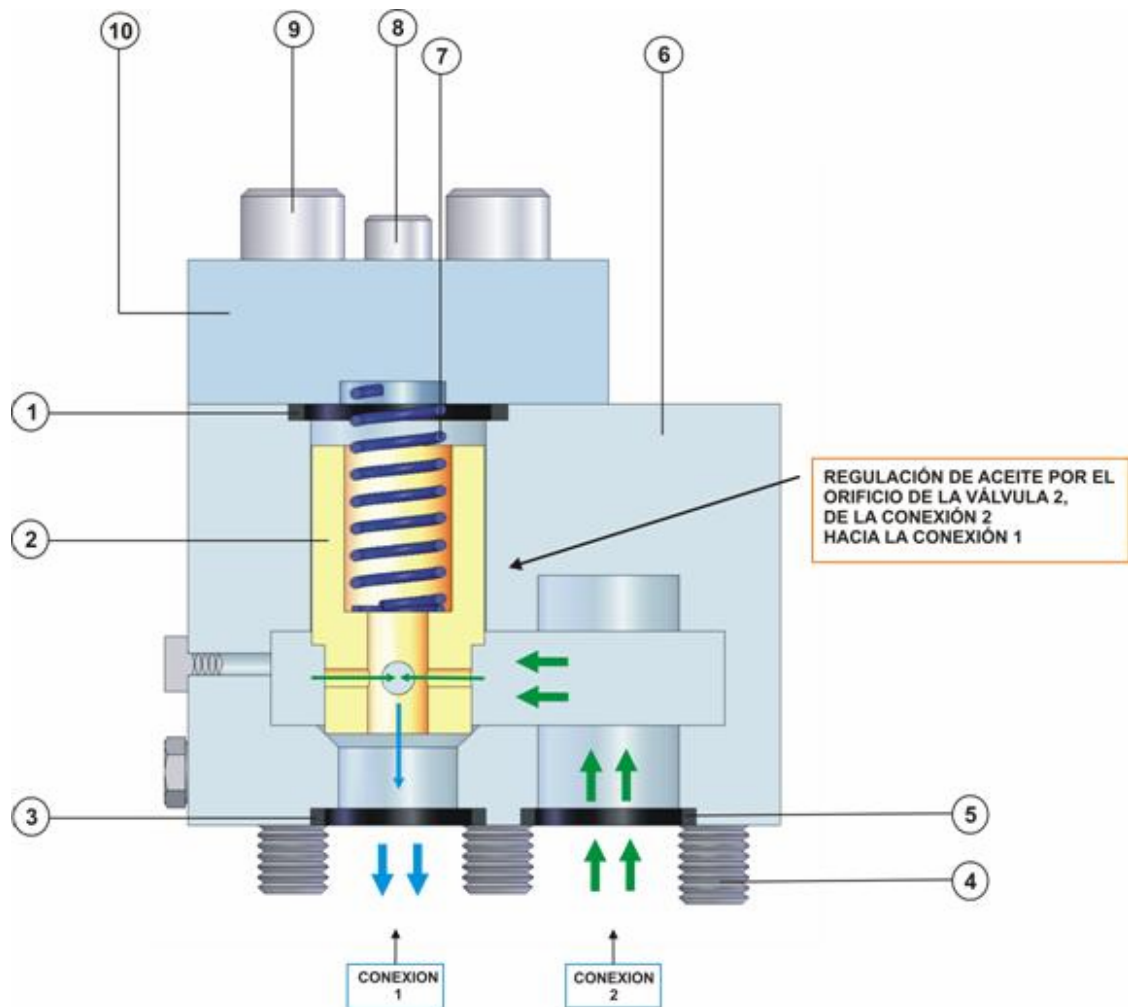
Se muestra a continuación su descripción, construcción, montaje, funcionamiento y mantenimiento.

### Válvula V41

- **Descripción:** Válvula de estrangulación con antirretorno. Permite el suministro de aceite hacia los émbolos de reposición R3A y R3B, en dirección del flujo libre del antirretorno (ciclo de reposición).

En la otra dirección regula el caudal proveniente de R3A y R3B, en el recorrido de corte de la cizalla.

Figura 113. Válvula V41 regulando el Flujo de Aceite

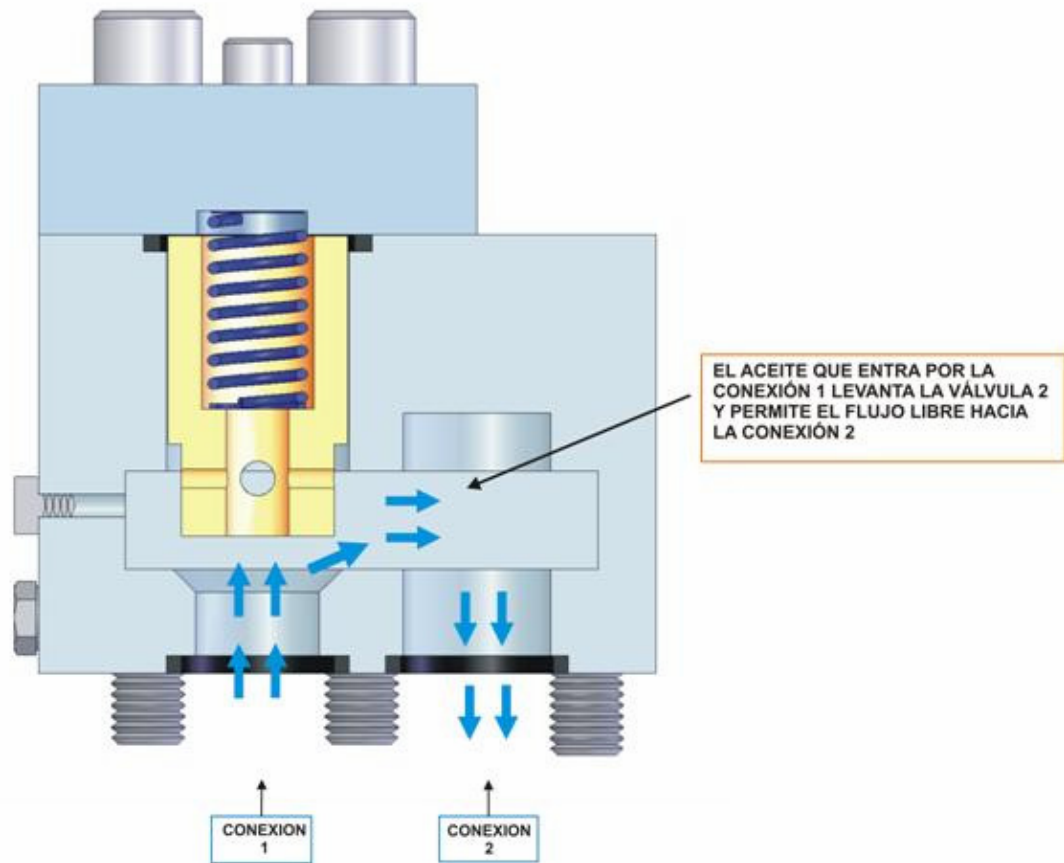


Fuente: El autor

- **Construcción:** Esta válvula consiste de un bloque de válvula (6) con dos lumbreras, que son las conexiones 1 y 2 (**ver figura 114**). En el orificio interno del bloque (6) va la válvula (2) que lleva el resorte (7). El resorte se retiene por su extremo superior por medio del bloque (10) y va sujeto por los tornillos (9) que también sujetan la válvula al bloque del colector. Los anillos de junta (1), (3) y (5) evitan toda fuga de aceite entre las varias superficies de junta. Los tornillos de sujeción (8) sujetan el bloque extremo (10) al bloque (6) antes de montar la válvula al colector.
  
- **Montaje:** Esta válvula va montada al bloque del colector y sujeta por medio de seis tornillos (9) y (4).
  
- **Funcionamiento:** El aceite que entra en la válvula por la conexión 2 ejerce presión a través de los agujeros radiales en la válvula (2) manteniéndola en su asiento (**ver figura 113**), pero encontrando escape por un orificio de diámetro fijo taladrado en la parte inferior de la válvula (2), regulando el flujo hacia la conexión 1 (ciclo de corte de la cizalla).

El aceite que entra en la válvula por la conexión 1 (**ver figura 114**) levantará la válvula (2) contra el resorte (7) saliendo por la conexión 2 (ciclo de reposición de la cizalla). La diferencia de presión entre las conexiones 1 y 2 es la presión ejercida por el resorte (7) en el área del asiento de la válvula.

Figura 114. Válvula V41 Descargando sin Regulación de Flujo



Fuente: El autor

- **Mantenimiento:** Este procedimiento de mantenimiento es suministrado con el catalogo y planos de la válvula, por lo cual fue tomado en cuenta para realizar la inspección y limpieza de esta.

El único contratiempo que se podrá encontrar con esta válvula es que se produzcan picaduras en los asientos debidas a cuerpos extraños en el sistema alojados entre la válvula y el asiento. Esto puede causar fugas a través de la válvula.

Quítese la válvula del colector sacando los tornillos de sujeción (4) y (9). Sáquense los tornillos de sujeción (8) que sujetan el bloque extremo (10) al bloque principal (6). La válvula y su asiento en el bloque se podrán entonces examinar y si necesitaran esmerilarse, úntese con pasta de esmerilar fina, esmerílese, límpiense bien y acábese la operación con pasta para limpiar metales.

Cuando se vuelva a armar la válvula asegúrense de que todas las juntas están en buenas condiciones y las piezas perfectamente limpias.

- **Resultados Obtenidos:** Al efectuar la inspección detallada de los componentes de la válvula V41, se encontró arenilla con material pulverizado entre sus elementos, aunque no se presentaba desgaste ni movimiento forzado de la válvula (2) en el interior.

Los asientos se encontraron en buen estado y el resorte con un buen comportamiento a la fuerza aplicada.

Se cambiaron empaques donde se notaban desgastados.

**6.1.2 Bombas.** El sistema de potencia de la cizalla contaba antiguamente con 8 bombas hidráulicas de pistones para trabajar en los ciclos de corte y reposición de la misma, además de la bomba de sobrecarga y la bomba de pilotaje.

Estas bombas con el tiempo fueron saliendo de servicio en el sistema, por varias razones, entre las cuales esta la mala filtración del aceite hidráulico, mal funcionamiento de las válvulas de control, deficientes labores de mantenimiento preventivo, etc.

Hasta la fecha el circuito de potencia cuenta con una bomba centrífuga (P11) que suministra sobrecarga a las bombas de trabajo, una bomba de paletas (P10) que

suministra la presión de pilotaje para el control de las válvulas, y una bomba de pistones axiales (P2) que proporciona la presión de trabajo necesaria para mover los cilindros de corte y retorno de la cizalla.

Se logró armar y poner en marcha una bomba de las que estaban instaladas en el sistema hace muchos años, pero que quedaron fuera de servicio. Se consiguieron los repuestos en los almacenes de la empresa, teniendo en la central hidráulica algunos pistones, el eje de levas y la carcasa de la bomba.

- **Bomba P2**

Es la bomba de trabajo del sistema, del tipo de pistones axiales doble.

Proporciona hasta 134 gpm a una presión de 5000 psi a una velocidad de 1150 rpm.

El proceso de producción 24 horas del tren de laminación 1100 obstaculizó de alguna manera, una inspección programada y mantenimiento preventivo de la bomba de pistones (P2), por ser una labor de algunas horas, con las cuales no se podía contar; aunque su hoja de vida muestra un satisfactorio desempeño desde hace mucho tiempo, aun siendo la única bomba que suministra potencia al sistema respondiendo de una excelente manera al trabajo de la cizalla.

- **Bomba P11**

Bomba centrífuga de sobrecarga del sistema, capaz de suministrar hasta 680 gpm a una presión aproximada de 200 psi a una velocidad de 3600 rpm.

Esta se inspeccionó y se le realizó mantenimiento preventivo en una parada programada de 8 horas.

La bomba es centrífuga del tipo carcasa partida lo cual simplificó el mantenimiento, facilitó el acceso a todos los elementos rotativos de la bomba, sin afectar la succión o descarga de la bomba, ni la alineación de bomba y motor.

**Figura 115. Bomba Centrífuga tipo Carcasa Partida de Sobrecarga**



Fuente: El autor

Se inspeccionaron elementos como el impulsor, eje, rodamientos, anillos de desgaste, sellos mecánicos, empaques, tornillos, etc.

Todos estos elementos se encontraron en buen estado, excepto los anillos de desgaste, los cuales presentaban un cierto grado de deterioro, por lo cual se decidieron cambiar.

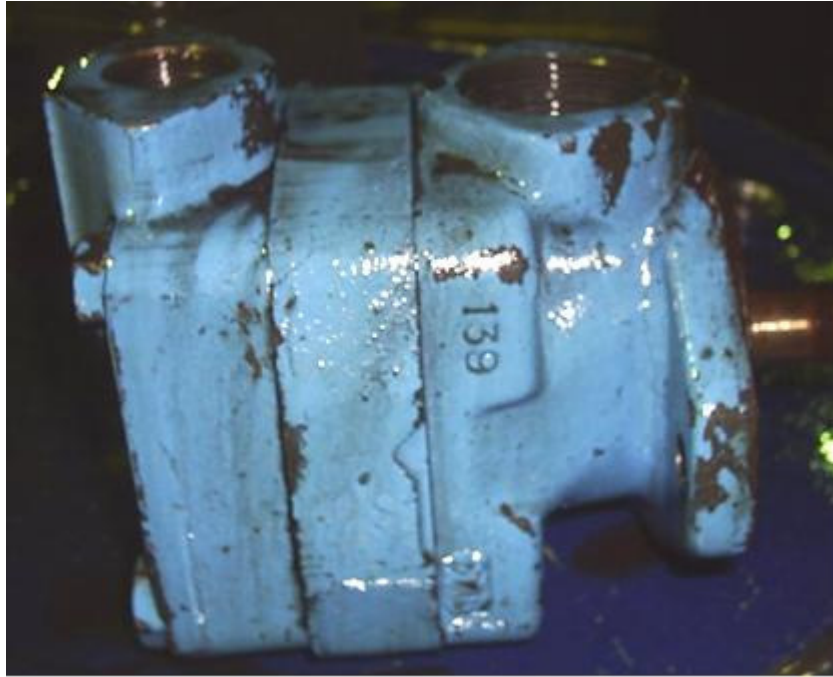
Los rodamientos fueron examinados, limpiados y engrasados.

- **Bomba P10**

La bomba es de paletas, encargada de suministrar el aceite de pilotaje para el funcionamiento de las válvulas de control del sistema hidráulico.

Esta en capacidad de suministrar 7.5 gpm a una presión de 300 psi (21 kg/cm<sup>2</sup>), a una velocidad de 1150 rpm.

**Figura 116. Bomba de Paletas P10**



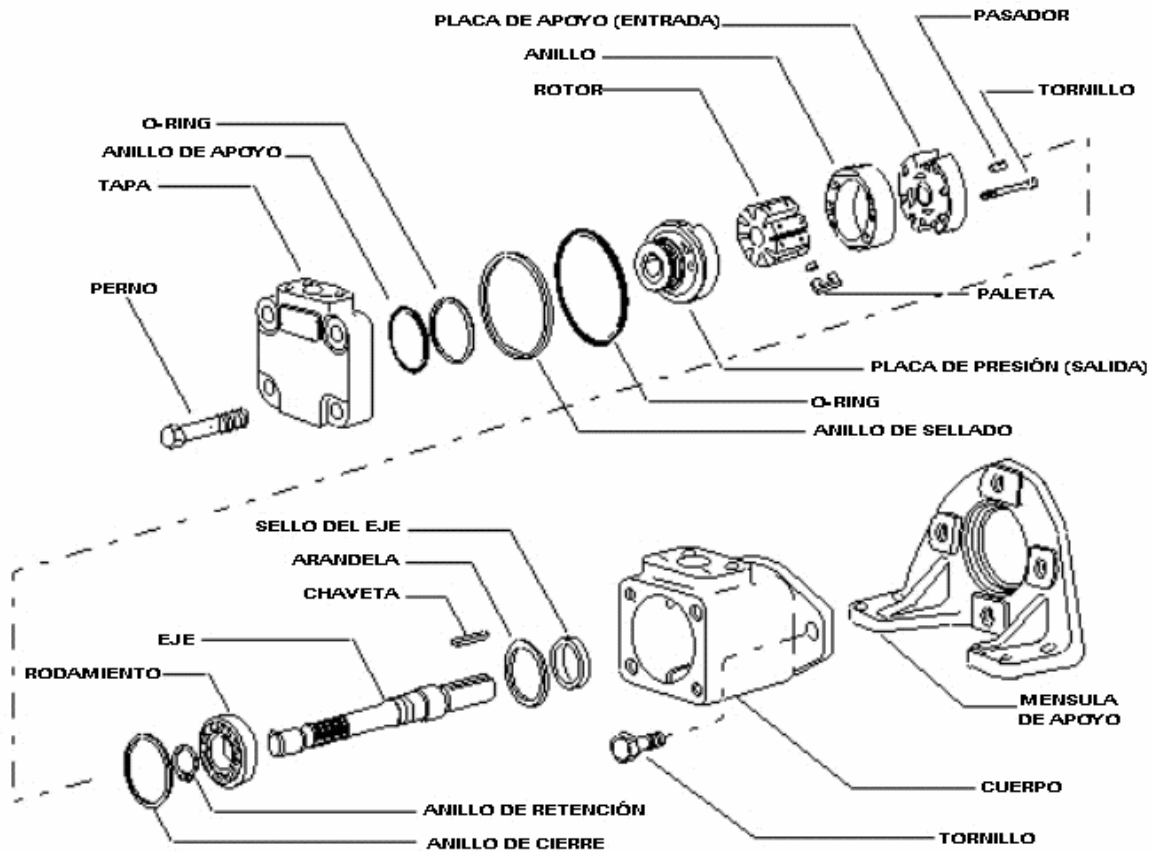
Fuente: El autor

Haciendo una inspección de su operación se observó que la presión de la bomba, verificada por un manómetro ubicado en el manifold, era fluctuante y a veces se disminuía o aumentaba su valor hasta en 200 psi.

Esto podía ser una posible causa de la mala operación en algunas válvulas, al llegarles demasiado o no lo suficiente en el pilotaje para su correcto funcionamiento.

Se comprobó el buen estado de la línea de succión buscando fugas de aire en algún punto de esta. Se verificó que la velocidad del motor fuera la adecuada para el trabajo.

Figura 117.Despiece de Bomba de Paletas P10



Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

También se sospechó de fugas en la carcasa o en las uniones, pero al final se decidió cambiar la bomba por un repuesto nuevo (ya que se contaba con el), lo que estabilizó la presión de trabajo del sistema de pilotaje del circuito, hasta la fecha.

#### ▪ Bombas P5 Y P6

Bombas de pistones múltiples en línea, montadas en un solo tanque de bancada, con capacidad de suministrar cada una, hasta 14.6 gpm a una presión de 6600 psi a una velocidad de 1150 rpm.

**Figura 118. Carcasa de Bombas de Pistones en Línea**



Fuente: El autor

Se logró conseguir todos los repuestos necesarios para armar y poner en funcionamiento esta bomba TOWLER doble. En la bodega de la central hidráulica ya estaban algunos elementos como pistones, eje, carcasa, resortes, válvulas, etc. El resto de elementos se pidió en requisición de compra.

**Figura 119. Eje de Bombas de Pistones en Línea**



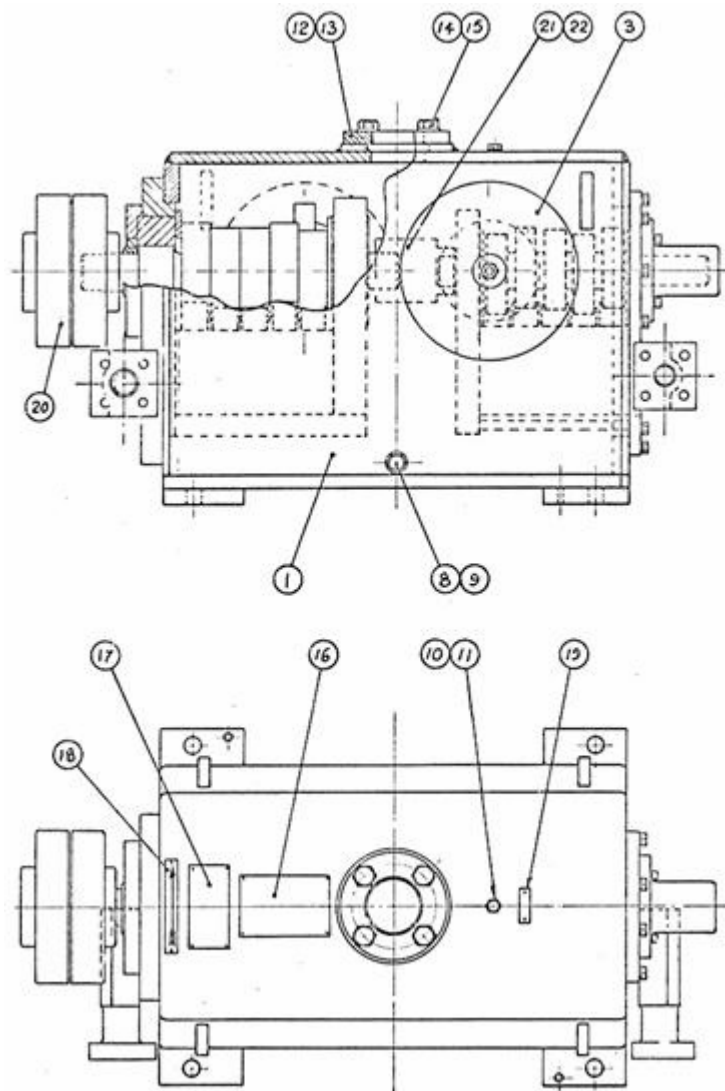
Fuente: El autor

A continuación se describen las partes de esta bomba de pistones, para deducir el montaje e instalación de esta. El montaje se realizó en base a los planos generales y

detallados de la bomba y con la participación de técnicos mecánicos y la experiencia y supervisión del jefe de la central hidráulica.

- **Descripción:** Esta unidad consiste de dos bombas sencillas (ver figura 120) montadas a cada extremo de un tanque (1) y conectadas por medio de un grupo de acoplamiento (21).

**Figura 120. Bombas P5 y P6 acopladas en Tanque de bancada**



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

El tanque tiene dos tapas de inspección a cada lado.

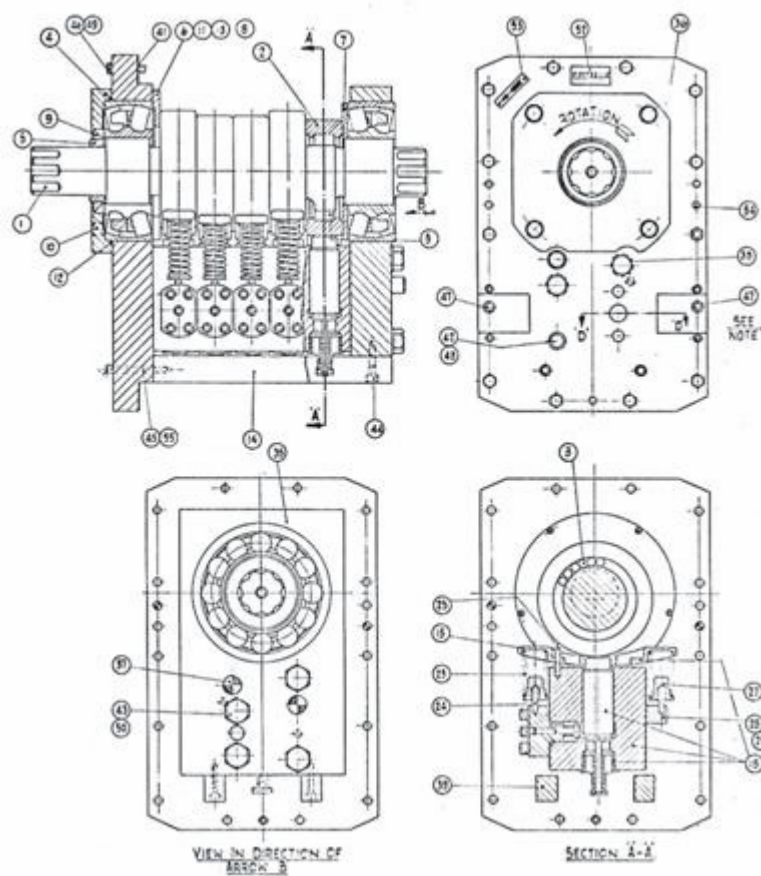
La brida de entrada (12) va sujeta por cuatro tornillos (15). El cierre hermético se forma mediante la junta (13) y la arandela de cobre.

Para vaciado del tanque se proveen 2 tapones (8) con juntas de cierre hermético ligadas (9).

El tornillo de purga del aire (10) permite purgar el aire del tanque durante el llenado inicial.

La transmisión se provee mediante el acoplamiento (20), la mitad correspondiente a la bomba va enchavetada al eje y sujeta con rodillos y una placa de retención.

**Figura 121. Bomba P5 y/o P6 en plano individual**



Fuente: Oficina técnica Laminación Acerías Paz del Río S.A.

Se realizó el montaje de esta bomba, acoplándola al motor E2, el cual suministra una potencia de 550 HP a una velocidad de 1150 rpm.

**Figura 122. Montaje y Revisión de P5 y P6**



Fuente: El autor

Inicialmente se llenó de aceite la carcasa - tanque de las bombas la cual debe permanecer siempre inundada en su totalidad.

Se giró manualmente la bomba para comprobar que el eje rotara sin obstáculos y se arrancó.

Esta primera prueba mostró una vibración excesiva de la bomba, por lo cual se decidió parar y nuevamente revisar encontrando componentes sueltos posiblemente por el fuerte arranque inicial. Se ajustó nuevamente el conjunto y se arrancó nuevamente, mostrando un buen comportamiento.

**Figura 123. Disposición del Eje y Pistones de P5 y P6**



Fuente: El autor

Se decidió incluir estas dos bombas en la operación de la cizalla, cumplida la parada semanal programada de mantenimiento de 8 horas en el tren 1100.

El resultado de la prueba fue satisfactorio al disminuir el tiempo de corte en aproximadamente 3 segundos y hasta la fecha estas dos bombas continúan trabajando correctamente.

**6.1.3 Aceite Hidráulico y Tanque de Almacenamiento.** Se programó la limpieza e inspección del tanque de aceite en 16 horas de trabajo.

Primero se retiró todo el aceite que se encontraba en el tanque, el cual se decidió no seguir utilizándolo.

Luego se limpió por completo el interior del tanque, encontrando en el fondo de este, lodo y material pulverizado en gran magnitud proveniente posiblemente del deterioro de algunas válvulas o de la destrucción de las antiguas bombas del sistema.

Estando completamente limpio el interior del tanque se procedió a suministrar al sistema un aceite de baja viscosidad y se colocó en circulación algunas horas para sacar la suciedad presentada en el interior de las tuberías y el manifold.

Este aceite recirculado también se deshecho.

Por ultimo se suministraron al sistema los 800 galones de aceite hidráulico nuevo marca **NUTO H 68**.

- **Resultados obtenidos:** Tanto la limpieza interior del tanque de almacenamiento como el cambio total de aceite hidráulico de trabajo, contribuye en gran magnitud al correcto funcionamiento de las válvulas de control y bombas de pistones.

Estos lodos en el sistema podrían causar problemas en la operación de apertura o cierre de componentes internos de las válvulas, permitiendo que no se realice una aceptable función en los asientos de estas introduciendo posibles fugas y perdidas altas de presión y caudal del sistema.

También se tiene en cuenta el deterioro y alto desgaste que se ocasiona al entrar en contacto, el lodo y laminilla con las partes móviles y las superficies de contacto internas, tanto en válvulas como en bombas.

Por lo tanto esta actividad descarta en un gran porcentaje errores de operación en el sistema hidráulico.

**6.1.4 Solenoides.** Estos son los elementos encargados de accionar algunas válvulas de control del circuito, para que el aceite piloto cumpla su función y permita una correcta operación dependiendo de los tiempos de control diseñados.

**Figura 124. Solenoide utilizado en el Circuito de Potencia**



Fuente: El autor

Esto los hace muy importantes dentro de la óptima operación del circuito de potencia, por lo cual es indispensable realizar inspecciones y mantenimiento a cada uno de estos.

Estas labores fueron coordinadas entre el equipo de técnicos eléctricos y el jefe de la central hidráulica del tren 1100, por lo que se debían realizar mientras todo el sistema se encontrara fuera de servicio por una parada programada de mantenimiento.

Cabe resaltar que algunas de estas inspecciones y limpiezas en solenoides se realizaron por emergencias a causa del mal funcionamiento de estos, en horarios de trabajo normal de la cizalla y que requerían una inmediata intervención.

**Figura 125. Válvula Direccional con Solenoide instalado**



Fuente: El autor

Todo esto descarta la posibilidad de que un solenoide este afectando el buen funcionamiento de una válvula de control, ocasionando una perdida de presión en este punto del manifold.

**6.1.5 Fines de Curso.** Estos elementos activan o desactivan los tiempos de operación de los ciclos normales de la cizalla hidráulica.

Por medio de un elemento motriz de la maquina se activan estos fines de curso de rodillo y palanca de accionamiento mecánico, los cuales a su vez mandan una orden eléctrica a las electrovalvulas para establecer la lógica de control en el circuito.

**Figura 126. Fines de Curso de la Cizalla**



Fuente: El autor

De aquí la importancia del buen funcionamiento de estos elementos electromecánicos y por lo cual se solicitó y efectuó una inspección y limpieza de sus componentes internos por parte del equipo eléctrico del tren 1100.

La labor realizada aclara mucho más el panorama acerca de los posibles problemas presentados y la posibilidad de introducir operaciones erróneas por parte de elementos de mando y control del circuito de potencia.

**6.1.6 Intercambiadores de calor.** Su función es bajar la temperatura del aceite de trabajo, para otorgar una estabilidad en su viscosidad y no afectar la operación de las válvulas de control del sistema.

Es importante el buen desempeño de estos equipos para permitir a su vez que el aceite hidráulico utilizado mantenga las propiedades deseadas y el funcionamiento de las válvulas de control y las bombas del circuito sea el ideal.

Por lo tanto se decidió realizar esta labor, aprovechando una parada de 8 horas del tren 1100, y en la cual se podía sacar de servicio todo el circuito de potencia.

**Figura 127. Intercambiador de Calor del Circuito de Potencia**



Fuente: El autor

El grupo consiste de un cilindro, colector de tubos, cajas de agua y anillo de fugas de seguridad con unión doble.

A estos equipos se les realizó una limpieza, desajustando y retirando la brida del cabezal. Inicialmente se inyectó vapor a alta presión al interior de los tubos, para

limpiar estos con un cepillo especial y enjuagar nuevamente a lo largo de toda su longitud.

Finalmente se inyectó aire a presión en cada tubo para retirar la suciedad sobrante, a la vez que se inspeccionó individualmente cada uno para verificar que no presentará obstrucción.

## **6.2 ANÁLISIS Y PRUEBAS DE POTENCIA CONTROLANDO EL ALIVIO DE PRESIÓN EN LA VÁLVULA V6**

La inspección y mantenimiento realizado a la válvula de seguridad V6 reveló graves situaciones, tales como el pésimo estado en que se encontraban el bloque (14) y el pivote (23), incurriendo en sospechas acerca de las consecuencias de estos deterioros y su relación con el problema de pérdida de potencia en el circuito (**ver figura 105**).

Al efectuar los cambios en V6 por componentes nuevos en buen estado se instaló nuevamente la válvula y se programaron pruebas para comprobar la nueva operación de la maquina con los cambios anteriormente citados.

Por lo tanto se realizaron cortes a despuntes fríos de tochos con el objetivo de saber con certeza que valor de presión era capaz de suministrar el sistema.

La prueba entregó el resultado de que la presión máxima que podía levantar todo el sistema era 1700 psi. Se concluyó que este no era el punto de alivio de presión y que se debía continuar con el estudio de las alternativas planteadas.

La otra situación que se presentó al inspeccionar la válvula V6 fue la fácil deformación ante un esfuerzo relativamente moderado del resorte (7) del bloque de sobrepresión. El bloque de sobrepresion es el dispositivo de alivio del sistema de seguridad en caso de que este falle. Por lo que se deduce que trabajará en un rango de presión de mas de 6700 psi aproximadamente, al encontrar en el circuito

el mayor valor de taraje de una válvula de seguridad en 6600 psi, la cual protege las bombas P5, P6, P7 y P8, y que por lo tanto la fuerza de compresión para vencer el resorte debería ser de una magnitud alta.

Inmediatamente surgió la inquietud del posible funcionamiento erróneo en esta válvula de sobrepresión de V6 y se programaron pruebas en ese punto del manifold.

Se inspeccionaron los registros de repuestos de las válvulas de control, pero no existía la referencia de este resorte. Esto con el fin de identificar si la válvula V6 fue adquirida con el proveedor, con un resorte (7) de sobrepresión equivocado al compararlo con el dato suministrado en los planos originales.

La referencia del resorte de sobrepresión (7), según el diseño original, es G611, el cual trabaja con un valor de presión de 7000 psi.

Estas inquietudes tomaron mucha más fuerza en su veracidad al realizar una observación en este punto de la válvula V6.

Se identificó un casi imperceptible sonido de flujo de aceite en la pequeña tubería (13) de ¼" de diámetro interno, por el cual se realiza el desahogo de V6 en caso de presentarse presiones por encima de las taradas en las válvulas de seguridad del sistema.

También se percibió un flujo de aceite al tocar manualmente este tubo (13) y además identificar una temperatura relativamente alta con respecto al hecho de que por ese conducto no debía estar fluyendo aceite de trabajo.

Esta situación solo se presentó en los instantes en que la cizalla exigía el mayor valor de potencia para completar un ciclo.

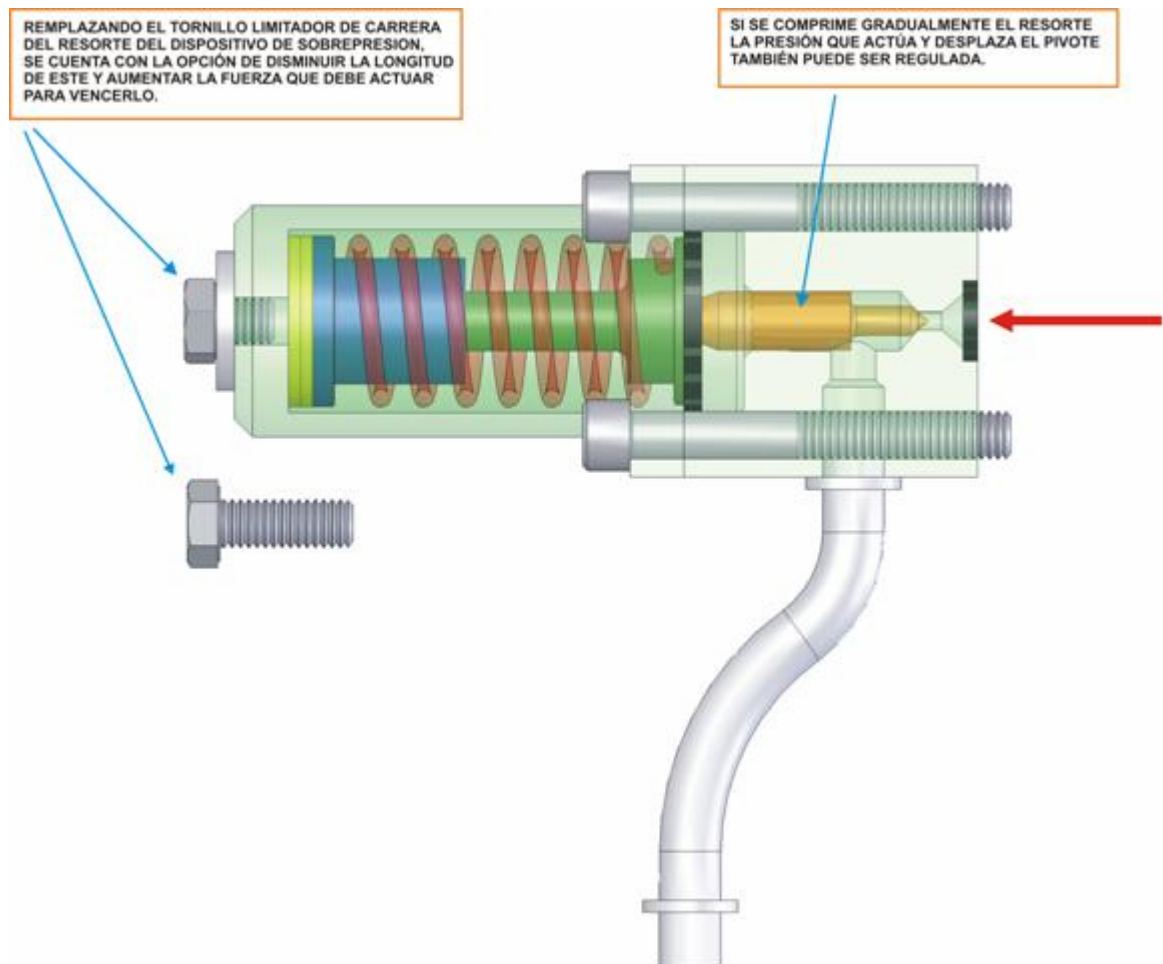
Estas dos observaciones permitieron concluir que el bloque de sobrepresión estaba operando de una manera errónea y que muy posiblemente estaba afectando la funcionalidad general de la válvula V6 y del circuito en general.

Además, si recordamos lo expuesto en la página **141** se indica claramente la función del bloque de sobrepresión, el cual desahoga la elevada presión

presentada en la válvula V6 permitiendo el levantamiento del pivote (23) para que las bombas alivien a tanque y se protejan los elementos del sistema.

La opción más fácil de prueba de operación en este caso consistía en desmontar totalmente el bloque de sobrepresión de donde estaba instalado en la válvula V6 y tapar totalmente este punto, realizando un corte para comprobar el valor de presión alcanzado, pero se decidió no hacerlo de esta manera porque se dejaba sin protección el sistema de potencia.

**Figura 128. Dispositivo de Sobrepresión con opción de Regulación**



Fuente: El autor

Así que surgió la idea de instalar un tornillo de mayor longitud remplazando al tornillo del extremo del bloque (**ver figura 128**) con el fin de comprimir el resorte (7), necesitándose mas fuerza para vencerlo y además se limitaba la carrera del elemento (10) el cual es el encargado de desplazar el resorte a consecuencia del desplazamiento del pequeño pivote (5). Se podía girar el tornillo según el valor de presión requerido en el ciclo de prueba.

Al realizar los cortes a un tocho se determinó que el sistema proporciona un valor promedio de presión en el corte de 1500 psi, necesarios para vencer la resistencia del material. Este era el mismo comportamiento de la cizalla determinado en las pruebas preliminares mostradas en el capítulo 5, con la gran diferencia mostrada en la velocidad de la maquina en los ciclos de corte y reposición, el cual aumentó notablemente. Es decir que al no encontrar el aceite un punto de alivio de presión, el sistema realizó eficientemente los ciclos operativos.

La prueba que definiría si el punto de alivio encontrado era el causante de la incapacidad del sistema hidráulico de suministrar mayor potencia, era la de cortar planchones, que en realidad era el objetivo principal de las actividades y análisis realizados en el circuito de potencia de la cizalla.

Por lo que se logró convencer a los jefes de mantenimiento y producción del tren 1100 de hacer pruebas en varios planchones justo antes de iniciar las actividades programadas de una parada de varias semanas por causa de un arreglo general en la planta.

Casi 45 días después llegó la fecha programada para la prueba y efectivamente se laminaron varios planchones para realizar despuntes en la cizalla.

El primer planchón fue desplazado desde el blooming hasta la cizalla por medio de las mesa de rodillos. Se inició el ciclo de corte de la cizalla, pero esta no fue capaz de cortar completamente, quedando a mitad del área del planchón con un valor estable de presión de aproximadamente 2200 psi.

Por lo tanto se procedió a aumentar el taraje del resorte (7) del dispositivo de sobrepresión, girando el tornillo instalado para tal fin. Esto provocó un aumento de presión en el sistema de aproximadamente 4000 psi y la cizalla pudo cortar completamente el planchón (ver figura 129).

**Figura 129. Planchón con Corte en un Extremo**



Fuente: El autor

Se probó con otros 3 planchones y el resultado fue satisfactorio al realizar correctamente los cortes en los extremos de estos.

Por lo tanto se concluyó que ese era el punto del sistema en el cual se estaba perdiendo la presión suministrada por las bombas instaladas, y que una regulación controlada del dispositivo de sobrepresión de la válvula de seguridad otorgaría un correcto funcionamiento y operación del sistema de potencia hidráulico.

**Figura 130. Planchon Despuntado por la Cizalla (izquierda) y Planchon sin Despuntar**



Fuente: El autor

### 6.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLACA BASE PARA PRUEBAS EN VÁLVULAS DE CONTROL

Las actividades realizadas en el circuito de potencia de la cizalla hidráulica, permitieron de una manera u otra entrar en contacto con los problemas que se presentaban esporádicamente en el funcionamiento de esta.

Específicamente con las reiteradas paradas a causa del mal funcionamiento de algunas válvulas de control. Esto ocasionaba el respectivo desmontaje y revisión de las mismas, muchas veces por que sus componentes internos se encontraban pegados a las superficies o se bloqueaban sin razón alguna después de un cambio de algún elemento.

El gran problema resultaba en saber cual de todas era la que presentaba la falla, en el momento que se paraba la operación de la maquina y por lo tanto del tren 1100.

Esta situación permitió identificar las válvulas que fallaban con más frecuencia en un periodo de tiempo de operación de la cizalla. Estas son V12, V10 y V2A.

Fueron los puntos más críticos de fallas de todo el manifold, a pesar de que podía no ser ninguna de estas en algún momento.

Por tal razón de planteo la idea de construir una placa base que funcionara como manifold para probar el estado de las válvulas.

Esta prueba se realiza instalando la válvula en la placa con sus respectivos tornillos y a la cual se le conecta una manguera con la cual se suministra la presión de prueba.

La presión es entregada por una pequeña central integrada que consta de una bomba de 3500 psi, un tanque de almacenamiento de aceite y una válvula de alivio.

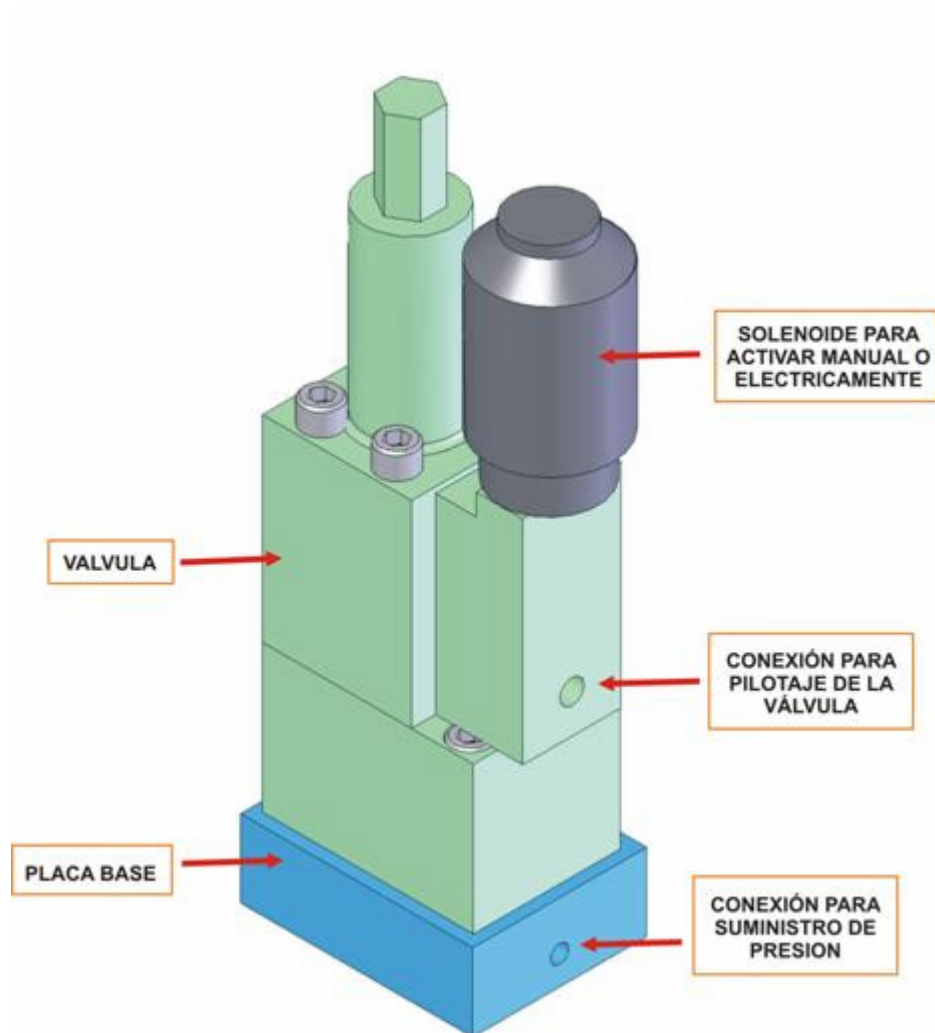
Además cuenta con manómetros para supervisar la operación.

Esta central también se utiliza para probar servovalvulas de otro equipo del tren 1100.

Se realizó el diseño de la placa teniendo en cuenta las dimensiones de las válvulas de interés y cuenta con la opción de utilizar un puerto de suministro y otro de drenaje de aceite piloto, cuando la válvula a probar no tiene las conexiones externas respectivas para ello.

Los solenoides se pueden activar manualmente o con corriente dependiendo de la opción con que se cuenta.

**Figura 131. Disposición de Válvula en Placa Base**



Fuente: El autor

Figura 132. Disposición de los Puertos de Pilotaje en Placa Base

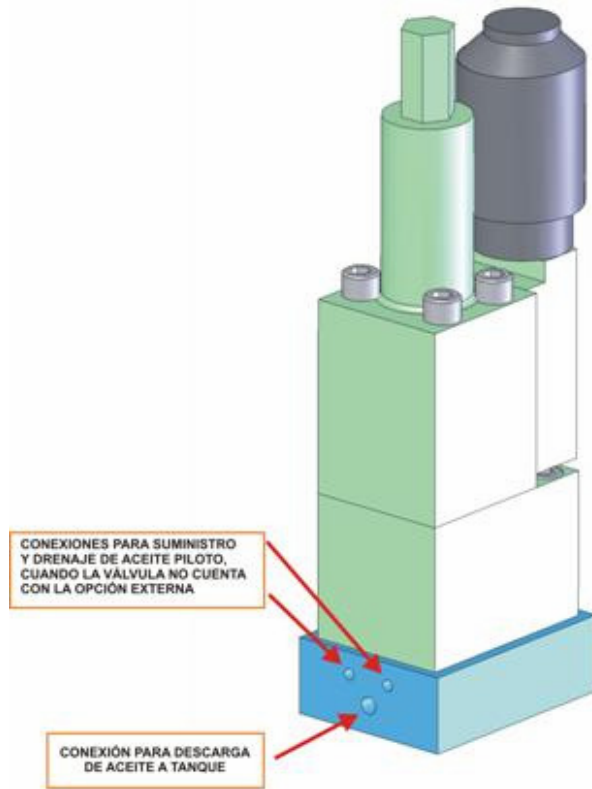
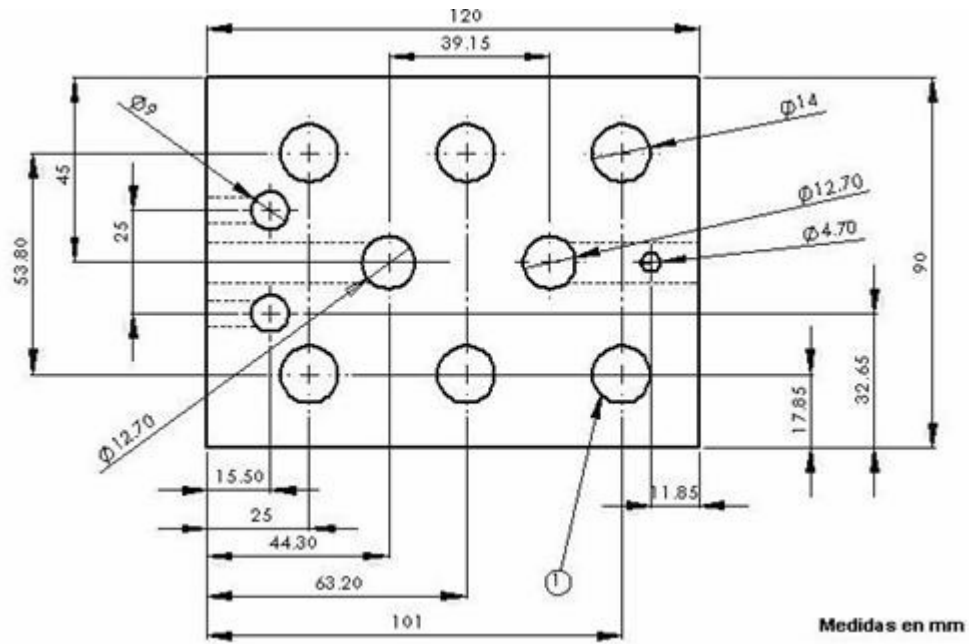


Figura 133. Dimensiones de Placa base

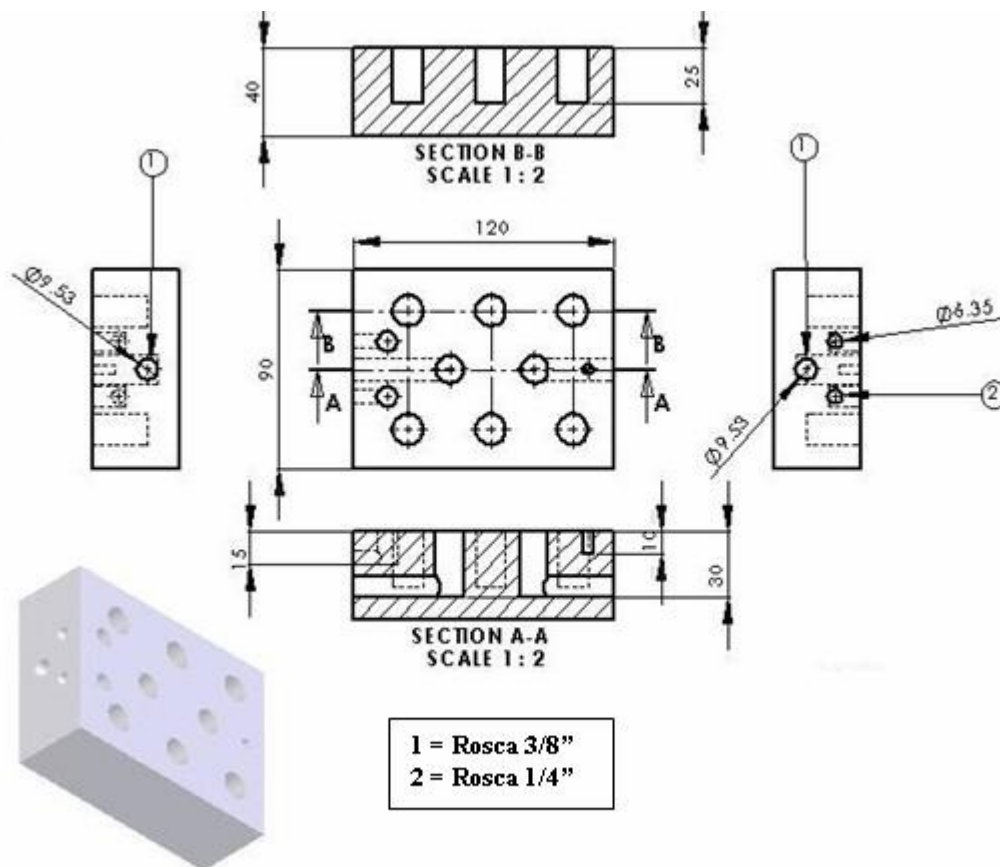


Fuente: El autor

Las conexiones en la placa vienen roscadas para las dimensiones de las mangueras de suministro de aceite de la central.

Se diseñaron los planos de la placa y se suministraron a la empresa para su construcción. En las **figuras 133** y **134**, se muestran los planos detallados de esta placa.

**Figura 134. Plano de Profundidades de Taladrado en Placa Base**



Fuente: El autor

Por su analogía constructiva y de montaje, la placa se puede utilizar para probar otras válvulas del sistema.

En total serian 8 válvulas: V2A, V2B, V4, V10, V12, V23, V24 y V28.

## **7. ANÁLISIS DE MONTAJE Y OPERACIÓN DE BOMBA OILGEAR PVV540**

En este capítulo se expone el problema de destrucción presentado en la operación de un tipo de bombas adquiridas e instaladas en el sistema de potencia de la cizalla.

Para ello se analiza en primera instancia la situación específica presentada en la última bomba que se instaló, se realiza la descripción general del diseño de la bomba en cuestión y se detallan las causas probables de su destrucción, anexando en el proceso recomendaciones para futuros planes de instalación de bombas nuevas; convirtiéndose en un capítulo que se estructura como un manual de recomendaciones de operación, montaje y análisis de fallas en las bombas de pistones.

### **7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La bomba de referencia OILGEAR PVV540 es una bomba hidráulica axial de pistones de alta presión y caudal.

Los problemas presentados hace muchos años en el circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas, específicamente la destrucción de varias bombas de trabajo, motivaron la adquisición de este tipo de bombas OILGEAR para remplazarlas y suministrar la potencia requerida en la operación de la máquina. Sin embargo, estas bombas también presentaron inconvenientes y frecuentes destrucciones cada vez que se instalaban y se operaban junto con las otras bombas del circuito.

**Figura 135. Bomba OILGEAR PVV540 instalada y desacoplada**



Fuente: El autor

Durante el desarrollo de este trabajo de grado, específicamente en el primer mes de practica, se colocó a trabajar una bomba OILGEAR PVV540 que ya se le había realizado el montaje pero se encontraba desacoplada al motor E1, en el punto en donde estaba originalmente instalada la bomba P1 (**ver figura 135**).

Para protegerla de una posible destrucción, los ingenieros de esta área de la planta decidieron instalar en la línea de descarga una válvula de seguridad tarada a 2200 psi, para evitar que la bomba trabajara a altas cargas y aliviarla a una baja presión con respecto al supuesto alto valor de trabajo normal.

La bomba operó normalmente durante algunas horas pero en un momento se frenó y la cuña del eje falló, desacoplándose del motor E1.

**Figura 136. Componentes internos destruidos de Bomba PVV540**



Fuente: El autor

**Figura 137. Superficies internas rayadas en Bomba PVV540**



Fuente: El autor

Posteriormente se desmontó y se abrió la carcaza para verificar los daños en los componentes, encontrando una total destrucción de estos.

Entre los elementos deteriorados se hallaron los pistones, la placa soporte, el plato de retención de los cabezales de pistones y anillos internos entre otros.

**Figura 138. Pistones deteriorados superficialmente en bomba PVV540**



Fuente: El autor

Las superficies internas de la carcaza se encontraron totalmente rayadas y afectadas superficialmente.

Los patines cojinetes de los pistones se pulverizaron totalmente y el estriado interno del eje se deformó.

Esta situación generó gran preocupación en el equipo de ingenieros al prevalecer el mismo comportamiento presentado con las anteriores bombas de la misma marca años atrás, por lo cual se decidió realizar una investigación y análisis de las posibles causas de mal funcionamiento y destrucción de estas bombas.

**Figura 139. Aros, Anillo Retenedor, Patín cojinete y Pistón deteriorados en Bomba PVV540**



Fuente: El autor

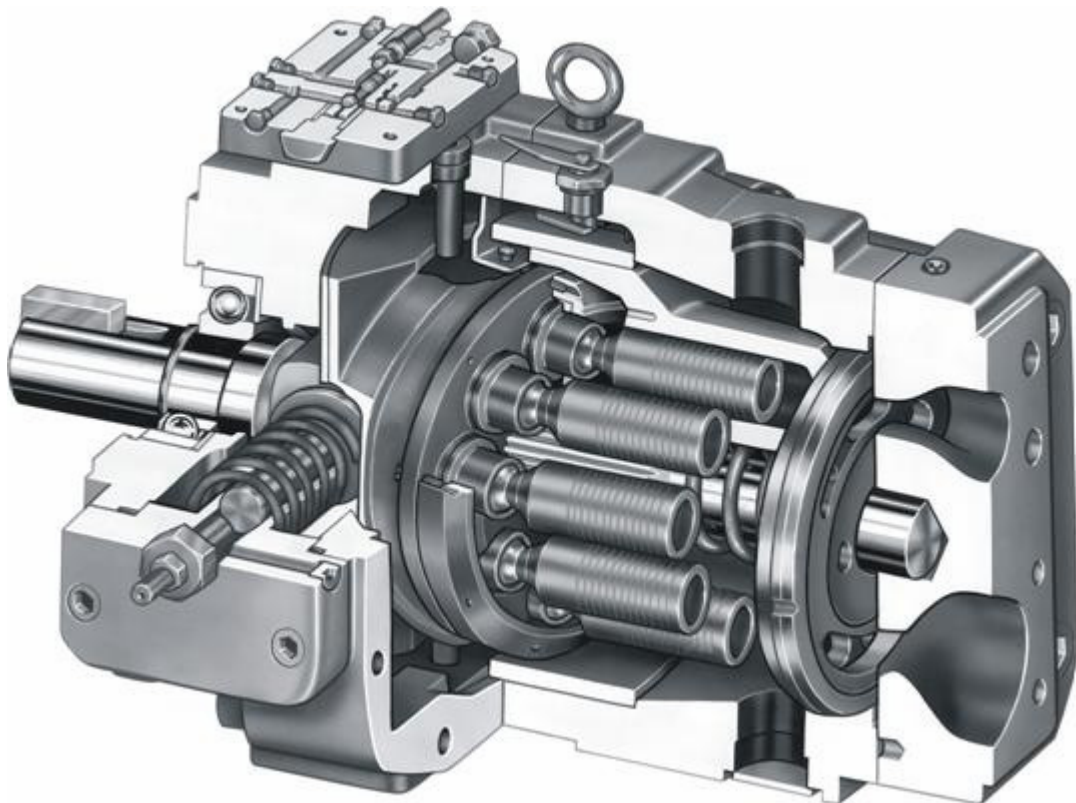
A continuación se describen las características técnicas de la bomba, examinando la curva de operación y capacidad de la misma.

## 7.2 DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA OILGEAR PVV540

La OILGEAR PVV540 es una bomba axial de pistones de alta capacidad de trabajo. Posee la opción de compensador de presión y limitador de potencia desde válvulas tipo solenoide hasta servovalvulas con control electrónico. La instalada en el circuito de potencia suministra un volumen de aceite fijo aunque cuenta con la opción de un tornillo regulador para graduar el ángulo del plato oscilante y por lo tanto la carrera de los pistones.

En el **Anexo A** se muestran los planos detallados de esta bomba, además de una vista explosionada numerada y la lista de partes correspondientes.

**Figura 140. Vista isométrica en corte de Bomba OILGEAR PVV540**



Fuente: <[www.oilgear.com](http://www.oilgear.com)>

En las **tablas 4 y 5** se muestran los datos nominales de desempeño y las dimensiones y peso de la bomba mencionada, en base a una viscosidad de aceite en el rango de 80 a 550 SSU. Entre algunas de las características de la bomba están:

- Consta de 9 pistones, cada uno con un diámetro de 43.59 mm (1.716 in).
- Mínimas rpm = **600**
- Máximas rpm (sobrealimentada) = **1200**
- Máximas rpm (inundada/ succión libre) = **1200**
- Presión máxima (continua) = **5000 psi**
- Tamaño del drenaje de carcasa = **#24 SAE** (Tamaño mínimo del tubo = **1.5"**)
- Viscosidad mínima del fluido = **80 SUS**
- Viscosidad máxima del fluido = **2000 SUS**
- Tipo de fluido = aceite hidráulico base mineral anti-desgaste.
- Recomendación de la filtración = **Beta de 10 a 15**
- Nivel recomendado de limpieza del fluido = **ISO 18/15**
- Torque para girar al eje = **31 pies - libras = 4.3 kgf - m**
- Presión mínima en la succión (carrera completa)
  - A 1200 rpm = **11.1 psia**
  - A 1000 rpm = **10.0 psia**
  - A 900 rpm = **10.0 psia**

**Tabla 4. Datos Nominales de Desempeño de Bomba PVV540**

UNIDAD	DESPLAZAMIENTO TEÓRICO MÁXIMO		PRESIÓN CONTINUA		PRESIÓN MÁXIMA INTERMITENTE		CAUDAL @ PRESIÓN CONTINUA Y 1200 rpm		POTENCIA A LA ENTRADA @ PRESIÓN CONTINUA Y 1800 rpm	
	In <sup>3</sup> /rev	ml/rev	psi	bar	psi	bar	gpm	lpm	hp	kw
PVV540	33.57	550	5000	345	5800	400	165	625.4	540	402

Fuente: <www.oilgear.com>

**Tabla 5. Dimensiones Nominales y Peso sin Controles**

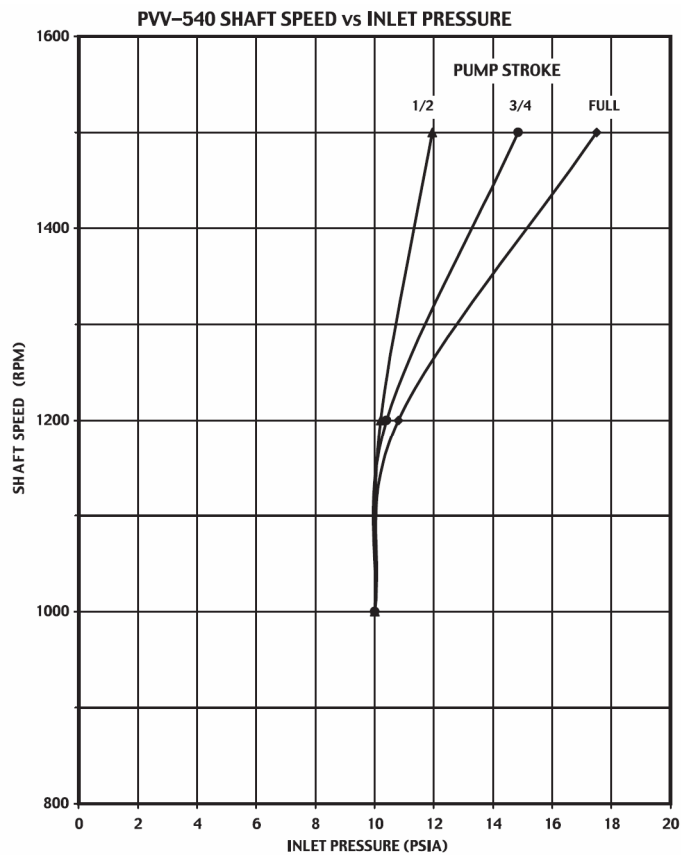
UNIDAD	LONGITUD		ANCHO		ALTURA		PESO	
	in	mm	in	mm	in	mm	lb	kg
540	22.5	647.7	22.8	577.9	15.5	393.7	750	340

Fuente: <www.oilgear.com>

En el **Anexo B** se muestran 3 paginas del boletín de instrucciones de servicio #947028 de "THE OILGEAR COMPANY", donde se pueden ver las vistas y cortes de la bomba PVV540 con una vista explosionada y la lista de partes de la misma.

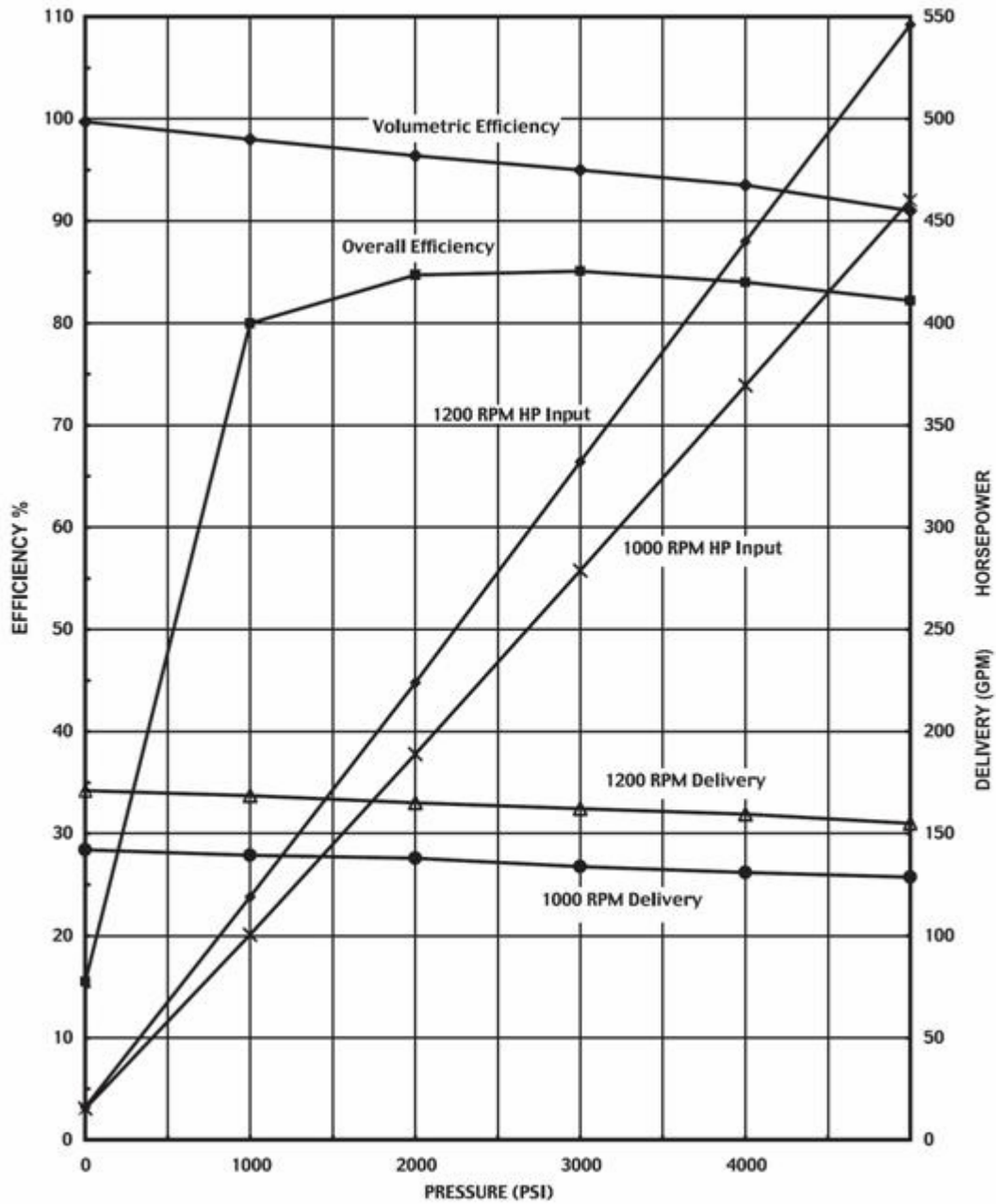
A continuación se muestran las curvas de presión de sobrecarga en la succión y de operación de la bomba OILGEAR PVV540, las cuales nos suministran la información requerida para un análisis operativo y de montaje de esta bomba.

**Figura 141. Curva de Presión de Sobrecarga en Bomba PVV540**



Fuente: <www.oilgear.com>

Figura 142. Curva de Operación de Bomba PVV540



Fuente: <[www.oilgear.com](http://www.oilgear.com)>

La curva de presión de sobrecarga indica para este caso que la presión mínima en la succión de la bomba debe ser aproximadamente 11 psia, girando a la velocidad actual de 1200 rpm. Por lo que se concluye que este no es el punto crítico en la

operación de la bomba, por trabajar con una bomba centrífuga de sobrecarga que proporciona una presión por encima incluso de los 14.7 psia de presión atmosférica.

La curva de operación nos muestra claramente la alta capacidad de trabajo de la bomba OILGEAR PVV540, teniendo como límite de presión el valor de 5000 psi con operación constante. En este punto el valor de potencia de salida es de alrededor de 550 HP y en referencia a la eficiencia total, el motor debe suministrar como mínimo 670 HP, los cuales son entregados eficientemente por el motor E1 de 930 HP.

Además, hay que tener en cuenta que la bomba PVV540 se encontraba protegida por una válvula de seguridad (además de las del manifold) tarada a 2200 psi, en el momento de la operación y destrucción de la misma. Y es aun mas relevante el hecho de que el sistema en ese momento solo podía suministrar a la maquina un valor máximo de presión de 1700 psi según las pruebas realizadas, así que se descarta una sobrecarga de trabajo por encima del valor nominal de diseño de la bomba.

Los valores de operación de la bomba PVV540 son muy similares a los exigidos por la bomba TOWLER P2 actualmente instalada en el circuito. Así que se concluye que esta bomba marca OILGEAR tiene la capacidad de trabajar con un buen rendimiento y comportamiento en el circuito de potencia de la cizalla hidráulica de 900 toneladas, ante los requerimientos de presión y caudal de los actuadores hidráulicos de la maquina.

Se requiere por lo tanto, realizar un estudio y análisis del montaje y condiciones de operación de la bomba para determinar las causas posibles de su destrucción.

Entre las principales causas probables de ocasionar esta situación están: contaminación del fluido, aireación, alta temperatura del aceite, velocidad elevada, mal montaje y malas condiciones en la succión, entre otras.

A continuación se exponen con más detalle los anteriores casos citados.

### 7.3 CAUSAS PROBABLES DE DESTRUCCIÓN

**7.3.1 Contaminación del Fluido.** Es cuando cualquier material ajeno al fluido hidráulico que tiene efectos dañinos en su desempeño, entra en el sistema. La mayoría de los contaminantes causan acción abrasiva entre las tolerancias estrechas de los componentes. Esto ocasiona desgastes y fallas prematuras.

Aunque se conocen muchas cosas relativas a la prevención y al control del aumento de la contaminación, se considera actualmente que el 70% de los fallos de los sistemas hidráulicos son debidos a un mal estado del fluido.

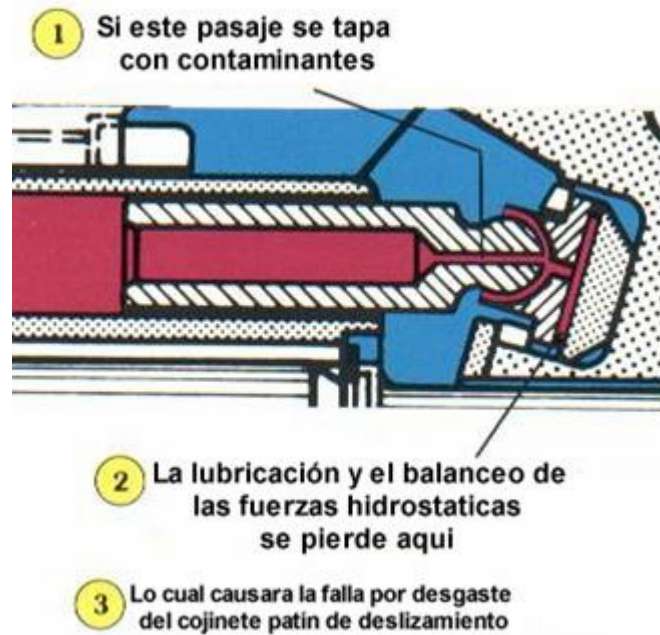
- **Influencia en la Operación de la Bomba:** El fluido contaminado causa un bloqueo de los pasajes de lubricación.

El principio del patín cojinete de deslizamiento utiliza la fuerza hidráulica, la cual empuja el pistón hacia el plato de lubricación. Esta es compensada por una fuerza igual en dirección opuesta producida por la presión de trabajo.

Como se muestra en la sección transversal de la **figura 143** un pequeño taladrado a través de la rotula del pistón, comunica al fluido presurizado entre el plato de lubricación y el cojinete patín de deslizamiento.

El cojinete patín de deslizamiento esta diseñado para tener un área efectiva la cual balancea las fuerzas de presión en el pistón.

**Figura 143. Falla por contaminación de fluido.**



Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

El pequeño taladrado en el pistón mantiene un alto nivel de eficiencia volumétrica en la bomba. Si la bomba está operando en un sistema con alto nivel de contaminantes, tapaná este pequeño pasaje, el cual provocará una falla del cojinete patín de deslizamiento porque se perderá la lubricación y no se balancearán las fuerzas correctamente.

La alta contaminación del fluido presentada en el circuito de potencia de la cizalla, fue detectada solo cuando se realizaron las actividades de limpieza del tanque de almacenamiento de aceite, lo cual fue relevante para realizar el cambio total del aceite por uno nuevo en buenas condiciones. Cabe resaltar que en el proceso de ingreso de este nuevo aceite al sistema se hizo filtraje antes de ser almacenado en el tanque T1.

Por lo tanto aunque se considera un factor de destrucción alto, no se tiene seguridad de su total culpabilidad en el caso de la bomba PVV540.

Sin embargo, ya es un punto crítico menos, en la operación e instalación de una nueva bomba en este sistema.

Se genera la inquietud. ¿Porque si el fluido estaba contaminado no afectó también a la bomba TOWLER P2 instalada?. Hay que tener en cuenta que aunque ambas son bombas de pistones axiales, tienen diseños diferentes. Los pistones de la bomba P2 no tienen taladrado de lubricación, por lo cual una se puede adaptar a condiciones del fluido muy diferentes de la otra.

- **Recomendaciones:** Se recomienda en futuros montajes inspeccionar y estar seguros del buen estado tanto del aceite como del interior del tanque de almacenamiento para no incurrir nuevamente en este error.

Además, es aconsejable cambiar los cartuchos de los filtros de succión después de un tiempo prudente de trabajo, para garantizar la correcta filtración y protección de los conductos internos en los pistones de la bomba instalada. Los tiempos de vida útil son suministrados en los catálogos de los filtros.

**7.3.2 Aireación.** Es una condición en la cual un cierto número de burbujas de aire son transportadas a lo largo del recorrido del aceite que entra en la bomba. Las burbujas pueden ser generadas cuando el fluido regresa transportando aire al reservorio debido a las cascadas formadas por la altura de la línea del retorno al reservorio o cuando la bomba succiona aire a través del sumidero que forma un remolino en el lado de la succión de la bomba debido a que el nivel de aceite es demasiado bajo.

- **Influencia en la Operación de la Bomba:** En algunas ocasiones una mala instalación de la bomba o un inapropiado ensamble de la misma permitirán la entrada de aire al interior de la bomba. Una bomba ingiriendo aire produce un sonido similar a la acción de desocupar una bolsa llena de canicas. Un efecto de implosión ocurre cuando las burbujas se comprimen debido a la presión a la salida de la bomba. Esta implosión puede causar remoción de partículas de metal de las placas de presión, de las placas de desgaste u otros componentes cercanos a los puntos de implosión, además causan puntos localizados de altas temperaturas. Esto también ocasiona que los componentes trabajen erráticamente debido a la compresibilidad del aire atrapado.

Las posibles formas en que el aire puede ser absorbido por el sistema, son: a través de los sellos deteriorados en el eje o por entre las uniones con filtraciones en la entrada a la bomba. Si los racores de la línea de entrada no están bien apretados, el aire exterior, a la presión atmosférica, puede penetrar hacia la presión más baja (zona de más baja presión de la línea) y puede llegar hasta la bomba.

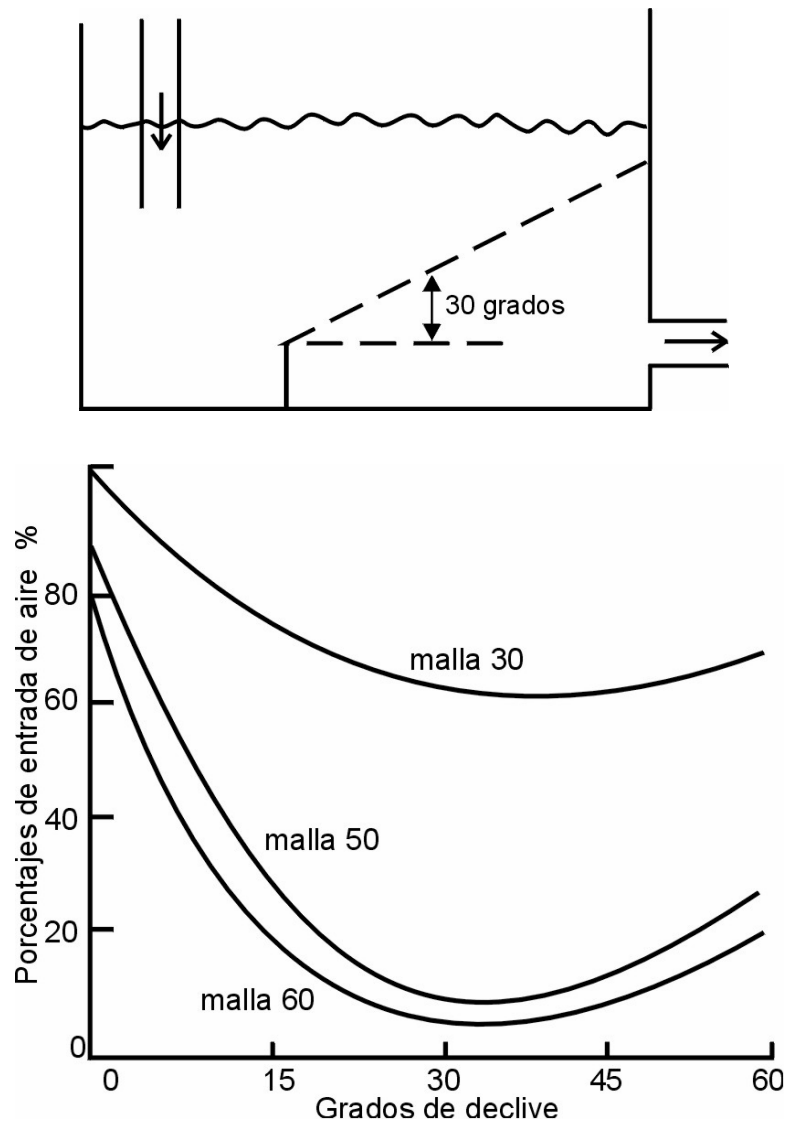
Esta situación en los racores y uniones de las tuberías en la instalación de la bomba PVV540 fue cubierta por los operadores y mecánicos de la central hidráulica del tren 1100. Sin embargo no se descarta un descuido en estas labores y un posible mal funcionamiento de alguna unión o del montaje de las tuberías del filtro de succión utilizado.

- **Recomendaciones:** Se recomienda verificar y hacer pruebas con respecto a los puntos de unión de tuberías en todo el sistema. Esto descartaría otra posible causa de destrucción de la bomba PVV540.

La instalación de una malla al interior del reservorio es de gran beneficio para evitar la entrada de aire en el lado de la succión de la bomba. La **Figura**

144 muestra la influencia del tamaño de la malla y del ángulo a la cual se debe colocar. El punto óptimo se puede encontrar con una malla 60 y un ángulo de 30 grados para prevenir la aireación.

**Figura 144.** Influencia del tamaño de una malla y el ángulo de instalación al interior de un reservorio



Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

**7.3.3 Calor Excesivo.** Las condiciones térmicas, por encima de un límite especificado, causan que la viscosidad del fluido se vea afectada. Un ciclo de trabajo extremo, la aireación, la presión excesiva y la contaminación, son todos factores que contribuyen a un calentamiento excesivo.

El calor excesivo, por su parte, acelera la oxidación del fluido del sistema, deteriorando su viscosidad. Esto genera una reacción en cadena. Entonces, la causa primera del calor excesivo debe ser eliminada con el propósito de solucionar efectivamente el problema.

- **Influencia en la Operación de la Bomba:** Los aceites de petróleo son usados en la mayoría de las aplicaciones oleohidráulicas para lubricar las partes, así como para transmitir potencia. Sin embargo, a medida que la temperatura del aceite aumenta, la película lubricante se adelgaza. El resultado son partes rozando; la fricción y el desgaste aumentan; los materiales de los sellos se deterioran más rápidamente, se endurecen y pierden flexibilidad y pueden permitir fugas rápidamente.

Además, el funcionamiento de las válvulas de control se vuelve errático y el aceite está en más capacidad de fluir por sitios equivocados o no planeados en el sistema.

La bomba OILGEAR PVV540 pudo haber presentado esta situación de temperatura elevada del fluido, pero las consecuencias de esto no son medibles en el gran número de componentes internos destruidos y desgastados en la bomba y aun más siendo totalmente nueva. Por lo cual, queda de experiencia, controlar la temperatura del fluido instalando sistemas de refrigeración más eficientes que los actualmente instalados, con el fin de aislar y descartar este posible factor de destrucción de futuros montajes de bombas.

- **Recomendaciones:** Para evitar problemas, la temperatura de conjunto del depósito debe mantenerse entre 38°C (100 F) y 54°C (130 F). Algunos puntos localizados, como en el sello del eje, pueden llegar a estar hasta 40°C más calientes que el aceite. A medida que la temperatura del aceite crece, la de los puntos calientes aumenta en la misma proporción.

Sí la temperatura excede los 66°C (150 F), hay que determinar si se está usando el tipo correcto de aceite. Podría ser recomendable usar un aceite con mayor viscosidad.

Una prueba rápida y sencilla de la temperatura del aceite, es colocar la mano sobre el tanque, junto a la línea de entrada a la bomba, mientras el sistema este en operación. Si el calor no es aceptable y no se puede dejar la mano en ese lugar, probablemente la temperatura del tanque es muy alta.

En la tabla 6 se muestra la vida útil en horas del aceite con respecto a la temperatura de trabajo del mismo.

**Tabla 6. Vida en horas del Aceite de acuerdo a la Temperatura de Trabajo.**

TEMPERATURA DEL FLUIDO °C	TEMPERATURA DEL FLUIDO EN °F	VIDA EN HORAS
107	225	2000
121	250	1000
135	275	500

Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

**7.3.4 Alta velocidad de operación.** Una alta velocidad de operación causa el daño prematuro de la bomba. Durante cada revolución, un pistón se moverá de su posición de llenado a su posición de extracción de aceite. Durante cada uno de estos dos movimientos recíprocos el pistón cambia su velocidad de cero a un máximo y nuevamente regresará a cero. Se puede pensar que la rótula del pistón y el cojinete patín de deslizamiento están sujetos a unas considerables fuerzas de aceleración y desaceleración; estas fuerzas son el resultado de la masa del pistón por su aceleración.

Para disminuir la acción de esta fuerza se construye el pistón hueco, con el propósito de reducir masa y por consiguiente reducir el efecto de las fuerzas dinámicas. Puesto que la aceleración del pistón está directamente relacionada con la velocidad del eje conductor, una velocidad excesiva incrementa la fuerza dinámica.

Estas fuerzas cambian, de tensión producida por la fuerza dinámica a una fuerza de compresión producida por el puerto de descarga. Debido a que el cambio es cíclico, la rótula del pistón está sometida a un esfuerzo cíclico que puede causar la *falla por fatiga de la unión*.

En las especificaciones que da el fabricante acerca de la velocidad máxima de la **bomba PVV540**, se suministra un valor de **1200 rpm** cuando esta sometida a sobrecarga en la succión. Este es el valor de la velocidad entregada por el motor E1, en el cual estaba acoplada la bomba, y por consiguiente trabajó dentro del rango recomendado.

Sin embargo, se crea la inquietud de si trabajar en el límite de los valores recomendados es peligroso. Mucho más al saber que las condiciones de temperatura del sistema y de contaminación de fluido no están totalmente controladas, trabajando en una situación no tan ideal del circuito.

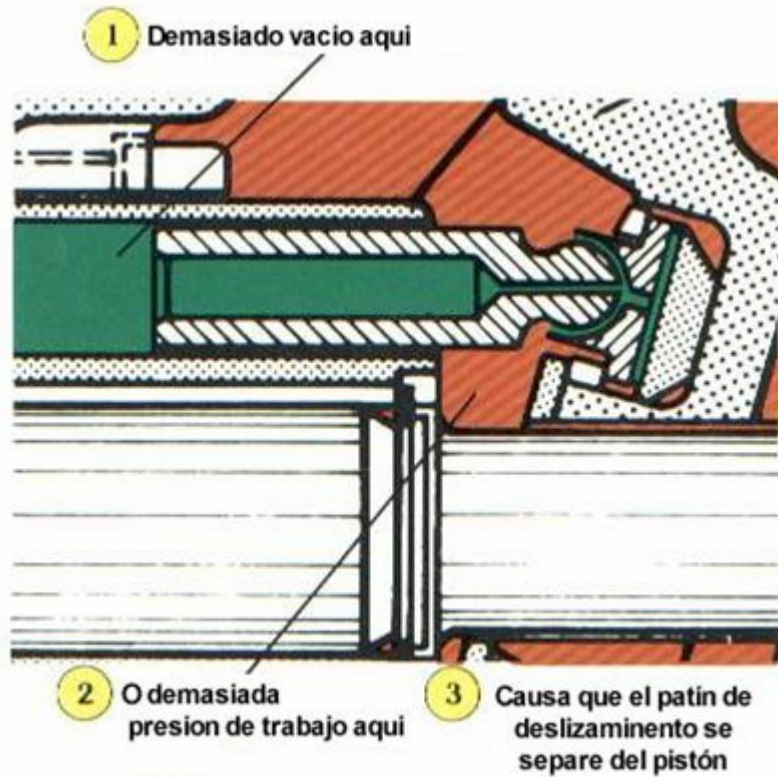
Se recomienda, para descartar posibles problemas en la operación de la bomba PVV540 trabajando al límite de velocidad recomendada, que se acople y opere con un motor de menor velocidad, entre los 900 y 1000 rpm.

Si se coloca a trabajar, por ejemplo con un motor de 1000 rpm y exigiendo una presión de corte en la cizalla de 4000 psi, la curva de operación indica una disminución entre el 15% y el 18% tanto de la potencia como del caudal suministrado a los actuadores, pero definitivamente todavía son valores lo suficientemente altos como para que la maquina reciba la potencia requerida para realizar los ciclos de operación.

**7.3.5 Demasiada condición de vacío en el puerto de succión de la bomba.** Esta también puede ser una falla catastrófica de las bombas, en general de una bomba de pistones. Esta requiere de unas mejores condiciones de succión que cualquier otra bomba; la cavidad esférica, la cual sujeta al cojinete patín de deslizamiento con la rotula del pistón, presenta un buen comportamiento ante los esfuerzos de compresión pero su comportamiento es deficiente ante los grandes *esfuerzos de tensión* provocados por una alta presión de vacío.

Durante la succión, el anillo de retención extrae el pistón empujándolo sobre el cojinete patín de deslizamiento; si el vacío creado por el puerto de succión es demasiado alto, el cojinete patín de deslizamiento construido en bronce, simplemente es jalado hacia afuera de la rotula del pistón (**Ver figura 145**). Desafortunadamente esto no puede escucharse en la operación de la bomba, por lo cual continúa operando hasta su destrucción total.

Figura 145. Daños en el patín de deslizamiento.



Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

**7.3.6 Excesiva presión en el drenaje.** El mismo efecto en la rotula del pistón presentado con demasiada condición de vacío en el puerto de succión de la bomba, también se aprecia cuando existe una excesiva presión en el drenaje.

Se pueden ver en la ilustración (**ver figura 145**) estas dos condiciones, una presión excesiva y un alto vacío resisten la extracción del pistón enfrente del taladrado. En consecuencia ambas fuerzas pueden actuar conjuntamente para retener el anillo empujándolo sobre el cojinete patín deslizante y girarlo sobre la rotula.

Para evitar el daño de cada una de estas 2 razones mencionadas, es recomendable que el puerto de succión y el drenaje sean optimizados, por ejemplo en el montaje de la bomba de pistones, se recomienda que se haga en la parte inferior del

reservorio para obtener una cabeza de presión positiva que obligue el aceite a entrar por el puerto de succión.

**La figura 146** nos muestra un pistón totalmente segmentado en el área del cuello que se une con la rotula, y en la parte inferior se muestra el cojinete patín de deslizamiento también deteriorado completamente. Esto genera la inquietud de si el deterioro de alguno de estos dos elementos inició la destrucción total de la bomba; y si fue así, entonces ¿cual de los dos se destruyo primero?

**Figura 146. Pistón y Cojinete Patín de Deslizamiento gravemente deteriorados**

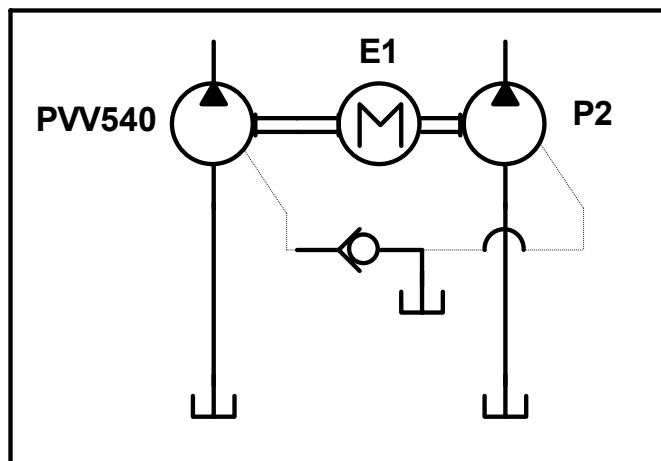


Fuente: El autor

Por otra parte también es necesario proveer de una adecuada instalación de drenaje. La línea de drenaje debe estar completamente llena y poseer un diámetro ajustado a las condiciones de diseño, además debe estar por debajo del mínimo nivel de aceite en el reservorio, con un tramo lo mas corto posible pero tampoco a la medida. Es importante que esta línea de drenaje sea *independiente* y que no tenga ninguna otra conexión con otras líneas de retorno.

Esta situación se presentó en el montaje de la bomba PVV540, al estar comunicada la línea de drenaje con el drenaje de la bomba TOWLER P2. Además de esto se montó en el punto de unión de estas líneas una válvula antirretorno, con la hipótesis de “evitar que el caudal de la línea de drenaje de P2 afectara la descarga de esta línea en la bomba PVV540, creando una contrapresion en esta”.

**Figura 147. Disposición de Línea de Drenaje de Bomba PVV540**



Fuente: El autor

Claramente se identifica un error de montaje de esta línea, al crear una alta resistencia a la descarga del fluido, uniendo las líneas de drenaje de carcaza de las dos bombas e instalando una restricción mayor con la válvula check.

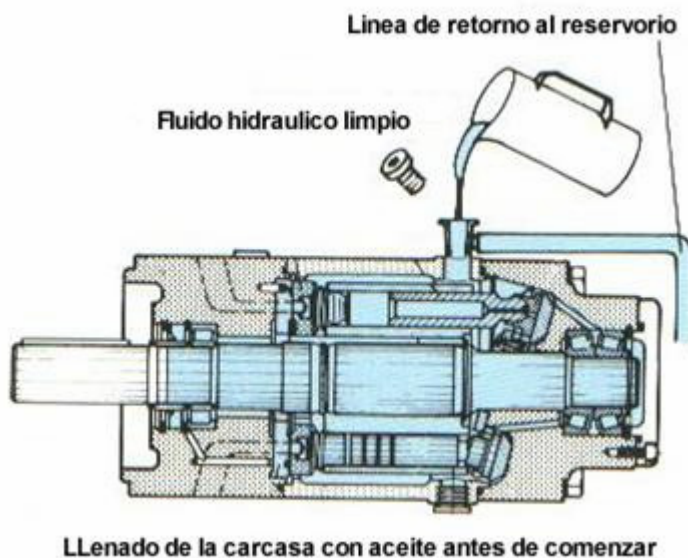
Otro punto discutible es el siguiente:

En la instalación de drenaje es aconsejable el uso de una té o cualquier otro adaptador conveniente de llenado en el puerto de drenaje, para facilitar el llenado de la línea de drenaje en la bomba cuando se arranque.

Esto no se realizó en la bomba PVV540.

Se arrancó el conjunto motor-bomba sin llenar de aceite la carcasa de la bomba, apoyándose en el hecho de que la bomba de sobrepresión suministró ese aceite de la carcaza. Esto puede ser cierto, pero las recomendaciones de los fabricantes muestran este aspecto como algo muy importante en toda instalación de bombas.

**Figura 148. Llenado de la Carcasa con Aceite antes del arranque de la Bomba**



Fuente: Documentación técnica asignatura Sistemas Oleoneumaticos

**7.3.7 Condiciones de Sobrecarga en la Succión.** Este es un punto importante de resaltar en el caso de la bomba OILGEAR PVV540, la cual muestra entre las

características técnicas especificadas una presión mínima en la succión de 11.1 psia para 1200 rpm.

Si analizamos las recomendaciones de montaje y operación que suministra el fabricante, identificamos una *presión máxima admisible* de sobrecarga de 200 psi.

Este y otros valores se pueden verificar en el **Anexo B**, en el cual se muestra el Boletín técnico #847028-B de las bombas OILGEAR tipo PVV.

En este punto se creó la inquietud de cual era el valor real de presión de sobrecarga suministrada por la bomba P11, por lo que se instaló un manómetro en la descarga de esta bomba. Los resultados entregados fueron inquietantes.

El manómetro registró un valor oscilante en la bomba entre los 195 psi y 205 psi.

Claramente se estaba trabajando la bomba en los límites de diseño de presión de sobrecarga en la succión.

El valor es más que aceptable para la bomba TOWLER P2, la cual presenta un diseño en donde los pistones no están adheridos a la placa soporte y requieren un valor de sobrepresión alto para realizar el ciclo de succión normal en la bomba.

Pero esto no es requerido en la bomba PVV540 por su diseño de cojinetes patín de deslizamiento en las rotulas de los pistones, aun mas sabiendo que se puede operar sin bomba de sobrepresión, lógicamente con unas condiciones especiales en la succión.

Por lo tanto se concluye que este pudo haber sido un factor importante de destrucción de la bomba PVV540 y que necesita ser aislado para evitar posibles situaciones futuras como esta.

Se recomienda que la bomba PVV540 trabaje con una bomba de sobrepresión *independiente* que suministre el suficiente caudal requerido, pero que su valor de presión no exceda los 100 - 120 psi, para que se mantengan unas condiciones seguras en el puerto de succión.

## 8. CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio completo del funcionamiento general de la cizalla hidráulica de 900 toneladas del tren de laminación 1100 en la empresa ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A., teniendo en cuenta la disposición original de los elementos y equipos que componen el sistema de potencia, comparándola con la actual disposición y determinando cuales están o no, fuera de servicio.
- Se efectuaron pruebas de operación del circuito de potencia, realizando cortes a tochos y despuntes fríos, con el fin de establecer la capacidad máxima de trabajo de la cizalla, determinando por medio de esta que existía una pérdida de presión en algún punto del circuito y así plantear soluciones a este problema.
- Se realizó un estudio y análisis de las curvas de operación de la bomba instalada en el circuito en la fecha de intervención, lo cual determinó la alta capacidad de suministro de presión de la misma y por lo tanto se descartó el conjunto bomba- motor como posible causante de la incapacidad de trabajo de la cizalla.
- Se determinó la correcta disposición y montaje de las válvulas de control en el manifold, realizando un análisis de las comunicaciones entre puertos de las válvulas y los puntos de conexión con el bloque distribuidor, teniendo

en cuenta los planos originales del circuito general, de las rutas de comunicación del manifold y de cada una de las válvulas de control.

- Se programaron y realizaron actividades de inspección y mantenimiento en cada una de las válvulas de control del circuito (en las líneas de corte y reposición de la cizalla), para verificar el estado real de sus componentes internos y efectuar cambios en estos cuando lo requerían.
- La pérdida de potencia del circuito de la cizalla, se localizó en la válvula de seguridad V6, específicamente en el dispositivo de sobrepresión, el cual presentó un erróneo funcionamiento debido a la descalibración del resorte de este bloque auxiliar.
- Las actividades de inspección, limpieza y mantenimiento de los componentes del circuito de potencia de la cizalla, otorgaron un valor agregado al desarrollo del trabajo en general, al generar un buen estado mecánico y operacional de cada uno de los elementos que se intervinieron.
- El estudio y análisis realizado a los posibles causantes de la destrucción de la bomba PVV540, determinó que lo que originó esta situación pudo haber sido la combinación de algunos de estos factores, por lo cual es indispensable aislarlos para un futuro montaje de otra bomba de este tipo.
- La solución de problemas en la operación de una máquina o equipo, se consigue con el estudio, pruebas y análisis de todas las posibles variables que afecten el mismo, además de una insistente intervención y observación de las condiciones del sistema y del comportamiento de sus componentes.

## 9. RECOMENDACIONES

- Entre las actividades de mantenimiento programadas para el tren 1100 se debería incluir la intervención de todo el circuito de potencia de la cizalla, teniendo en cuenta el carácter de equipo crítico e indispensable en la línea de producción del tren 1100 y poder establecer la cultura de prevenir y cuidar y no tener que corregir.
- Se recomienda llevar un historial de intervenciones y cambios de repuestos en las válvulas de control del manifold, con el fin de optimizar la gestión de repuestos de la central hidráulica e identificar los elementos críticos del circuito, para realizar un programa de mantenimiento preventivo que mejore las condiciones de operación de toda la línea de producción.
- La documentación técnica *completa* de todos los equipos del circuito de potencia de la cizalla, debe estar localizada en la oficina de la central hidráulica o de la sección de mantenimiento mecánico, para tener acceso rápido a la información de los equipos en caso de una emergencia que requiera el análisis de planos o catálogos.
- En futuros montajes de la bomba tipo PVV540, se deben aislar completamente las posibles causas de destrucción que han afectado a estas y tratar de regular la carrera de los pistones, para encontrar un punto óptimo de trabajo sin forzar la bomba a un alto valor de caudal de operación inicial.

## BIBLIOGRAFÍA

MESA I, Diego. Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua del tren de laminación Morgan de Acerías Paz del Río, S. A.. Tunja, 2003. Trabajo de grado (Ingeniero sanitario y ambiental). Fundación Universitaria de Boyacá - Uniboyaca. Ingeniería sanitaria y ambiental. 140 p.

Documentación técnica, catálogos y planos de equipo y válvulas de control de la cizalla hidráulica de 900 toneladas del tren de laminación 1100. División de ingeniería. Acerías Paz del Río S.A.

REXROTH HYDRAULICS. Fundamentos y componentes de la oleohidráulica. Mannesmann Rexroth AG.

VICKERS. Manual de oleohidráulica industrial. Editorial Blume. Barcelona.

ACERIAS PAZ DEL RÍO S.A. Portafolio de productos. [On line]. Nobsa Colombia. Disponible en Internet: <[www.pazdelrio.com.co/portafolio.html](http://www.pazdelrio.com.co/portafolio.html)>

----- . Perfil corporativo. [On line]. Nobsa Colombia. Disponible en Internet: <[www.pazdelrio.com.co/perfil.html](http://www.pazdelrio.com.co/perfil.html)>

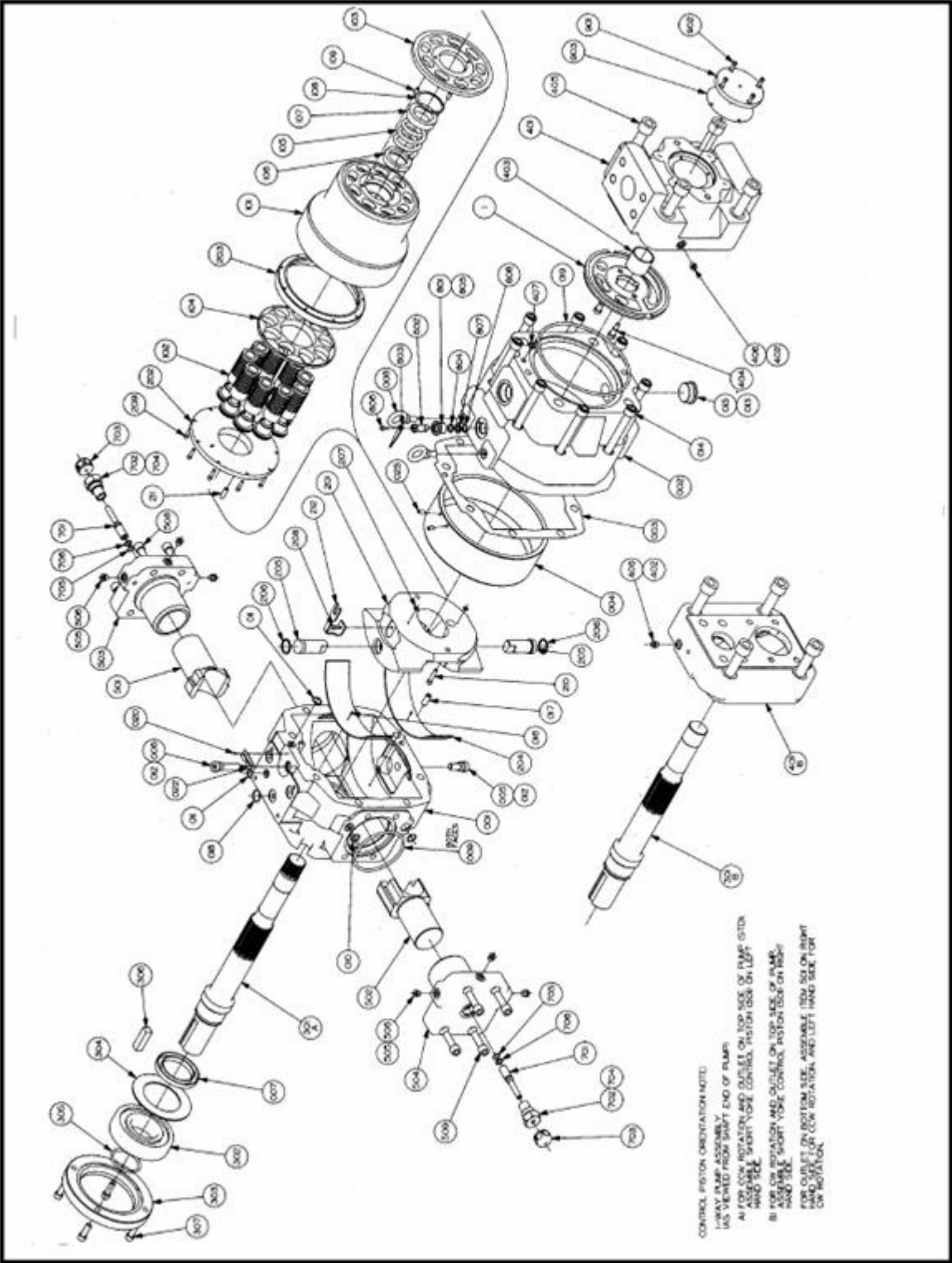
----- . Proceso siderúrgico. [On line]. Nobsa Colombia. Disponible en Internet: <[www.pazdelrio.com.co/herramientas.html](http://www.pazdelrio.com.co/herramientas.html)>

BOMBAS OILGEAR PVV540. Boletines instructivos de operación y montaje. [Online]. Disponible en Internet: <[www.oilgear.com](http://www.oilgear.com)>

Proceso siderúrgico en Acerías Paz del Río S.A. Archivo digital. Biblioteca edificio McKee. Instalaciones planta siderúrgica.

**ANEXO A. DESPIECE Y LISTA DE PIEZAS DE BOMBA OILGEAR PVV540**







**ANEXO B. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DE OPERACIÓN DE BOMBA  
PVV540**



**Technical Bulletin**  
**PVV PUMPS**  
**Application Guide Lines**

ENGINEERING

1

The following information should be considered when applying Oilgear PVV Pumps. These guidelines are to be used to help design systems for continuous duty. Please consult the Oilgear Technical Sales Department when application and/or system requirement vary (even) slightly from the following.

SPECIFICATIONS (Also See "Additional Notes")	PVV 200	PVV 250	PVV 540
<b>DRIVE</b>			
Maximum rpm			
Flooded Inlet (suction)	1800	1800	1500**
Supercharged Inlet	2200	2200	1500**
Minimum rpm			
Flooded Inlet (suction)	300**	300**	600
Supercharged Inlet	300**	300**	600
Torque to turn shaft (ft. lbs.)	14.0	14.0	31.0
** Consult Factory			
<b>Inlet</b>			
Pressure (psia)			
1800 rpm	14.3	14.7	-
1500 rpm	10.8	11.5	**
1200 rpm	8.0	10.0	11.1
Volume (See "Additional Notes")			
** Consult factory			
<b>Output</b>			
Pressure (psi)			
Maximum			
Intermittent	6500	5800	5800
Continuous	6000	5000	5000
Minimum	50 *	50 *	50 *
* Must be maintained at either the inlet or delivery port			
Volume gpm @ rated pressure, rpm indicated and unit set for full displacement (to exceed)	1800 87	1800 107	1200 155
Pumps should not be run at neutral for more than 30 consecutive minutes. For longer times, a 10% minimum stroke should be maintained.			
<b>Case</b>			
Maximum Pressure psi w/Std. Shaft seal	50	50	50
Minimum Drain Size (inch tube)	1	1	1.5
Average case slip (cipm) at 5000 psi	2250	3100	3500
Orientation See Oilgear Service Instructions Bulletin 947028 for horizontal mounting. See Oilgear Service Instruction Bulletin 90014 for vertical mounting.			

Telephone: (414) 327-1700  
 Fax: (414) 327-0532

OILGEAR  
 2300 So. 51st. Street  
 Milwaukee, WI USA 53219

Reissued: August, 2000  
 Bulletin 847028-B



## Technical Bulletin PVV PUMPS

ENGINEERING

2

### Application Guide Lines

SPECIFICATIONS (Also See "Additional Notes")	PVV 200	PVV 250	PVV 540
<b>Control</b>			
Minimum Pilot Pressure (psi) for Volume Controls (VS & RY)	700	700	500
Control piston stroke (inches)	0.96	0.96	1.29
Control piston areas (inches <sup>2</sup> )			
Pressure Controls			
On Stroke	0.57	0.57	1.35
Off Stroke	1.76	1.76	3.14
Volume Controls (VS & RU)			
On & Off are equal	1.76	1.76	7.07
Volume (in. <sup>3</sup> )			
Pressure Controls			
On Stroke	0.55	0.55	1.74
Off Stroke	1.69	1.69	4.05
Volume Controls (VS & RU)			
On & Off stroke are equal	1.69	1.69	9.12
Swashblock angle (deg.) max.	15	15	15
Stroking Rate (msec.) at rated pressure			
Pressure Controls (minimum)*			
On Stroke	140	140	140
Off Stroke	100	100	100
Volume Controls (VS & RU) with minimum control psi			
On and Off stroke	375	375	375
* Fastest possible time; stroking times may be slower... depending on conditions. Consult Oilgear Technical Sales Department.			
<b>Fluids</b> Also see "Additional Notes" for filtration and contamination levels. Pump should be run only with anti-wear fluids.			
Viscosity SSU			
Minimum	80	80	80
Maximum	2000	2000	2000
Operating Temperature (F°)*			
Inlet			
Maximum	160	160	160
Minimum	-20	-20	-20
Case maximum	210	210	200
* Minimum and maximum viscosities should be observed.			

Reissued: August, 2000  
Bulletin 847028-B

OILGEAR  
2300 So. 51st. Street  
Milwaukee, WI USA 53219

Telephone: (414) 327-1700  
Fax: (414) 327-0532



**Technical Bulletin**  
**PV PUMPS**  
**Application Guide Lines**

ENGINEERING

3

**ADDITIONAL NOTES**

**Inlet**

1. Free sucking circuits must be arranged to insure pump will "prime" when started.
2. When supercharging, (a) Maximum allowable supercharge pressure is 200 psi (b) 5 % of maximum is recommended for partial supercharge when using a suction check valve (c) 105 % volume required to fully supercharge units.

**Case**

1. **Drain** (a) Fill case with fluid before starting (b) Arrange case drain line to keep case full of fluid (c) Use a minimum of bends returning case drain line to reservoir below minimum fluid level.
2. **Orientation** (a) Pump orientation is not restricted. But, case drain must be arranged to keep case full of fluid at all times. See Oilgear Service Bulletin 947028 or 947029 for horizontally mounted units. *For vertically mounted units, see Bulletin 90014 "Service Instructions, Installation of Vertically Mounted Axial Piston Units".*

**Control**

1. Case bleed of 2 gpm is recommended for volume controlled pumps and/or pumps hydraulically remote controlled. Note:- a bleed orifice is incorporated internally on all servo valve (VS) controlled pumps.

**Fluid**

1. **Filtration** (a) At least 1/3 of pump volume must be filtered with an element having a  $B_{10}=15$ . (b) All fluid to a swing-plate servo valve control must be filtered with an element having a  $B_{10}=15$  (c) All fluid to other servo valve controls must be through a  $B_{10} 75$  element.
2. **Contamination** level of ISO code 18/15 is maximum and a 0.1% of water is maximum level.

**Start-up**

1. **Priming** (a) Valves may be necessary to bleed air from high pressure lines.
2. **Horizontal mounted units** (a) Top of case must be level with (or below) minimum reservoir fluid level or (b) Free sucking horizontal units mounted on top of reservoir must be partially supercharged or dump full pump delivery into reservoir at 10 psi (or less) for 15 seconds to purge (burp) the inlet air.
3. **Vertical mounted units** – See Bulletin 90014, "Service Instructions; Installation of Vertically Mounted Axial Piston Pumps."

Telephone: (414) 327-1700  
Fax: (414) 327-0532

OILGEAR  
2300 So. 51st. Street  
Milwaukee, WI USA 53219

Reissued: August, 2000  
Bulletin 847028-B

**ANEXO C. PLANO HIDRÁULICO GENERAL DEL CIRCUITO DE POTENCIA  
DE LA CIZALLA DE 900 TONELADAS**