

## CAPITULO VII - CARACTERIZACION EXPERIMENTAL DE UNA VÁLVULA DIVISORA/INTEGRADORA.

A continuación se exponen los ensayos realizados y los resultados obtenidos en relación con el funcionamiento de la válvula divisora/integradora.

Los ensayos se llevaron a cabo en la instalación descrita en el apartado anterior; los ensayos específicos realizados son:

### a) Sincronismo de actuadores, modo divisor e integrador, con cargas simétricas.

Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1	Carga actuador 2	Carga actuador 1	Carga actuador 2
0 [N]	0 [N]	0 [N]	0 [N]
Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]	Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]
30	5.00	30	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
50	5.00	50	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
70	5.00	70	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
90	5.00	90	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
Carga actuador 1	Carga actuador 2	Carga actuador 1	Carga actuador 2
560 [N]	560 [N]	560 [N]	560 [N]
Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]	Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]
30	5.00	30	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
50	5.00	50	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
70	5.00	70	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
90	5.00	90	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50

Tabla 7-1. Cargas simétricas.

**b) Sincronismo de actuadores, modo divisor e integrador, con cargas asimétricas.**

Para desarrollar la experimentación se procede secuencialmente con los siguientes ensayos:

Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1	Carga actuador 2	Carga actuador 1	Carga actuador 2
560 [N]	0 [N]	560 [N]	0 [N]
Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]	Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]
30	5.00	30	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
50	5.00	50	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
70	5.00	70	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
90	5.00	90	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
Carga actuador 1	Carga actuador 2	Carga actuador 1	Carga actuador 2
0 [N]	560 [N]	0 [N]	560 [N]
Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]	Presión [bar]	V <sub>consigna</sub> [voltios]
30	5.00	30	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
50	5.00	50	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
70	5.00	70	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50
90	5.00	90	0.00
	4.25		0.75
	3.50		1.50

Tabla 7-2. Cargas asimétricas.

De las tablas 7-1 y 7-2, se tiene que:

- Columna 1, fila 3: Carga en N en el actuador 1.
- Columna 2, fila 3: Carga en N en el actuador 2.
- Columna 1: Presión de alimentación del grupo de presión.
- Columna 2: Voltaje de consigna con que es excitada la bobina “a” de la válvula VCD.
- Columna 3: Presión de alimentación del grupo de presión.
- Columna 4: Voltaje de consigna con que es excitada la bobina “b” de la válvula VCD.
- Total de ensayos: 96.

## 7.1 Resultados experimentales.

En las figuras 7-1 y 7-2, se han comparado los resultados experimentales obtenidos con relación a los errores de caudal y errores de posición de la válvula divisora/integradora trabajando como unidad divisora (figura 7-1) y como unidad integradora (figura 7-2).

En general, se ha puesto en evidencia que el comportamiento de la válvula divisora/integradora trabajando como unidad integradora da mejores prestaciones que como divisora.

Aunque las correlaciones experimentales presentadas entre error de caudal y error de posición son totalmente asumibles por la teoría establecida ya que se debe cumplir que  $E_{posición} = 2E_{caudal}$ , es necesario profundizar en la naturaleza de estos errores.

$$E_{posición} = \frac{\Delta Z}{L} = \frac{Z_1 - Z_2}{L}$$

$$E_{caudal} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_T} \cong \frac{\Delta Z}{t} \cdot \frac{S_{pistón}}{Q_T}$$

Para ello en las figuras 7-3 y 7-4 se han graficado los resultados experimentales obtenidos durante el ensayo de la válvula divisora/integradora actuando como elemento divisor, y atendiendo el tipo de carga.

Así pues, en la figura 7-3 para dos situaciones de cargas simétricas,

- a)  $F_1 = F_2 = 0$  y,
- b)  $F_1 = F_2 = 560$  N.

Se puede colegir que el error de caudal se mantiene en el intervalo (3% - 4%), prácticamente independiente del caudal inyectado.

De mayor significado, en la figura 7-4 se muestran los resultados obtenidos para dos situaciones de carga asimétricas:

- a)  $F_1 = 560$  N       $F_2 = 0$  N.
- b)  $F_1 = 0$  N       $F_2 = 560$  N.

De esta gráfica cabe destacar que cuando la asimetría de cargas contrarresta los efectos negativos de las fugas (debido a tolerancias de mecanizado) los errores de caudal quedan acotados dentro del intervalo ( $1\% \pm 0.5\%$ ). Por contra, cuando los efectos se acumulan, entonces los errores ascienden a valores del orden de  $4\% \pm 0.5\%$ .

Análogas conclusiones se pueden deducir de los resultados experimentales obtenidos y representados en las figuras 7-5 y 7-6 con una válvula divisora/integradora cuando funciona como elemento integrador. Si cabe, en este caso, hay que mencionar que cuando los efectos negativos debidos a las fugas y a la asimetría de carga se superponen, el error de caudal aumenta proporcionalmente a la presión de alimentación o con el caudal inyectado a la vía de entrada de la válvula.

A título de ejemplo, en las figuras 7-7 y 7-8 se han representado las evoluciones temporales de los desplazamientos de los cilindros oleohidráulicos. En ellas se pone de relieve la superposición de efectos que influyen sobre el error de desplazamiento.

Estas constataciones experimentales vienen a confirmar las conclusiones expuestas en el capítulo V como consecuencia del análisis del comportamiento dinámico de las válvulas divisoras en base a una modificación mediante diagrama de enlaces (Bond graph) (vease figuras 5-46 y 5-47, así como, figuras 5-51 y 5-52).

De los resultados experimentales obtenidos en esta serie de ensayos se observa que hay una compensación del error de desplazamiento al final de carrera. Esta compensación se alcanza como consecuencia de las fugas que tienen lugar entre el conducto anular camisa/corredera en el elemento compensador.

En la figura 7-9 se han graficado los resultados experimentales obtenidos, de ellos se puede colegir que la impedancia (valor medio) de este conducto anular es del orden de  $K = 4.27 \frac{cm^3 / s}{MPa}$  que equivale a una impedancia  $R = 0.234 \frac{cm^3 / s}{MPa}$  y aproximadamente igual a un huelgo equivalente entre 12 a 15  $\mu m$  (vease figura 5-37).

De la curva de correlación  $Q(P(bar)) = 38.9Q + 18.98$ , se deduce que  $Q = 4.27 P$ , y por tanto, de aquí se deduce,  $K = 4.27 \frac{cm^3 / s}{MPa}$

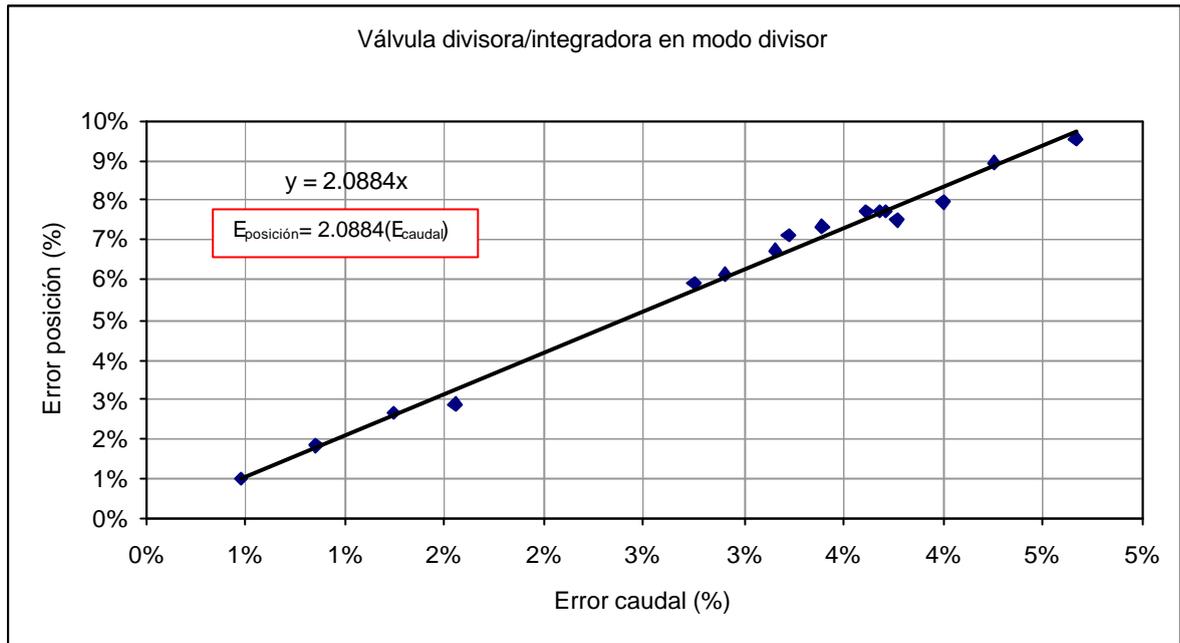


Figura 7-1. Gráfica Error de posición vs error de caudal (válvula en modo divisor).

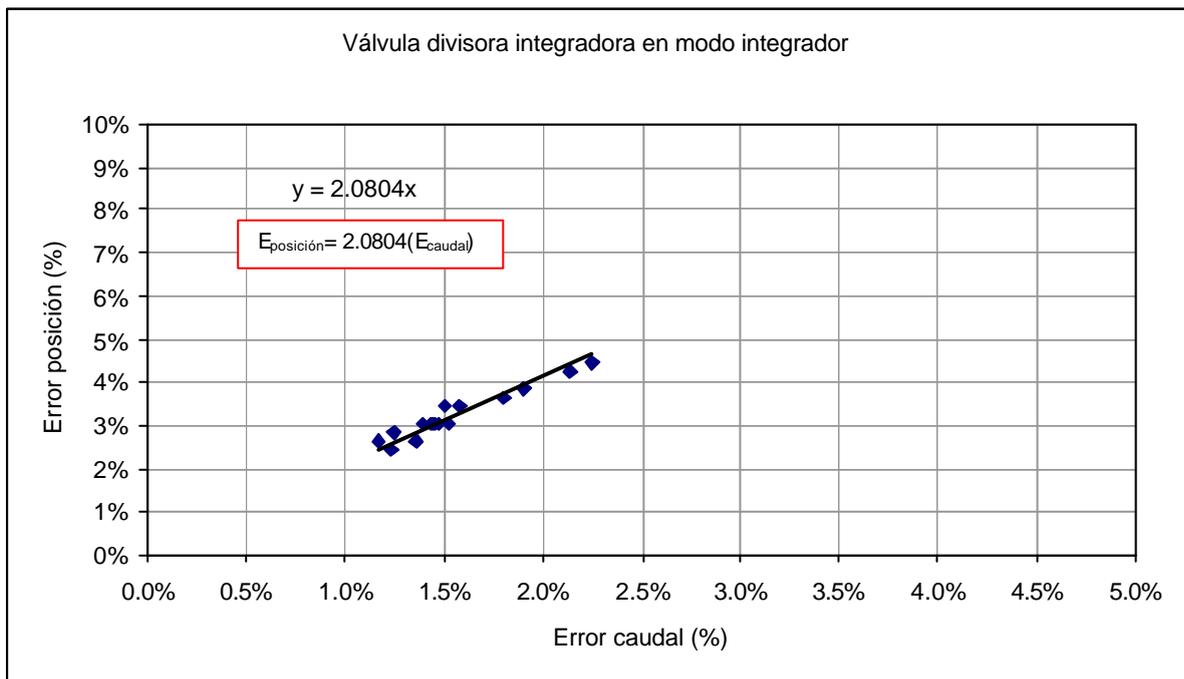


Figura 7-2. Gráfica Error de posición vs error de caudal (válvula en modo integrador).

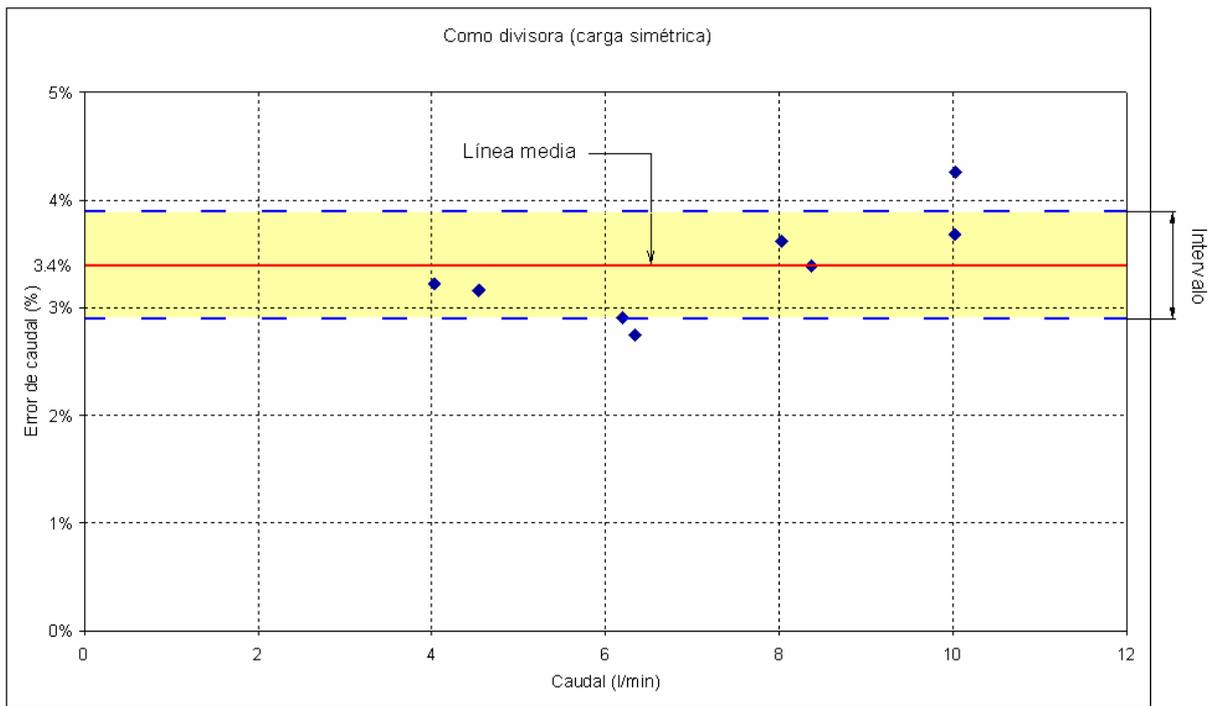


Figura 7-3. Error de caudal [%] vs caudal [l/min], como divisora. (Carga simétrica).

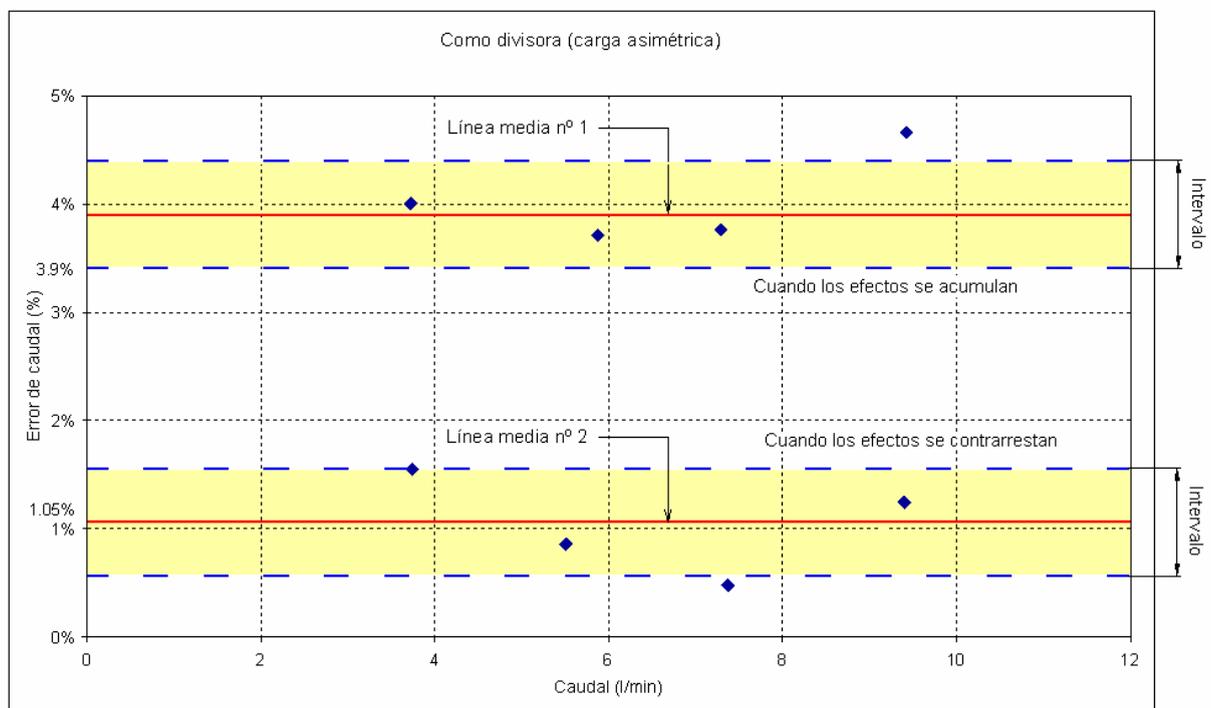


Figura 7-4. Error de caudal [%] vs caudal [l/min], como divisora (Carga asimétrica).

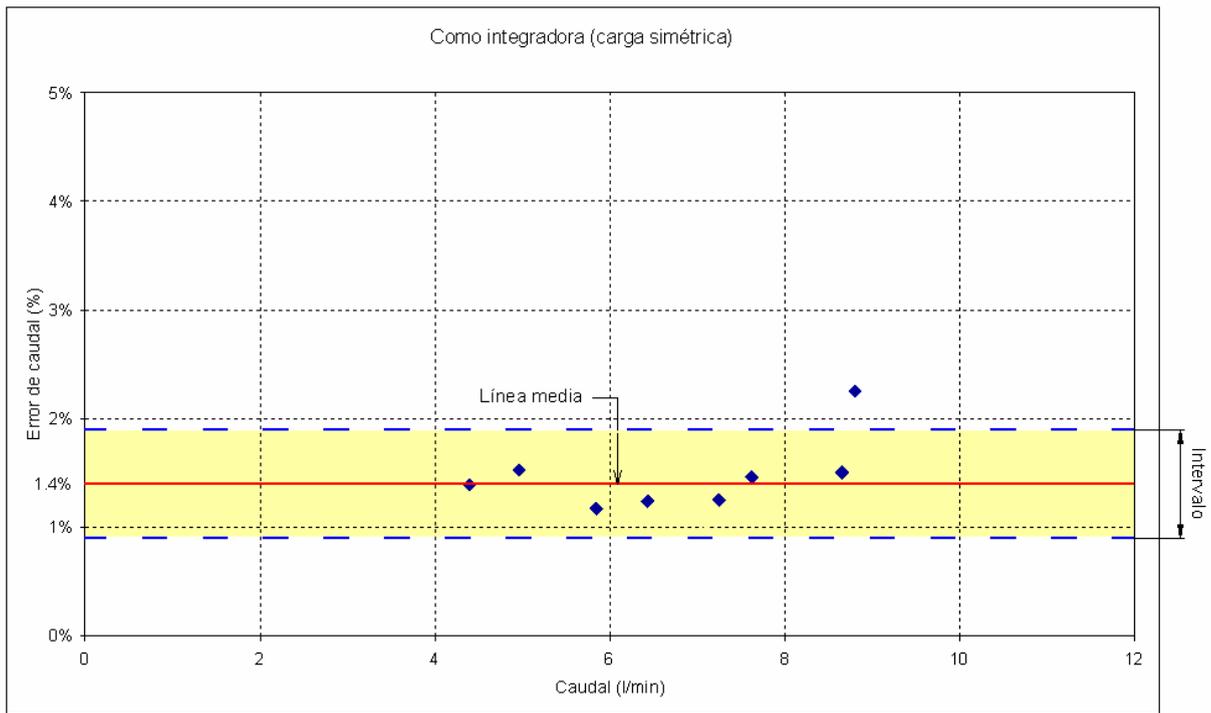


Figura 7-5. Error de caudal [%] vs caudal [l/min], como integradora. (Carga simétrica).

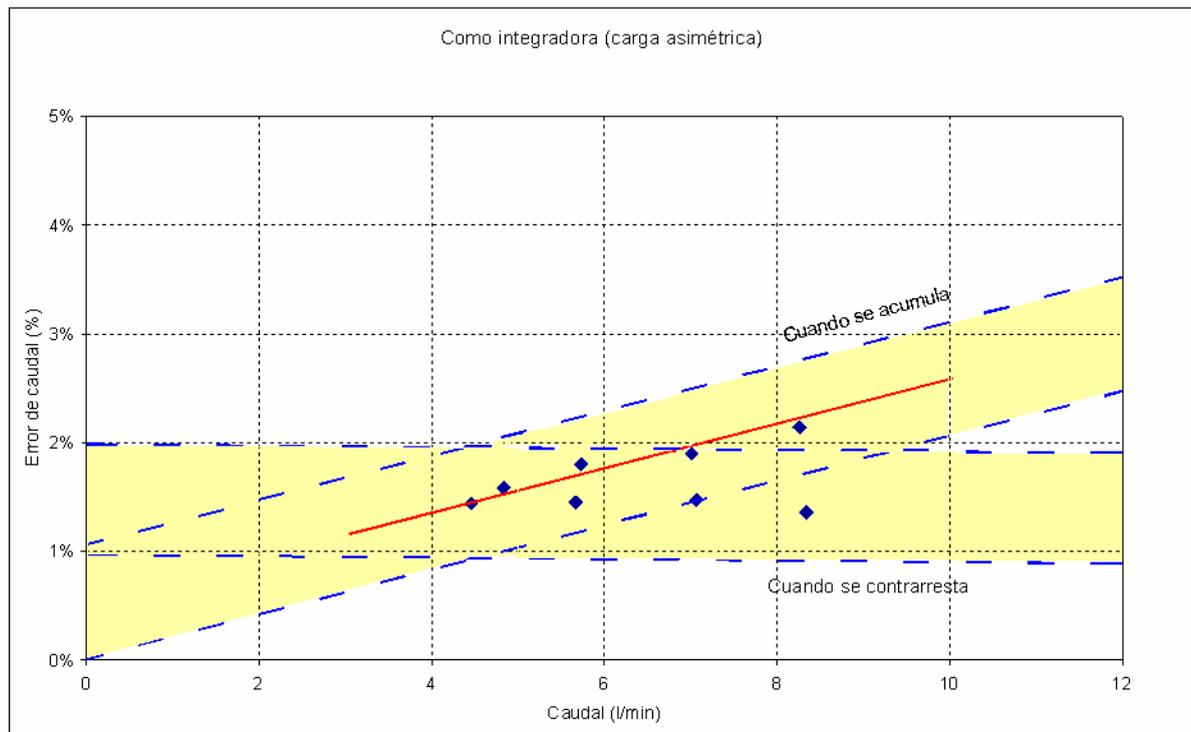


Figura 7-6. Error de caudal [%] vs caudal [l/min], como integradora. (Carga asimétrica).

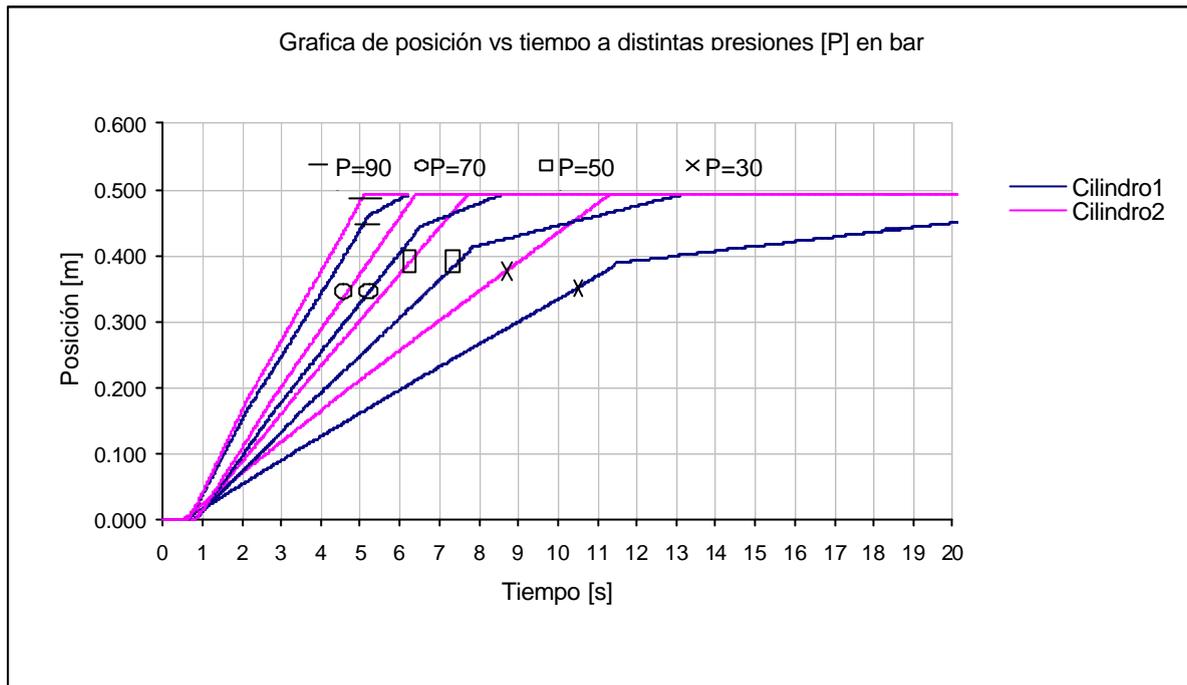


Figura 7-7. Cilindro1 = 560 N, Cilindro2 = 0 N, a 30, 50, 70 y 90 bar de presión de alimentación.

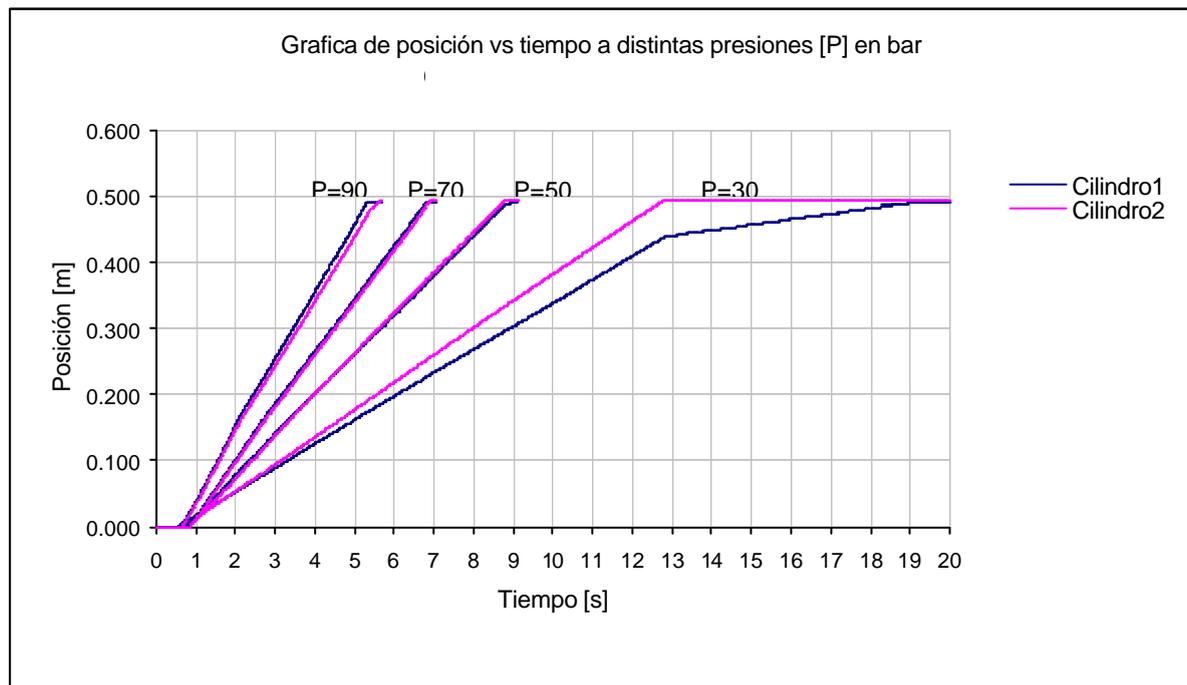


Figura 7-8. Cilindro1 = 0 N, Cilindro2 = 560 N, a 30, 50, 70 y 90 bar de presión de alimentación.



Cuando uno de los actuadores alcanza su final de carrera como consecuencia de la pérdida del sincronismo por desplazamientos entre ambos actuadores, en el interior de la válvula divisora (con mucha frecuencia) se originan diferenciales de presión que causan el denominado bloqueo oleohidráulico. Este fenómeno es ampliamente descrito en los capítulos III y IV. Con el objetivo de eliminar o minimizar su efecto, se procedió a diseñar y construir en cada una de las correderas de la válvula un orificio antibloqueo de  $F 1$  mm, tal como se aprecia en las figuras 7-10 y 7-11.

Para valorar el orificio antibloqueo construido en la pieza, se programaron cuatro ensayos utilizando las diferentes muestras de correderas y mecanizadas a distintas tolerancias. La presión utilizada para estos ensayos fue de 90 bar, y se aplico una carga sobre el actuador 2 de 560 N.

A continuación se muestran dos ejemplos de los resultados obtenidos de la experimentación.

Los citados resultados ponen en evidencia la bondad de la solución propuesta, aunque se es consciente que puede optimizarse.

Para completar este capítulo, consideramos de interés mostrar uno de los ejemplos comparativos (figura 7-15) realizados entre los resultados experimentales obtenidos y los resultados numéricos calculado con la ayuda de los modelos desarrollados en base a los diagramas de enlaces (Bond graph). Y que sirvieron inicialmente como piedra de toque para validar los citados modelos.

A la vista de los resultados presentados hasta este momento, se hace evidente la importancia de las fugas y confirma los análisis presentados en el capítulo anterior. Sin embargo, pretendemos tratarlo con más profundidad en el siguiente capítulo.

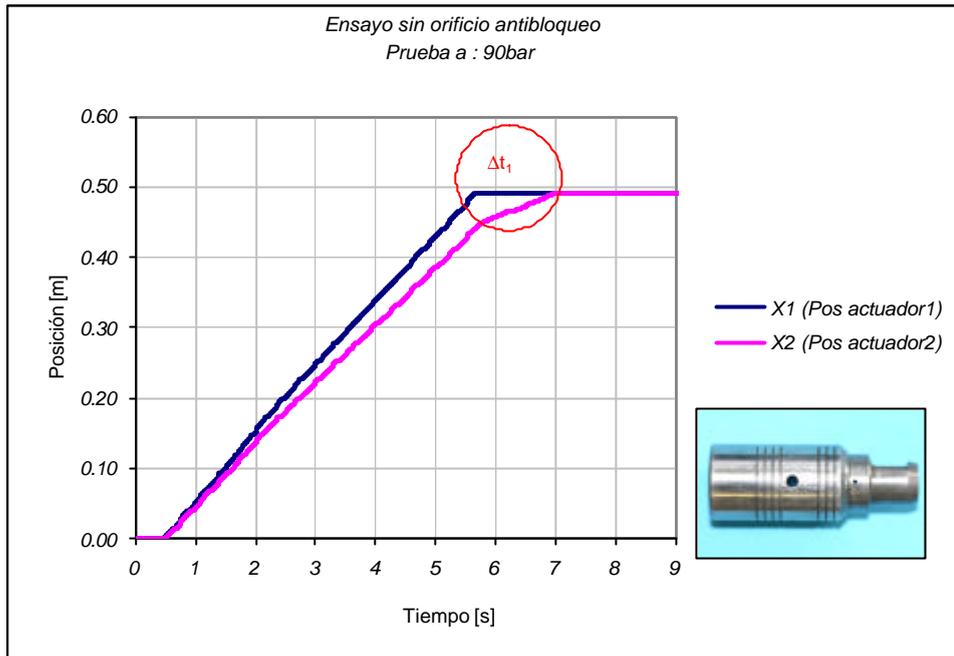


Figura 7-12. Ensayo sin orificio antibloqueo.

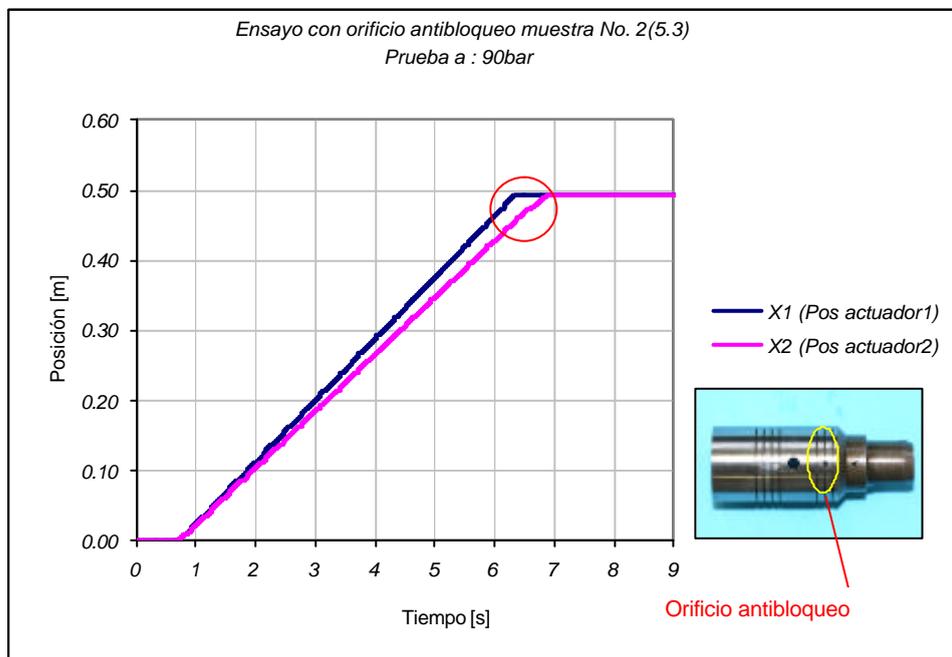


Figura 7-13. Ensayo con orificio antibloqueo.

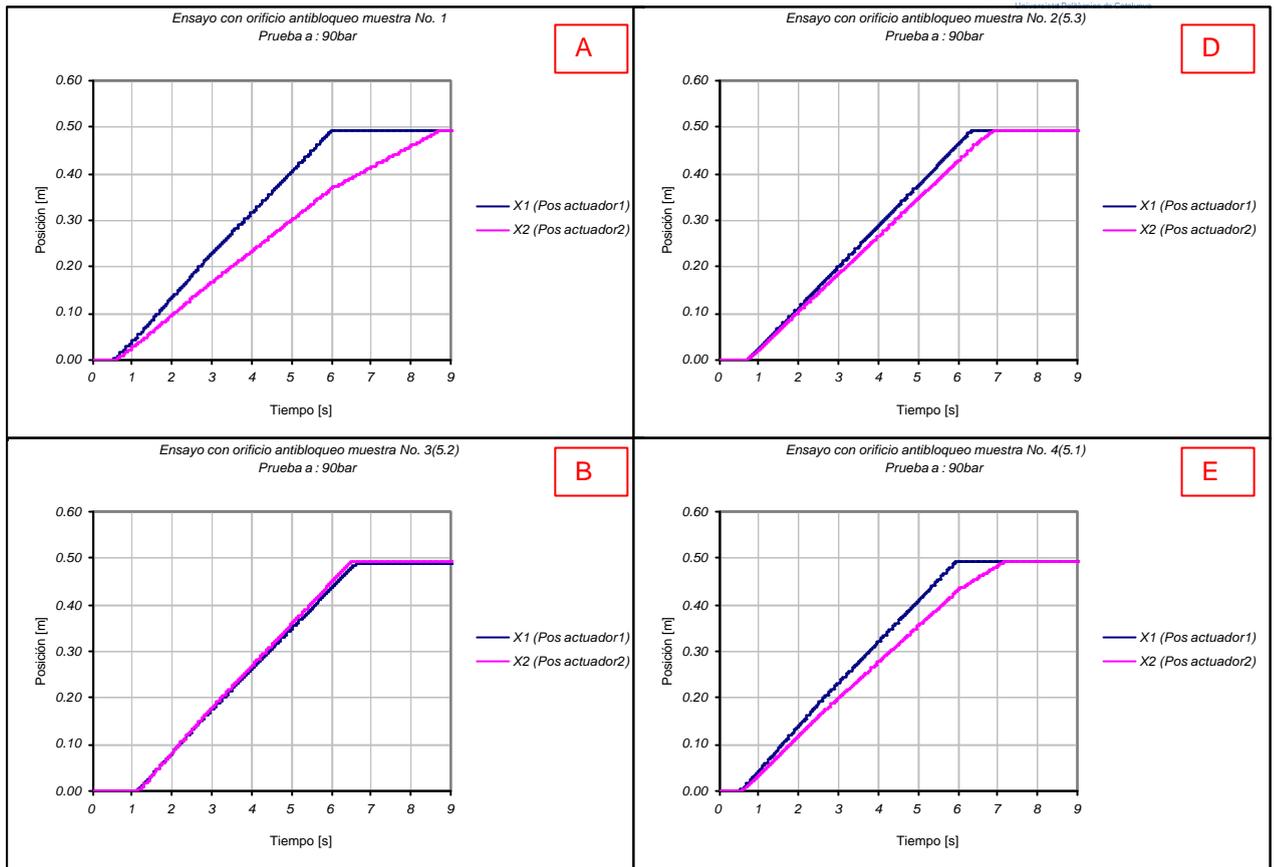


Figura 7-14. Resultados obtenidos con las 4 muestras de correderas con orificios antibloqueo ensayadas.

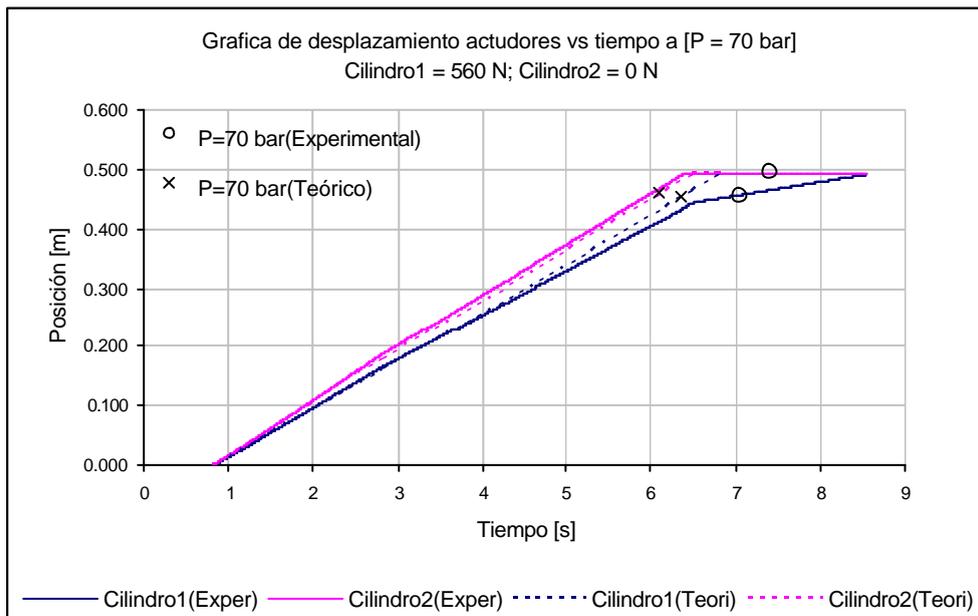


Figura 7-15. Comparación entre desplazamientos teóricos y experimentales.