



FLUJO TRANSITORIO EN SISTEMAS A PRESIÓN DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Jorge García-Serra García
Instituto Tecnológico del Agua
Universidad Politécnica de Valencia

DISPOSITIVOS PROTECCIÓN

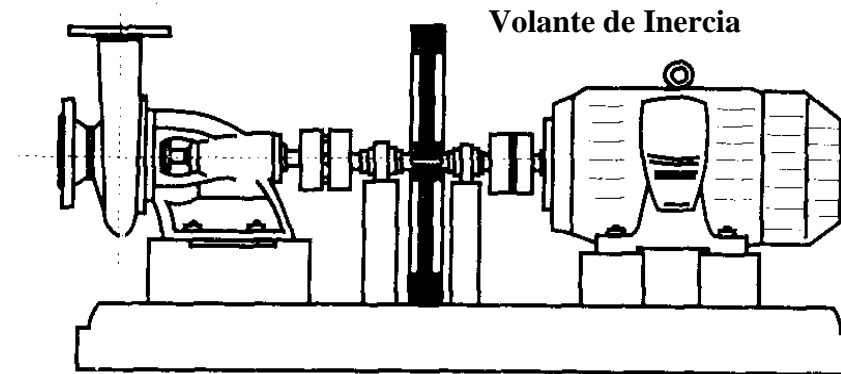
$$\Delta H = -\frac{a\Delta V}{g}$$

Las ondas de presión se generan por cambios de velocidad.

- Volantes de Inercia
- “Valve strocking” (Maniobra de válvulas)
- Chimenas de equilibrio
- Tanques unidireccionales
- Calderines
- By-pass
- Ventosas
- Válvulas de alivio y anticipadoras de onda

Volantes de Inercia (1)

Ralentizar la parada de la bomba para que el flujo se detenga más lentamente. Actúa sobre la causa. Presenta problemas en arranque (mayor duración). Efectivo ante fallo de energía eléctrica



Altura-Caudal: $H_b = AQ^2 + B\alpha Q + C\alpha^2$

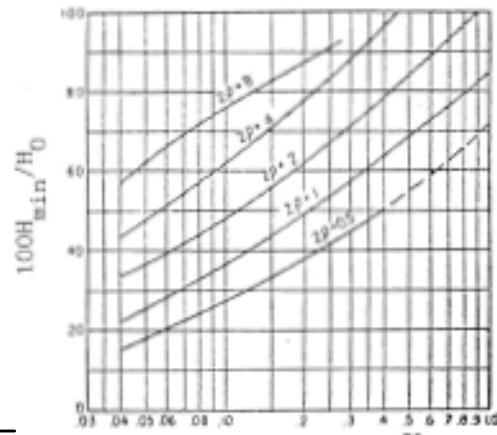
Par: $M = \frac{\text{Pot.}}{\omega} = \frac{\gamma Q H_b}{\eta \cdot \omega}$

Inercia $M = - I \frac{d\omega}{dt}$

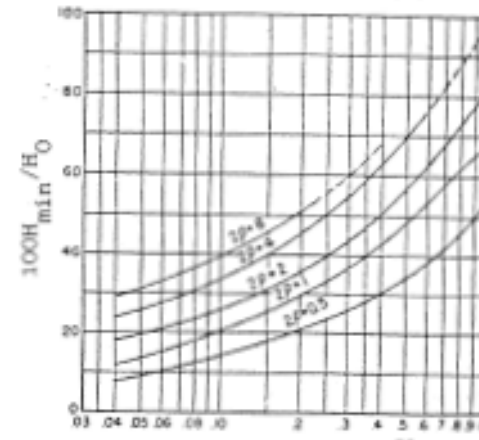
Volantes de Inercia (2)

$$K = \frac{M_0}{2 I w_0}$$

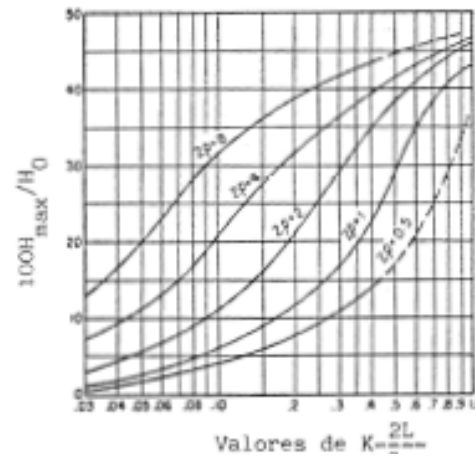
$$2\rho = \frac{a \cdot V_0}{g \cdot H_0}$$



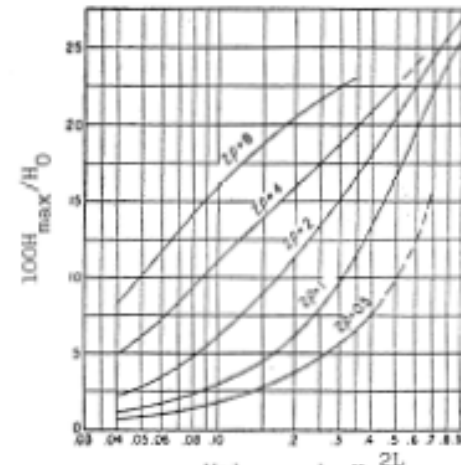
DEPRESION EN BOMBA



DEPRESION EN PUNTO MEDIO



SOBREPRESION EN BOMBA

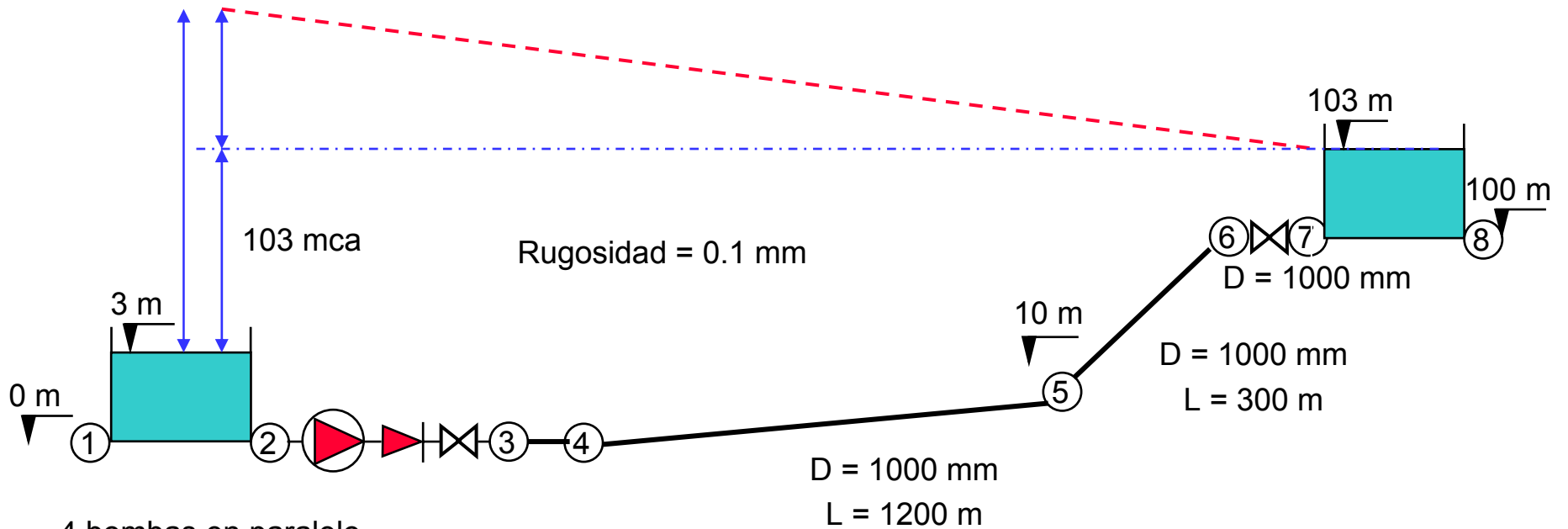


SOBREPRESION EN PUNTO MEDIO

Abacos de Parmakian

IMPULSIÓN PERFIL CÓNCAVO B. G.D.A. por parada de bomba

Influencia del Momento de Inercia (Volante de inercia)



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 25 \text{ Kg.m}^2$ $H = 110 \text{ mca}$ $Q = 300 \text{ l/s}$

$P = 360 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

$Q = 1258 \text{ l/s}$

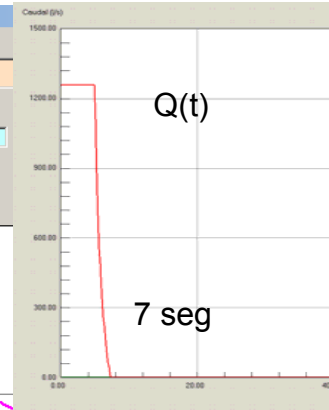
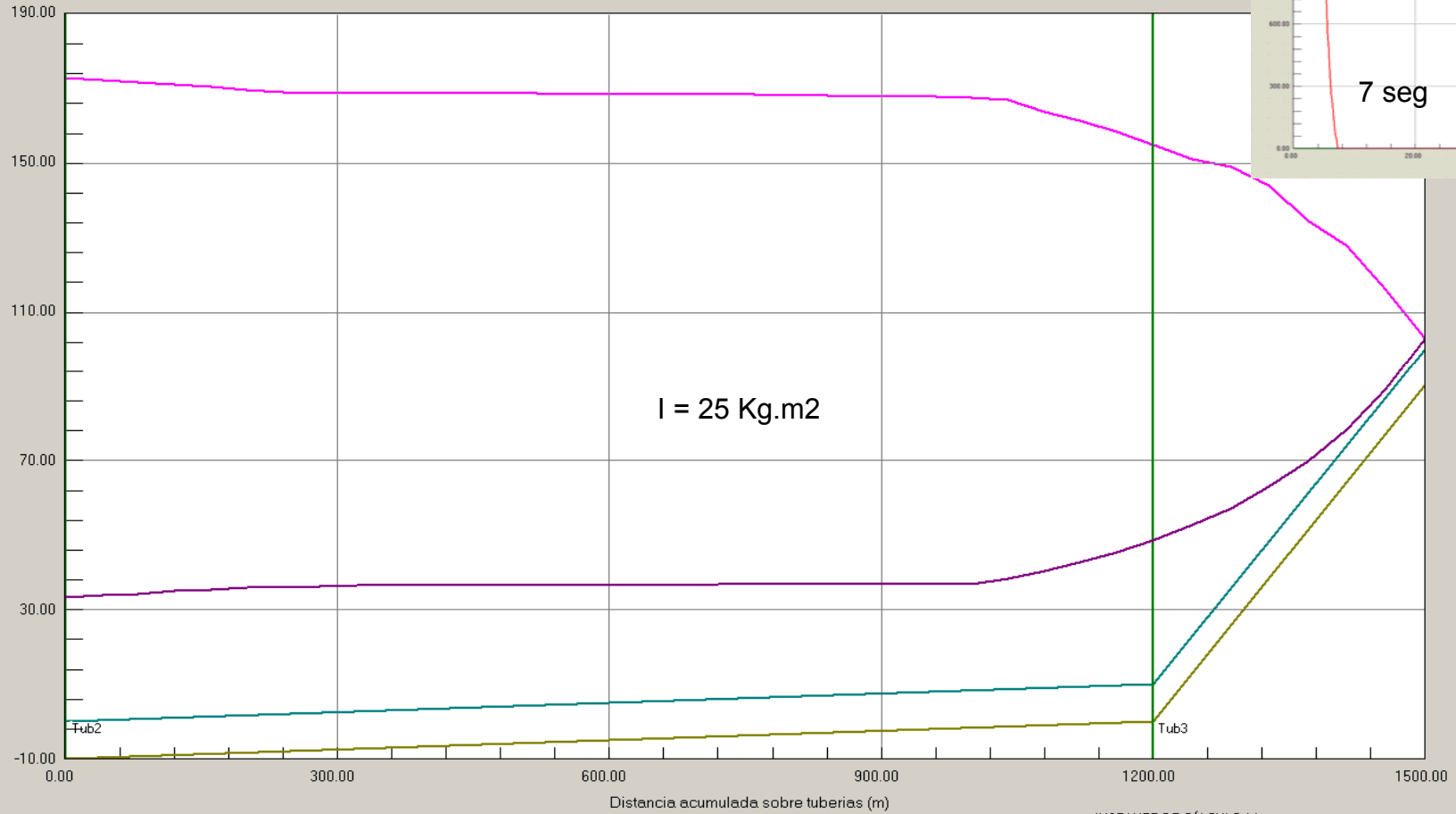
$H = 102 \text{ mca}$

Imp cóncavo B SIN Protección I 25 Kg.m2

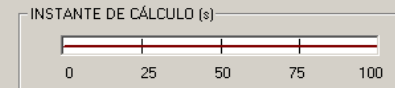
Instante de cálculo 0 h 1 m 40 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS

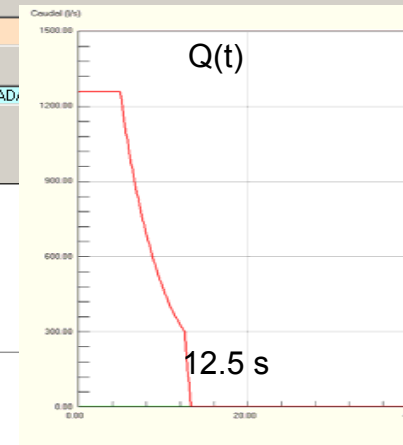
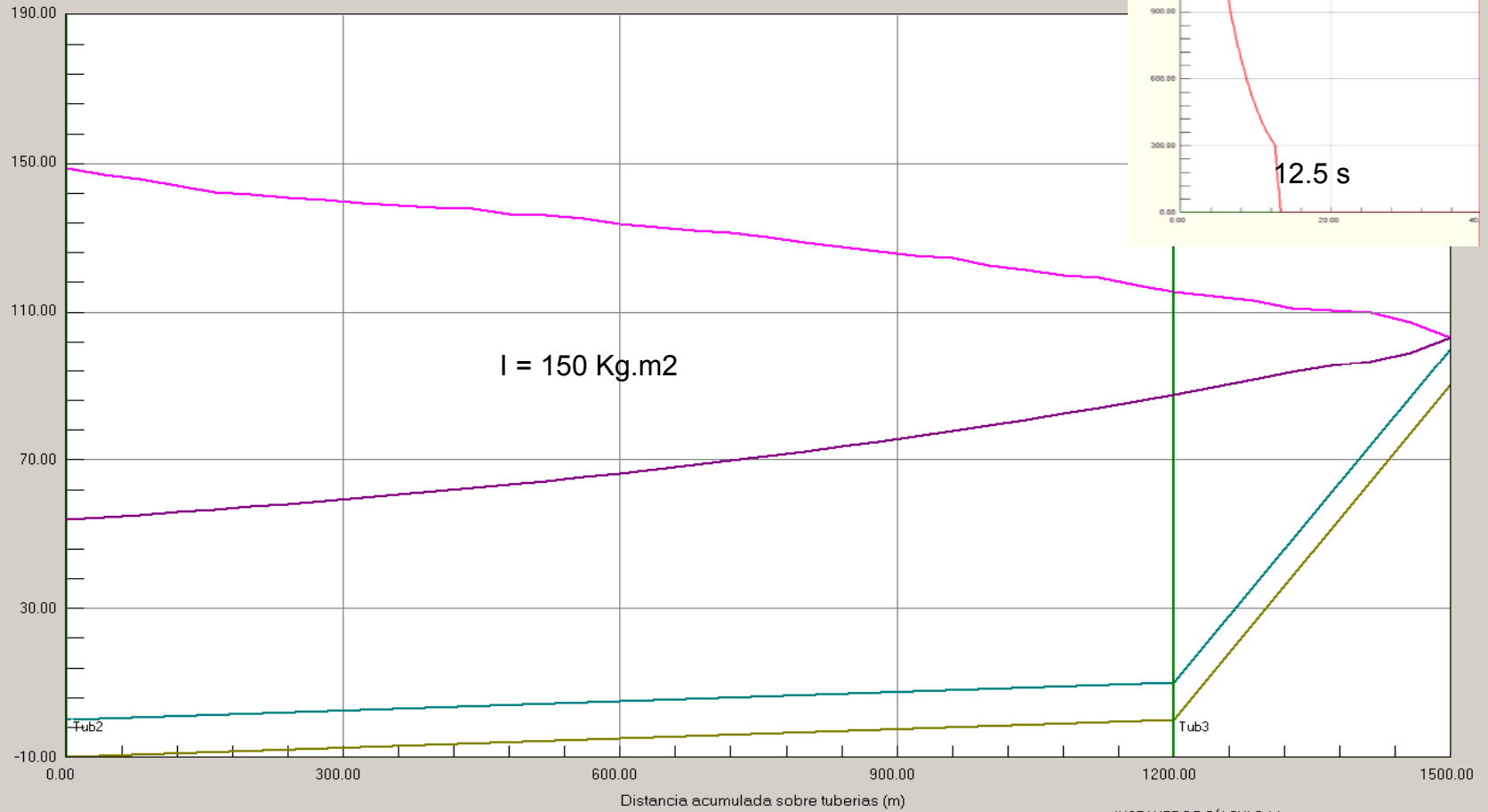


Imp cóncavo B SIN Protección I 150 Kg.m2

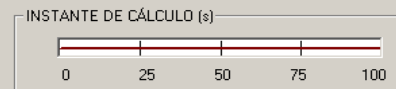
Instante de cálculo 0 h 1 m 40 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)

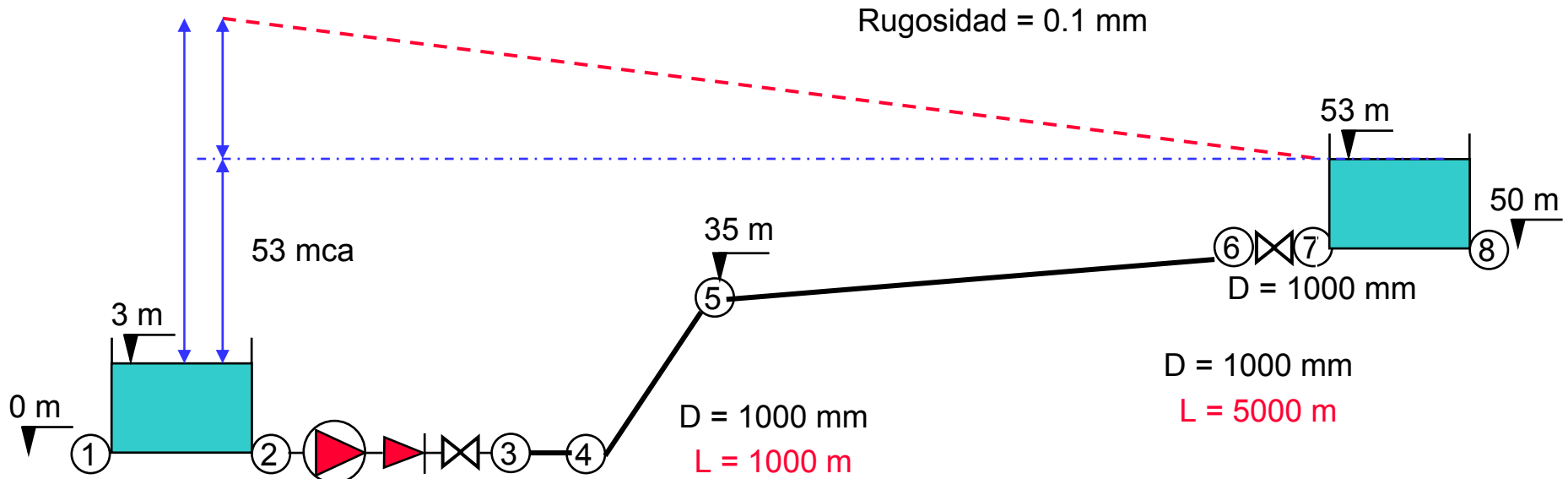


ATRÁS



IMPULSIÓN PERFIL CONVEXO A. G.D.A. por parada de bomba

Influencia del Momento de Inercia (Volante de inercia)



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 20 \text{ Kg.m}^2$ $H = 70 \text{ mca}$ $Q = 416 \text{ l/s}$

$P = 400 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

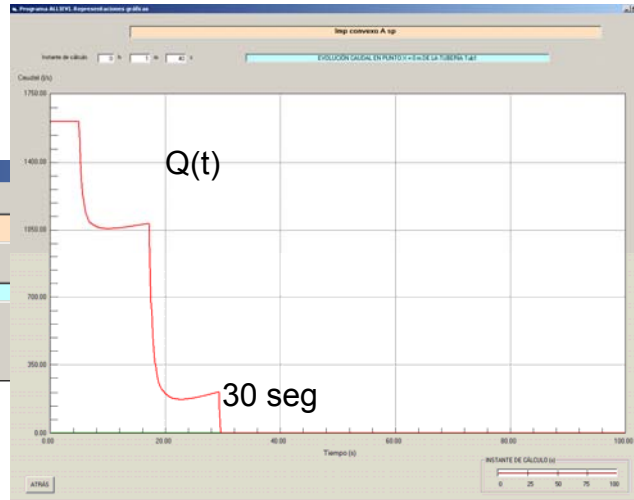
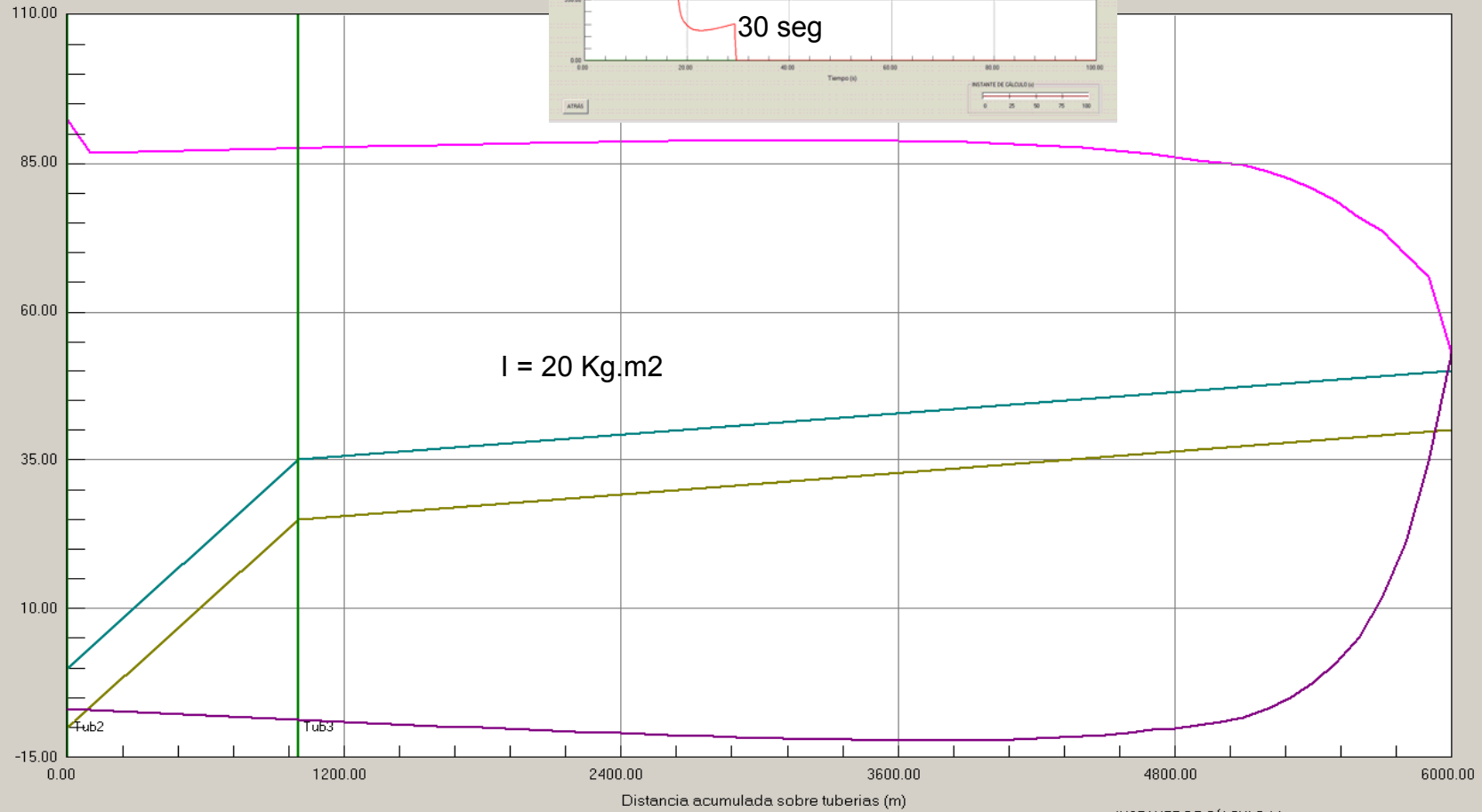
$Q = 1609 \text{ l/s}$

$H = 67 \text{ mca}$

Programa ALLIEVI. Representaciones gráficas

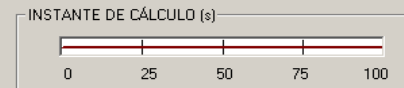
Instante de cálculo 0 h 1 m 40 s

Altura piezométrica (m.c.Agua)



DAS

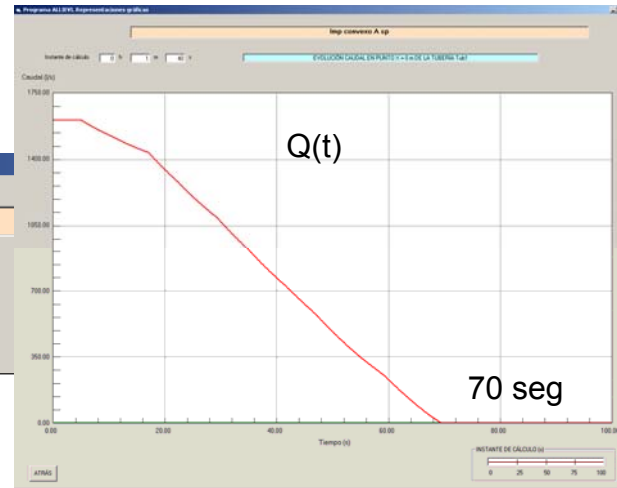
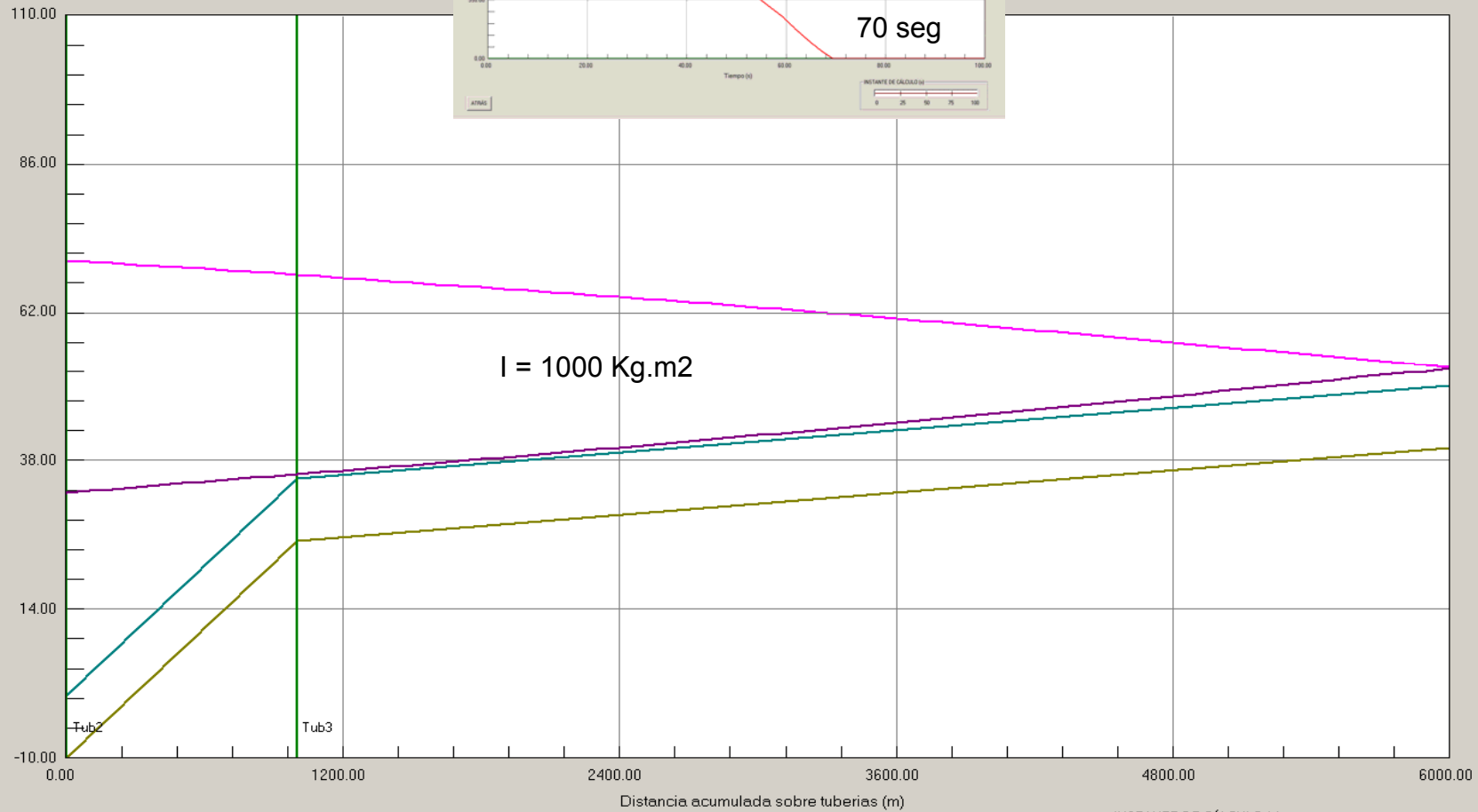
ATRÁS



Programa ALLIEVI. Representaciones gráficas

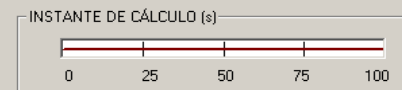
Instante de cálculo h m s

Altura piezométrica (m.c.Agua)



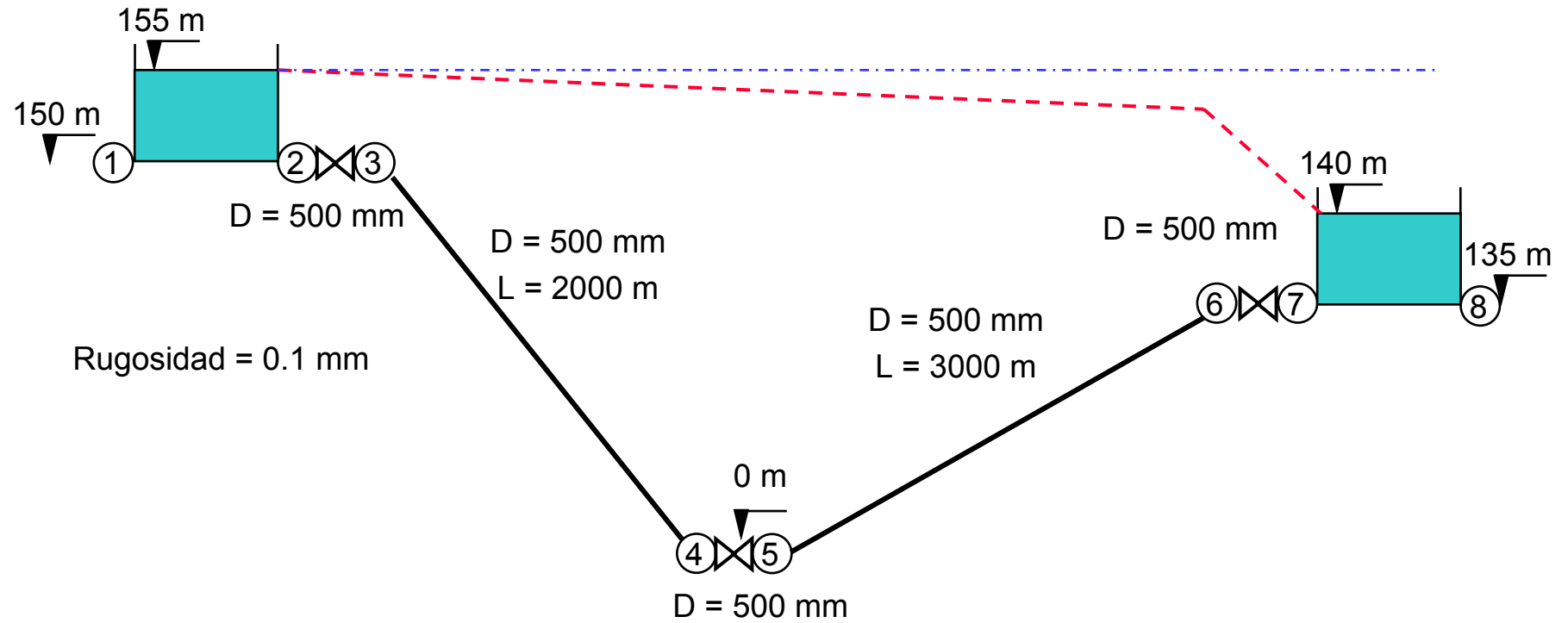
RIAS SELECCIONADAS

ATRÁS

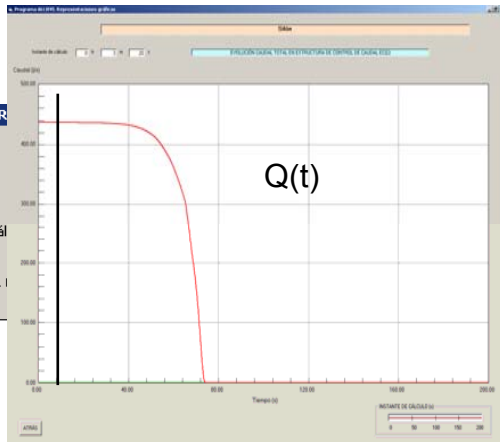


“Valve strocking” (Maniobra de válvulas)

- Ralentizar la parada del flujo en operación normal de la bomba (arranques/paradas).
- Detienen el flujo lentamente (dQ/dt bajo)
- No efectivo si fallo E. eléctrica, por lo que es necesario otros dispositivos de protección.
- Estudio de maniobra de Válvula en aducciones por gravedad

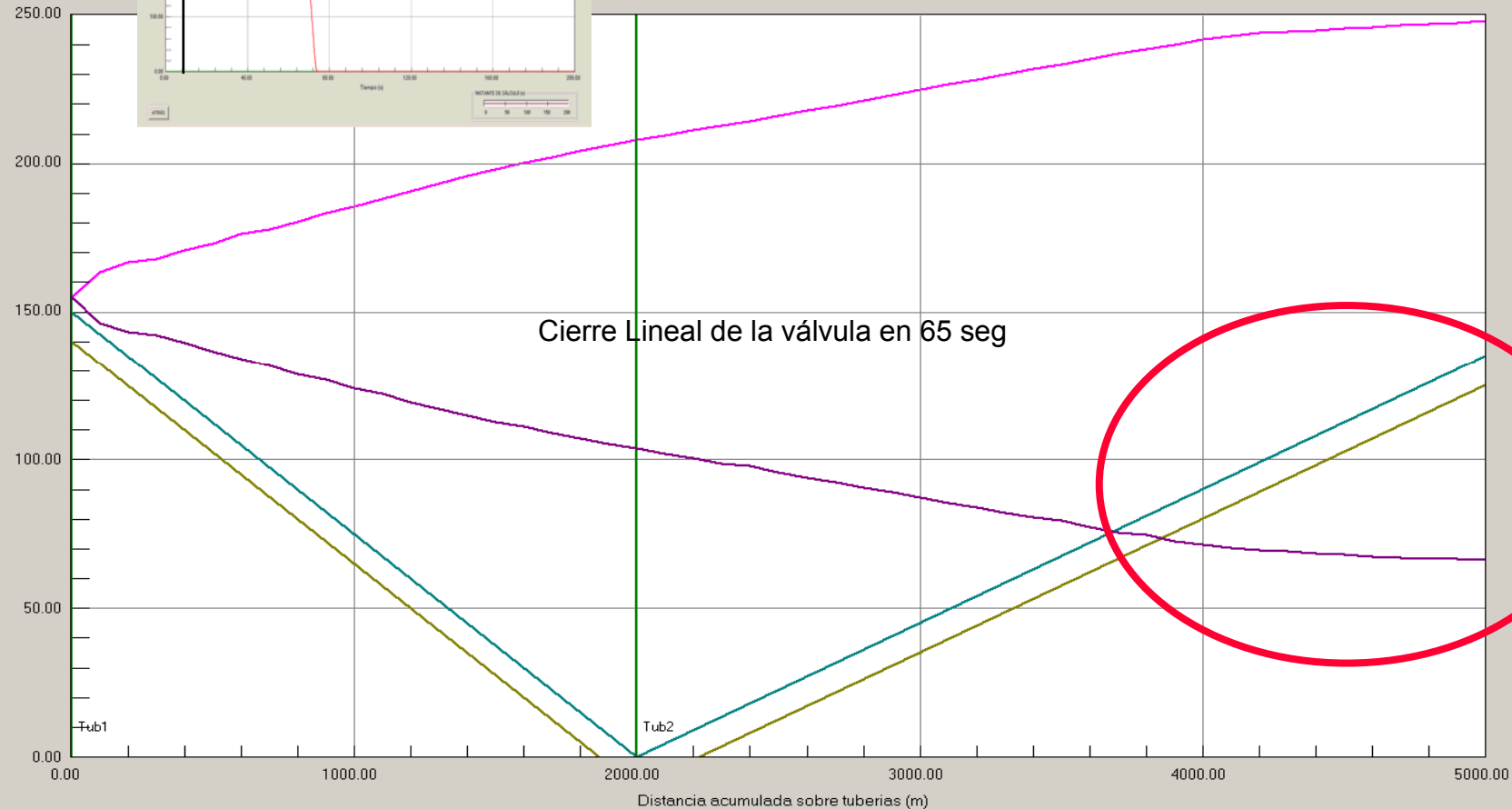


Programa ALLIEVI. R

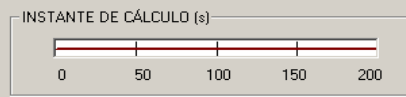


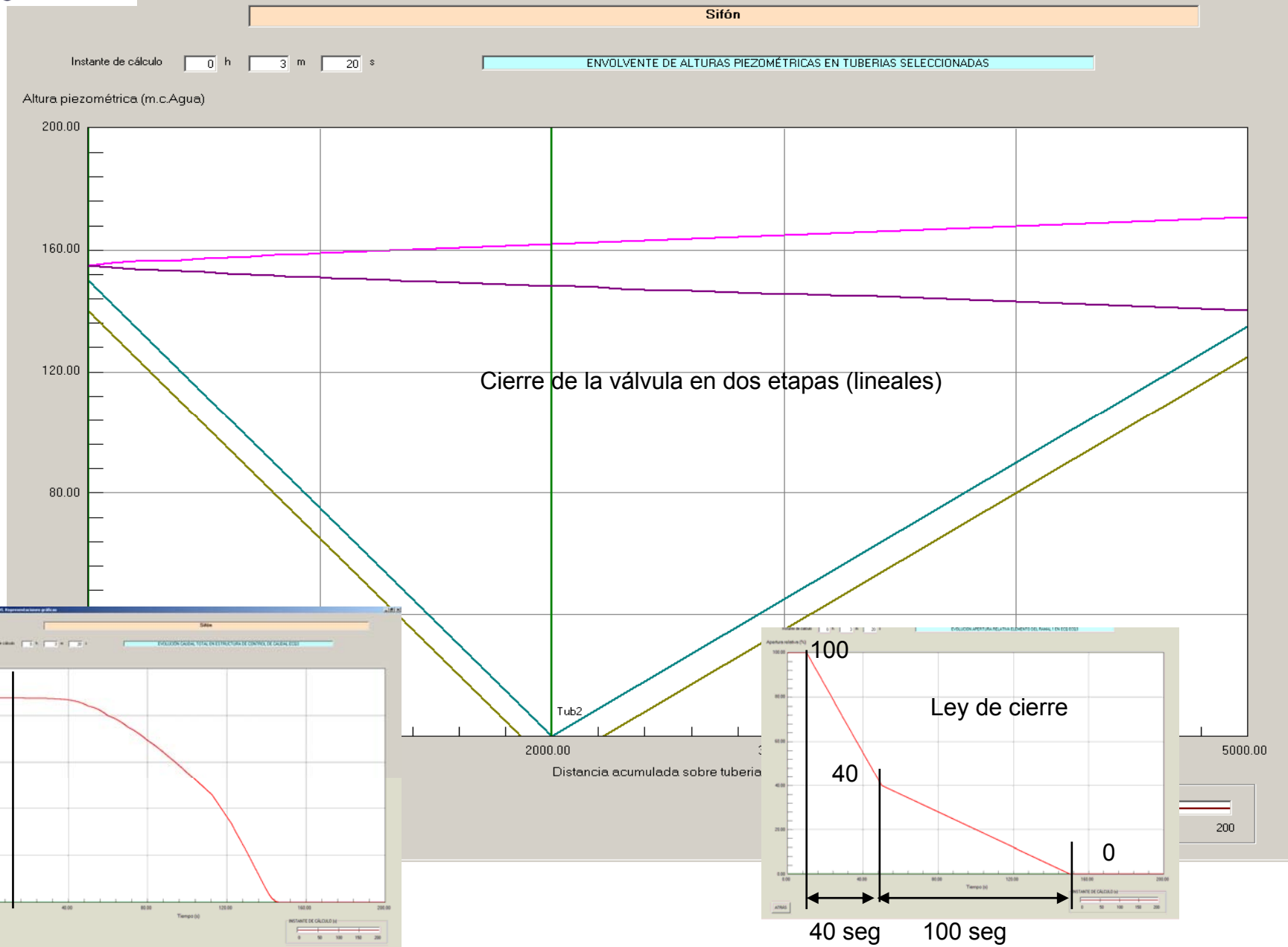
Instante de cál

Altura piezométrica



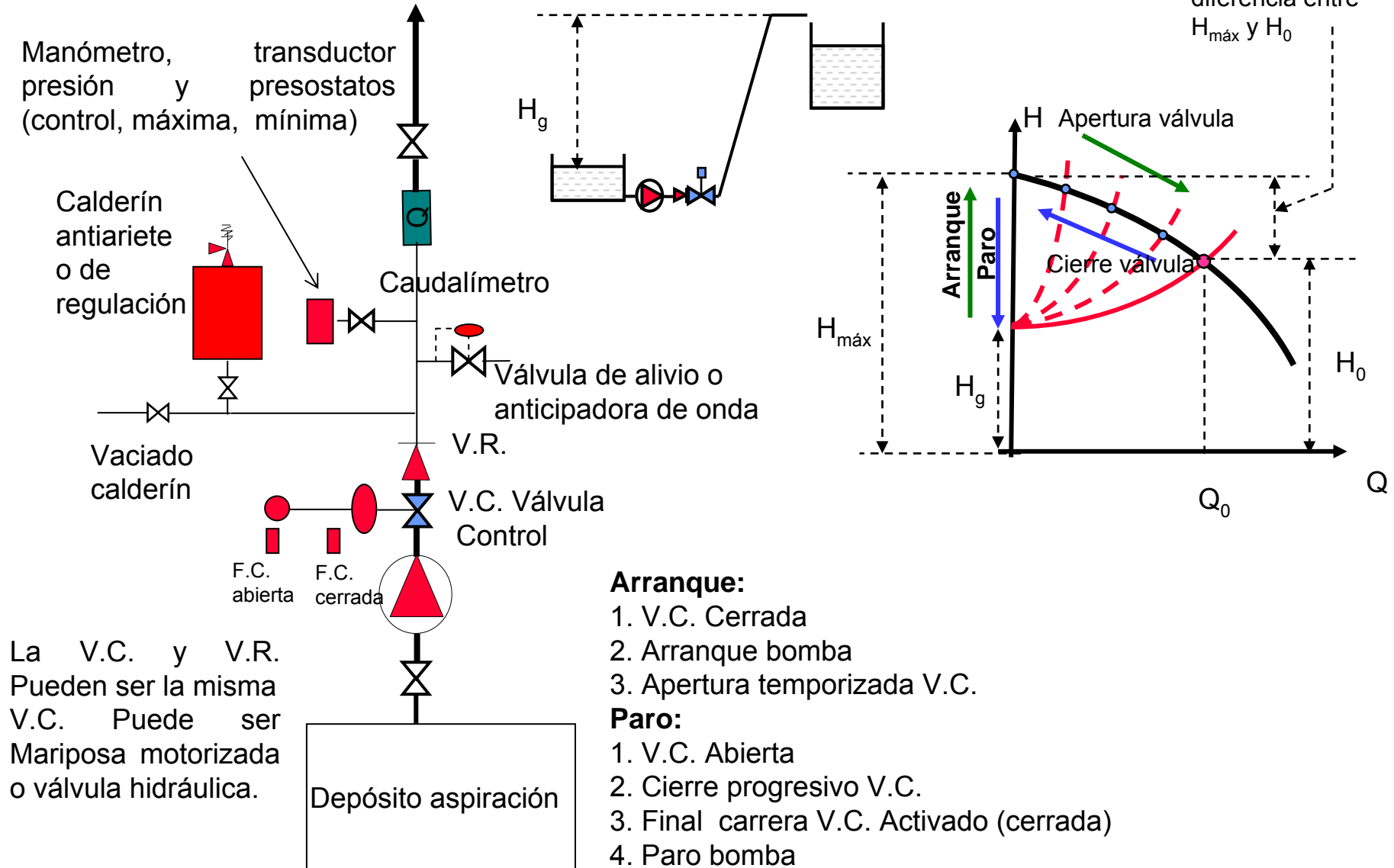
ATRÁS





ESQUEMA IMPULSIÓN ASPIRANDO DE DEPÓSITO EN CARGA

Arranque y paro con válvula de control de bombeo



La V.C. y V.R. Pueden ser la misma V.C. Puede ser Mariposa motorizada o válvula hidráulica.

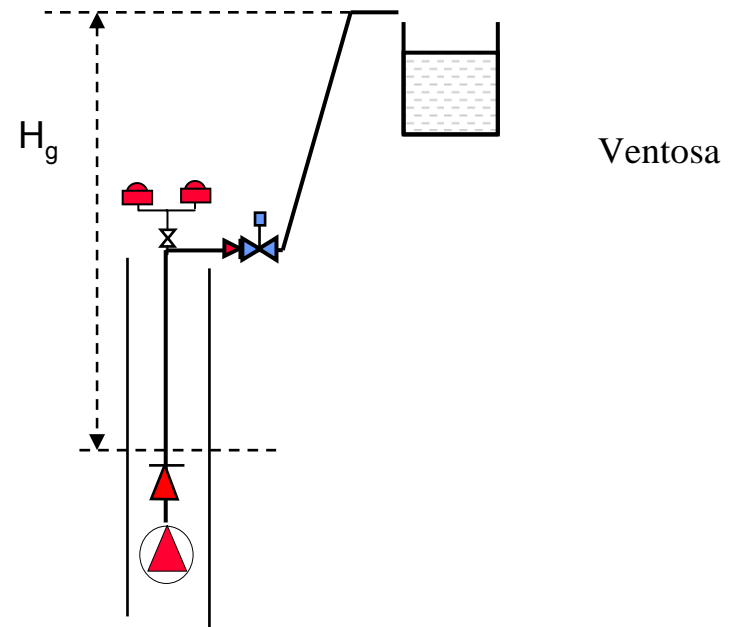
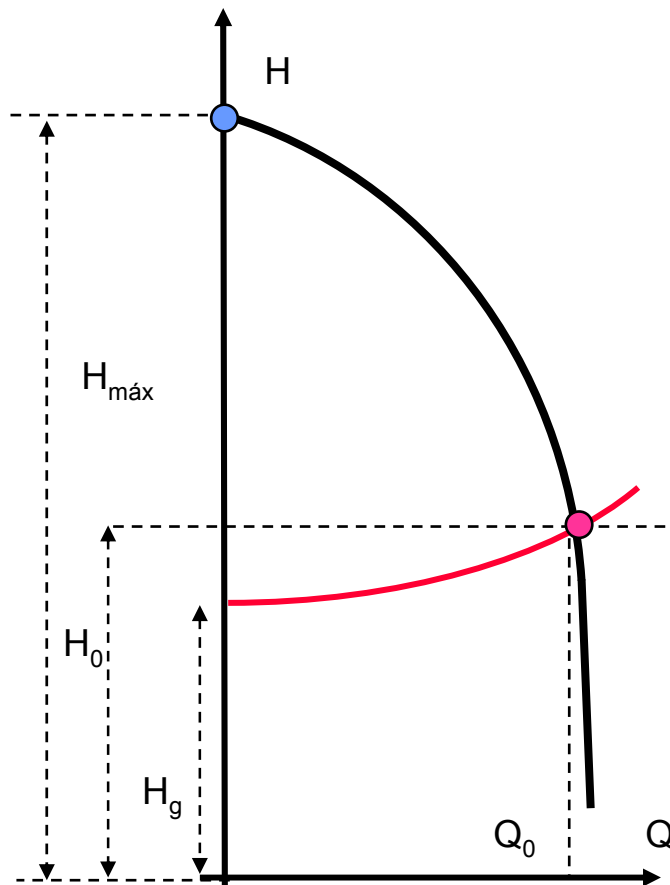
Arranque:

1. V.C. Cerrada
2. Arranque bomba
3. Apertura temporizada V.C.

Paro:

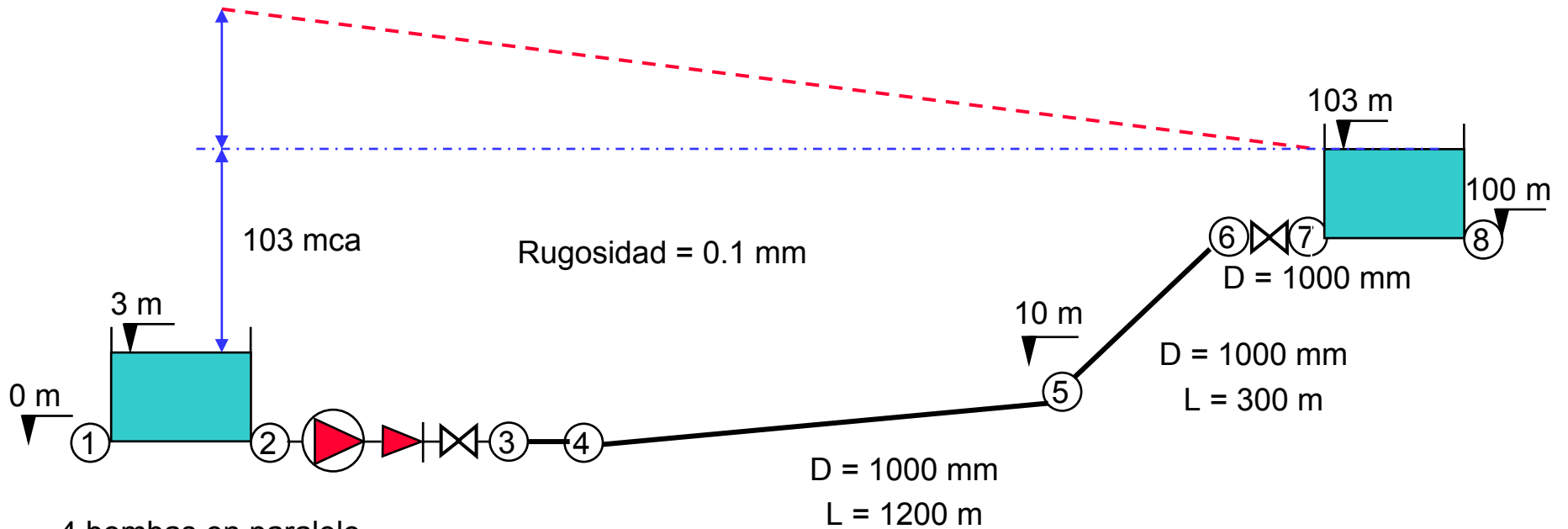
1. V.C. Abierta
2. Cierre progresivo V.C.
3. Final carrera V.C. Activado (cerrada)
4. Paro bomba

En el caso de una bomba de pozo:



La diferencia entre $H_{\text{máx}}$ y H_0 puede ser excesiva
Si no hay válvula de retención al lado de la bomba el
flujo puede acelerarse de forma excesivamente rápida
chocar bruscamente contra la VR exterior

IMPULSIÓN PERFIL CÓNCAVO B.
G.D.A. por parada de bomba



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 25 \text{ Kg.m}^2$ $H = 110 \text{ mca}$ $Q = 300 \text{ l/s}$

$P = 360 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

Arranque y paro a V Cerrada

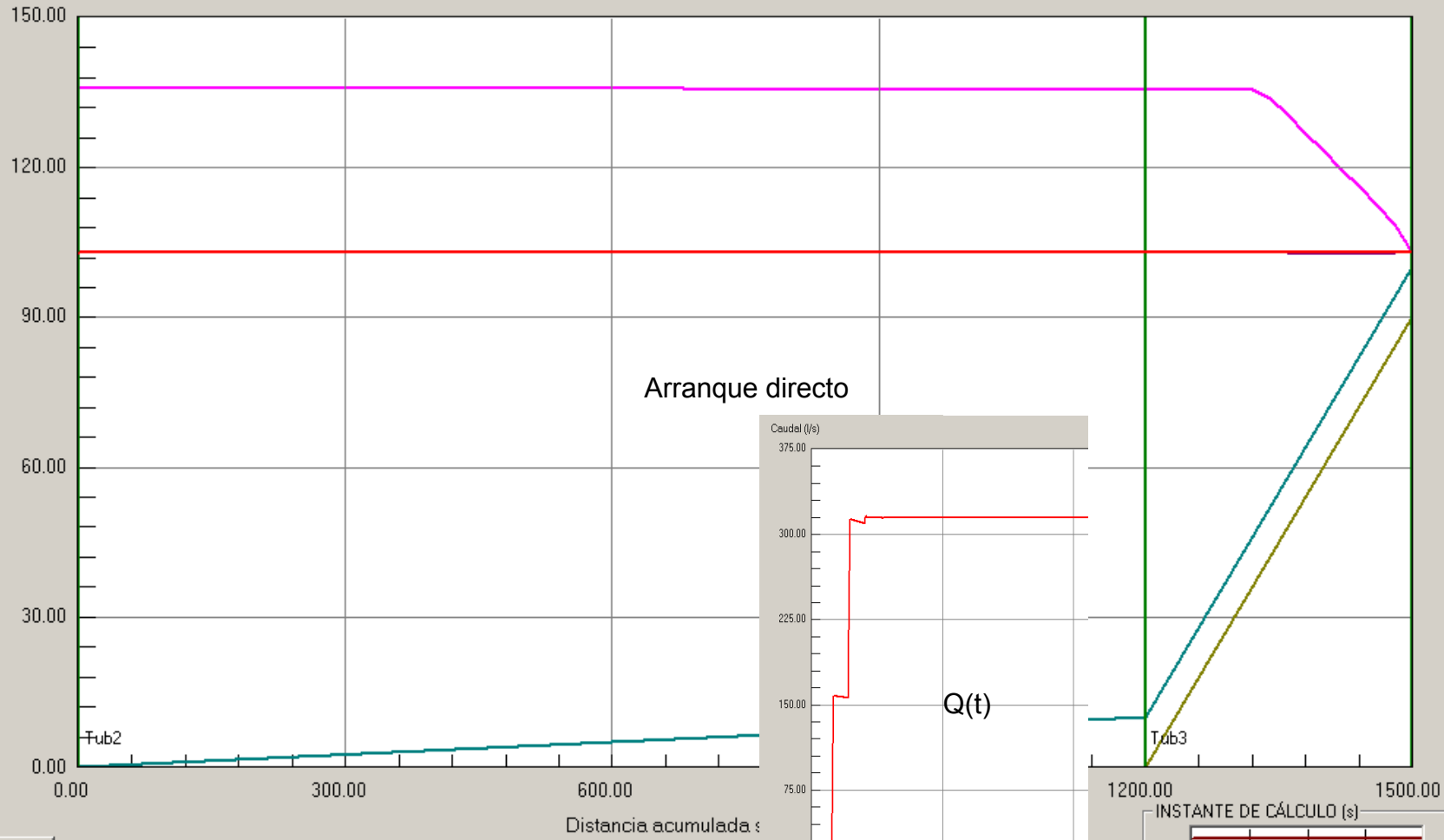
Programa ALLIEVI. Representaciones gráficas

Imp cóncavo B arranque directo

Tiempo de cálculo 0 h 5 m 0 s

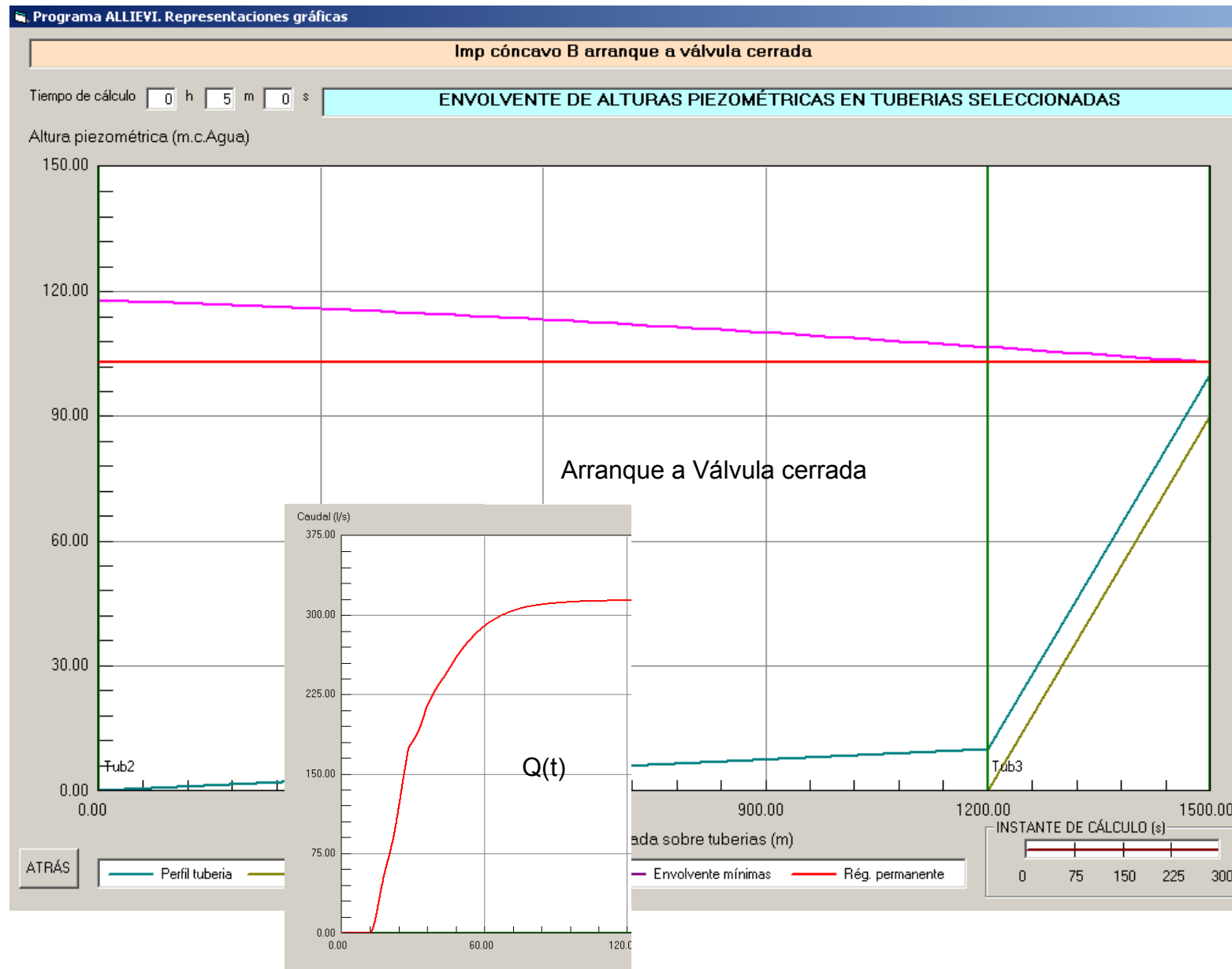
ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS

Perfil tubería Línea cavitación Envolvente máximas Envolvente mínimas



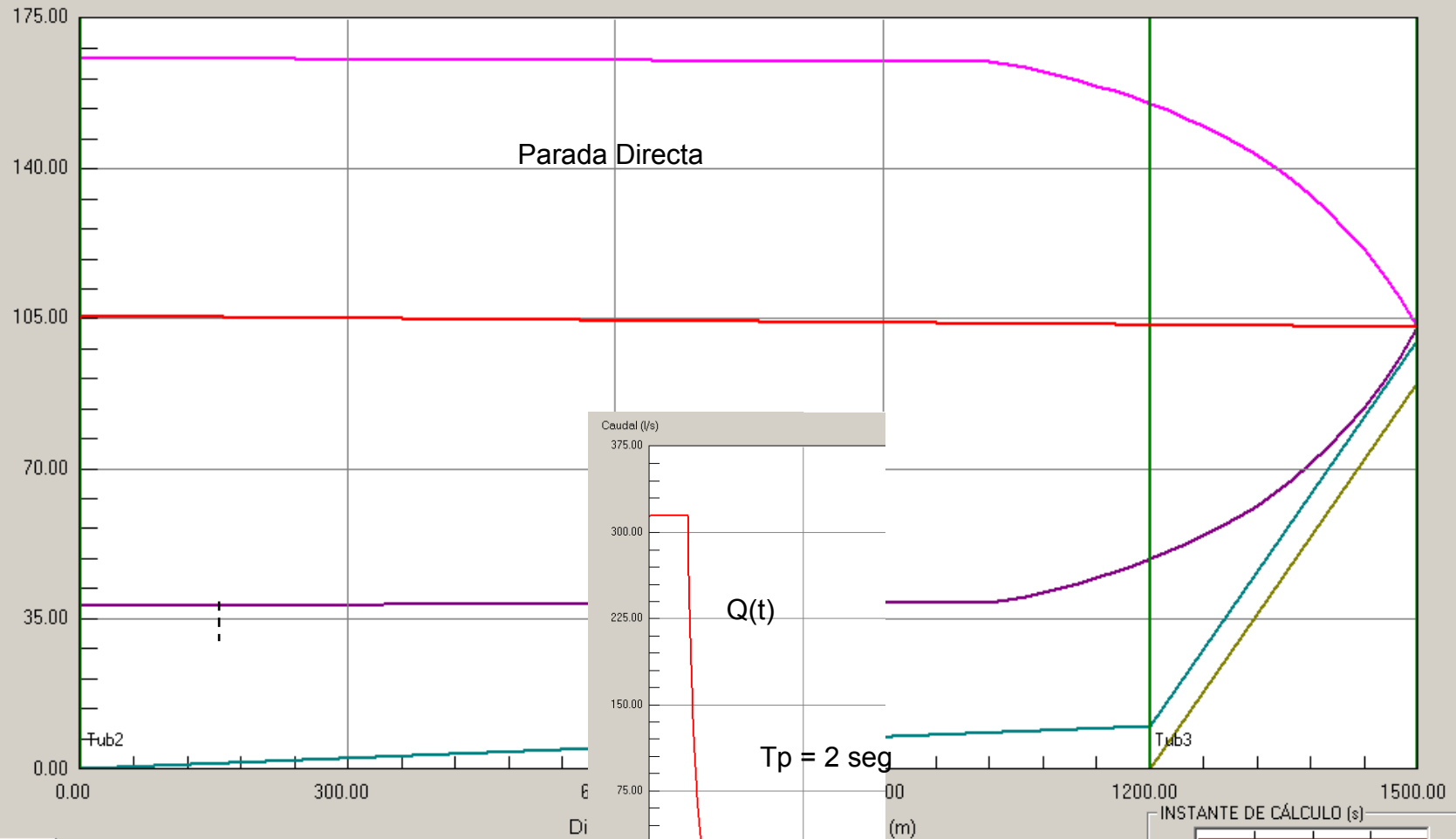
Programa ALLIEVI. Representaciones gráficas

Imp cóncavo B sp

Tiempo de cálculo 0 h 1 m 40 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

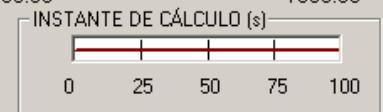
Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS

— Perfil tubería
 — Línea cavitación
 — Envolvente

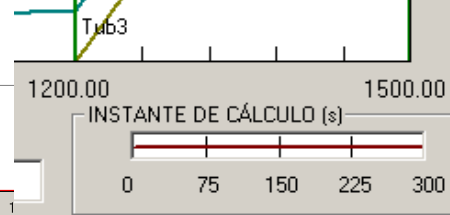
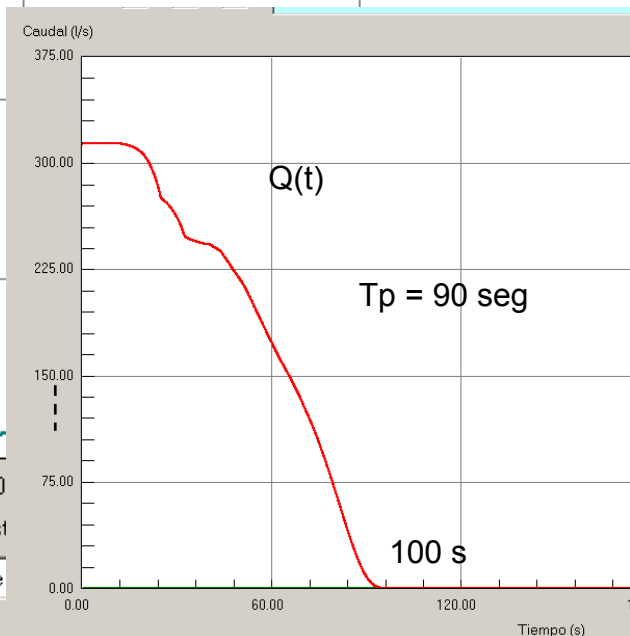
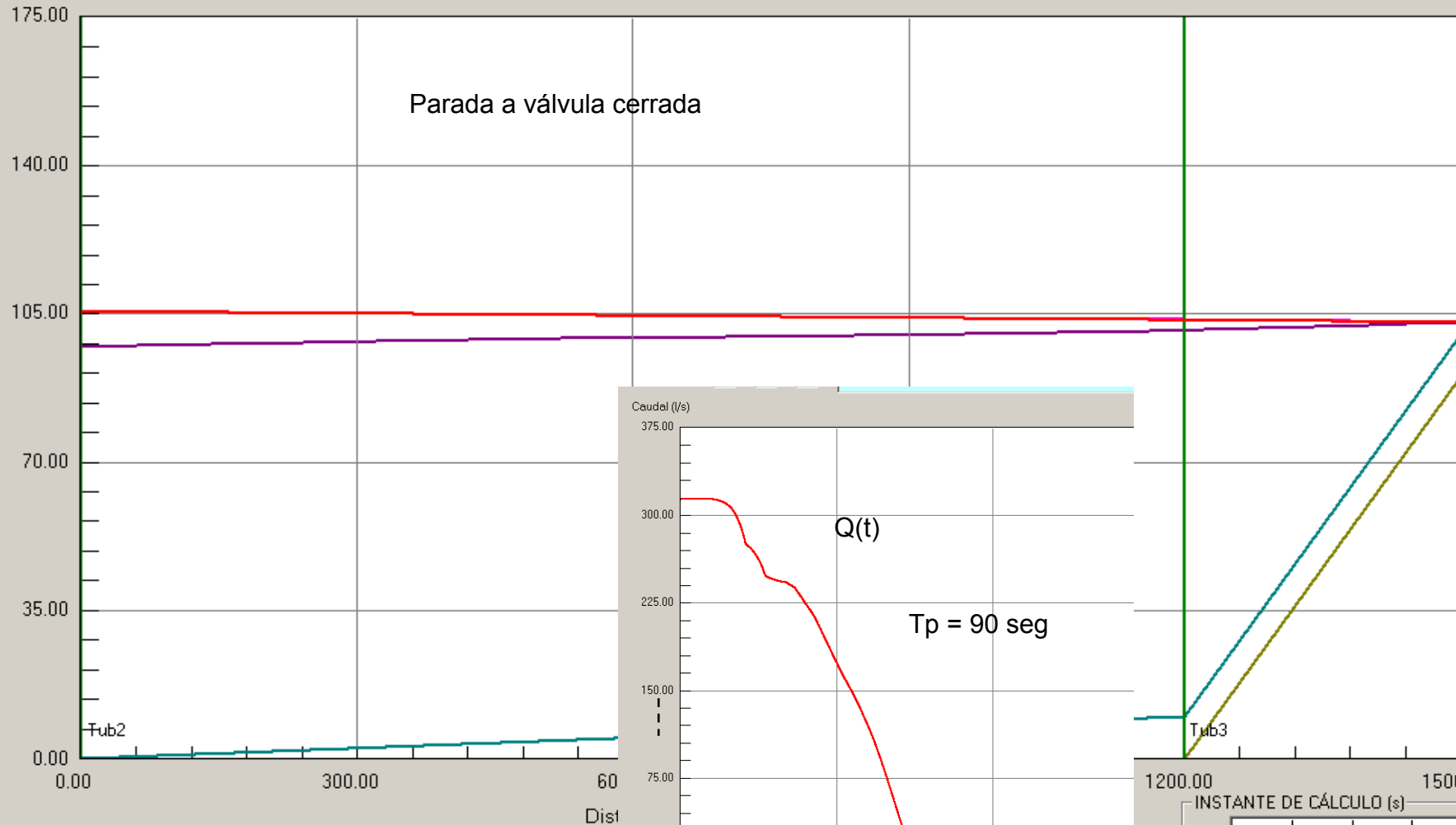
— Rég. permanente



Tiempo de cálculo 0 h 5 m 0 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



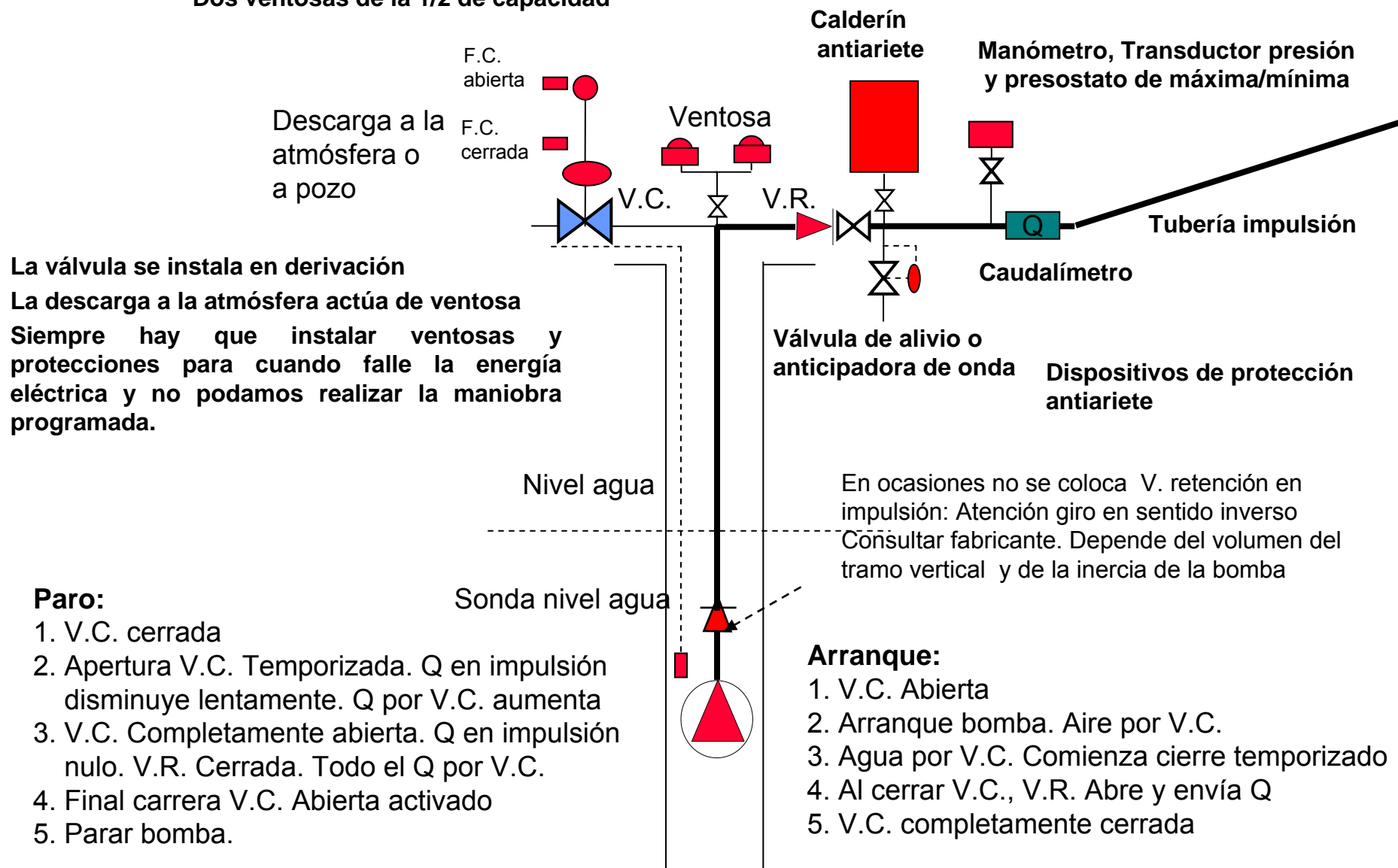
ATRÁS — Perfil tubería — Línea cavitación — Envolvente

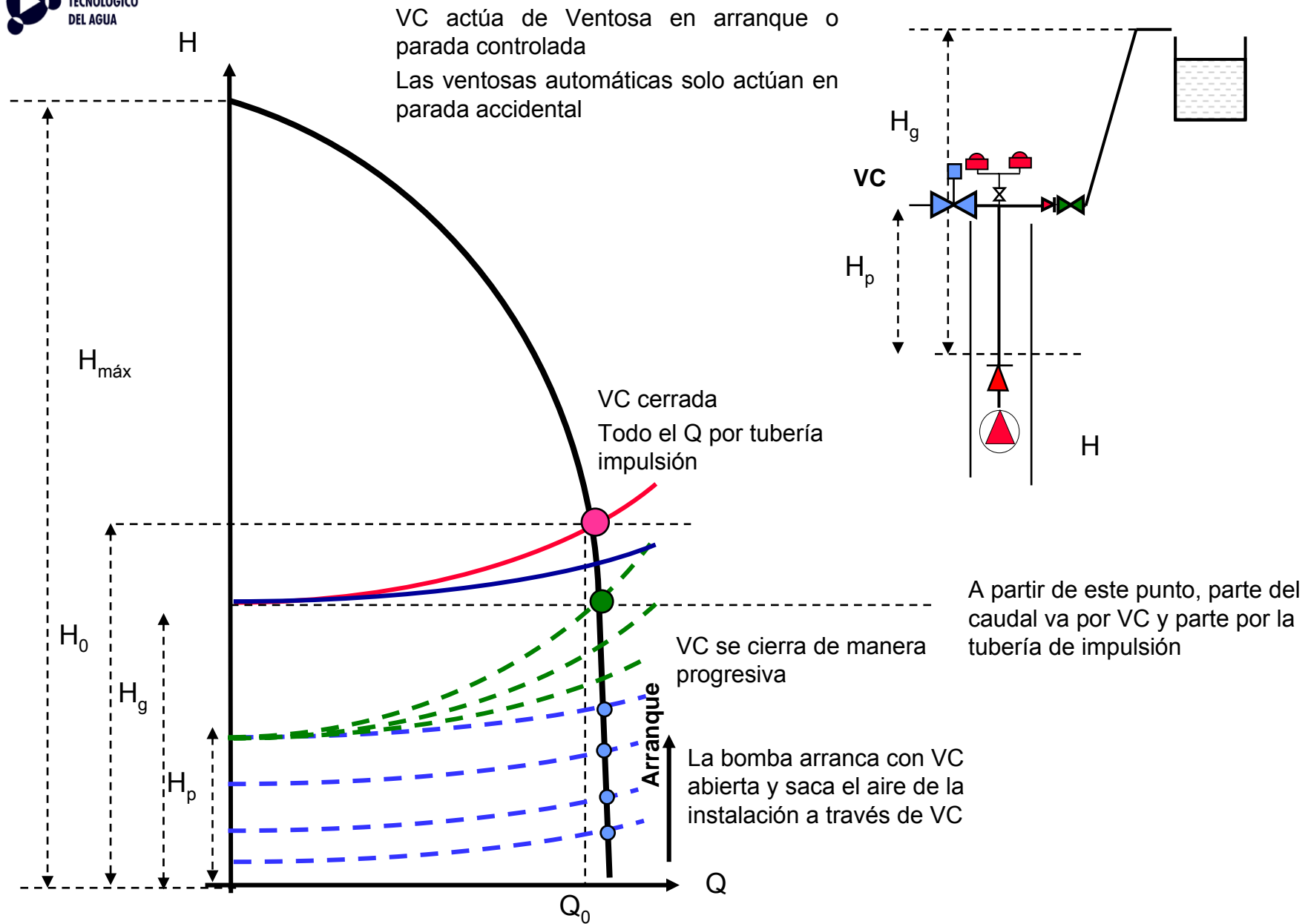
ESQUEMA POZO Válvula de control de bomba

La ventosa debe admitir aire rápidamente si fallo E.Eléctrica.

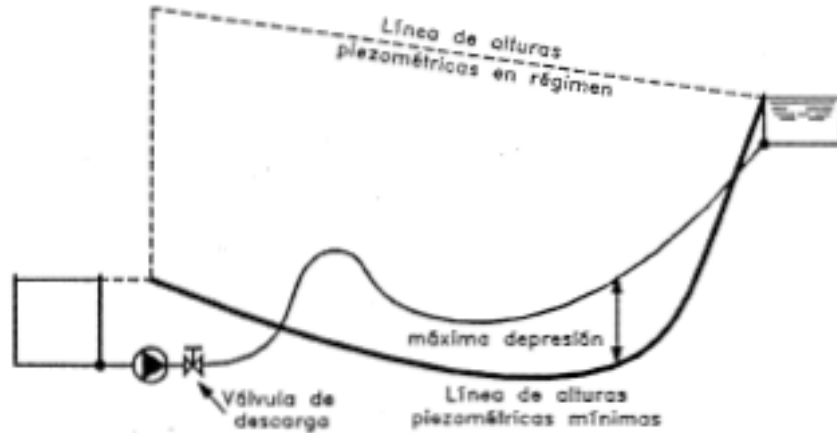
Atención cierre ventosa en fase expulsión aire

Dos ventosas de la 1/2 de capacidad

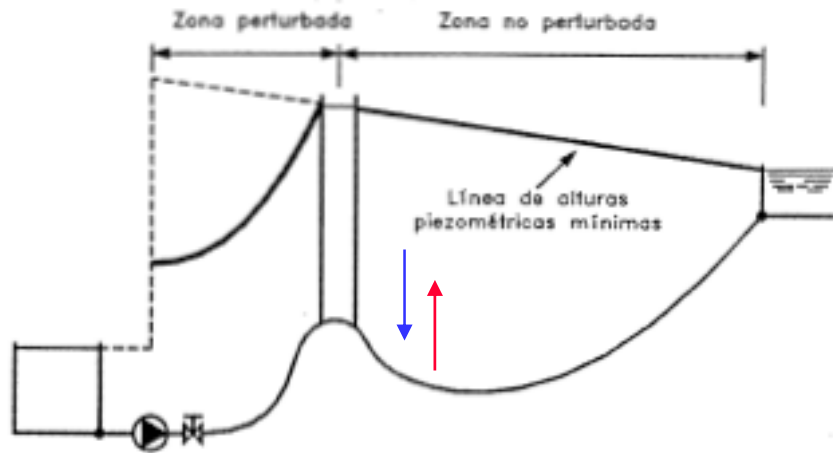




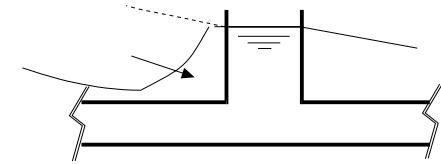
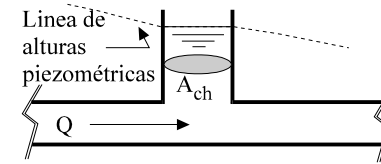
Chimeneas de equilibrio (1)



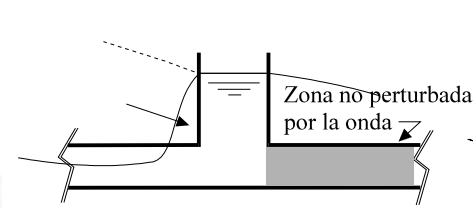
(a) Sin dispositivo de protección



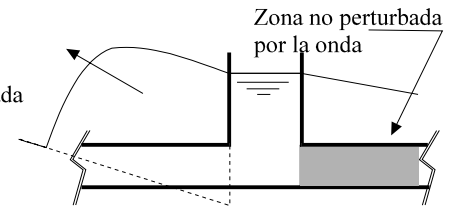
(b) Con chimenea de equilibrio



(a) Aproximación de la onda



(b) Llegada de la onda



(c) Reflexión de la onda

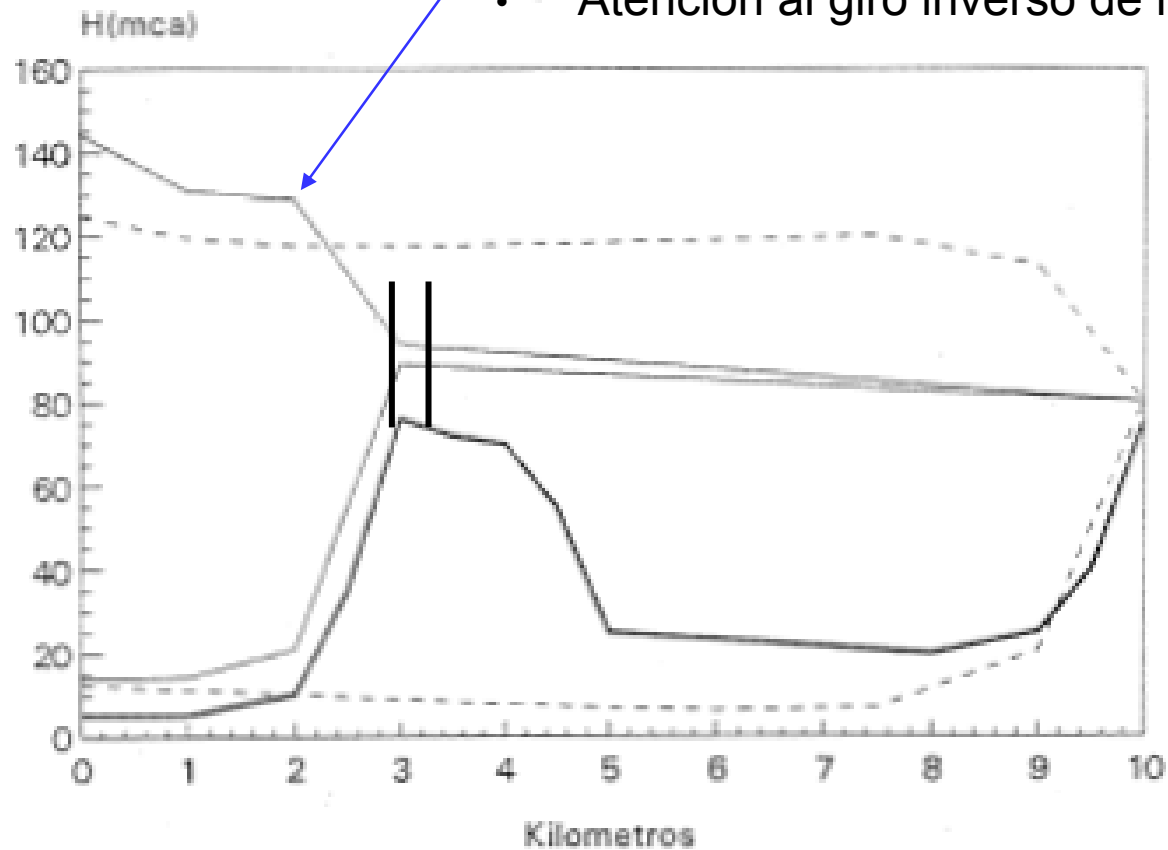


Facilitar flujo hacia la tubería para limitar depresiones

Restringir flujo hacia la chimenea (disipar energía ondas)

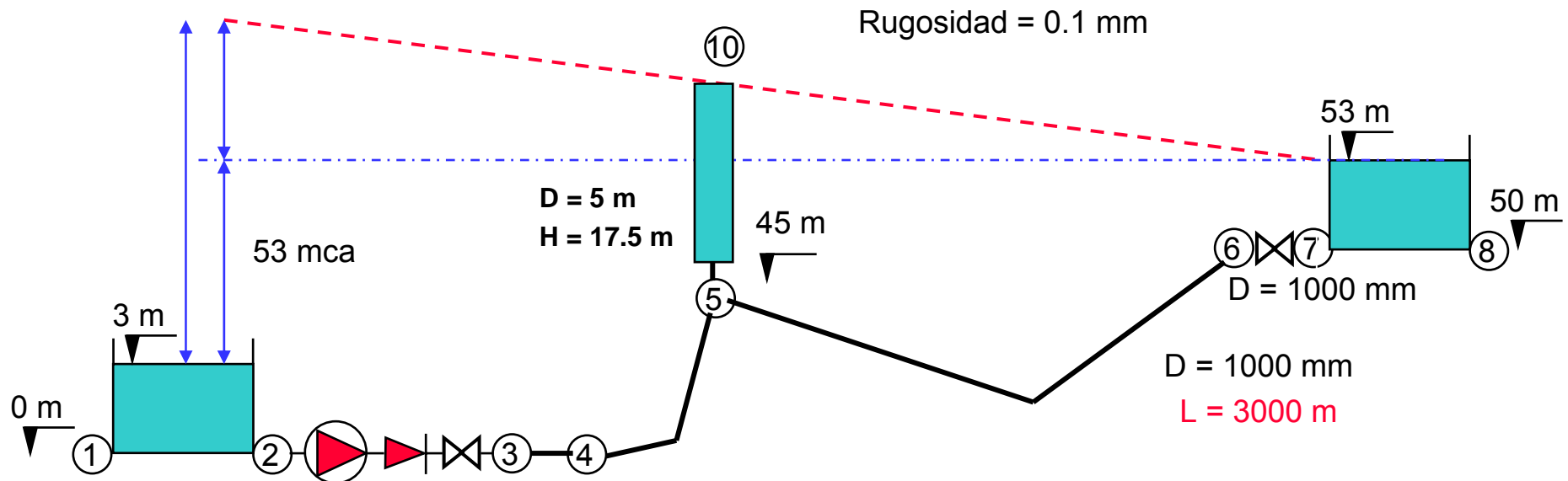
Chimenas de equilibrio (2)

- Simplicidad y seguridad de funcionamiento
- Protección aguas abajo
- Importante obra civil y altura
- Puede generar mayores sobrepresiones a.arriba
- Atención al giro inverso de la bomba



IMPULSIÓN PERFIL CONVEXO A CHI.
G.D.A. por parada de bomba

Chimenea



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 20 \text{ Kg.m}^2$ $H = 70 \text{ mca}$ $Q = 416 \text{ l/s}$

$P = 400 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

D = 1000 mm

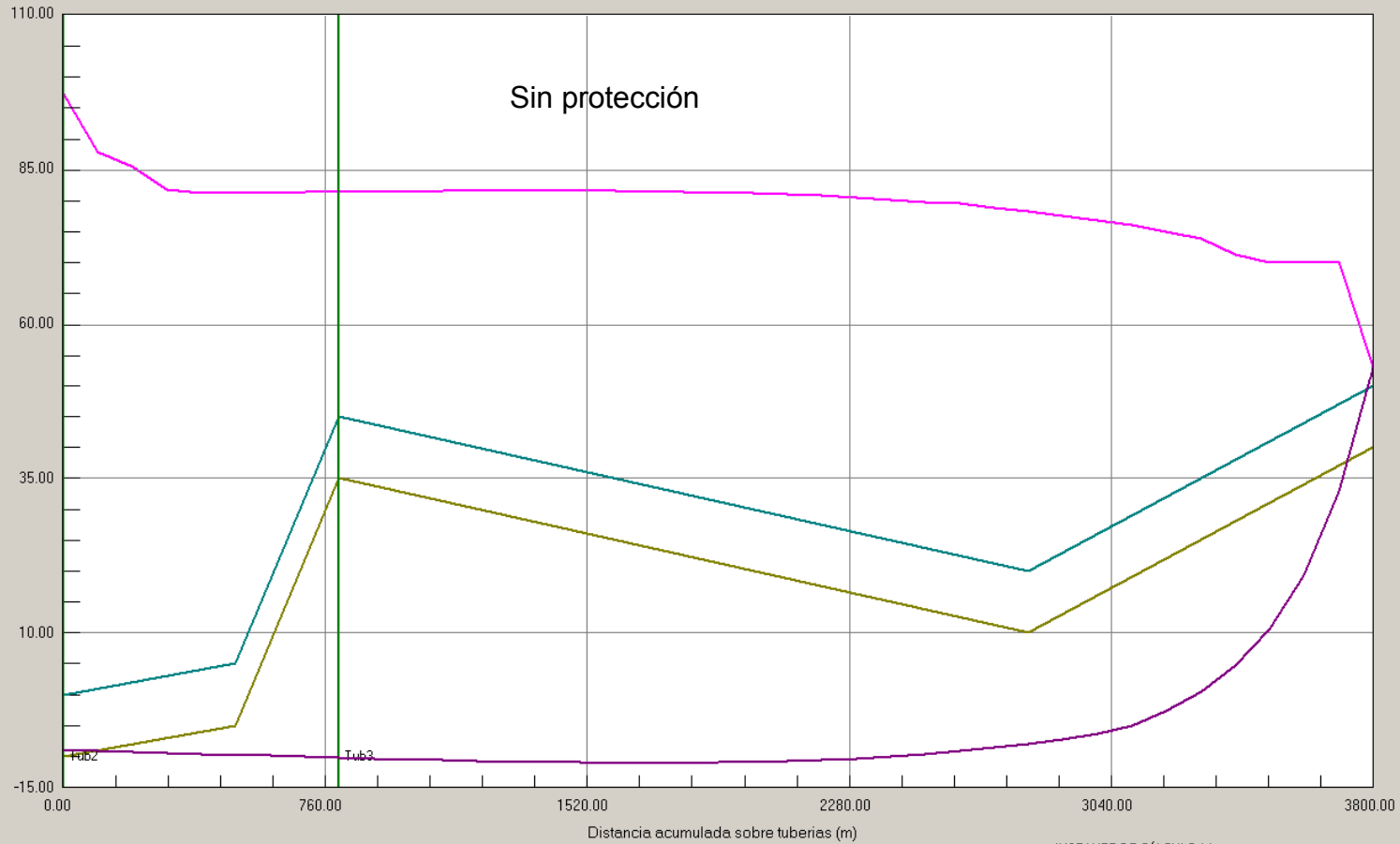
L = 800 m

Imp convexo A CHI Sin Protección

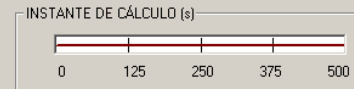
Instante de cálculo 0 h 8 m 20 s

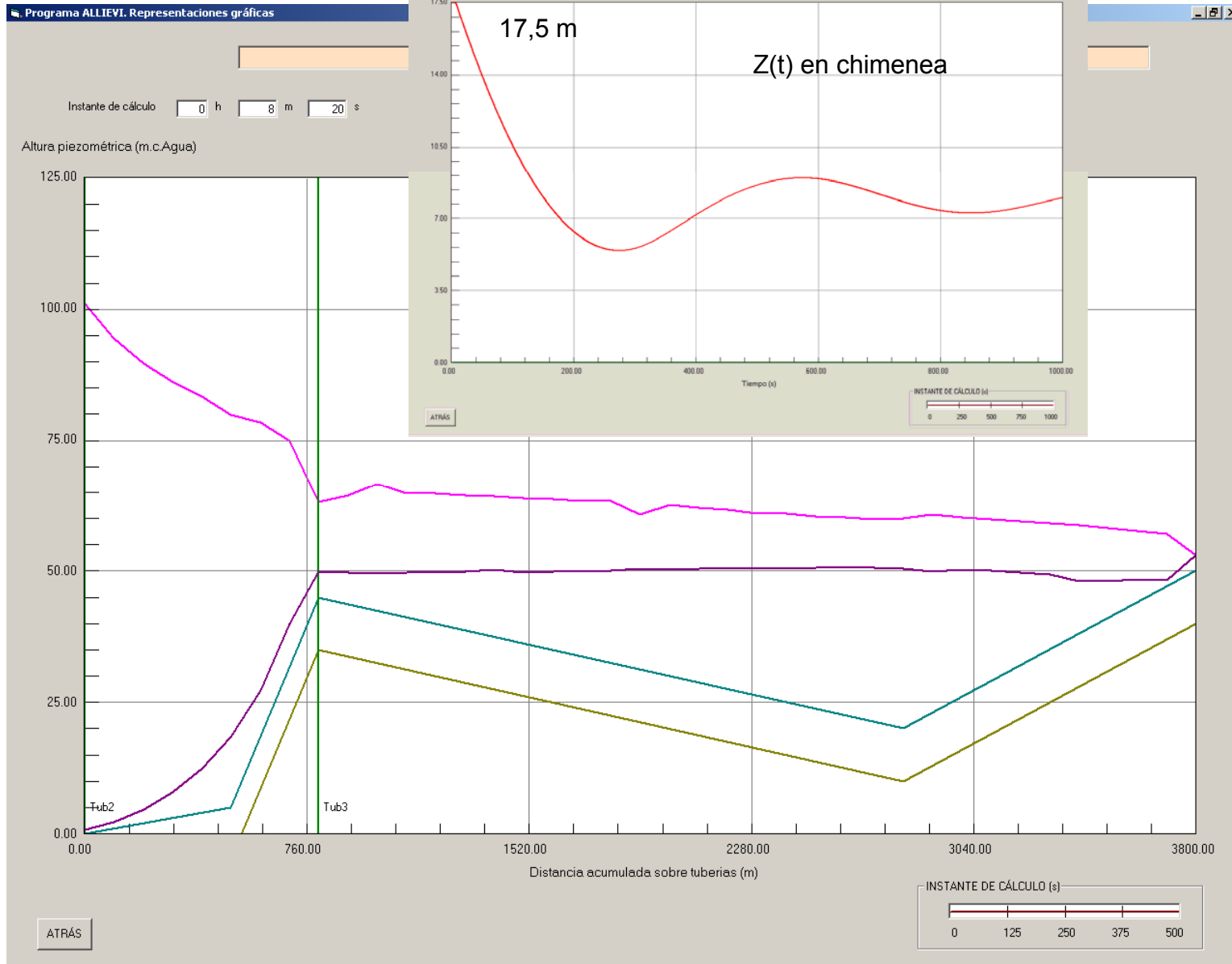
ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



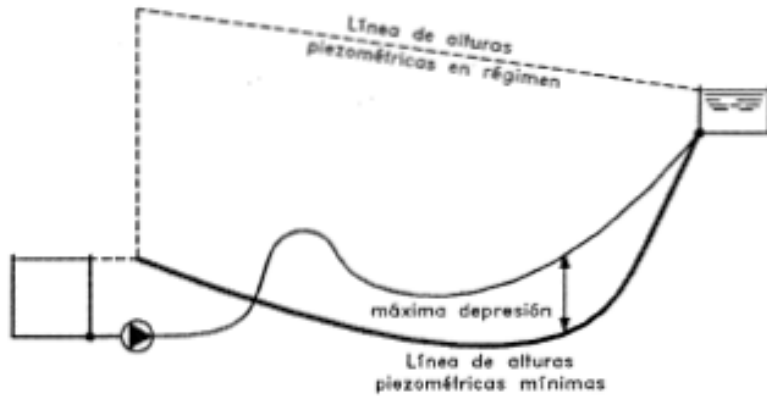
ATRÁS



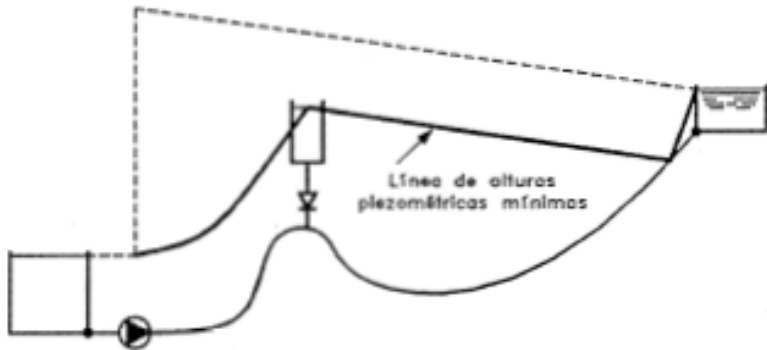


Tanques unidireccionales (1)

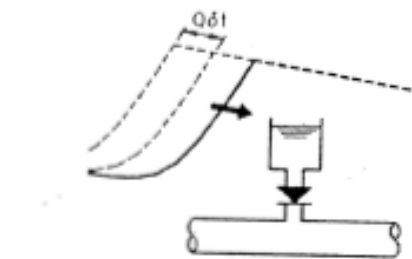
- Limitan depresiones inyectando agua
- No necesitan altura como chimeneas (cota limitada por línea piezométrica)



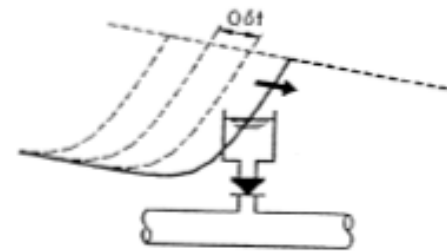
(a) Sin dispositivo de protección



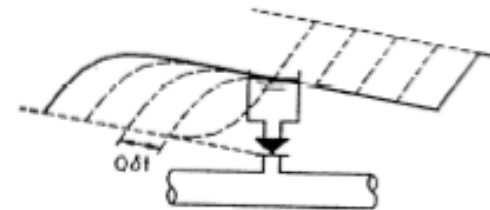
(b) Con tanque unidireccional



(a) Aproximación de la onda



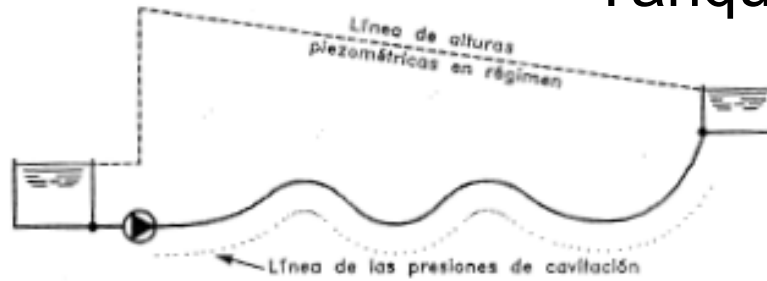
(b) Llegada de la onda



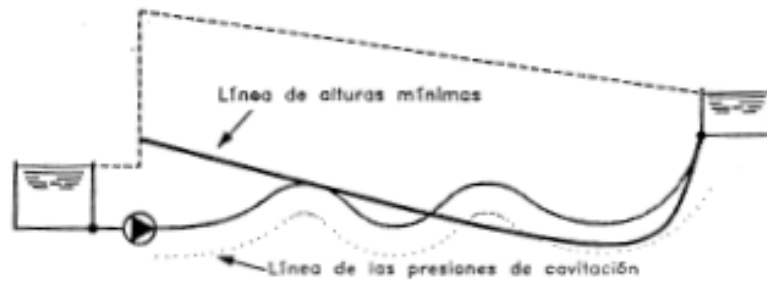
(c) Reflexión de la onda

Tanques unidireccionales (2)

www.ita.upv.es



(a) Conducción en régimen permanente



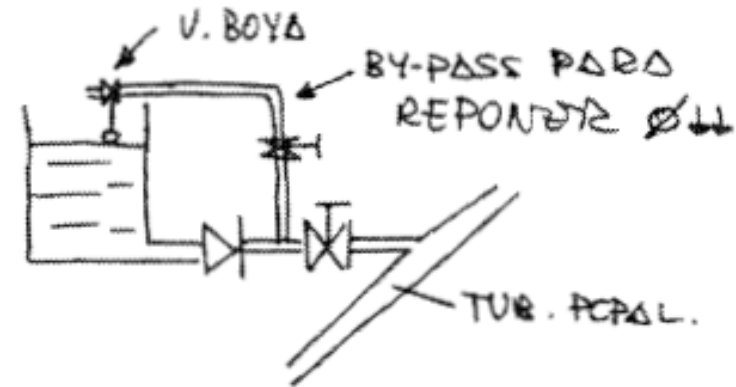
(b) Parada accidental de la estación de bombeo

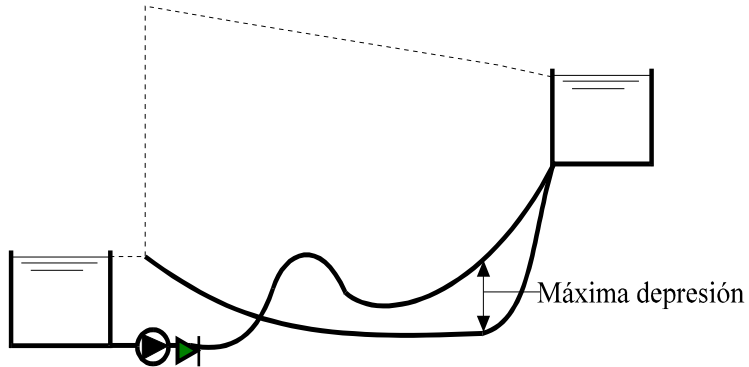


(a) Conducción con un tanque unidireccional

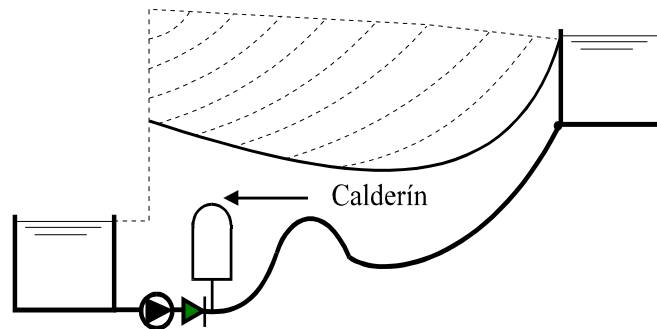


(b) Conducción con dos tanques unidireccionales en serie





(a) Sin Dispositivo de Protección



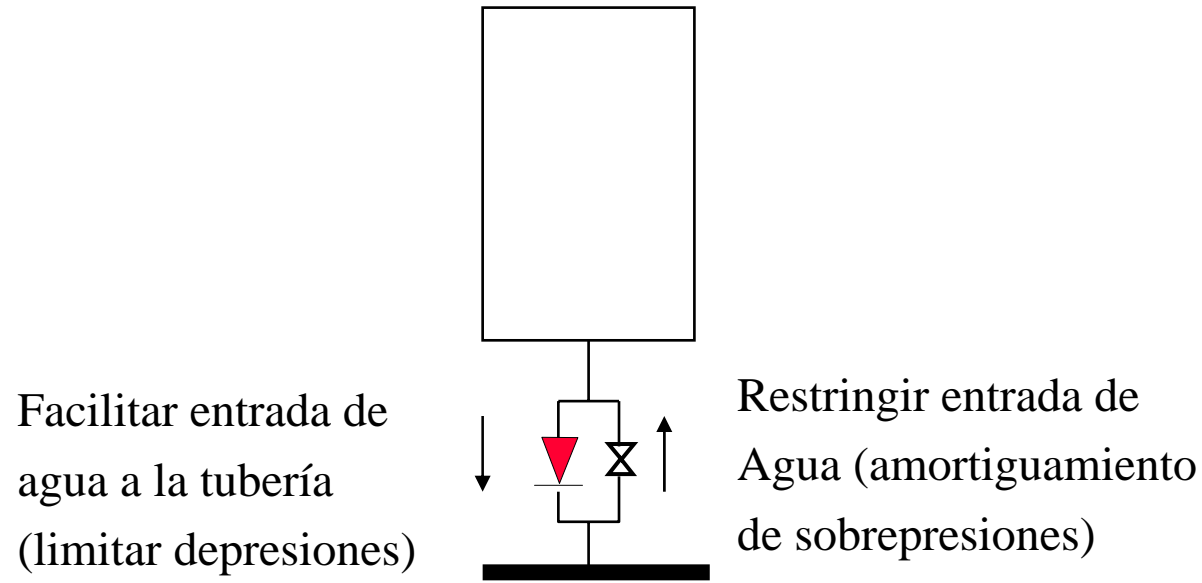
(b) Con Calderín

- Funcionamiento semejante a chimeneas
- No requieren cota (versatilidad)
- Requieren mantenimiento (recarga aire)
- Cierre más brusco de VR si están cerca
- Volumen y carga de aire para:
 - Limitar depresiones y sobrepresiones
 - Evitar vaciado calderín

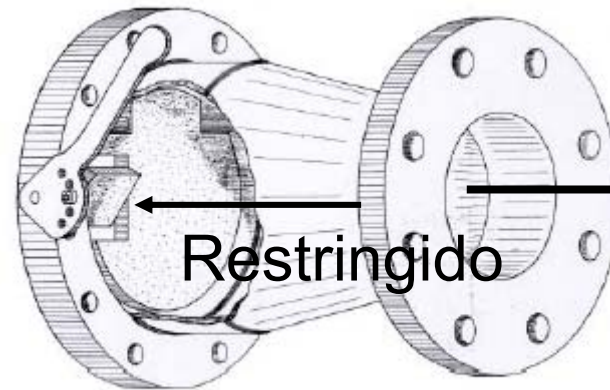
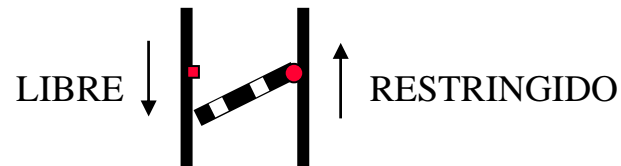


Cierre brusco de la V.R. Colocar V.R. que cierre en el momento en que $Q=0$ para evitar flujo inverso y sobrepresión por cierre en el momento en que el flujo en Sentido inverso tiene una velocidad elevada

Calderines (2)



Otra posibilidad
Poner VR perforada



Coeficientes pérdidas Conexión Standard

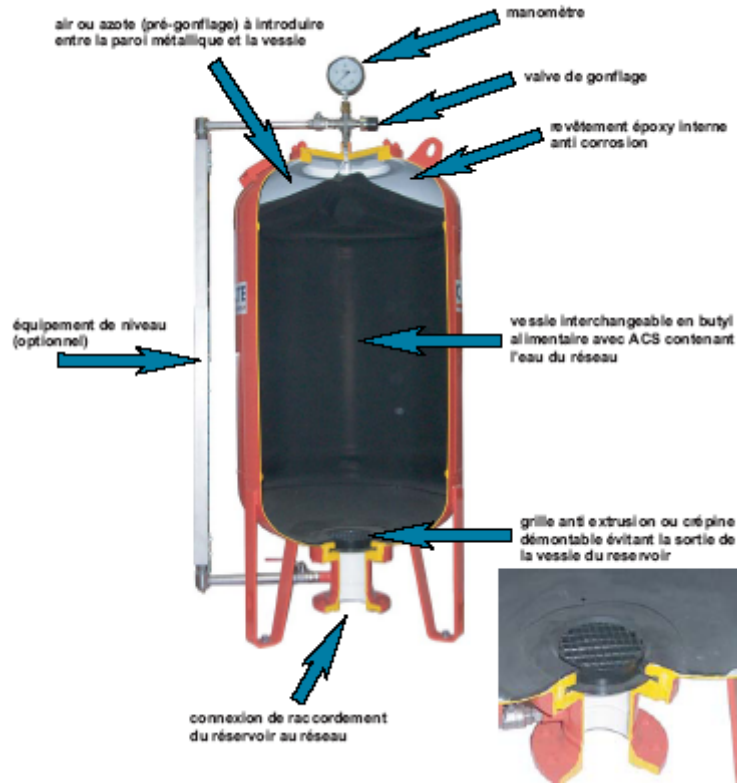
	Llenado	Llenado	Vaciado	Vaciado		Llenado	Vaciado
	De ramal a	De ramal a	Estructura a	Estructura a	Sección tub	De ramal a	Estructura a
	Estructura	Estructura	Ramal	Ramal		Estructura	Ramal
DN (mm)	AR (bar/(m3/s)2)	AR (mca/(m3/s)2)	AV (bar/(m3/s)2)	AV (mca/(m3/s)2)	m2	k adimens.	k adimens.
100	693	7064,220	590	6014,271	0,0079	8,55	7,28
150	70	713,558	50	509,684	0,0177	4,37	3,12
200	16,5	168,196	10,3	104,995	0,0314	3,26	2,03
250	6,77	69,011	4,23	43,119	0,0491	3,26	2,04
300	3,26	33,231	2,04	20,795	0,0707	3,26	2,04
400	1,03	10,499	0,65	6,626	0,1257	3,25	2,05
450	0,64	6,524	0,4	4,077	0,1590	3,24	2,02
500	0,42	4,281	0,26	2,650	0,1963	3,24	2,00
600	0,2	2,039	0,13	1,325	0,2827	3,20	2,08
700	0,11013	1,123	0,06883	0,702	0,3848	3,26	2,04
800	0,06455	0,658	0,04035	0,411	0,5027	3,26	2,04

Calderines (4)

Calderín a Presión
hinchado, sin agua

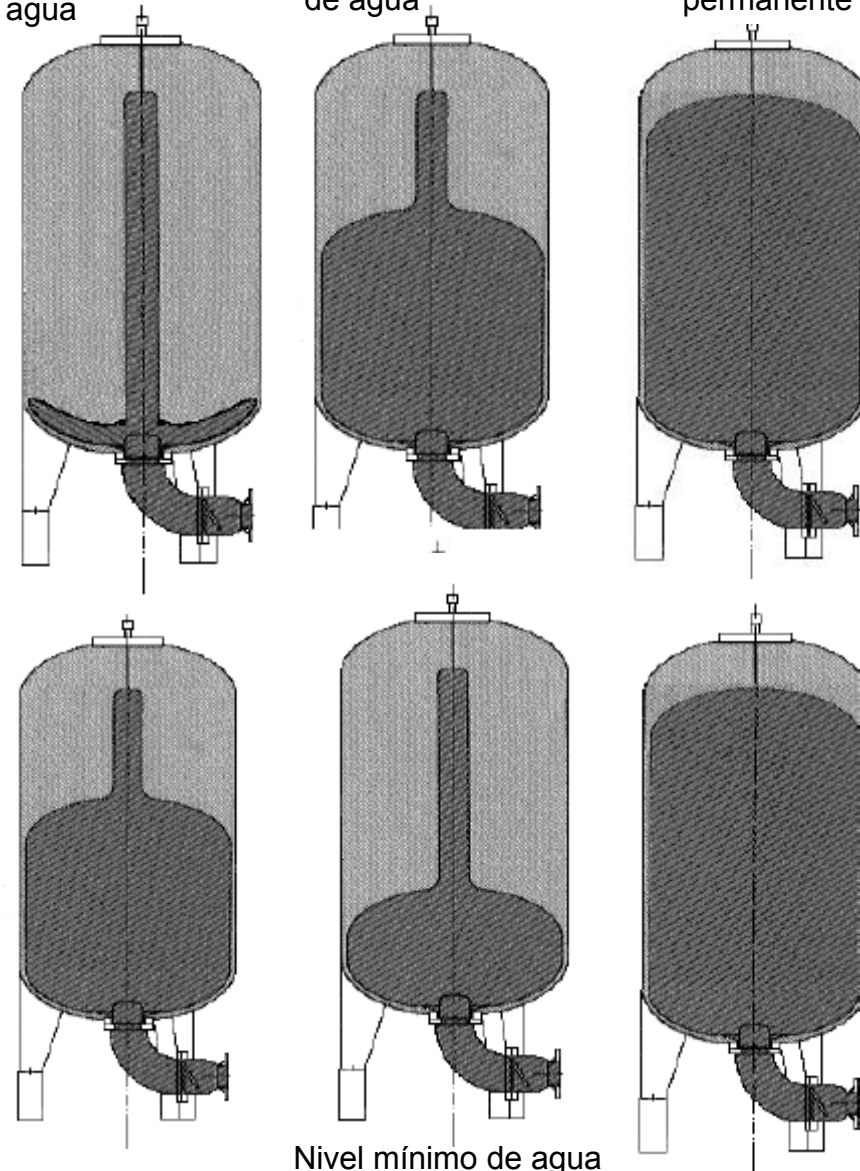
Comienza a llenarse
de agua

En régimen
permanente

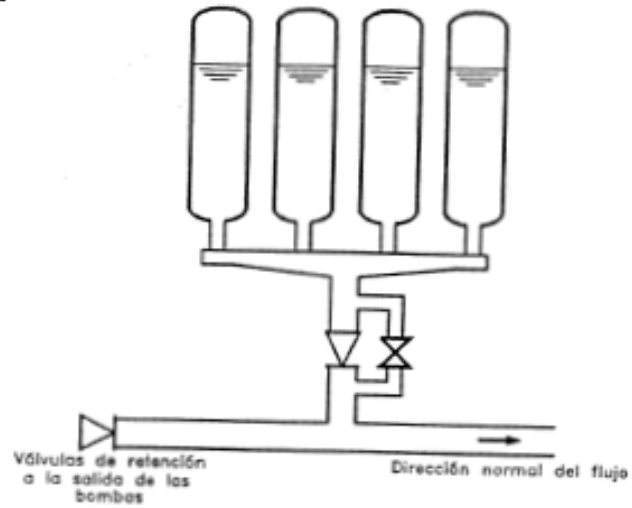


Aguas limpias

Para la bomba.
El calderín se vacía de agua.



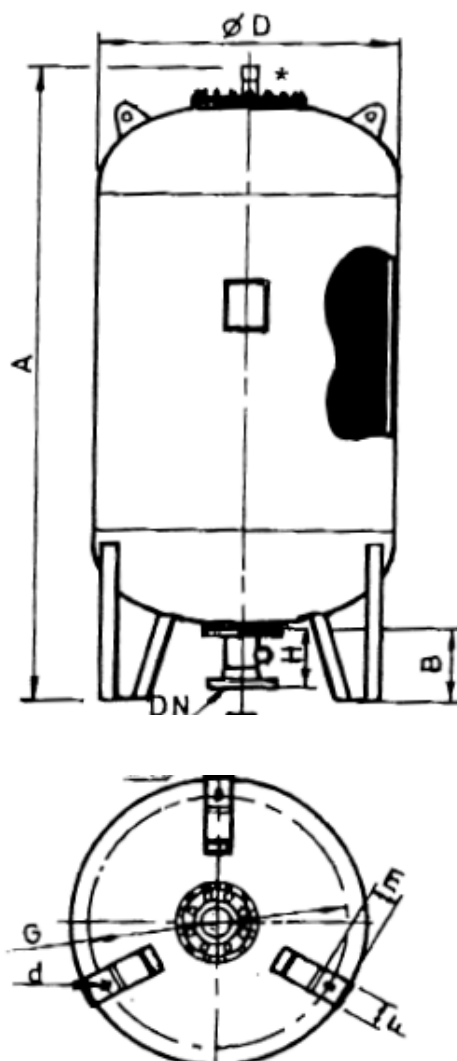
Calderines (5)



Calderín de 35 m³ y 16 bar



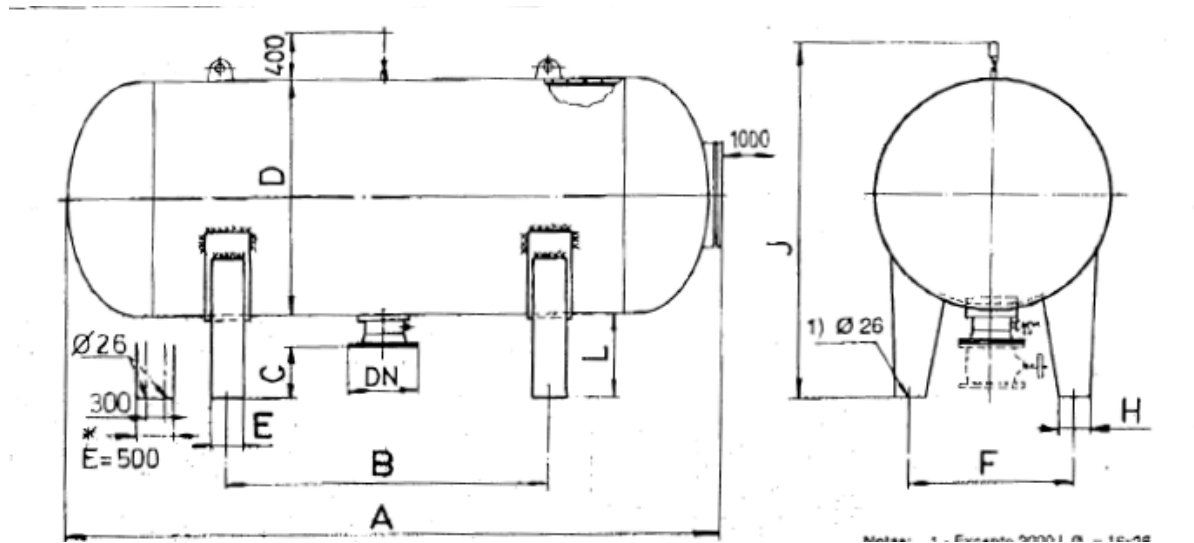
Aguas Residuales



Modelo	Volumen litros	Presión bar	Peso kg	Conexión DN	Dimensiones							
					A	B	Ø D	E	F	G	H	Coliso d
AAV 100 - 10	100	10	59	DN 100	783	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 200 - 10	200	10	81	DN 100	1093	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 300 - 10	300	10	104	DN 100	1418	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 500 - 10	500	10	151	DN 100	2068	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 100 - 16	100	16	78	DN 100	791	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 200 - 16	200	16	110	DN 100	1101	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 300 - 16	300	16	148	DN 100	1450	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 500 - 16	500	16	210	DN 100	2076	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 100 - 25	100	25	116	DN 100	807	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 200 - 25	200	25	159	DN 100	1132	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 300 - 25	300	25	202	DN 100	1457	220	630	54	50	560	167	16 x 26
AAV 500 - 25	500	25	288	DN 100	2107	220	630	54	50	560	167	16 x 26

Modelo	Volumen litros	Presión bar	Peso kg	Conexión brida	Dimensiones							
					A	B	D	E	F	G	H	Coliso d
AAV 750 - 10	750	10	237	DN 150	1863	215	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1000 - 10	1000	10	306	DN 150	2363	215	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1500 - 10	1500	10	408	DN 150	2414	215	1000	80	100	905	170	16 x 26
AAV 2000 - 10	2000	10	521	DN 150	3114	215	1000	80	100	905	170	16 x 26
AAV 750 - 16	750	16	338	DN 150	1893	220	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1000 - 16	1000	16	427	DN 150	2393	220	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1500 - 16	1500	16	601	DN 150	2472	215	1000	80	100	905	170	16 x 26
AAV 2000 - 16	2000	16	782	DN 150	3178	215	1000	80	100	905	170	16 x 26
AAV 750 - 25	750	25	439	DN 150	1912	220	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1000 - 25	1000	25	549	DN 150	2412	220	850	80	80	755	170	16 x 26
AAV 1500 - 25	1500	25	792	DN 150	2495	220	1000	80	100	905	170	16 x 26
AAV 2000 - 25	2000	25	1007	DN 150	3195	220	1000	80	100	905	170	16 x 26

Calderines (7)



MODELO	VOLUMEN litros	PRESIÓN bar	PESO TEÓRICO VACÍO kg	Dimensiones									
				A	B	C	D	DN	*E	F	H	J	L
ANG H 2000-10	2000	10	550	2805	1800	305	1000	150	100	750	80	1600	480
ANG H 2000-16		16	810	2810		305							
ANG H 2000-25		25	1025	2865		281							
ANG H 2000-32		32	1195	2895		281							
ANG H 3000-10	3000	10	1065	2975	1600	237	1200	200	150	900	167	1771	400
ANG H 3000-15		15	1110	2975		237							
ANG H 3000-20		20	1420	2985		221							
ANG H 3000-24		24	1610	2995		221							
ANG H 3000-28		28	1860	3030		193							
ANG H 3000-32		32	2040	3040		193							
ANG H 3000-38		38	2215	3040		183							
ANG H 4000-10		4000	10	1265		3775							
ANG H 4000-15	15		1310	3775	237								
ANG H 4000-20	20		1720	3785	221								
ANG H 4000-24	24		1955	3795	221								
ANG H 4000-28	28		2240	3830	193								
ANG H 4000-32	32		2470	3840	193								
ANG H 4000-38	38		2690	3840	193								

Calderines (8)

MODELO	VOLUMEN litros	PRESIÓN bar	PESO TEÓRICO VACÍO kg	Dimensiones									
				A	B	C	D	DN	E	F	H	J	L
ANG H 5000-11	5000	11	1500	3440	1600	190	1500	250	150	1200	158	2071	400
ANG H 5000-11		11	1850	3465		165		350					
ANG H 5000-16		16	1850	3450		190		250					
ANG H 5000-22		22	2460	3485		170		250					
ANG H 5000-25		25	2740	3505		165		250					
ANG H 5000-32		32	3270	3515		135		250					
ANG H 5000-38	38	3880	3525	140	250								
ANG H 6000-11	6000	11	1630	3940	2200	190	1500	250	150	1200	158	2071	400
ANG H 6000-16		16	2035	3950		190		250					
ANG H 6000-22		22	2720	3985		170		250					
ANG H 6000-25		25	3040	4005		165		250					
ANG H 6000-32		32	3640	4015		135		250					
ANG H 6000-38		38	4325	4025		140		250					
ANG H 7000-11	7000	11	1760	4440	2700	190	1500	250	150	1200	158	2071	400
ANG H 7000-16		16	2220	4450		190		250					
ANG H 7000-22		22	2980	4485		170		250					
ANG H 7000-25		25	3340	4505		165		250					
ANG H 7000-32		32	4010	4515		135		250					
ANG H 7000-38		38	4790	4525		140		250					
ANG H 8000-11	8000	11	1890	4940	3200	190	1500	250	150	1200	158	2071	400
ANG H 8000-16		16	2405	4950		190		250					
ANG H 8000-22		22	3240	4985		170		250					
ANG H 8000-25		25	3640	5005		165		250					
ANG H 8000-32		32	4380	5015		135		250					
ANG H 8000-38		38	5255	5025		140		250					

Calderines (9)

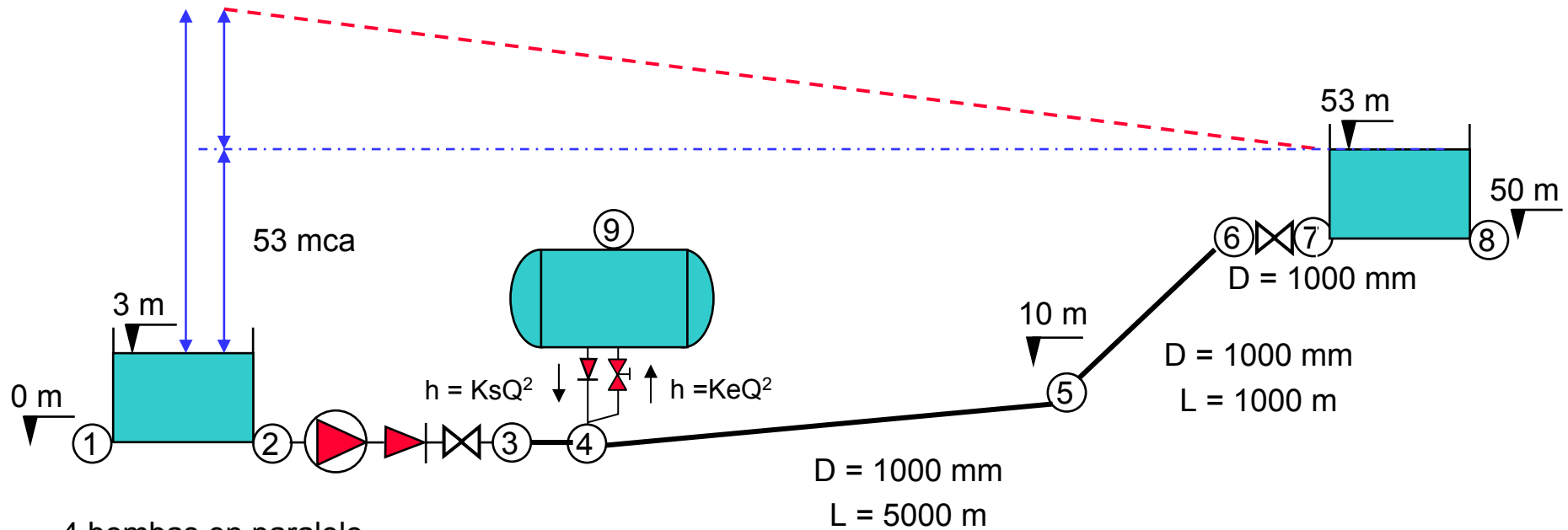
MODELO	VOLUMEN litros	PRESIÓN bar	PESO TEÓRICO VACÍO kg	Dimensiones											
				A	B	C		D	E	F	H	J	L		
						C / DN	C / DN								
ANG H 9000-11	9000	11	2020	5440	3700	190	250	/	1500	150	1200	158	2071	400	
ANG H 9000-16		16	2590	5450		190									
ANG H 9000-22		22	3500	5485		170									
ANG H 9000-25		25	3940	5505		165									
ANG H 9000-32		32	4750	5515		135									
ANG H 9000-38		38	5720	5525		140									
ANG H 10000-10	10000	10	2800	4190	2200	190	250	204	1900	150	1300	268	2471	400	
ANG H 10000-15		15	3600	4210		190		193							
ANG H 10000-20		20	4200	4230		177		161							400
ANG H 10000-25		25	5000	4240		134		165							
ANG H 10000-30		30	6300	4290		125		118							
ANG H 10000-36		36	7000	4295		125		108							
ANG H 12000-10	12000	10	3035	4690	2700	190	250	204	1900	150	1300	268	2471	400	
ANG H 12000-15		15	3920	4710		190		193							
ANG H 12000-20		20	4575	4730		177		161							400
ANG H 12000-25		25	5460	4740		134		165							
ANG H 12000-30		30	6885	4790		125		118							
ANG H 12000-36		36	7730	4795		125		108							
ANG H 15000-10	15000	10	3505	5690	3700	190	250	204	1900	150	1300	268	2471	400	
ANG H 15000-15		15	4580	5710		190		193							
ANG H 15000-20		20	5300	5730		177		161							400
ANG H 15000-25		25	6400	5740		134		165							
ANG H 15000-30		30	8060	5790		125		118							
ANG H 15000-36		36	9100	5795		125		108							
ANG H 18000-10	18000	10	4230	7190	5200	190	250	204	1900	150	1300	268	2471	400	
ANG H 18000-15		15	5560	7210		190		193							
ANG H 18000-20		20	6450	7230		177		161							400
ANG H 18000-25		25	7800	7240		134		165							
ANG H 18000-30		30	9800	7290		125		118							
ANG H 18000-36		36	11200	7295		125		108							
ANG H 20000-10	20000	10	4480	7690	5700	190	250	204	1900	150	1300	268	2471	400	
ANG H 20000-15		15	5950	7710		190		193							
ANG H 20000-20		20	6800	7730		177		161							400
ANG H 20000-25		25	8300	7740		134		165							
ANG H 20000-30		30	10000	7790		125		118							
ANG H 20000-36		36	11260	7790		125		108							

Calderines (10)

MODELO	VOLUMEN litros	PRESIÓN bar	PESO TEÓRICO VACÍO kg	Dimensiones											
				A	B	C		D	E	F	H	J	L		
						C / DN	C / DN								
ANG H 25000-11	25000	11	6300	5530	3150	377	250	374	400	2500	500	1900	500	3261	590
ANG H 25000-13		13	7000	5540		377		376							
ANG H 25000-15		15	7800	5550		381		366							
ANG H 25000-17		17	8500	5555		367		343							
ANG H 25000-18		18	9000	5560		367		345							
ANG H 25000-21		21	10800	5570		372		321							
ANG H 25000-24		24	12800	5610		377		326							
ANG H 25000-29		29	14500	5630		345		304							
ANG H 25000-34		34	16300	5650		323		309							
ANG H 27000-25	27000	25	11784	8863	6000	96 / 600			2100	300	1600	328	2670	400	
ANG H 30000-11	30000	11	7500	7030	4600	377	250	374	400	2500	500	1900	500	3261	590
ANG H 30000-13		13	8400	7040		377		376							
ANG H 30000-15		15	9300	7050		381		366							
ANG H 30000-17		17	10200	7055		367		343							
ANG H 30000-18		18	10900	7060		367		345							
ANG H 30000-21		21	13100	7070		372		321							
ANG H 30000-24		24	15400	7110		377		326							
ANG H 30000-29		29	17700	7130		345		304							
ANG H 30000-34		34	20000	7150		323		309							
ANG H 35000-10	35000	10	8457	8030	5600	336 / 700			2500	500	1900	500	3260	590	
ANG H 35000-11	35000	11	8200	8030	5600	377	250	374	400	2500	500	1900	500	3261	590
ANG H 35000-13		13	9200	8040		377		376							
ANG H 35000-15		15	10300	8050		381		366							
ANG H 35000-17		17	11300	8055		367		343							
ANG H 35000-18		18	12100	8060		367		345							
ANG H 35000-21		21	14600	8070		372		321							
ANG H 35000-24		24	17300	8110		377		326							
ANG H 35000-29		29	19900	8130		345		304							
ANG H 35000-34		34	22400	8150		323		309							
ANG H 50000-10	50000	10	10655	7816	5000	321 / 700			3000	500	2000	500	3760	590	

IMPULSIÓN PERFIL CÓNCAVO A. G.D.A. por parada de bomba

Inclusión de calderín de protección



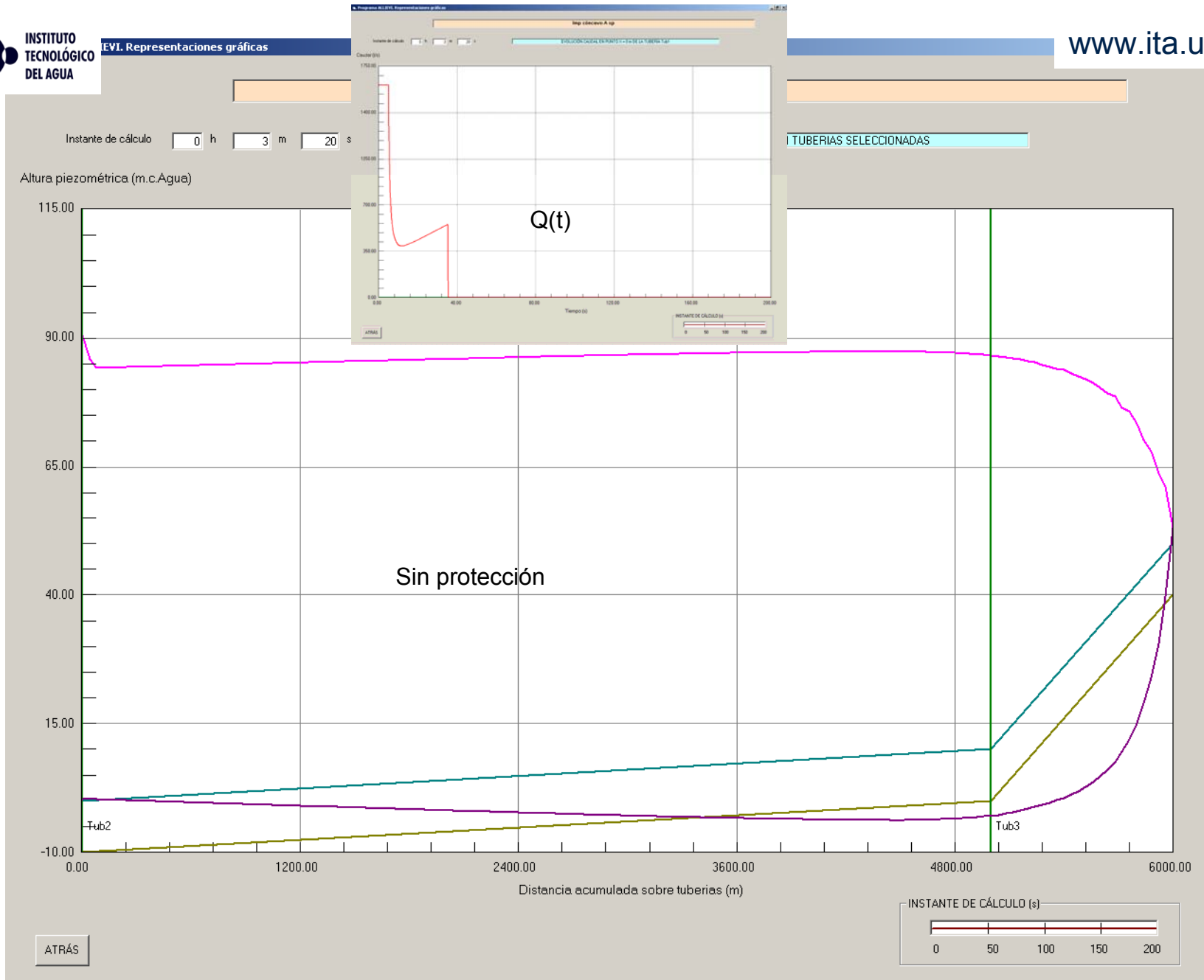
4 bombas en paralelo.

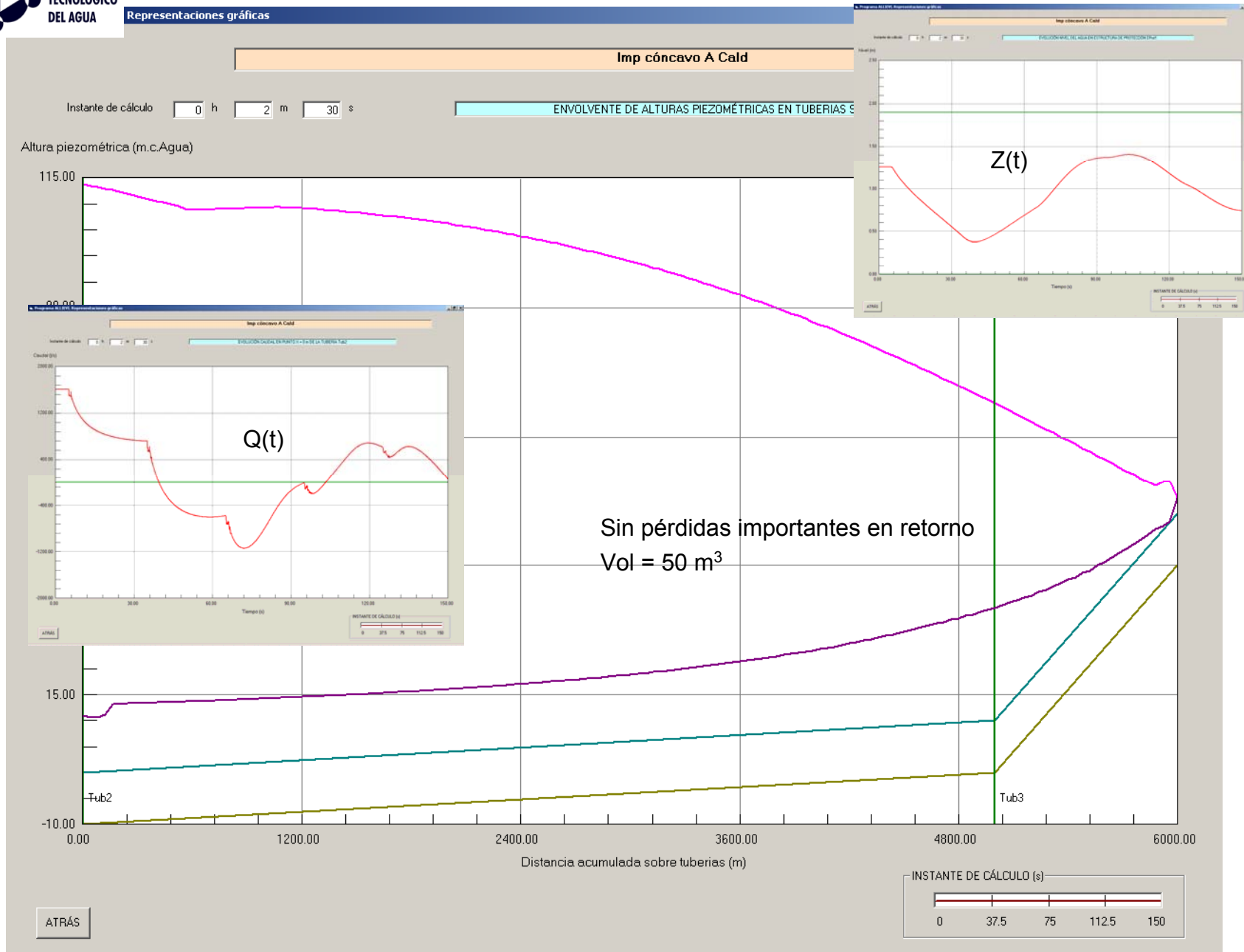
Parada de todas las bombas

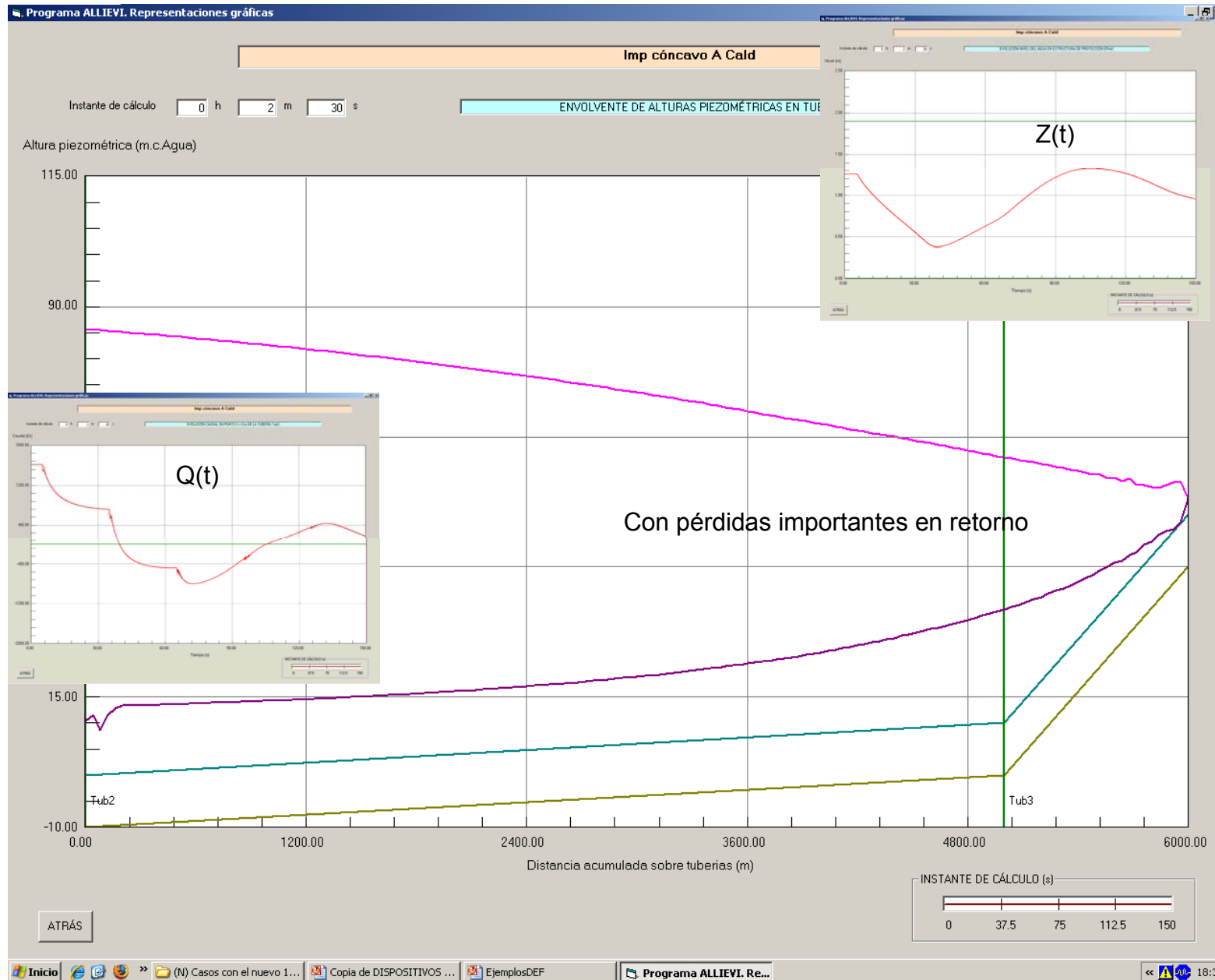
Para cada bomba:

$I = 20 \text{ Kg.m}^2$ $H = 70 \text{ mca}$ $Q = 416 \text{ l/s}$

$P = 400 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

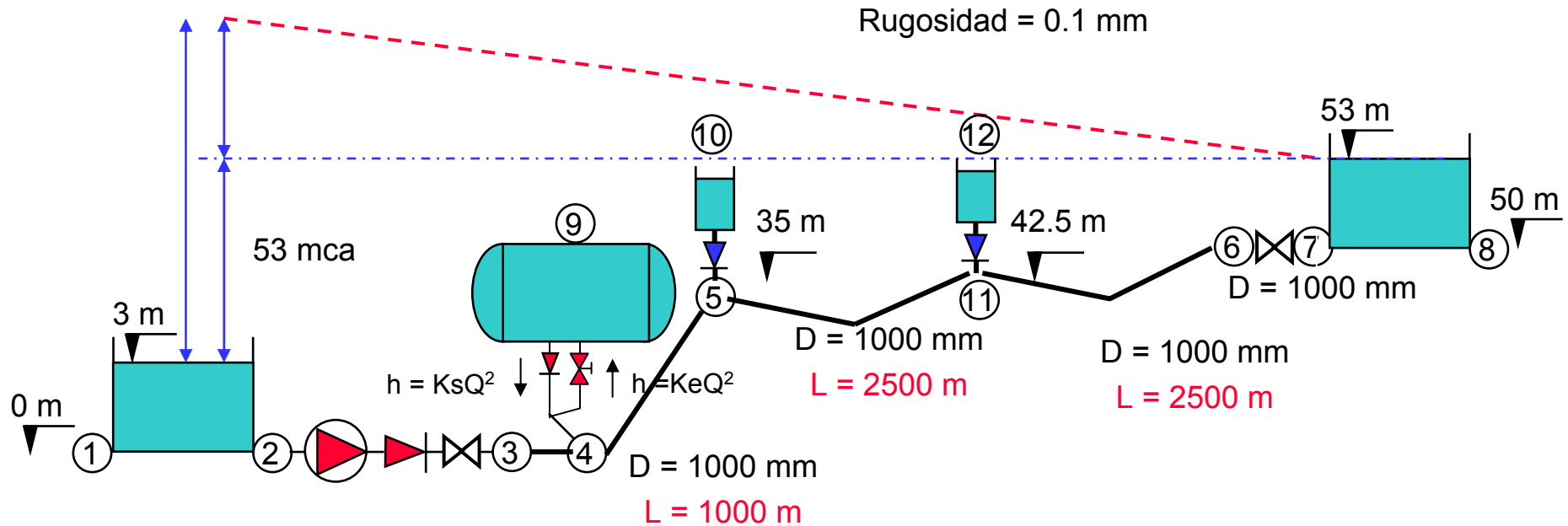






IMPULSIÓN PERFIL CONVEXO A.
G.D.A. por parada de bomba

Calderín y 2 TU



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 20 \text{ Kg.m}^2$ $H = 70 \text{ mca}$ $Q = 416 \text{ l/s}$

$P = 400 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

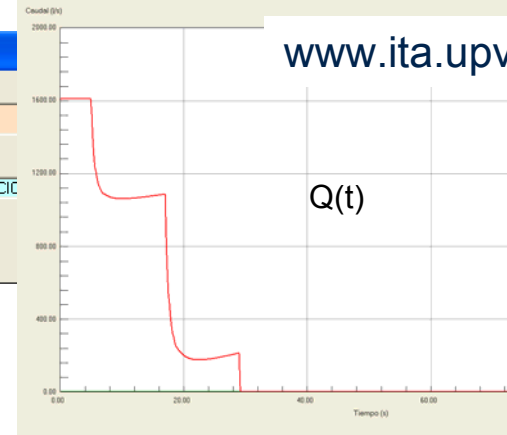
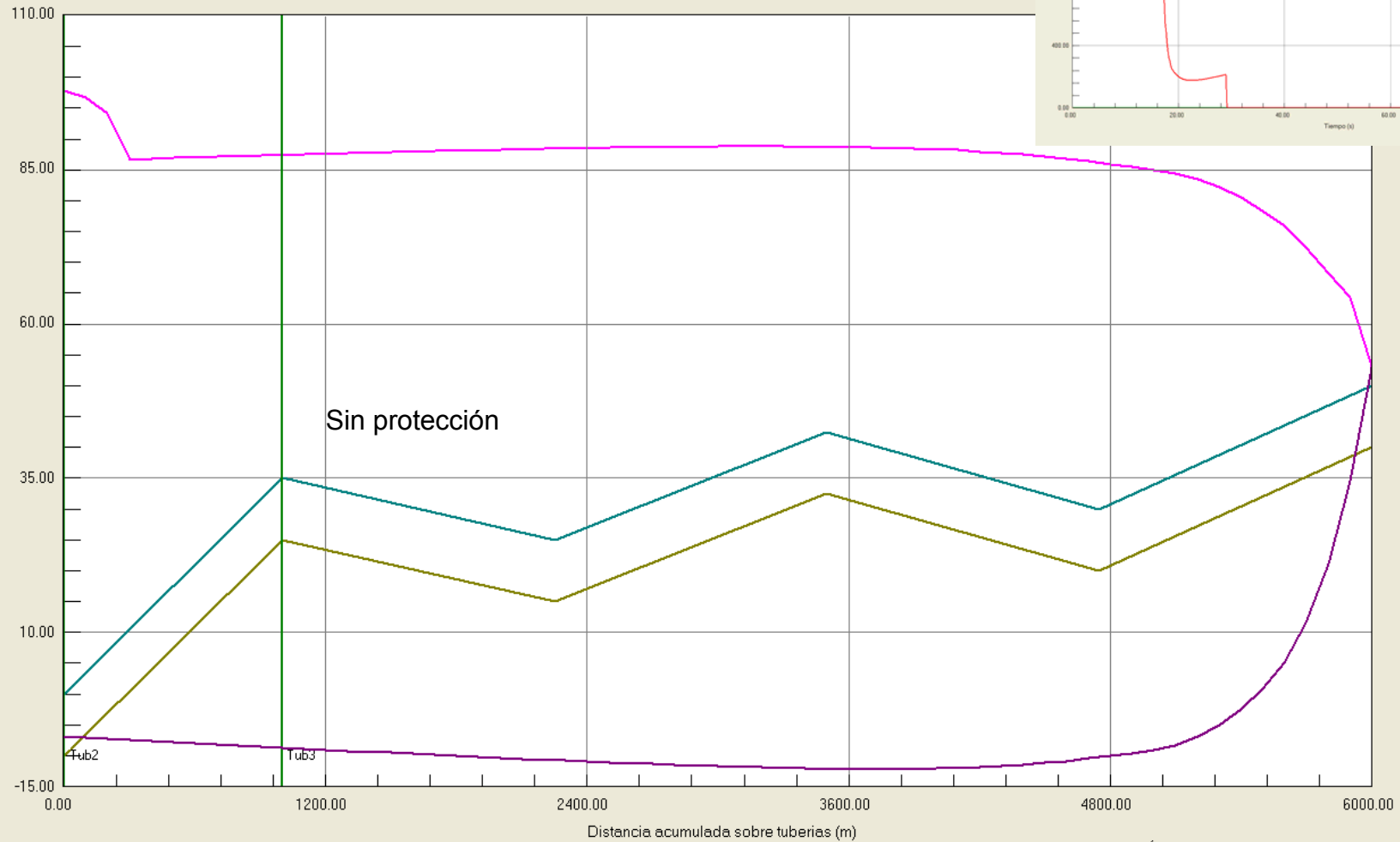
Solo Calderín V excesivo

Imp convexo A sp

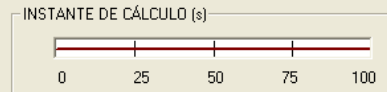
Instante de cálculo 0 h 1 m 40 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERÍAS SELECCIO

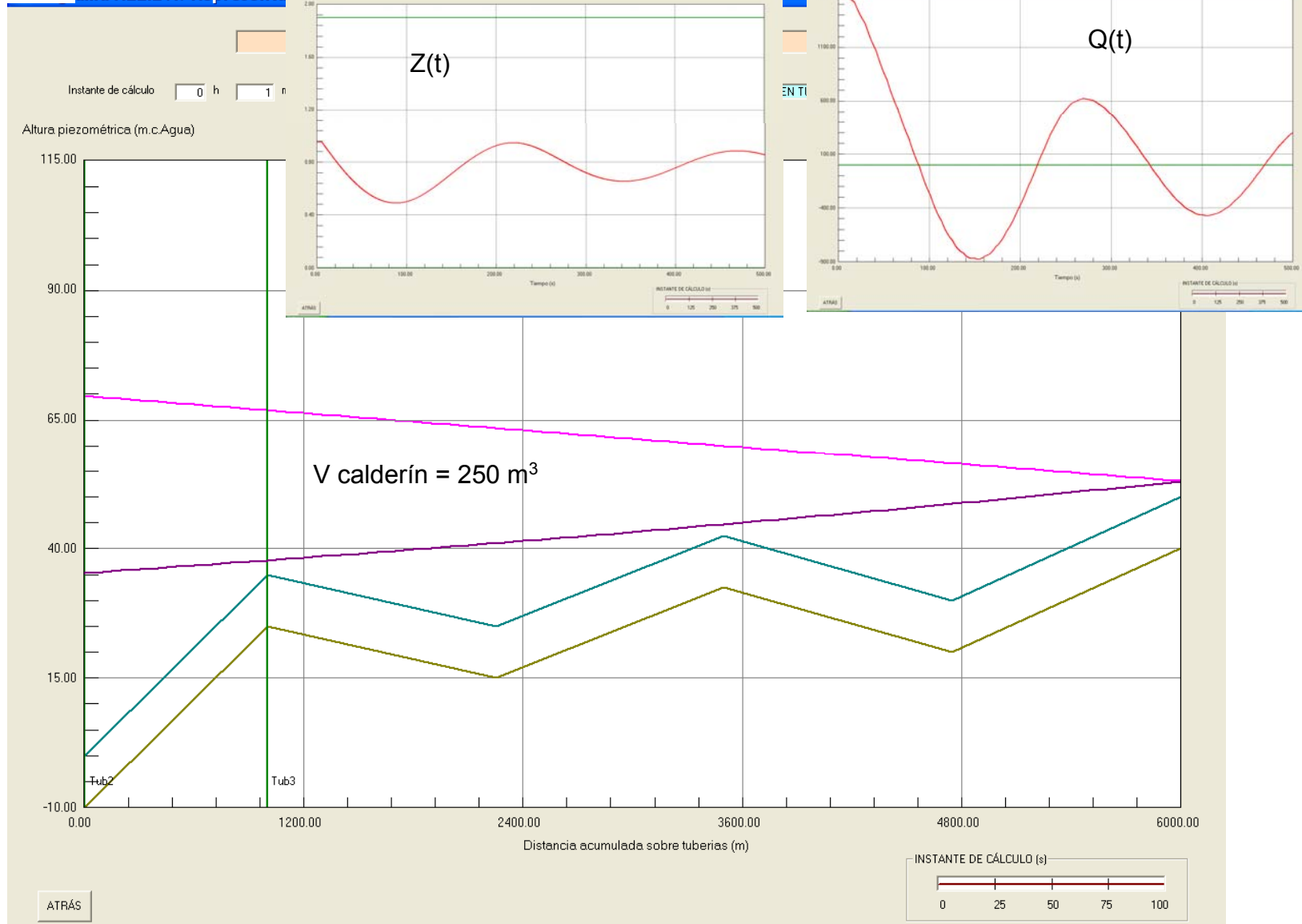
Altura piezométrica (m.c.Agua)



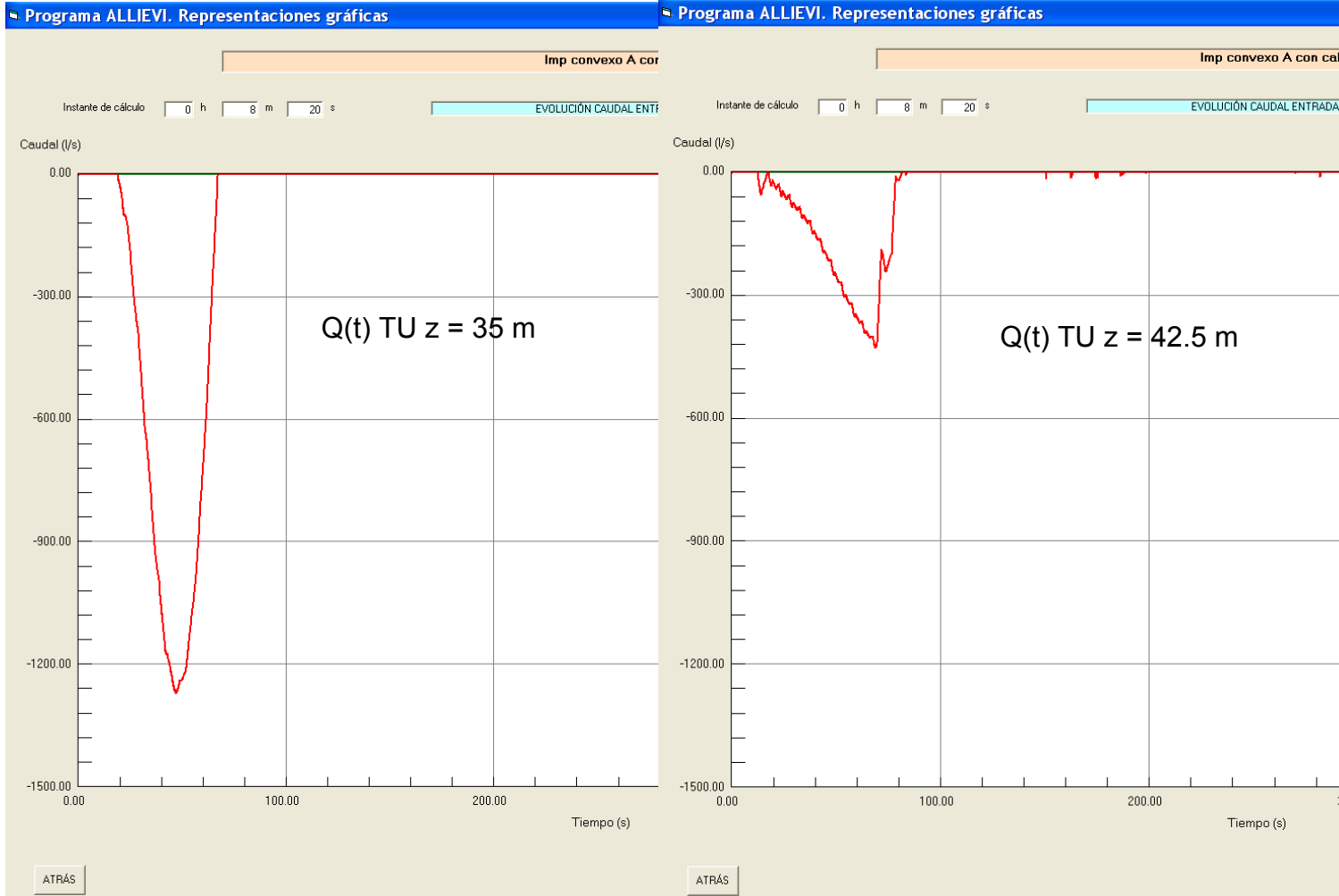
ATRÁS

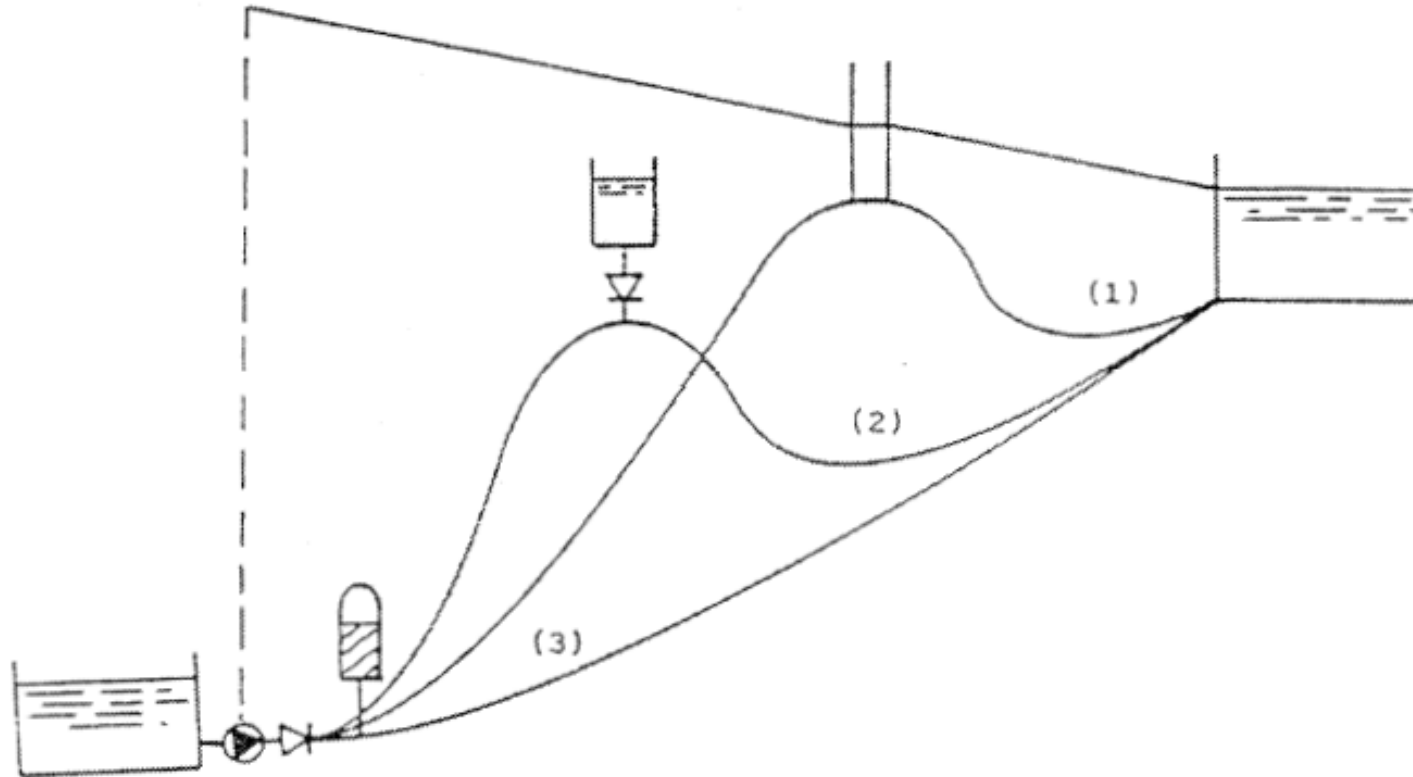


Programa ALLIEVI. Representa

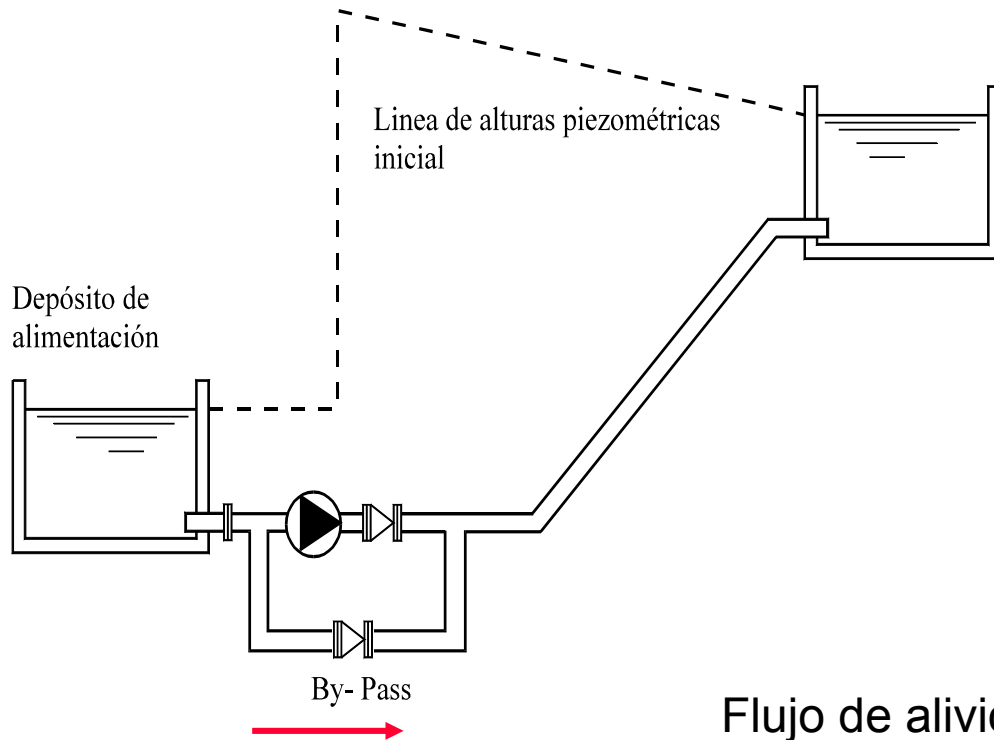






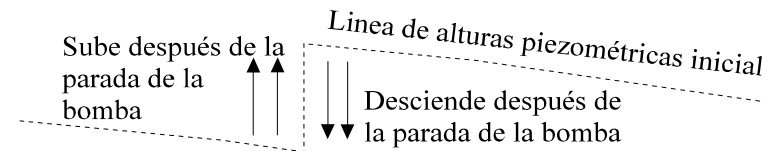


By-pass

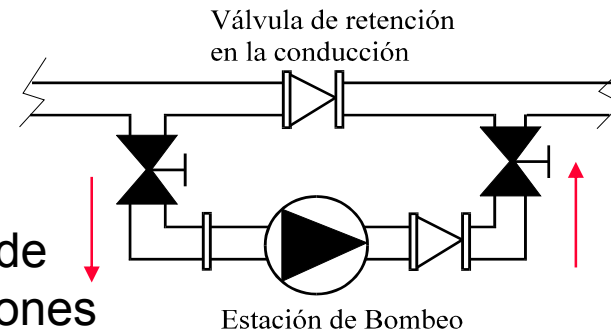


El depósito actúa como un Tanque unidireccional, limitando depresiones, Para ello es necesario cierta “carga” en depósito

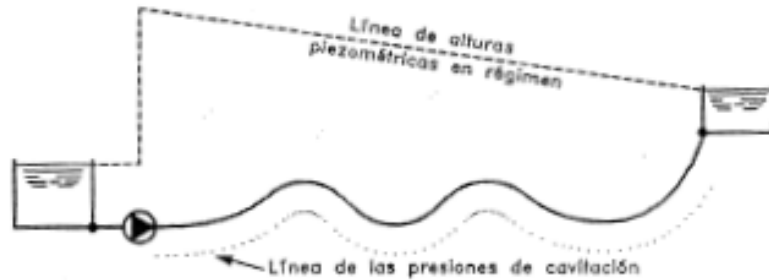
En bombas “booster” (reimpulsiones)



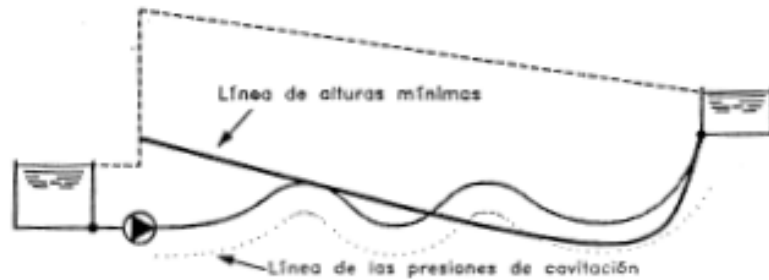
Flujo de alivio de sobrepresiones



Flujo para limitar depresiones



(a) Conducción en régimen permanente



(b) Parada accidental de la estación de bombeo



(a) Conducción en régimen permanente

- Permiten entrada de aire a Presión atmosférica, limitando las depresiones.
- Generan un colchón de aire en la conducción, a modo de un calderín.
- Expulsan el aire que ha entrada. Para ello deben ser de escape controlado, pues puede producirse G,D,Ariete al cerrar ventosa si el flujo llega a elevada velocidad o chocan las columnas de agua a gran velocidad.
- Hay que asegurarse de que al final no queda aire en la conducción.

NECESIDAD DE EXTRAER / INTRODUCIR AIRE

Extraer aire:

Llenado tubería (lento) Tenemos el control de la maniobra (**Gran Orificio**)

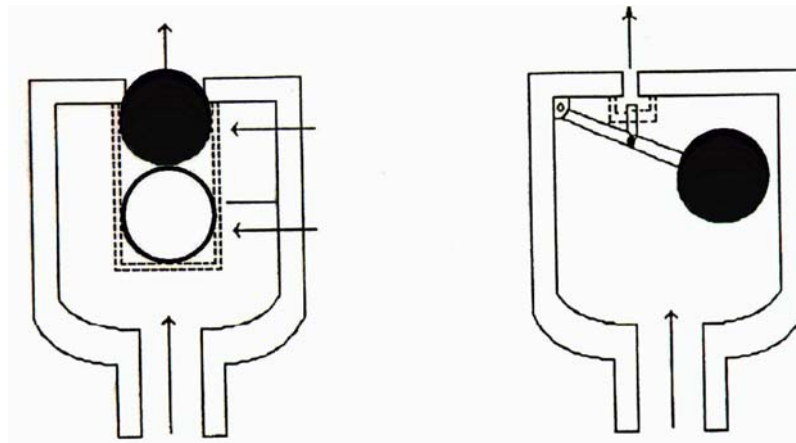
Funcionamiento normal (pequeñas bolsas) (**Purgador**)

Introducir aire: (**Gran Orificio**)

Para evitar depresiones que colapsan tubería, limitar la presión a valores cercanos a P_{atm} introduciendo aire.

Vaciado controlado (válvulas entrada aire manuales)

Roturas (vaciado no controlado) (ventosas automáticas)



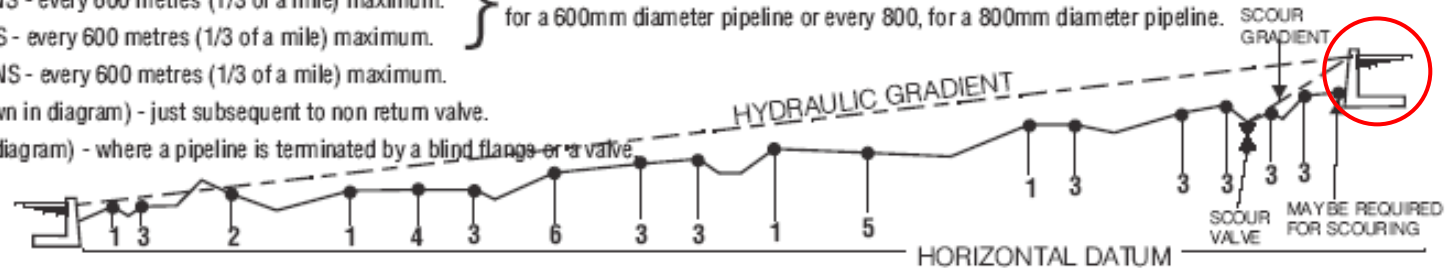
GRAN ORIFICIO

PURGADOR

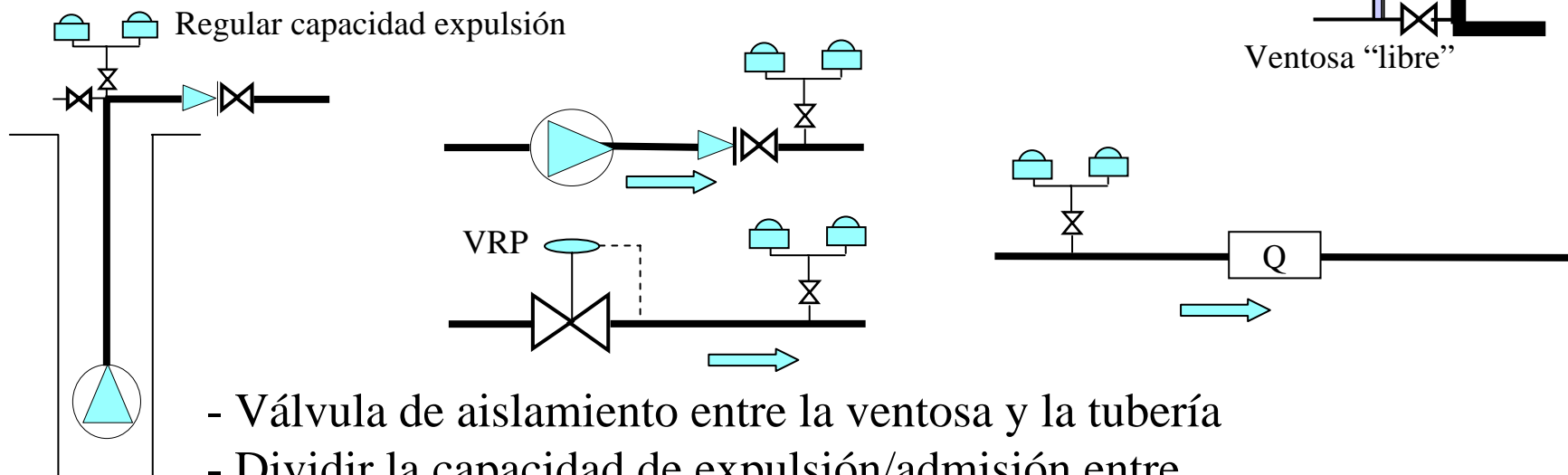
Instalación de ventosas

VALVE POSITIONING

1. ON APEX POINTS (relative to hydraulic gradient).
2. 5 METRES (16 FEET) BELOW APEX POINTS FORMED BY INTERSECTION OF PIPELINE AND HYDRAULIC GRADIENT - i.e. where pipeline siphoning over gradient an air release valve positioned on the apex would break the siphon. If positioning on apex is required a modified VENT-O-MAT Series RBX can be supplied.
3. NEGATIVE BREAKS (increase in downward slope or decrease in upward slope).
4. LONG HORIZONTAL SECTIONS - every 600 metres (1/3 of a mile) maximum.
5. LONG ASCENDING SECTIONS - every 600 metres (1/3 of a mile) maximum.
6. LONG DESCENDING SECTIONS - every 600 metres (1/3 of a mile) maximum.
7. PUMP DISCHARGE (not shown in diagram) - just subsequent to non return valve.
8. BLANK ENDS (not shown in diagram) - where a pipeline is terminated by a blind flange or a valve.

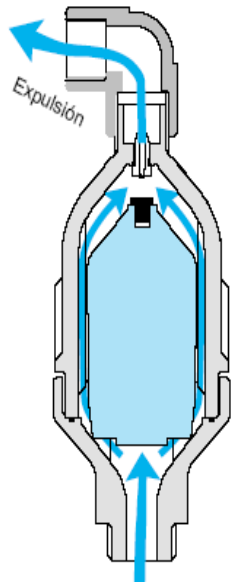
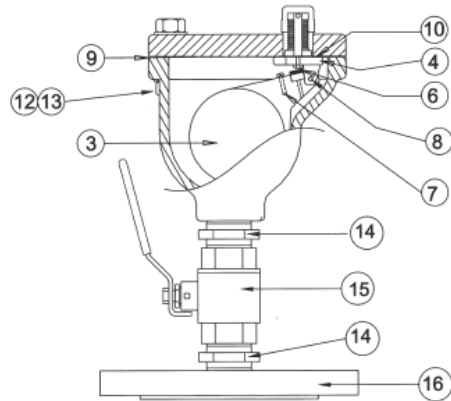


Tramos horizontales (pendiente de 0,3 % a 0,6 %)

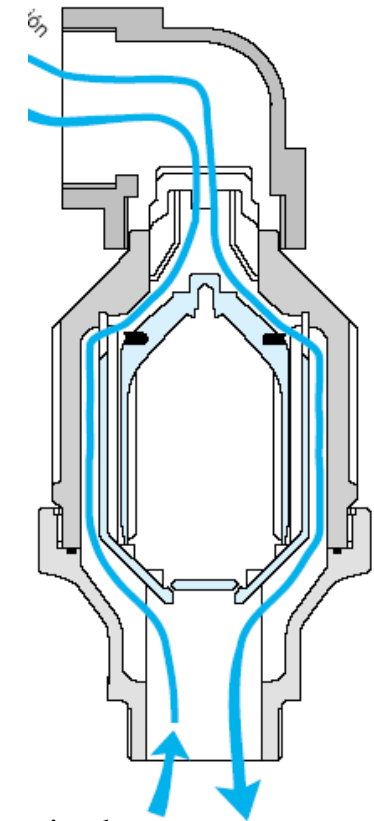
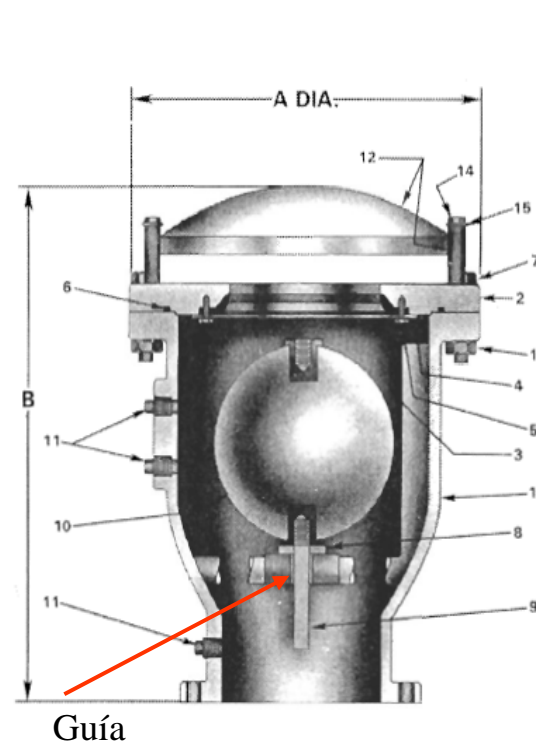


- Válvula de aislamiento entre la ventosa y la tubería
- Dividir la capacidad de expulsión/admisión entre dos ventosas (seguridad)

Purgador (Pequeño orificio)

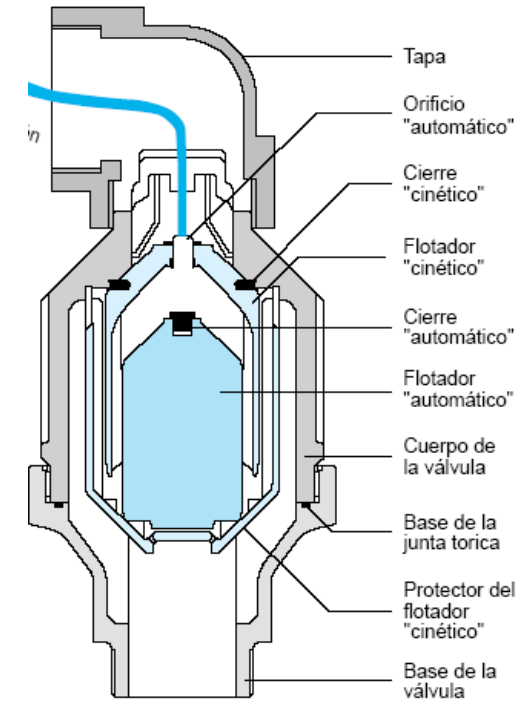
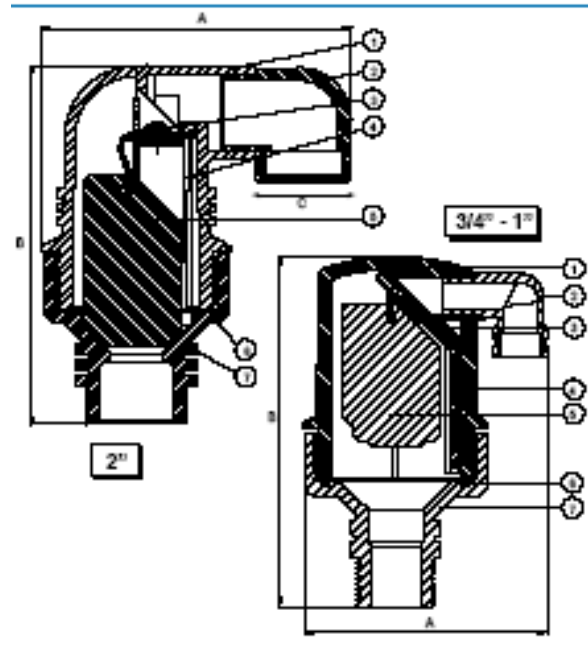
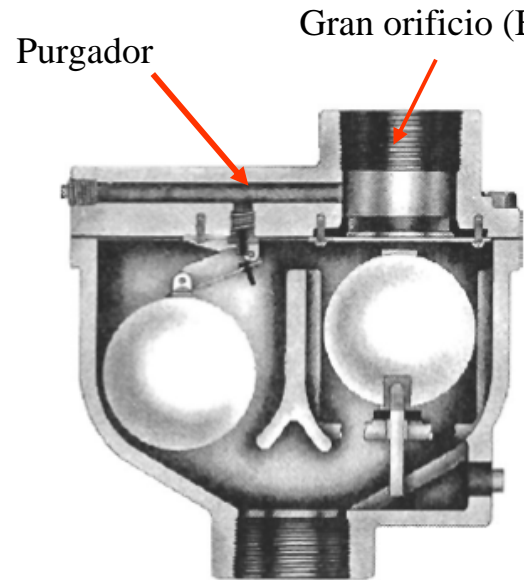


Gran orificio. Bifuncional (Entrada/Salida)



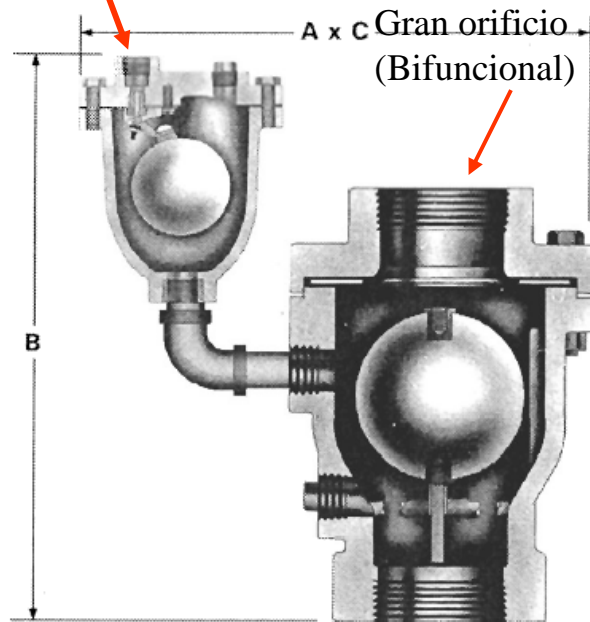
No descarga aire cuando la tubería presurizada

Trifuncionales (un cuerpo)



Trifuncionales (Combinación)

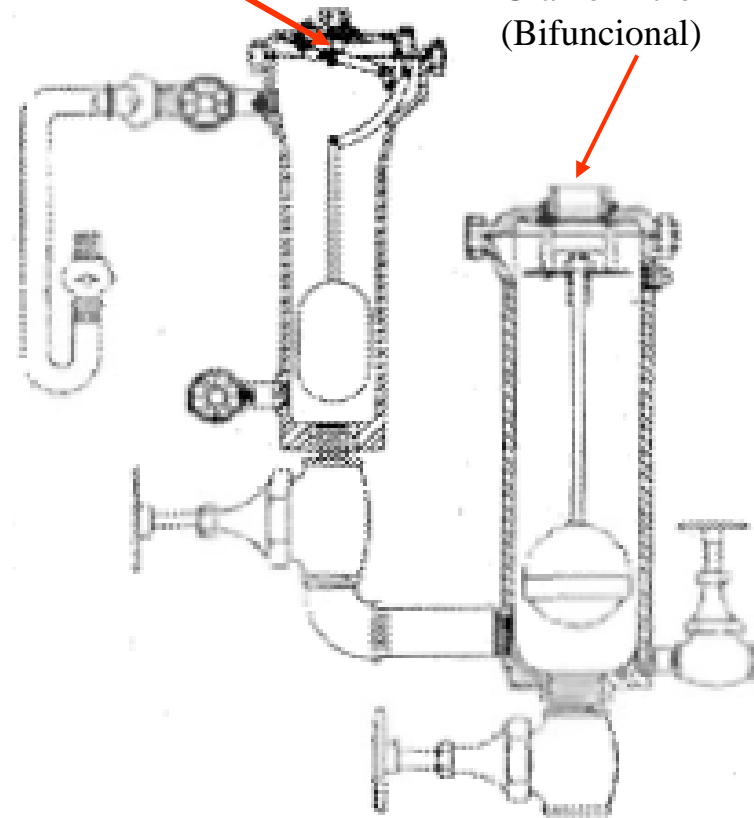
Purgador



Trifuncionales (Combinación) Aguas residuales

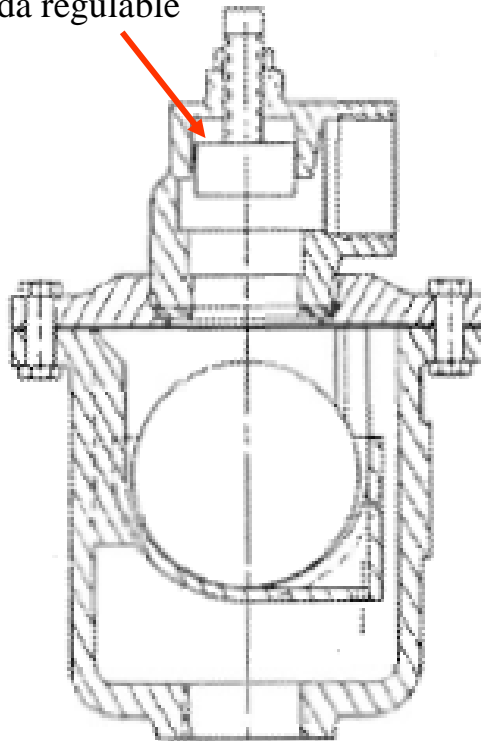
Purgador

Gran orificio
(Bifuncional)



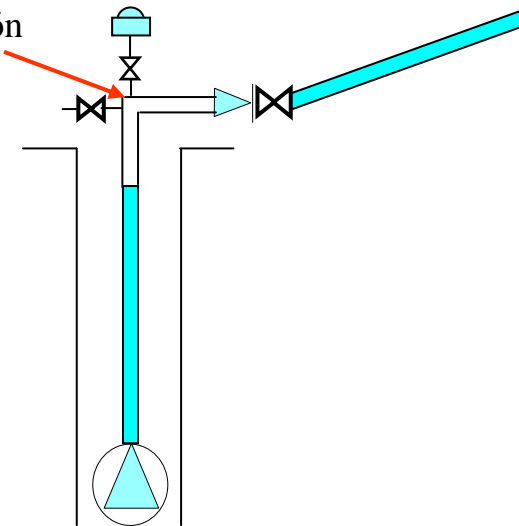
Bifuncionales Pozo profundo

Sección orificio
salida regulable



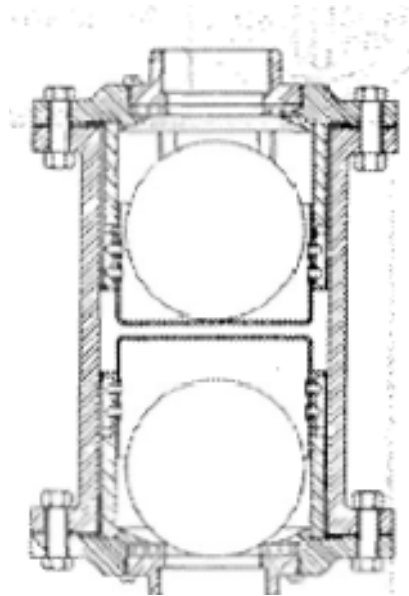
Regular capacidad expulsión

Aire a presión



Permite regular el caudal de aire de salida, es decir,
la velocidad a la que asciende la columna de agua por el pozo.

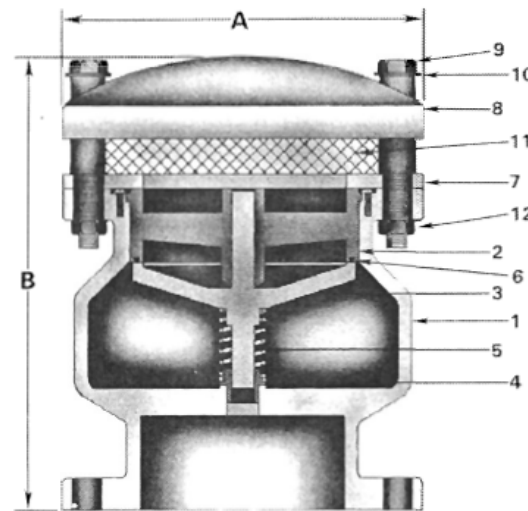
Un solo sentido (salida de aire)



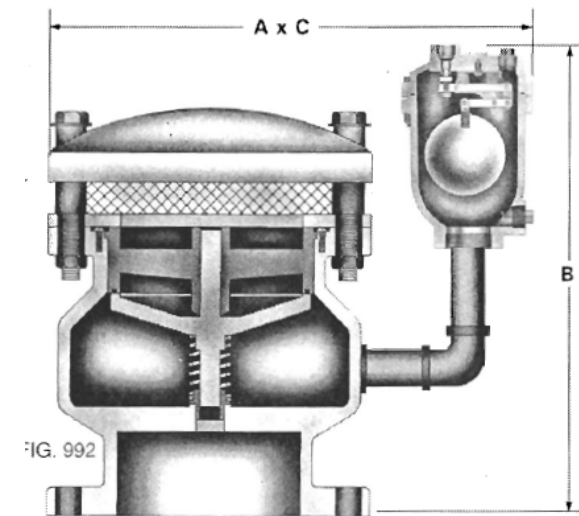
Para llenado en puntos de la conducción que trabajen con $P < 0$.

ADUCTORES

Un solo sentido (entrada de aire)

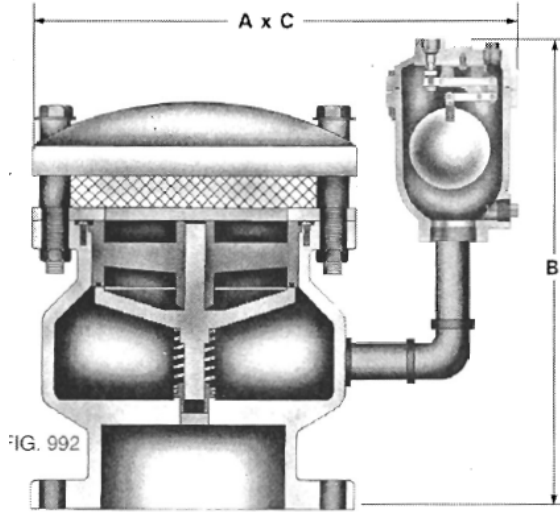


Aductor con purgador

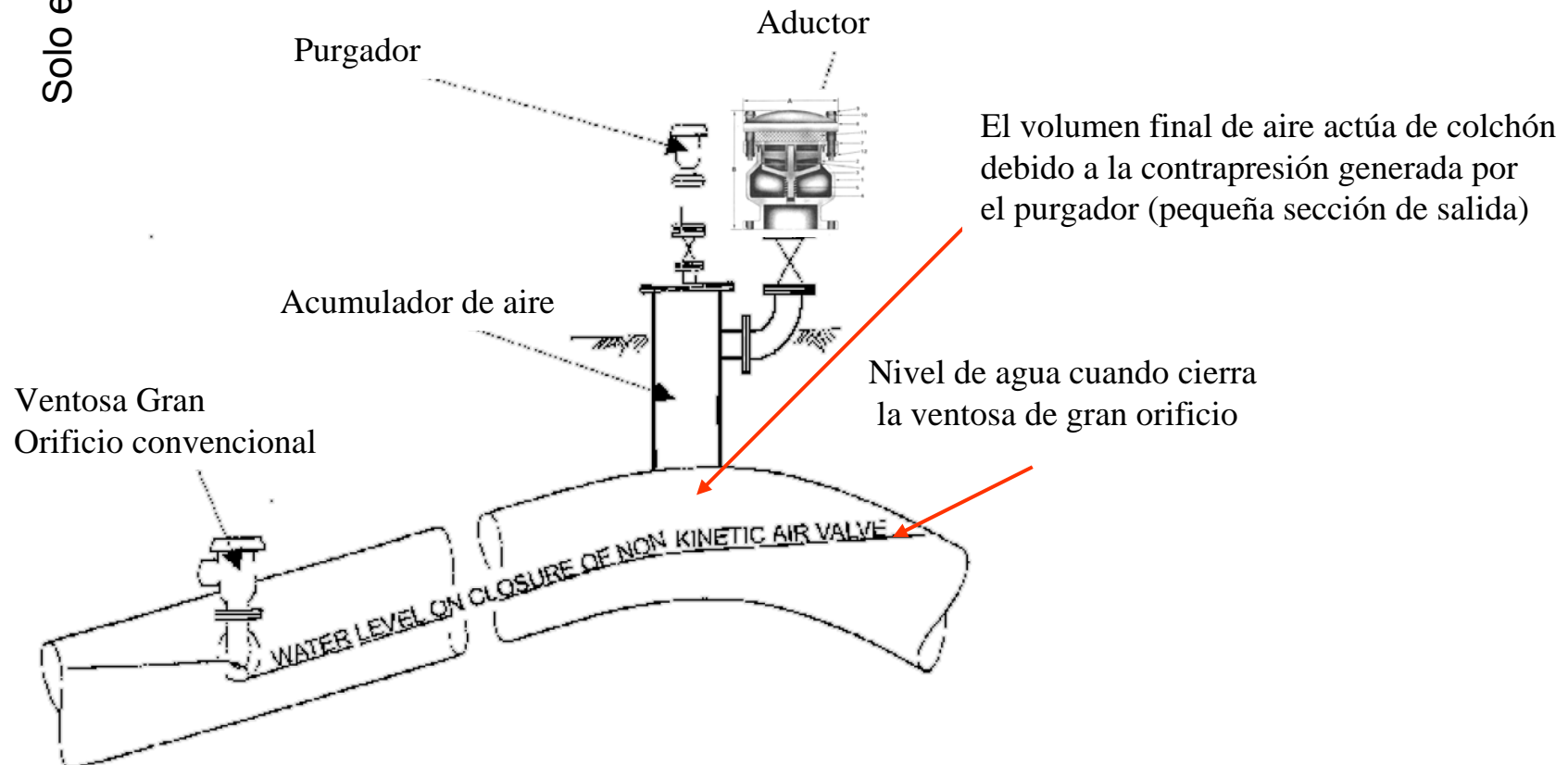


Gran capacidad de entrada de aire
y pequeña capacidad de expulsión

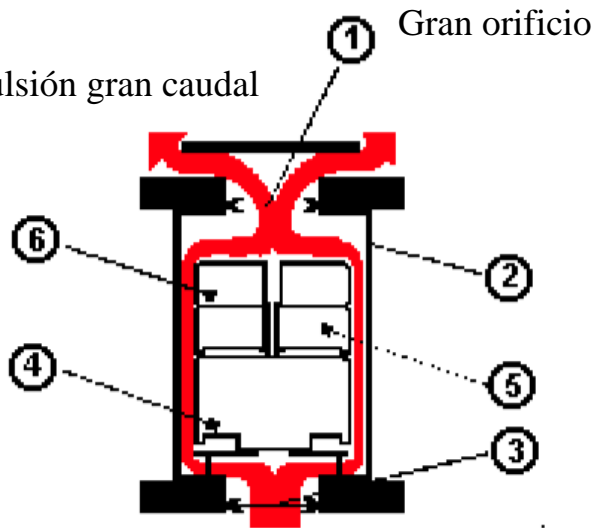
Solo entrada de aire



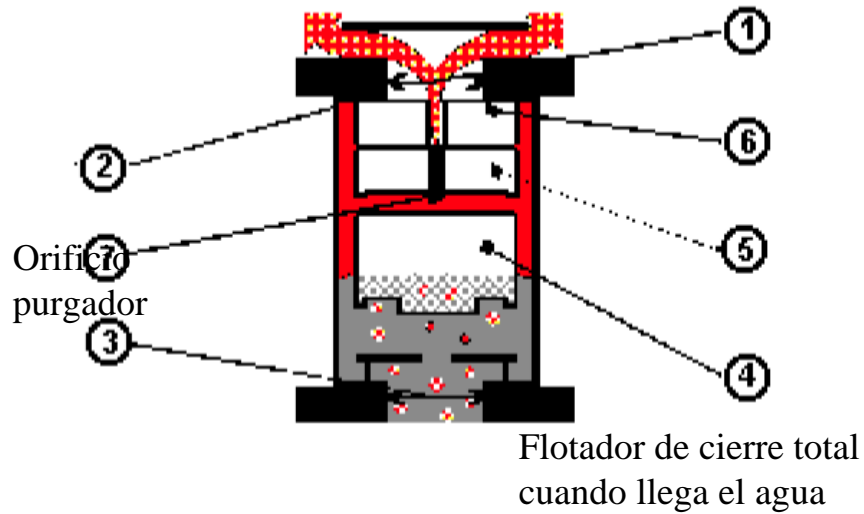
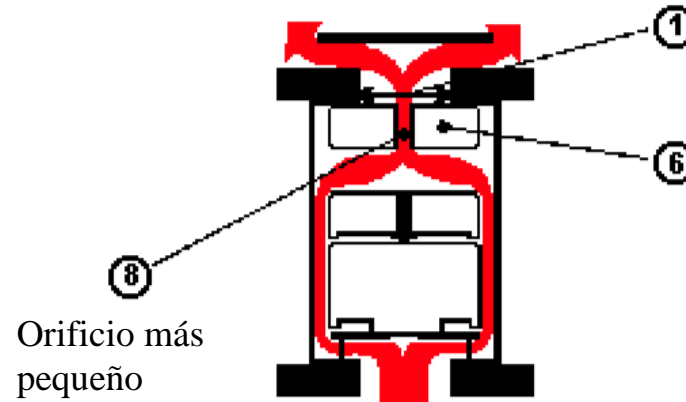
Aductor con purgador



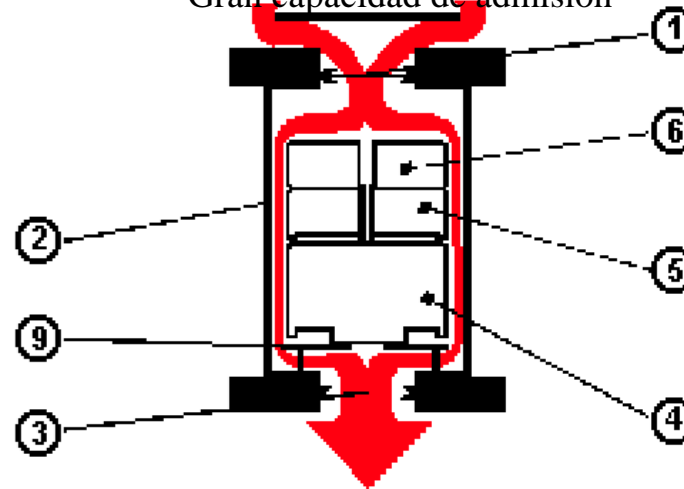
Expulsión gran caudal



Restricción paso aire cuando V aire elevada
Efecto colchón (disminuye la velocidad del agua en llenado)



Gran capacidad de admisión



Ventosa antiarriete (Ventomat)



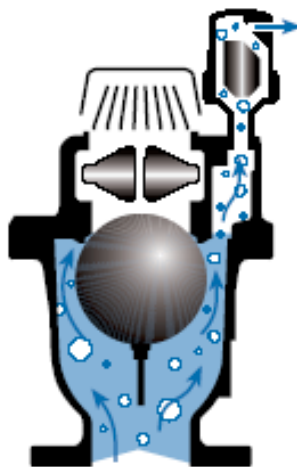
1. Cuando se llena con rapidez la tubería y el agua extrae el aire hacia el exterior a través de la Válvula de Aire o Ventosa, se crea una presión diferencial a través del orificio de la válvula.



2. Cuando la citada presión diferencial alcanza un nivel predeterminado (que generalmente está regulado en 0,05 bar.), el disco del orificio cerrará.

3. El aire seguirá saliendo a través del orificio pequeño del disco hasta ser eliminado completamente y el agua alcance al flotador cinético. Esta doble operación cinética de descarga evita el efecto de "cierre de golpe" y por consiguiente, suprime los golpes de ariete.

Tamaño Nominal	Dimensiones mm		Peso Kg	Dimensiones del Orificio:	
	A	B		Area mm ²	Cinético
50mm 2" Rosca	190,0	350,2	14,0	1960	
80mm 3"	233,7	404,8	21,0	5030	
100mm 4"	268,5	460,0	29,0	7850	
150mm 6"	375,0	707,0	92,0	17662	
200mm 8"	463,0	829,3	140,0	31400	



4. Cuando el aire llega al flotador cinético lo eleva, cerrando de ese modo el orificio y completando el ciclo cinético.

5. El disco del pequeño orificio de la válvula de retención volverá nuevamente a su posición abierta normal.

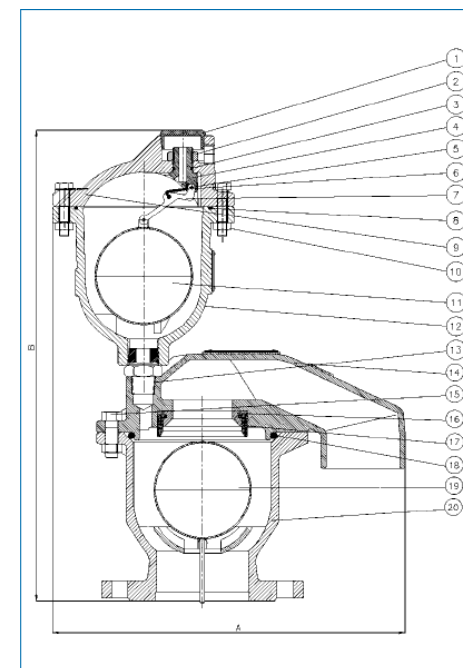
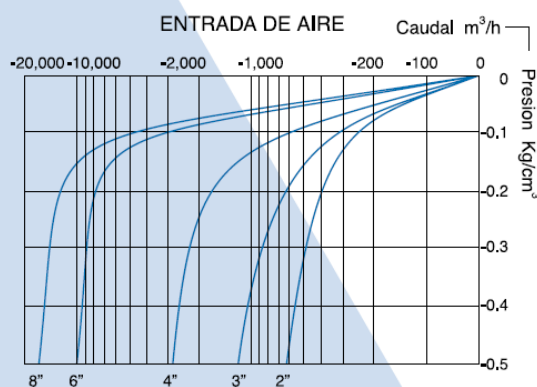
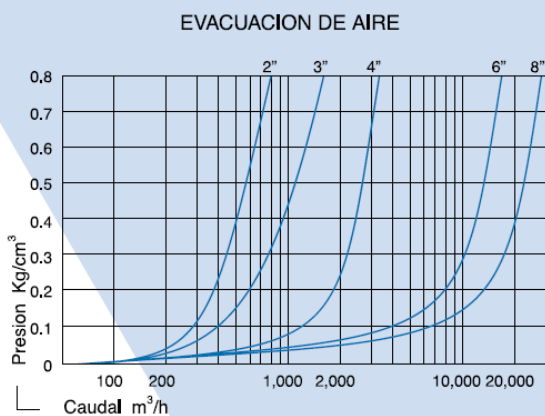


6. Cuando el agua es drenada de la tubería, la descendente presión creada da lugar a que el flotador cinético descienda, abriendo totalmente el orificio para la admisión de un gran volumen de aire al interior de la tubería.

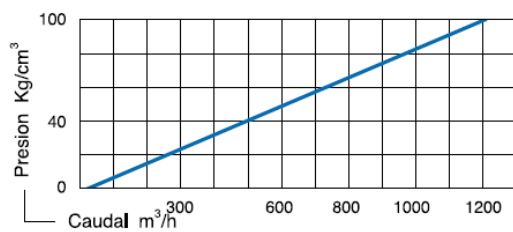
Ventosa antiarriete (ARI)

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE VENTOSAS PARA DIFERENTES DIÁMETROS

CAPACIDAD DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE - VENTOSA CINÉTICA



CAPACIDAD DE SALIDA DE AIRE - VENTOSA AUTOMÁTICA



DIMENSIONES Y PESO

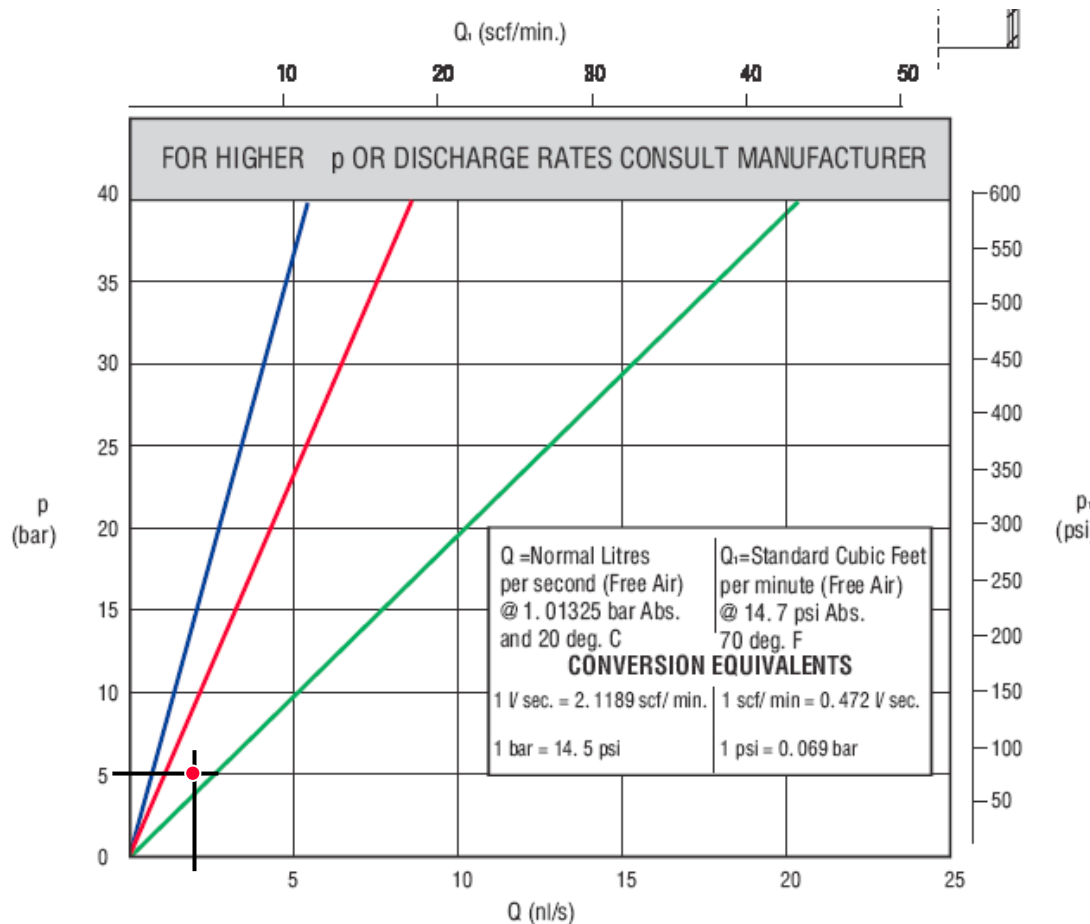
Tamaño Nominal	Dimensiones A	Dimensiones B	Peso (Para PN25) Kg	Peso (Para PN40) Kg	Dimensiones del Orificio Cinetico Area: mm ² (PN25)	Conexión de escape Externo
50 mm 2"	330	454	30	32	794	1.5" Rosca hembra
80 mm 3"	331	504	30	46	1809	
100 mm 4"	384	514	39	61	3317	
150 mm 6"	576	729	89	105	17662	
200 mm 8"	576	729	97	110	17662	

* Dimensiones del Orificio Automático: 15 mm² Para todas válvulas.

Funcionamiento en condiciones sónicas a partir de 0,91 bar manométricos

- \varnothing 1.2 mm (\varnothing 0.047") small orifice - DN25 (1") & DN50 (2") Valves
- \varnothing 1.5 mm (\varnothing 0.059") small orifice - DN80 (3") & DN100 (4") Valves
- \varnothing 2.4 mm (\varnothing 0.094") small orifice - DN150 (6") & DN200 (8") Valves

PURGADOR



Cálculo simple:

$$Q_{\text{aire}} = 0,02 Q_{\text{agua}}$$

(si todo el aire disuelto se libera)

Por ejemplo:

$P_{\text{trabajo}} = 5 \text{ bar}$

$Q_{\text{agua}} = 100 \text{ l/s}$

$Q_{\text{aire}} = 2 \text{ l/s}$

$D_{\text{orificio}} = 2,4 \text{ mm}$

Con la fórmula:

$$Q = 0.007912 d^2 P \rightarrow D = 1.59 \text{ mm}$$

Q = Caudal en m^3/min (std)

d = Diámetro del orificio en mm

P = Presión absoluta en bar

Se admite (condiciones muy desfavorables) que todo el aire es expulsado por una sola ventosa.

A

Para limitar la sobrepresión producida por el sierre del obturador de salida de aire:

$$Q_{\max} = \frac{P_{rp} - P_{lp}}{\gamma} \frac{g \left(A_1 + \frac{2Aa_1}{a} \right)}{2a_1}$$

P_{rp} = presión máxima que puede soportar la tubería en el punto p

P_{lp} = presión existente en el punto p durante el llenado, que sería la presión debida a la diferencia de cotas entre la ventosa y ese punto, más la presión de expulsión de aire por la ventosa que está actuando A_1 = sección de la tubería de entronque

a_1 = celeridad en la tubería de entronque

A = sección de la tubería principal

a = celeridad de la tubería principal

B

La velocidad máxima de llenado (referida a la sección de la tubería) no debe superar los **0.4 m/s**

El caudal de agua de llenado será el mismo que el caudal volumétrico de aire evacuado en las condiciones del interior de la tubería, o sea, a la presión P_{exp}

C

La velocidad del aire en la ventosa (condiciones del interior de la tubería)

debe ser inferior a **40 m/s**

$$V_{\text{ventosa}} = Q_{\text{llenado}} / A_{\text{orificio}}$$

El caudal de aire a expulsar, en condiciones normales:

$$Q_{aire\ atm} = \frac{P_{exp}^* \cdot Q_{ll}}{P_{atm}^*}$$

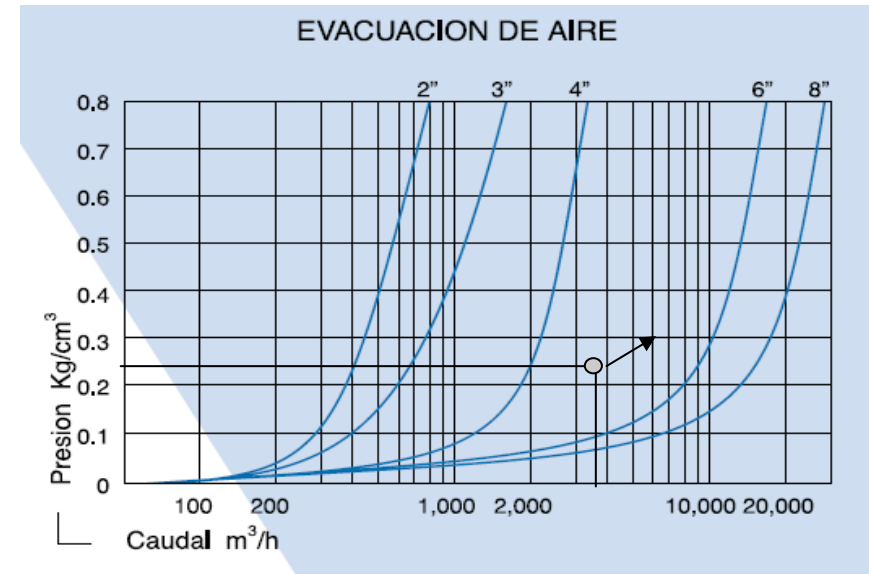
P* Valor absoluto

P_{exp} (manométrica) no superior a 2,5 mca.

Cálculo “Práctico”

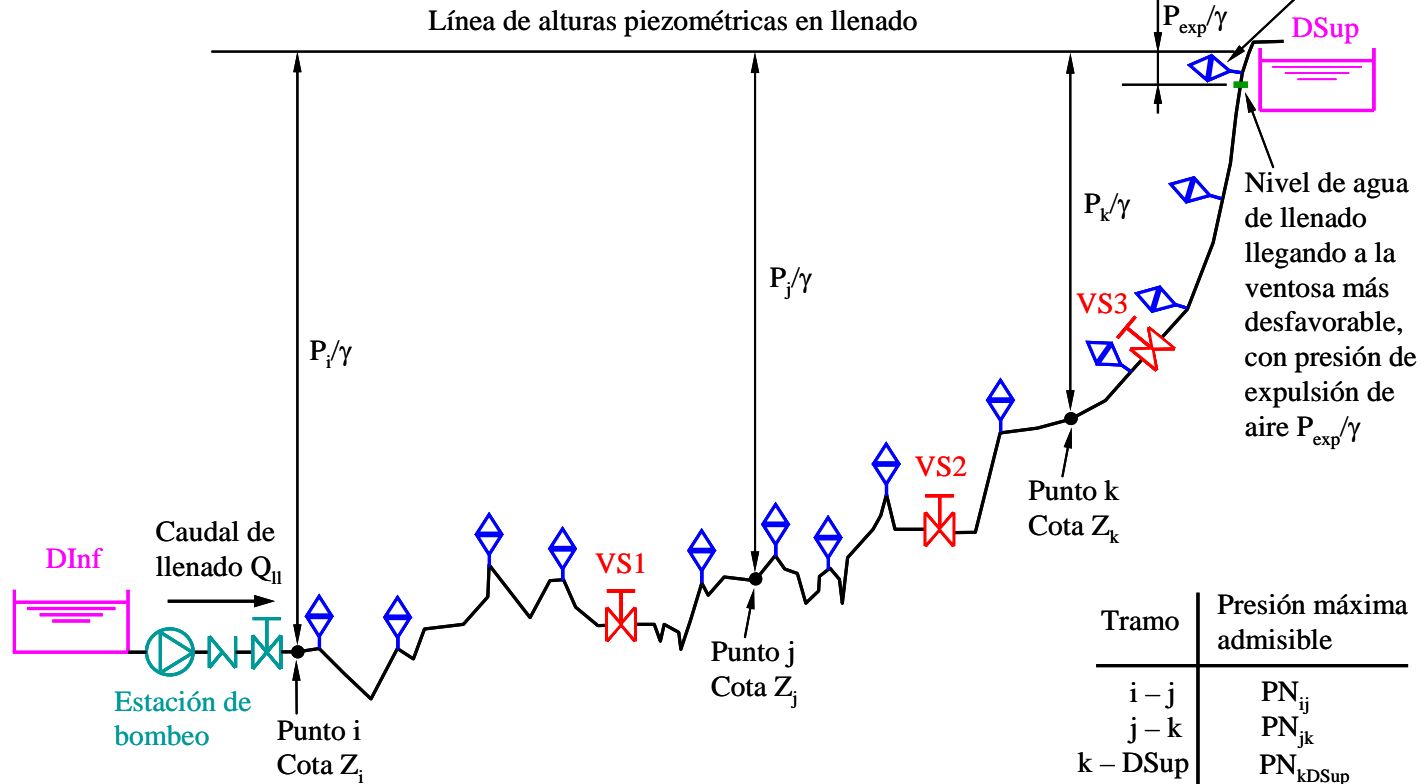
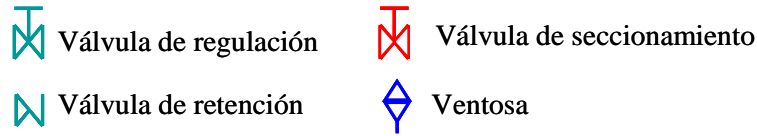
$$Q_{ll} = 0,4 \cdot A_{tub} = 40 \cdot A_{orif}$$

$$\frac{A_{tub}}{A_{orif}} = 100 \rightarrow \frac{D_{tub}}{D_{orif}} = 10$$



Recomendaciones:

- 1.- Usar Ventosas Tipo Cinético: No se cierran por efectos aerodinámicos originados por el flujo de aire.
- 2.- Deben soportar, tanto la ventosa como la válvula de aislamiento, las sobrepresiones originadas por su propio cierre, suponiendo que están expulsando los caudales considerados en el cálculo.
- 3.- Se debe controlar en todo momento la velocidad de llenado
- 4.- Colocar dos ventosas en paralelo (si falla una, al menos queda “algo” de capacidad de expulsión).

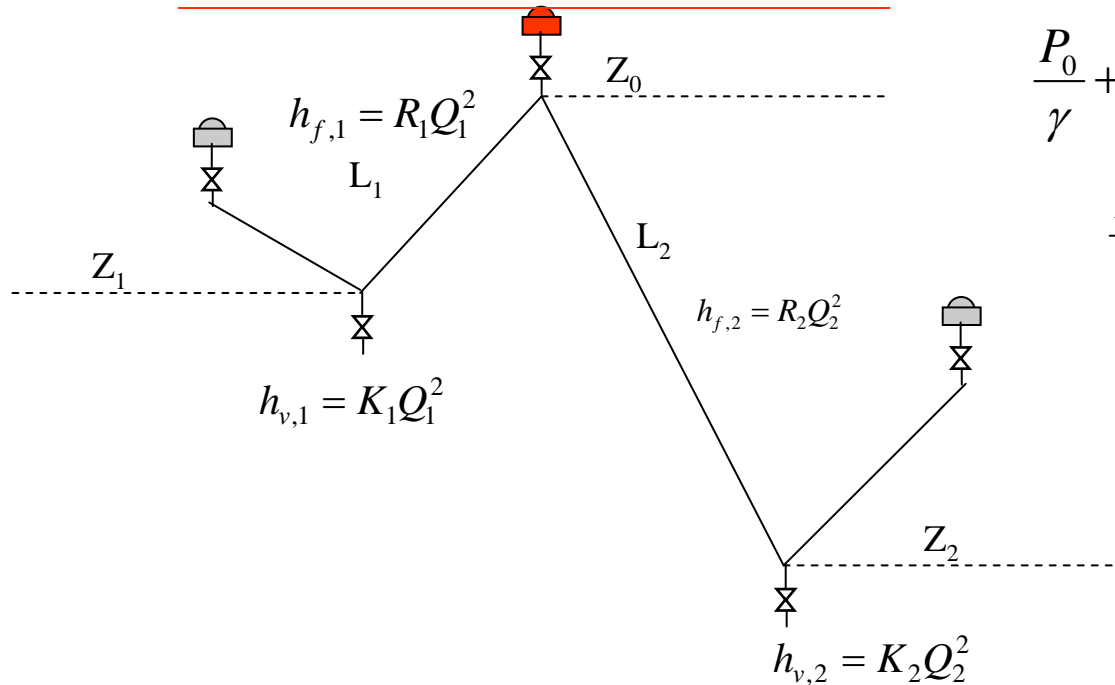


Punto p	$\frac{P_{rp}}{\gamma}$	$\frac{P_{llp}}{\gamma}$	Sobrepresión máxima que puede transmitirse al punto p al cerrar la ventosa más desfavorable
i	$\frac{PN_{ij}}{\gamma}$	$\frac{P_{lli}}{\gamma} = Z_{VMD} - Z_i + \frac{P_{exp}}{\gamma}$	$\frac{PN_{ij}}{\gamma} - \frac{P_{lli}}{\gamma}$
j	$\frac{PN_{jk}}{\gamma}$	$\frac{P_{llj}}{\gamma} = Z_{VMD} - Z_j + \frac{P_{exp}}{\gamma}$	$\frac{PN_{jk}}{\gamma} - \frac{P_{llj}}{\gamma}$
k	$\frac{PN_{kDSup}}{\gamma}$	$\frac{P_{llk}}{\gamma} = Z_{VMD} - Z_k + \frac{P_{exp}}{\gamma}$	$\frac{PN_{kDSup}}{\gamma} - \frac{P_{llk}}{\gamma}$

Tomar el valor mínimo

Cálculo diámetro ventosa (Admisión durante vaciado)

Línea de alturas piezométricas

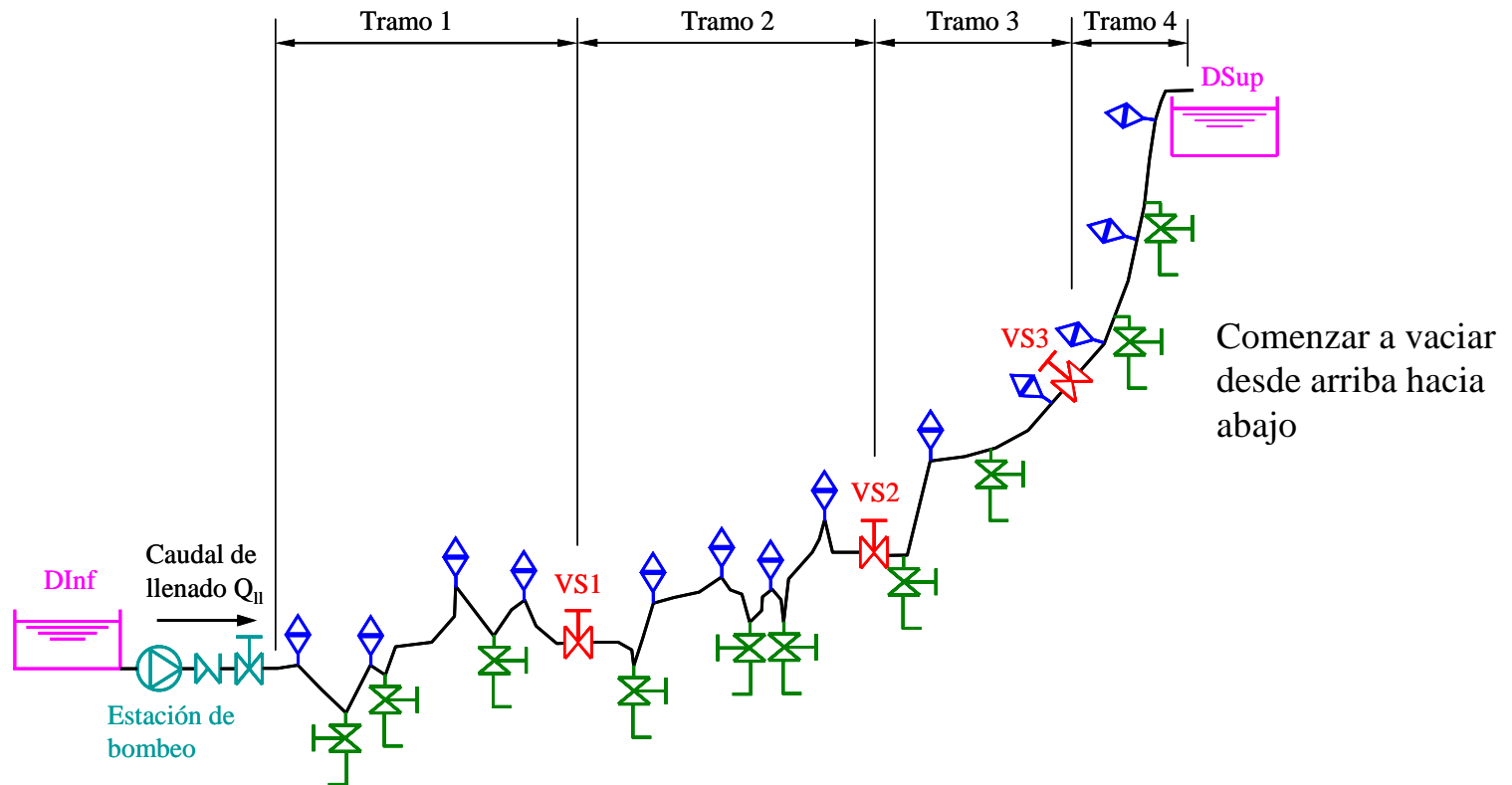
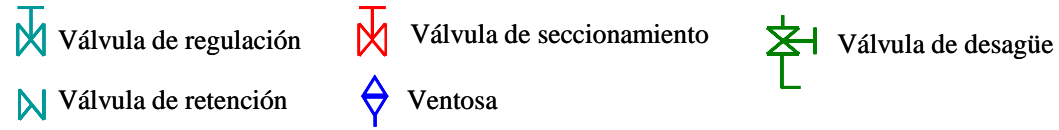


$$\frac{P_0}{\gamma} + Z_0 = Z_i + R_i Q_i^2 + K_i Q_i^2 + \frac{V_{td}^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = -1.5 \text{ mca} \quad \text{O máxima depresión dada por fabricante}$$

$$Q_{\text{ventosa}} = \text{máx} (Q_1, Q_2)$$

- Velocidad máxima válvula vaciado = 5 o 6 m/s (consultar fabricante)
- Velocidad máxima vaciado tubería ($D_{\text{tub}} = 4 \cdot D_{\text{válvula}}$) 0,4 m/s
- Atención a la zona de descarga (salida a la atmósfera), si la velocidad de salida es elevada.
- La diferencia de nivel entre la ventosa (Z_0) y el punto de vaciado (Z_i) no debe ser muy elevado para poder abrir la válvula (máximo 40 m)
- Mejor V. Mariposa que V. Compuerta por su mayor facilidad de accionamiento, salvo que se prevean paso de sólidos



$$\frac{P_0}{\gamma} + Z_0 = Z_i + R_i Q_i^2 + K_i Q_i^2 + \frac{V_{td}^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = -1.5 \text{ mca} \quad \text{O máxima depresión dada por fabricante}$$

$R_i Q_i^2$ Despreciable por ser la velocidad de vaciado baja
 $K_i Q_i^2$ Pérdidas en los elementos de desagüe

$$\frac{P_0}{\gamma} + Z_0 = Z_i + K_i Q_i^2 + \frac{V_{td}^2}{2 \cdot g}$$

Fijado el Q de vaciado y el diámetro de los elementos de desagüe:

Comprobar que la ventosa puede evacuar un caudal igual o superior a Q con P_0 dado.

Para el máximo desnivel posible ($Z_0 - Z_i$) siendo Z_0 la cota máxima del agua cuando se abre el desagüe i:

Determinar las pérdidas necesarias a introducir por los elementos de desagüe para lograr el caudal Q:

$$Q_{\text{aire atm}} = \frac{P_{\text{adm}}^* \cdot Q_{ll}}{P_{\text{atm}}^*}$$

$$h_{\text{nec}} = \frac{P_0}{\gamma} + Z_0 - Z_i - \frac{V_{td}^2}{2 \cdot g}$$

Si $h_{\text{nec}} >$ Pérdidas en válvula y tubería de desagüe

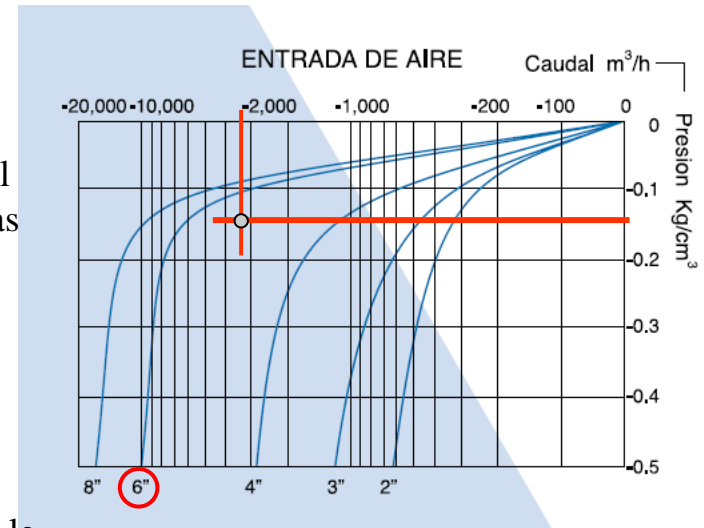
Insertar pérdidas adicionales en la tubería de desagüe para que el caudal no sea excesivo (disipar energía). Si no se incrementan las pérdidas el caudal de desagüe será mayor, y la velocidad en la válvula de desagüe puede ser excesiva.

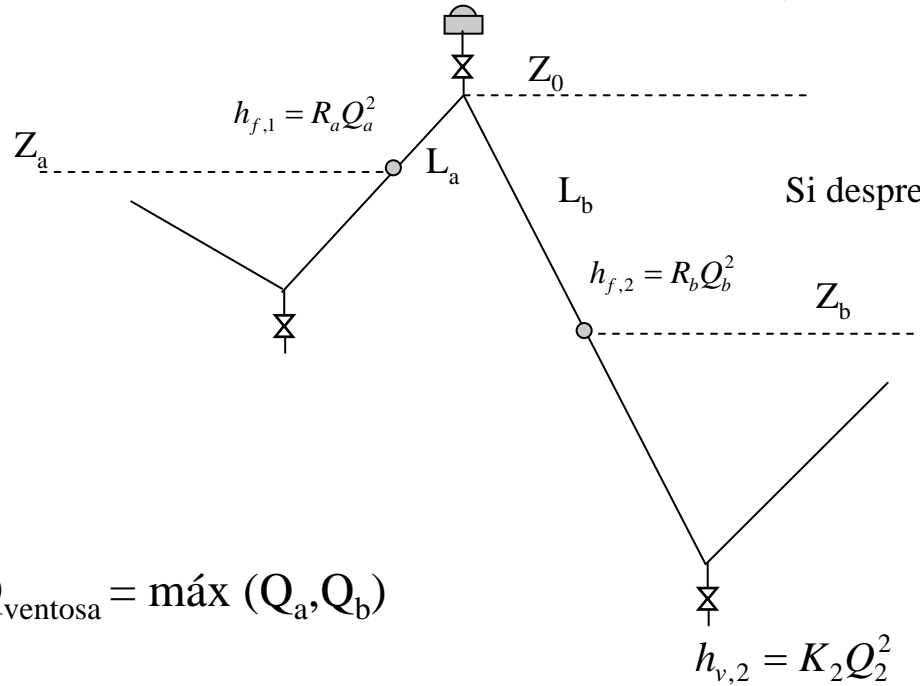
Si $h_{\text{nec}} <$ Pérdidas en válvula y tubería de desagüe

El caudal de desagüe será menor

Si se quiere mantener el caudal, incrementar el diámetro de la válvula y tubería de desagüe, de manera que sea compatible con lo que puede admitir la ventosa.

Comprobación





$$\frac{P_0}{\gamma} + Z_0 = Z_i + R_i Q_i^2 + K_i Q_i^2 \quad K \cong 0 \text{ si rotura franca}$$

Si despreciamos P_0/γ frente a $Z_0 - Z_i$: $Z_0 - Z_i = R_i Q_i^2$

Como: $R_i = \frac{8 \cdot f}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g} L = r_i \cdot L$

y: $\frac{Z_0 - Z_i}{L} = s \text{ (m/m)}$

Siendo s la pendiente de la tubería en m/m.

$$Q_{\text{ventosa}} = \text{máx} (Q_a, Q_b)$$

$$h_{v,2} = K_2 Q_2^2$$

$$Q_i = \sqrt{\frac{s_i}{r_i}} = \sqrt{\frac{s_i \cdot \pi^2 \cdot D_i^5 \cdot g}{8 \cdot f_i}}$$

Comprobación

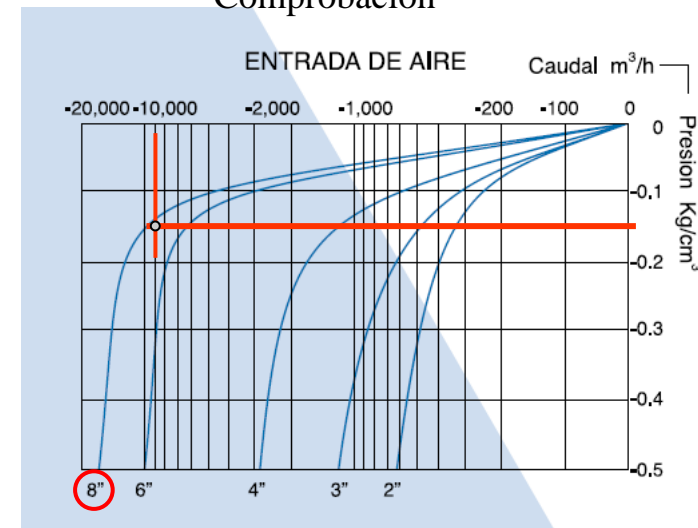
También puede utilizarse la fórmula de Hazen-Williams:

$$Q_i \text{ (m}^3/\text{s)} = 0,28 \cdot C_H \cdot D_i \text{ (m)}^{2,63} \cdot s_i \text{ (m/m)}^{0,54}$$

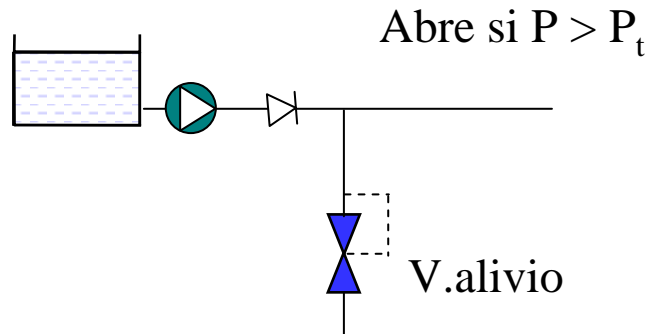
El caudal hay que pasarlo a condiciones normales para determinar el diámetro de la ventosa:

$$Q_{\text{aire atm}} = \frac{P_{\text{adm}}^* \cdot Q_{\text{ll}}}{P_{\text{atm}}^*} \quad \text{Donde } P_{\text{adm}}^* = P_0 + P_{\text{atm}}$$

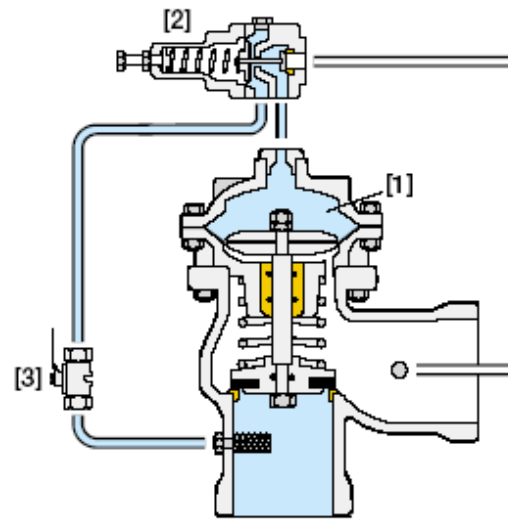
P_0 (-1,5 mca) o máxima depresión que puede aguantar la tubería.



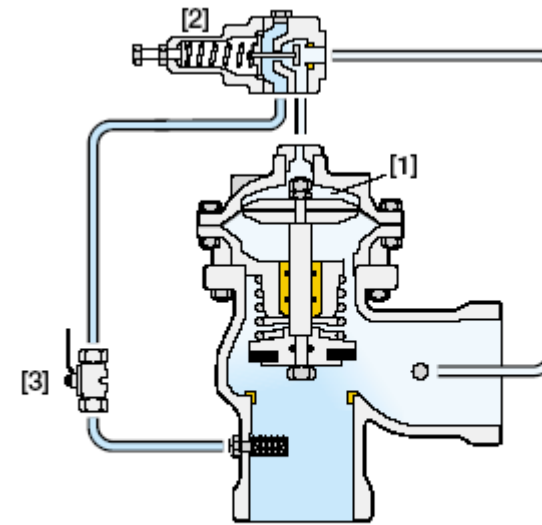
V.Alivio



- Pilotadas: - Abre completamente
- Sostenedora
- Acción directa (muelle)
- El cierre cuando $P < P_t$ puede provocar g.d.a.
 - El tamaño de la válvula pilota condiciona la velocidad de apertura (Inercia)
 - Colocando varias en paralelo se incrementa la seguridad

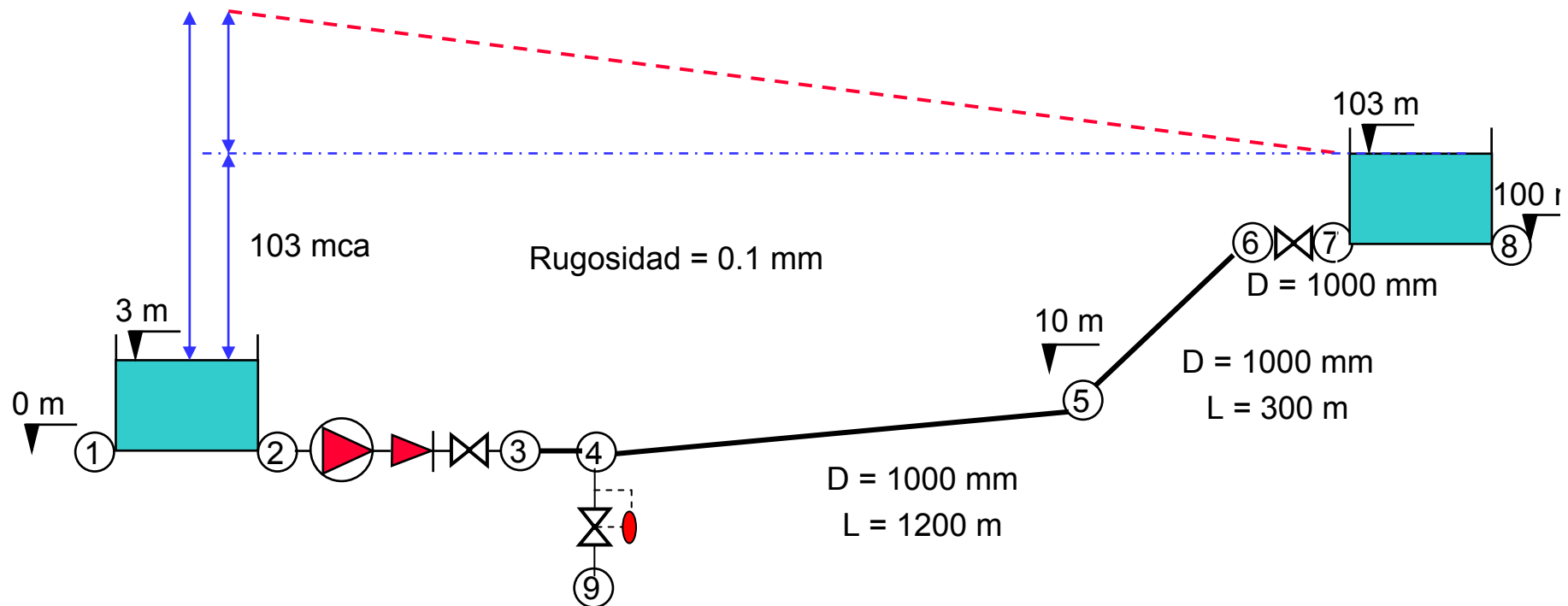


Valve Closed
(system pressure is below setting)



Valve Open

IMPULSIÓN PERFIL CÓNCAVO B.
 G.D.A. por parada de bomba
 V. alivio



4 bombas en paralelo.

Parada de todas las bombas

Para cada bomba:

$I = 25 \text{ Kg.m}^2$ $H = 110 \text{ mca}$ $Q = 300 \text{ l/s}$

$P = 360 \text{ kw}$ $N = 1484 \text{ rpm}$

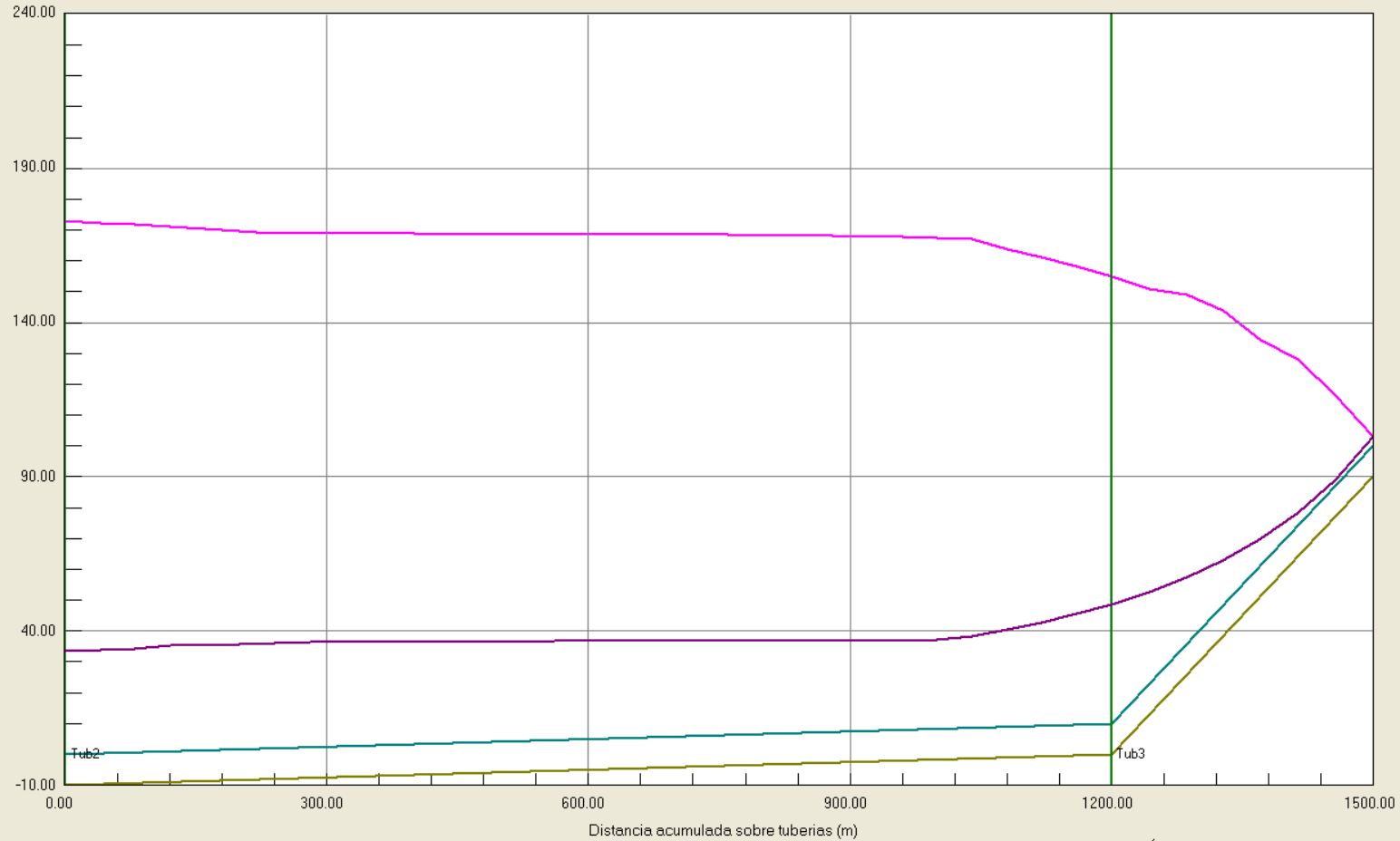
Análisis de diferentes tamaños
 y presiones de tarado. Diferentes V alivio
 y válvulas anticipadoras de onda

Imp cóncavo B sp

Instante de cálculo 0 h 1 m 40 s

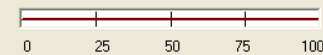
ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERÍAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS

INSTANTE DE CÁLCULO (s)

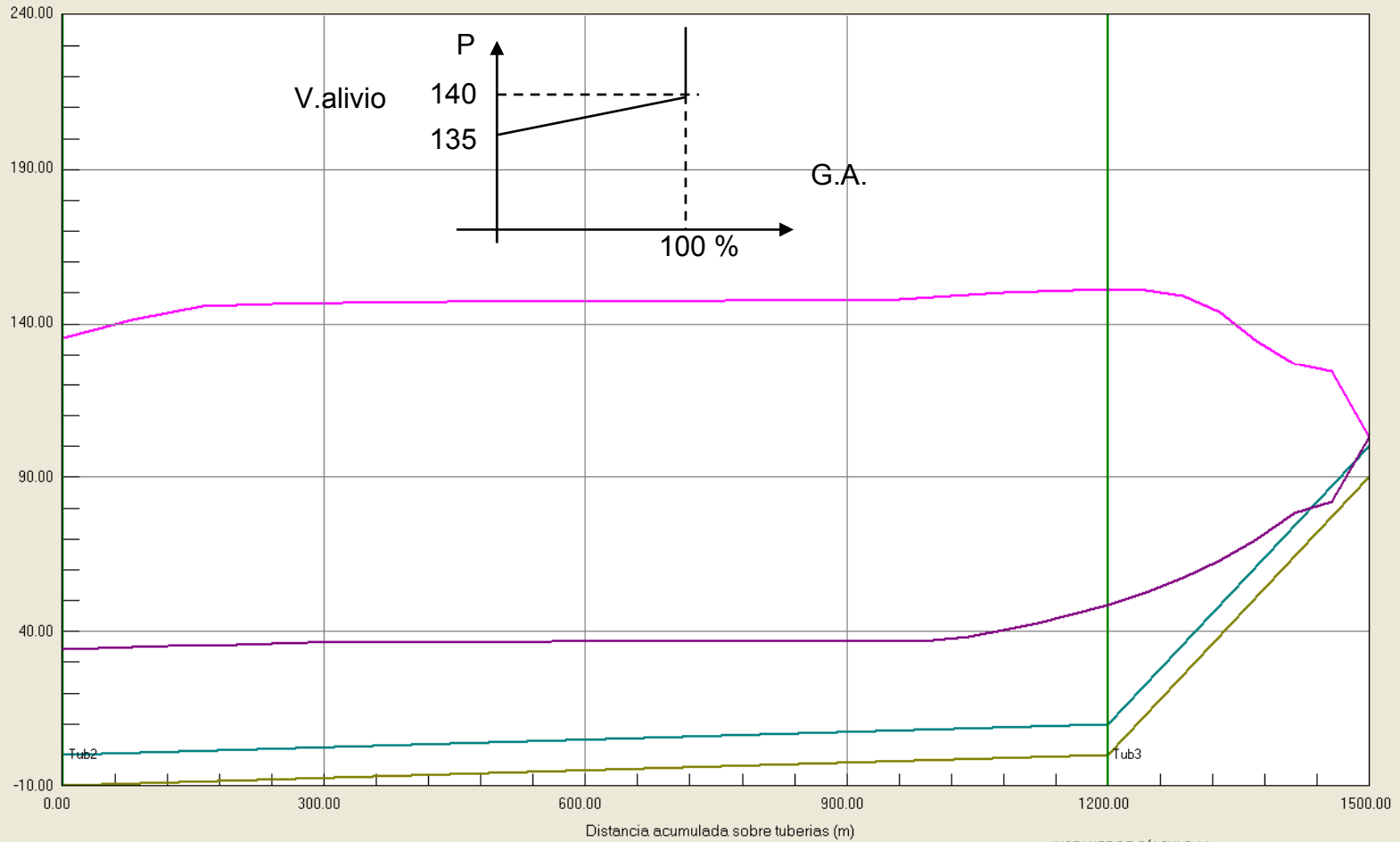


Imp cóncavo B con v alivio a 140 m

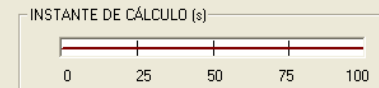
Instante de cálculo h m s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

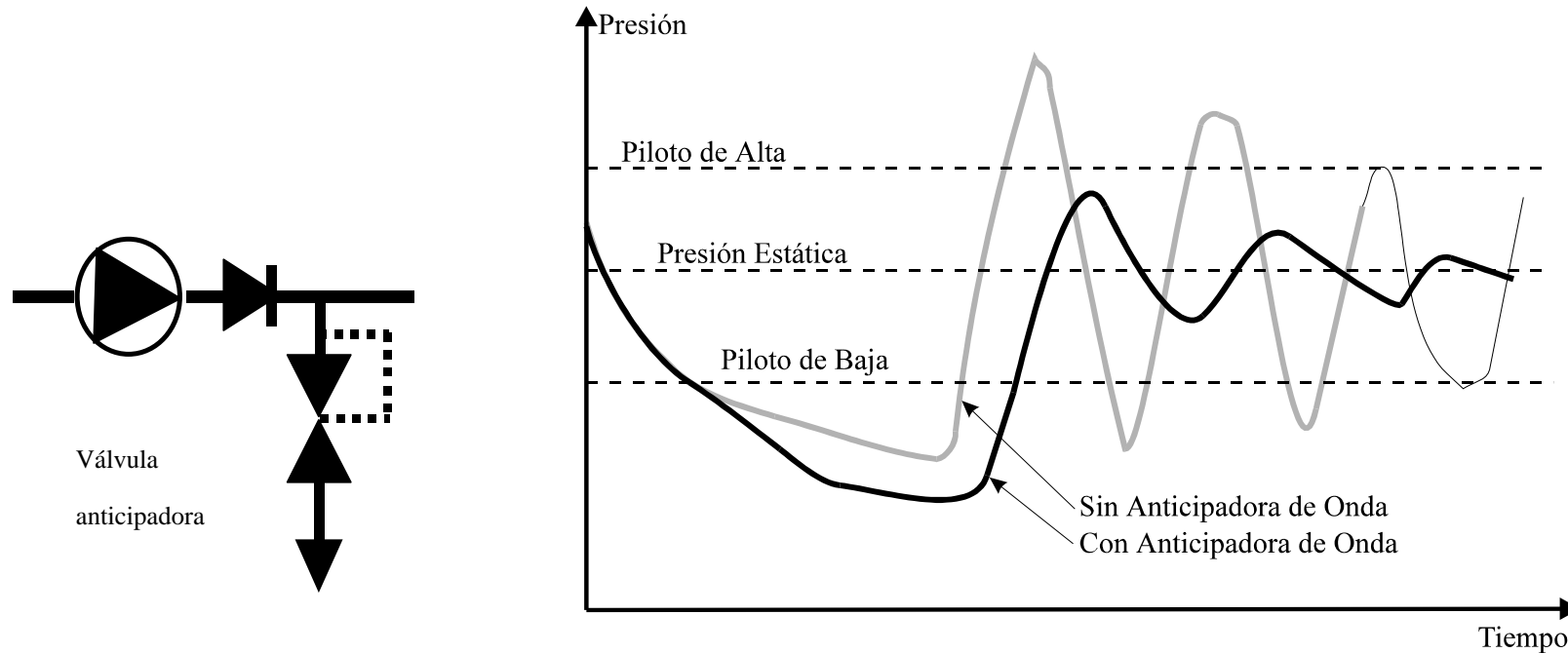
Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS

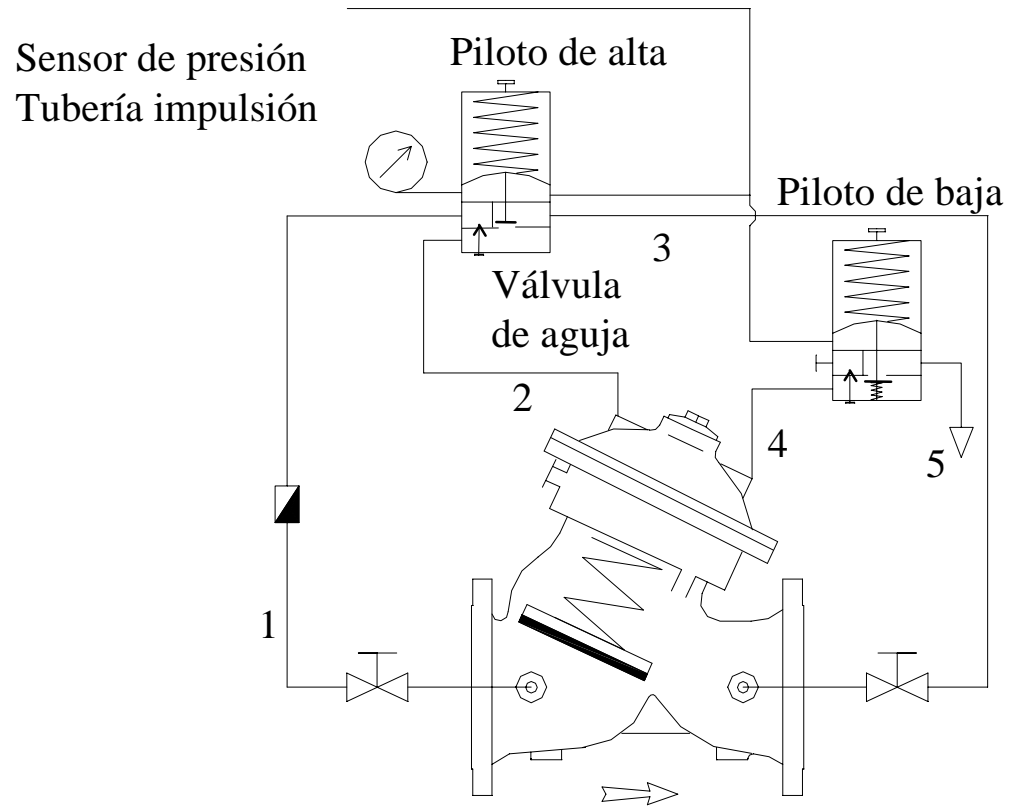


V. Anticipadora de onda (1)



Al contrario que las V. alivio, que abren cuando llega la onda de presión, la anticipadora abre en la fase depresiva, y cuando llegue la onda de sobrepresión ya está abierta

V. Anticipadora de onda (2)

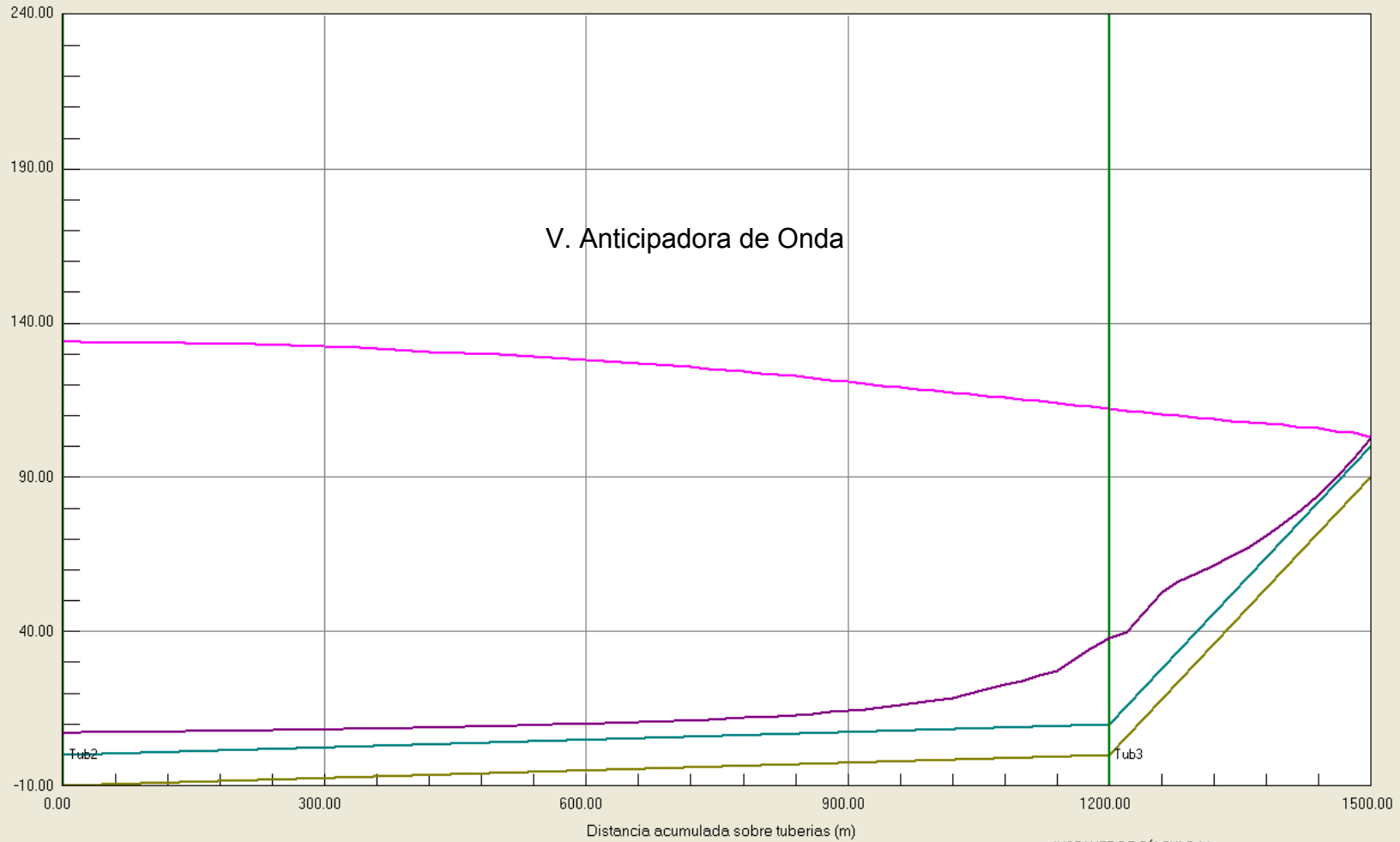


Imp cóncavo B con v alivio (anticipadora)

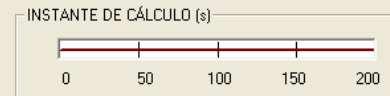
Instante de cálculo 0 h 3 m 20 s

ENVOLVENTE DE ALTURAS PIEZOMÉTRICAS EN TUBERIAS SELECCIONADAS

Altura piezométrica (m.c.Agua)



ATRÁS



DISPOSITIVO	FINALIDAD	CONDICIONES USO	COMENTARIOS
Volantes de inercia	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar sobrepresiones y depresiones 	<ul style="list-style-type: none"> - $X < 5$ - Perfil preferentemente cóncavo 	<ul style="list-style-type: none"> - Economía y ausencia de mantenimiento. - Adecuado en grupos de eje horizontal. - Posibles dificultades en el arranque.
Válvulas de retención	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar velocidades de rotación inversas en el grupo. - Posibilidad de utilizar válvula compensadora de impulsos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deben usarse sólo cuando la velocidad de retorno a través de la válvula V_r sea muy pequeña, y únicamente a la salida del grupo (salvo excepciones). 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de una caracterización dinámica. Necesitan complementarse con otros dispositivos de protección.
Valve Stroking (válvula motorizada en serie).	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar sobrepresiones - Protege el grupo elevador de un posible giro inverso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si el cierre es previo a la parada del grupo, este puede estar sometido a grandes esfuerzos lo que resulta inviable en grandes bombeos. - Posibilidad de complementarlo con otros dispositivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de un grupo electrógeno. Por tanto su uso sólo puede plantearse en instalaciones importantes.
Calderines de aire	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar sobrepresiones y depresiones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Más eficaz en perfiles cóncavos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy importante el estudio de las condiciones de entrada/salida. - Muy eficaz pero con elevado costo. - Según tipo, exige mantenimiento.

DISPOSITIVO	FINALIDAD	CONDICIONES USO	COMENTARIOS
Chimeneas de equilibrio	- Limitar sobrepresiones y depresiones.	- Proteger tuberías o tramos uniformes y de escasa pendiente. - Perfil uniforme o convexo	- En el punto de instalación la presión debe ser muy pequeña para una altura discreta en el tanque.
Tanques unidireccionales	- Limitar depresiones en puntos altos.	- Perfil convexo - $(a V_0 / g h) > 1$ (h: altura de presión en la sección del tanque).	- Muy eficaces y sencillos en determinadas instalaciones. - Instalaciones de dispositivo de llenado
By-pass (conducciones en paralelo).	- Limitar depresiones - Paliar las limitaciones de válvulas de retención a lo largo de la conducción.	- $2 \rho > > 1$ - Perfil tubería cóncavo	- Exige que las bombas aspiren en carga. - Se complementa muy bien con válvulas de alivio.
Válvulas de alivio	- Limitar sobrepresiones (lo hacen de forma eficaz)	- Deben responder con una rápida apertura y un cierre lento. - Elevada altura de bombeo H_0 - Perfiles cóncavos	- Conllevan en ocasiones pérdida de agua. - Exigen mantenimiento. - Pueden también instalarse a lo largo de la conducción.
Ventosas	- Protegen puntos altos de la tubería de las depresiones.	- Se instalan en conductos de perfil muy irregular.	- Importante que funcionen correctamente - Exigen un mantenimiento - Necesidad de adecuada caracterización - A instalar junto a los máximos relativos de la conducción.