

GOLPE DE ARIETE



Autor:

Pedro Gea

rao Estudios y proyectos S.L.

Índice de contenidos:

1. Aspectos hidráulicos generales.
2. El golpe de ariete
 - 2.1. Cavitaciones : qué son, efectos. Cómo se producen. Cuándo existe posibilidad de cavitación.
 - Viscosidad cinemática.
 - 2.2. El aire en las tuberías.
 - Análisis mediante programa informático
3. Comportamiento de los distintos materiales.
 - Comentarios sobre ejemplos planteados.
4. Resumen. Conceptos.
 - Línea piezométrica
 - Tiempo de parada de una instalación
 - Celeridad
 - Longitud crítica

1.-ASPECTOS HIDRÁULICOS GENERALES

Transitorios hidráulicos. Se clasifican en:

1. Lentos cuasi-estáticos. Redes.
2. Rápidos, u oscilaciones en masa. Modelo rígido.
3. Muy rápidos o golpe de ariete. Cambios de presión muy importantes.

Nuestra pretensión en este capítulo:

- a) Conocer cómo y por qué se producen.
- b) Analizar su comportamiento con distintos materiales.
- c) Ver su comportamiento en función de la situación de un mismo accesorio.
- d) Dentro de los mismos materiales, ver su comportamiento con distintos accesorios.

2.- EL GOLPE DE ARIETE

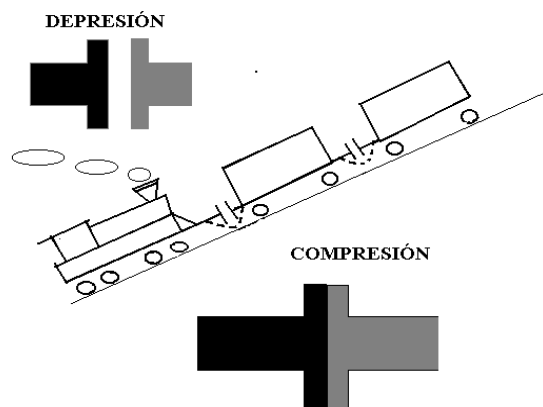


Cabeza de ariete. Hombres rompiendo puertas de castillos.

El nombre de “Golpe de Ariete” le puede o no venir de aquí, o del primer signo del zodiaco, pero lo que sí parece es que el efecto de un transitorio se intuye perfectamente por la acción que se representa en este gráfico, con la variante de que en las tuberías la acción se repite hasta que se logra la quietud del agua.

En cuanto a su comportamiento físico, el golpe de ariete puede describirse como un transitorio hidráulico elástico. El agua es prácticamente incompresible, pero con capacidad de almacenar energía. La elasticidad de las paredes de la tubería depende del tipo de material con que se fabrique.

Golpe de ariete se define como el efecto producido por la variación de velocidad del agua por parada de bomba o cierre de una válvula.



Esta imagen nos puede servir de ilustración para explicar el efecto del golpe de ariete. En ella podemos ver un tren empujado por una máquina, que en un momento determinado se para. Los movimientos que a continuación se producen son un estiramiento de los muelles de los paragolpes, hasta producir una tensión equivalente a la inercia que tienen los vagones que van a continuación. Cuando ya todos los muelles se han tensado, empezando por el más próximo a la máquina, se inicia el segundo movimiento, que es de vuelta, empezando por el vagón más alejado. A continuación ocurrirá lo mismo con el siguiente, y todos unidos volverán para chocar contra la máquina. En nuestro caso estos movimientos se producen contra la bomba o su protección.

Los métodos más comunes para su determinación son: Joules Michaud, Lorenzo Allievi, Diagrama de Bergerón y el método de las características.

Mediante los correspondientes balances integrales de masa y fuerza determinamos, los transitorios hidráulicos causa- efecto ($\Delta V - \Delta P$) o pulso de Jowkowski, así como la celeridad a la que propaga la perturbación L/a .

El valor de la celeridad en el caso del agua es:

$$a = 9900 / (48.3 + K D/e)^{1/2}$$

Valor de K = 0.5 Acero, 1 Fundición gris, 6 fibrocemento
20-25 PVC y 30 PE

Existen dos situaciones distorsionantes que pueden presentarse en un transitorio, las **cavitaciones** y la presencia de **aire** en una tubería. Estas distorsiones se producen a partir de unas condiciones del agua en función de la temperatura. Lo vemos a continuación.

2.1 CAVITACIONES

Una cavitación es una caída de presión que produce un paso de líquido a gas. En la primera fase, la de explosión, el aire y el agua forman una burbuja de vapor con gran cantidad de energía. En la segunda fase, o fase de implosión, esta burbuja formada vuelve a líquido con liberación de energía que destruye el punto donde se realiza.

Efectos:

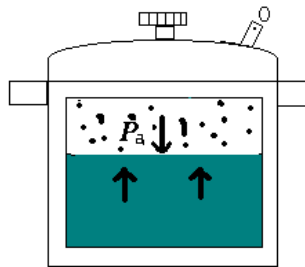
- Audibles: Golpeteo como chorro de arena.
- Visibles: Nube blanca. Fuerte efervescencia
- Sensibles: Fuertes vibraciones.

- Energético y destructivo: Material. Bajo rendimiento. Aumentan la pérdida de carga.

Los efectos de la cavitación en válvulas son que ha desaparecido la pared ; y en bombas, que se ha comido álabes o conexiones, etc. Lo importante en este tema es que sepamos el porqué.

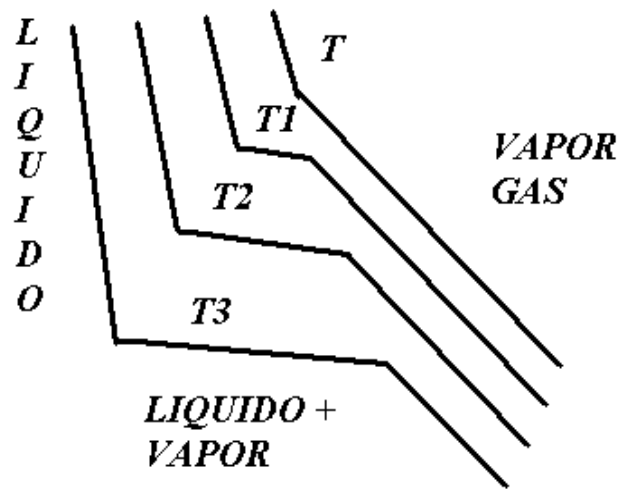
La cavitación es un paso de líquido a gas. Es una ebullición rápida, a veces instantánea, con gran almacenamiento de energía. El agua hierve a la temperatura que queramos, esto lo dominamos estupendamente con la olla a presión, en donde cocinamos los alimentos aumentando la presión.

Vamos a comentar ahora cómo se producen en las variaciones de presión ese paso de líquido a gas, partiendo de nuestra olla.



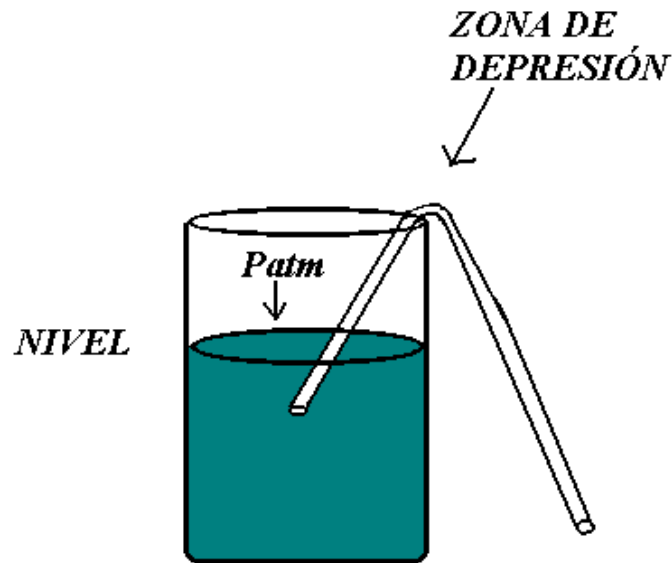
Con nuestra olla hacemos que se cocinen antes los alimentos (con sacrificio de ciertas vitaminas que no resisten esas temperaturas), porque en el fondo lo que hacemos es que el agua aumente de temperatura aumentando la tensión del vapor, que para pasar de líquido a gas tiene que vencer cada vez una mayor resistencia de la presión sobre el líquido, por el propio vapor acumulado. Esto lo razonamos y comprendemos perfectamente, pero... ¿y si fuese el efecto contrario, es decir, quitásemos con una bomba de vacío la presión? Evidentemente, el resultado sería que el agua herviría antes. Y esto es lo que ocurre en nuestras tuberías, en bombas, turbinas, válvulas semicerradas, etc.

CURVA DE SATURACION

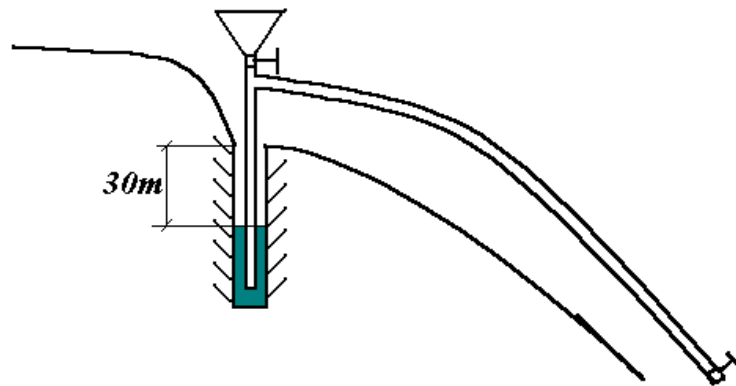


Observando esta curva de saturación podemos entender, según lo razonado anteriormente, que el agua pasa de estado líquido a vapor en función de la temperatura, y que esta será la necesaria para vencer la presión que sobre ella se ejerce.

¿Cómo se produce la cavitación? ¿Cuál es su alcance? Si introducimos un tubo de goma en un bidón con agua y la dejamos en la situación del dibujo, veremos que en la parte superior la goma se aplasta. Esto es debido a una caída de la presión. El agua sale por la presión atmosférica, que gravita sobre el nivel del agua del bidón. Si siguiésemos (hipotéticamente) bajando el nivel del agua, llegaríamos a un valor superior a la presión atmosférica, 10.33 m.c.a., y se produciría la evaporación del agua, el tubo se llenaría de vapor y tendríamos una situación de cavitación. Por otra parte, éste sería el límite teórico de aspiración de agua de una bomba aspirante.



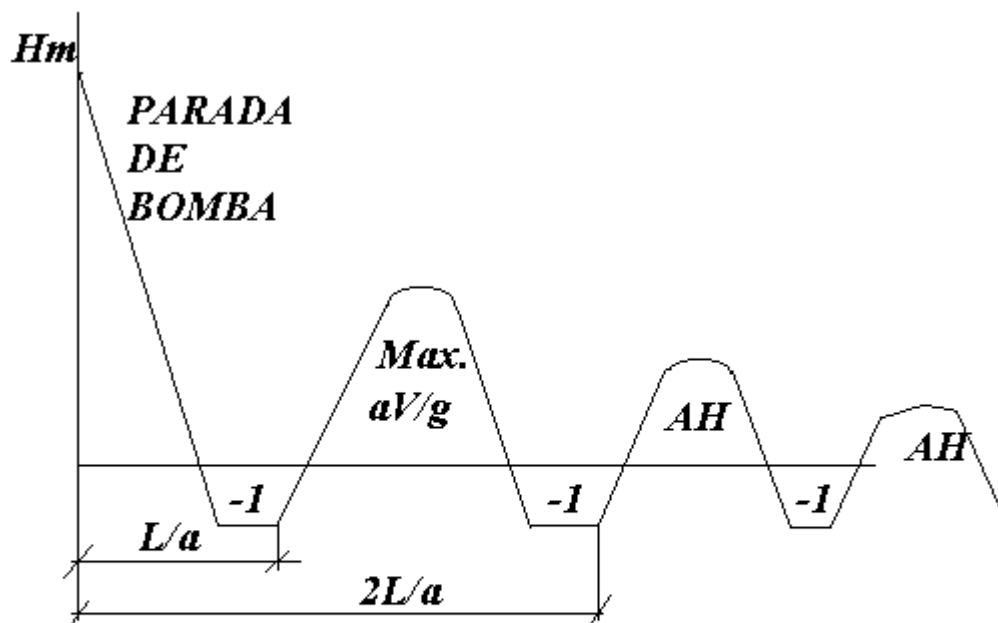
En la figura siguiente aparece la demostración teórica de lo que en otros tiempos pretendió ser la extracción de agua sin coste energético. Naturalmente no funcionó.



Olla. Curva de saturación. Bidón. Sondeo

El valor máximo al que se puede extraer agua, en función del concepto de presión, es de 10,33 m.c.a. teóricos. En la práctica son menos, por efectos de la pérdida de carga en las instalaciones. Igualmente el valor máximo negativo que puede llegar a tener una depresión es de 10.33 m.c.a.

Representación de un transitorio por parada de bomba.

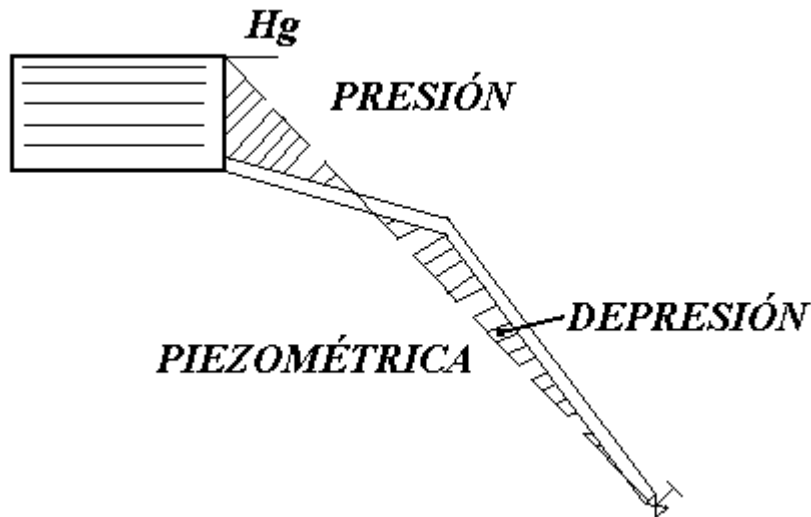


PUEDE NO SER CIERTO SI HAY ROTURA DE LA VENA LÍQUIDA:

CASO DE CONDUCCIONES

¿CUÁNDO EXISTE POSIBILIDAD DE CAVITACIÓN?

CONCEPTO



Existe posibilidad de cavitación para un valor de:

$$\frac{a \cdot v}{g} > H_g + J + P_a$$

Es decir, cuando el transitorio es superior a los valores de presión lógicos habidos en la instalación (altura geométrica + pérdidas de carga + presión absoluta)

Aunque es menos representativo, y sí real, otro elemento que influye en un transitorio es la viscosidad del líquido en función de la temperatura. Esto lo comentaremos como un dato más para después cada uno sacar conclusiones.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Para el cálculo de transitorios en una tubería es necesario remitirnos a la temperatura, ya que en función de esta funcionarán una serie de parámetros del líquido, por ejemplo, la viscosidad cinemática, que dentro de la fórmula de Prandtl-Colebrook interviene multiplicando el peso específico, ligado con la viscosidad, la potencia de una bomba ligado para cualquier caudal con el peso específico.

$$\text{Bombas. } CV = \frac{\delta \cdot Q \cdot H_m}{\mu_m \mu_b}$$

En donde CV es la potencia de bomba.

δ Peso específico, relacionado con la temperatura

Q es el caudal

Hm es la altura manométrica

$\mu_m \mu_b$ son valores de los rendimientos motor y bomba

Es habitual que todas las tablas de cálculo basadas en esta fórmula tengan como base la temperatura de 12° C, aunque ésta varíe según la época del año .

El comportamiento de una tubería depende de las características mecánicas del agua. A nadie nos extraña que las pruebas de presión de una instalación realizada en polietileno, las hagamos a distinta presión según sea la temperatura del agua, cuestión que se contempla en la norma. La temperatura fija las condiciones mecánicas que a posteriori nos van a cuantificar las pérdidas de carga o el transitorio correspondiente.

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL AGUA A LA PRESIÓN ATMOSF. EN FUNCIÓN DE SU TEMPERATURA :

Temperatura	Viscosidad	Peso Esp.	Módulo Elas
°C	(m ² /s).10 ⁻⁶	kg/m ³	Kg/cm ²
4	1.5700	1.000	20,800
5	1.5200	999.94	20,900
6	1.1800	999.24	21,020
7	1.4352	999.86	21,140
8	1.3928	999.81	21,260
9	1.3504	999.77	21,380
10	1.3080	999.73	21,500
11	1.2760	999.61	21,600
12	1.2440	999.49	21,700
13	1.2120	999.36	21,800
14	1.1800	999.24	21,900

2.2. EL AIRE EN LAS TUBERÍAS.

Con independencia de las cavitaciones, el otro elemento capaz de producir distorsiones importantes en las instalaciones es el aire.

El aire se encuentra diluido en el agua y ante una situación distinta, bien de temperatura, bien de presión, puede quedar en estado libre, provocando bolsas que pueden disminuir la vena líquida, o en caso de transitorios, provocar fuertes sobrepresiones capaces de romper cualquier tipo de tubería.

Es importante saber que un gran tramo de tubería actúa, ante un transitorio, como un colchón capaz de amortiguar el efecto de la sobrepresión; mientras que una bolsa relativamente pequeña puede provocar una muy fuerte sobrepresión .

El aire se encuentra disuelto en el agua en cantidades que varían en función de la temperatura. Un kilo de agua, a la temperatura de 20°C, puede contener (dependiendo también de la calidad del agua), el siguiente peso en kg de aire:

Presión absoluta en m.c.a. | Kg de aire en 1 Kg de agua a 20°C:

0.25	0.029×10^{-5}
10.0	1.17×10^{-5}
50.0	5.86×10^{-5}
100.0	11.71×10^{-5}

Analizamos, mediante programa informático, una misma tubería con aire en dos versiones, con 1 metro de tubo lleno de aire y con 100 metros de tubería llenos de aire.

Ya veremos que en el primer caso provoca una muy fuerte sobrepresión y en el segundo actúa en forma de amortiguador o de colchón.

Primer Caso

PROGRAMA AIR_TRAP PARA CALCULAR SOBREPRESIONES EN UNA TUBERIA CON AIRE ATRAPADO.U.P.V

DATOS DE LA INSTALACION:

Diámetro tubería: 0.600 m.

Pend. ascendente tubería : +36.0 °

Factor de fricción : 0.0250

Exponente politrópico: 1.400

Longitud col. Aire: 1.00 m.

Intervalo de cálculo: 0.200 seg.

Longitud col. Agua: 1999.00 m.

Tiempo total de cálculo : 60.000 seg.

Nivel del depósito: 55.00 m.

Salto de resultados cada 10

Presión absoluta del aire:10.33 m.

RESULTADOS

t = instante de cálculo en seg.

Pabs = Presión absoluta de la bolsa de aire m.c.a

V = Velocidad del agua en m/s

x = Longitud de la columna d agua en ml

VOL= Volumen bolsa de aire en metros cúbicos

SALIDA DE RESULTADOS

t	Pabs	V	x	VOL.
(s)	(mca)	(m/s)	(m)	(m3)
0.000	10.33	.00	1999.00	.283
2.000	28.81	.49	1999.52	.136
4.000	26.52	-.44	1999.49	.144
6.000	11.83	.06	1999.09	.257
8.000	53.99	.49	1999.70	.087
10.000	20.15	-.37	1999.38	.175
12.000	12.62	.14	1999.13	.245
14.000	138.30	.45	1999.84	.044
16.000	17.28	-.28	1999.31	.196
18.000	15.14	.22	1999.24	.215
20.000	365.80	-.09	1999.93	.019MAX. PRES 36.5
22.000	15.27	-.18	1999.24	.214
24.000	20.03	.31	1999.38	.176
26.000	93.93	-.43	1999.79	.059
28.000	14.40	-.07	1999.21	.223
30.000	32.53	.39	1999.56	.125
32.000	36.72	-.40	1999.60	.114
34.000	14.73	.05	1999.22	.219
36.000	81.75	.42	1999.77	.064

38.000	22.71	-.30	1999.43	.161
40.000	17.15	.18	1999.30	.197
42.000	352.66	-.01	1999.93	.021
44.000	17.57	-.17	1999.32	.194
46.000	23.74	.30	1999.45	.156
48.000	83.01	-.39	1999.77	.064
50.000	16.03	-.04	1999.27	.207
52.000	45.82	.38	1999.66	.098
54.000	32.45	-.34	1999.56	.125
56.000	17.14	.11	1999.30	.197
58.000	193.78	.28	1999.88	.034

Presión 35 Atm

2º CASO

DATOS DE LA INSTALACIÓN

Diámetro tubería 0.600 m.

Pend. ascendente tubería +36.0 °

Factor de fricción 0.0250

Exponente politrópico 1.400

Longitud col. Aire 100.00 m.

Intervalo de cálculo 0.200 seg.

Longitud col. Agua 1900.00 m.

Tiempo TOTAL de cálculo 60.000 seg.

Nivel del depósito 55.00 m.

Salto de Resultados cada 10

Presión ABS. AIRE 10.33 m.

SALIDA DE RESULTADOS

t	Pabs	V	x	VOL.
(s)	(mca)	(m/s)	(m)	(m3)
0.000	10.33	.00	1900.00	28.274
2.000	10.41	.56	1891.57	28.114

4.000	10.66	1.09	1893.23	27.643
6.000	11.08	1.56	1895.90	26.889
8.000	11.68	1.95	1899.42	25.894
10.000	12.48	2.24	1903.63	24.705
12.000	13.49	2.46	1908.34	23.371
14.000	14.73	2.59	1913.41	21.939
16.000	16.26	2.66	1918.67	20.451
18.000	18.10	2.67	1924.01	18.941
20.000	20.32	2.63	1929.32	17.441
22.000	22.97	2.55	1934.50	15.976
24.000	26.14	2.42	1939.47	14.569
26.000	29.88	2.27	1944.17	13.241
28.000	34.24	2.08	1948.52	12.012
30.000	39.23	1.85	1952.45	10.901
32.000	44.71	1.59	1955.89	9.928
34.000	50.40	1.29	1958.76	9.115
36.000	55.74	.95	1961.00	8.482
38.000	59.99	.58	1962.54	8.048
40.000	62.35	.19	1963.31	7.829
42.000	62.30	-.21	1963.30	7.833
44.000	59.89	-.58	1962.50	8.058
46.000	55.77	-.90	1961.01	8.479
48.000	50.83	-1.14	1958.96	9.059
50.000	45.85	-1.30	1956.51	9.752
52.000	41.27	-1.38	1953.82	10.514
54.000	37.29	-1.40	1951.02	11.303
58.000	31.19	-1.29	1945.59	12.840

A modo de conclusión, podemos decir que **los transitorios se provocan por una variación importante de velocidad del agua en una tubería**. Que es el agua es incompresible, pero capaz de almacenar una gran cantidad de energía, capaz a su vez de multiplicar dichos efectos. Como elementos sumatorios estarían los producidos por el aire y la acción de las cavitaciones.

3.- COMPORTAMIENTO DE LOS DISTINTOS MATERIALES.

A la vista del tema estudiado de las cavitaciones como depresiones, ya intuimos lo peligroso del empleo de algunos materiales en situaciones de depresiones. Sin embargo, queremos dejar a nuestro lector el análisis de los mismos, a la vista de su comportamiento en una misma instalación, en igualdad de condiciones. Para este análisis emplearemos también programas informáticos.

Lo primero sobre lo que llamamos su atención es sobre sus características de dimensionamiento, que necesariamente condicionan su comportamiento hidráulico, comparativamente con los otros.

Ver tabla y observar, como datos fundamentales, la celeridad, la velocidad y la pérdida de carga. Sobre todos esos datos es sobre los que nos vamos a centrar, de cara a nuestros ejemplos.

PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS

Caudal de Cálculo: 33 l/s

Mat.	Dno.	Dint.	e	Cele.	J	v	Pn	Pt
Tipo	m/m	m/m	m/m	m/s	m/Km	m/s	atm	atms
PEBA	200	164	18	406	12.028	1.570		12.0
PVCABO	200	192	4	239	5.563	1.140		4.0
PVCABO	200	188	6	289	6.127	1.18		6.0
PVCABO	200	181	10	364	7.431	1.285		10.0
PVCABO	200	170	15	444	9.886	1.447		16.0
PVCJE	200	188	6	289	6.127	1.186		6.0

PVCJE	200	181	10	364	7.431	1.285		10.0
PVCJE	200	170	15	444	9.886	1.447		16.0
SN 5000	220	211	5	474	3.620	0.947		6.0
POLIENT	220	209	6	513	3.773	0.964		10.0
POLIENT	220	209	6	508	3.755	0.962		16.0
FBCMOP	200	200	11	817	4.788	1.050	5	2.5
FBCMOP	200	200	12	839	4.788	1.050	10	5.0
FBCMOP	200	200	16	910	4.788	1.050	15	7.5
FBCMOP	200	200	18	937	4.788	1.050	20	10.0
FBCMOP	200	200	24	1,002	4.788	1.050	25	12.5
FBCMOP	200	200	24	1,002	4.788	1.050	30	15.0
FBCISO	200	200	11	817	4.788	1.050	6	3.0
FBCISO	200	200	12	839	4.788	1.050	12	6.0
FBCISO	200	200	16	910	4.788	1.050	18	9.0
FBCISO	200	200	18	937	4.788	1.050	25	12.5
FBCISO	200	200	24	1,002	4.788	1.050	30	15.0
FBCISO	200	200	24	1,002	4.788	1.050	35	17.5

ANÁLISIS DE TRANSITORIOS POR ORDENADOR

Es frecuente pensar en un transitorio en impulsiones, no es normal pensar en él en el caso de una conducción. Por esto los estudios que vamos a desarrollar a continuación van a tocar los dos casos.

Si consideramos un transitorio y lo analizamos pensando en la fórmula de Lorenzo Allievi $\Delta H = a \cdot v / g$, veremos que en el transitorio influye la celeridad, pero también la velocidad.

La celeridad depende del tipo de material y del espesor de la pared (recordar la fórmula de la celeridad). La velocidad, a igualdad de caudal, depende del diámetro interior del tubo.

Ejemplos:

¿Cómo puede ser un transitorio? Esto dependerá ,lógicamente en cada caso, del terreno por el que discurre la tubería, del tipo de material de la tubería, de su espesor, del caudal y de la velocidad del agua, de la viscosidad etc., pero también y muy importantemente, del diseño que hagamos de instalación, nos referimos al trazado y a los accesorios que le coloquemos.

Transitorio por cierre de válvula

- | | |
|--|----------|
| 1º.- Diseño sin protección ETSIAUPM | (Conduc |
| 2º.- Con protección inadecuada ETSIAU4 | por |
| 3º.- Con protección adecuada ETSIAU6 | graved.) |

Ídem anterior con distintos materiales.

- 4º.- DISPAPE. Conducción con **polietileno**.
- 5º.- DIMAPVC. Conducción **PVC**.
- 6º.- DISMAPRV. Conducción con **poliéster**.
- 7º.- DISMATFC. Conducción con **fibrocemento**

Aplicación distintos accesorios.

- 8º.-ACCESOR1
- 9º.-ACCESORIOS2
- 10º.- ATAFALFA 3. Ventosas, calderín y válvulas de alivio.

COMENTARIOS SOBRE EJEMPLOS PLANTEADOS.

Es muy importante fijarse y comparar los datos de cada instalación, tiempo de cierre de la válvula, situación de los accesorios, qué tipo de accesorios hay, valor

de las cavitaciones, valor del máximo golpe de ariete y en qué tiempo, muy importante el caudal, etc.

Ejemplo 1º.- En este ejemplo podemos ver una tubería telescópica en conducción, que se inicia en Ø 1000 mm. y termina en Ø 600 mm, con una válvula de compuerta en su punto final y un tiempo de cierre de 60 segundos y que lógicamente, provoca unos transitorios, como se ve en los resultados ,de hasta 307 m.c.a.. Ya sabemos, por lo que hemos comentado, que la cavitación no puede ser superior a - 10.033 m.c.a., pero si fuese posible, numéricamente llegaría a tener un valor de - 270 m.c.a. y con todo lo mal que puedan estar estos resultados, lo que sí nos dicen es que una instalación sin controlar puede tener valores muy fuertes de presiones.

Ejemplo nº 2.- En este ejemplo podemos ver la misma instalación que en el caso anterior, pero teniendo en cuenta unos accesorios colocados inadecuadamente y una válvula en cola, con un tiempo de cierre mayor, de tal forma que el corte del caudal sea muy lento y disminuya el transitorio que provoque.

Tal como se puede observar en los resultados, evidentemente, ha habido una fuerte variación en las presiones, tanto en la máxima como en las mínimas, pero existen cavitaciones, por lo que los datos obtenidos tampoco son reales, pero sí nos dan una pista de que en función del tiempo de cierre de una válvula podemos obtener unos resultados de transitorios mayores o menores.

Ejemplo 3º.- En este ejemplo lo que ya hacemos es situar las válvulas de alivio y ventosas en su sitio, guiándonos de las curvas habidas en el ordenador. Con lo que vemos que en iguales circunstancias, podemos diseñar la instalación para que nos dé unos resultados de acuerdo con nuestras necesidades en función de las condiciones de cierre de la válvula.

Ejemplo 4º.- 5º.- 6º.- 7º En estos ejemplos lo que pretendemos demostrar es que, a igualdad de necesidades de trazado, etc., los distintos materiales no son aconsejables o desaconsejables sólo en función del tipo de material o de sus características técnicas, sino que todos tienen condicionantes o ventajas remitiéndonos a los transitorios que provocan.

Para la realización de estos ejemplos vemos que en una conducción por gravedad la verdadera influencia está en la celeridad y en la velocidad que soportan, según sus características técnicas.

Queremos decir, que si hablásemos del transitorio provocado en una instalación, y sea del material que sea, si la analizásemos por la fórmula de Allievi $\Delta H = a \cdot v / g$, veríamos que si la acción de la gravedad es constante, lo que puede variar, es la celeridad, la velocidad en función del material y del caudal que conduce.

Su espesor y la velocidad dependerán del diámetro útil y de las pérdidas de carga.

Es por esto que a celeridades a lo mejor bajas, los transitorios son altos en relación a materiales con celeridades mayores, pero con distinta velocidad.

Ejemplo 8º.-En este caso lo que vemos son los transitorios que se producen por causa de una mala situación de un accesorio, particularmente cuando creemos que ya se ha estabilizado el agua.

Ejemplo 9º.-En este caso se puede comprobar que la situación de un calderín da como resultado el que no se rompa la vena líquida, que el transitorio no tenga valores negativos por efecto del calderín y que la presión sea controlada.

Ejemplo 10º.- En este ejemplo (impulsión) lo que tratamos de demostrar es la importancia de un buen diseño con accesorios. Tal y como se puede ver en un simulador de la instalación, las distintas variaciones de las ondas son controladas por las aportaciones de caudal del calderín, la aportación de aire de las ventosas y la apertura de las válvulas de alivio.

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: ETSIAUPM

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
L= 3036	2500	2080	1950	2000
D= 1000	900	800	700	600
e= 45.0	42.0	39.0	44.0	48.0
r= 0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Zi= 100	72	85	60	55
Zf= 72	85	60	55	50
N= 8	7	6	5	5
a= 785	755	753	883	905

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

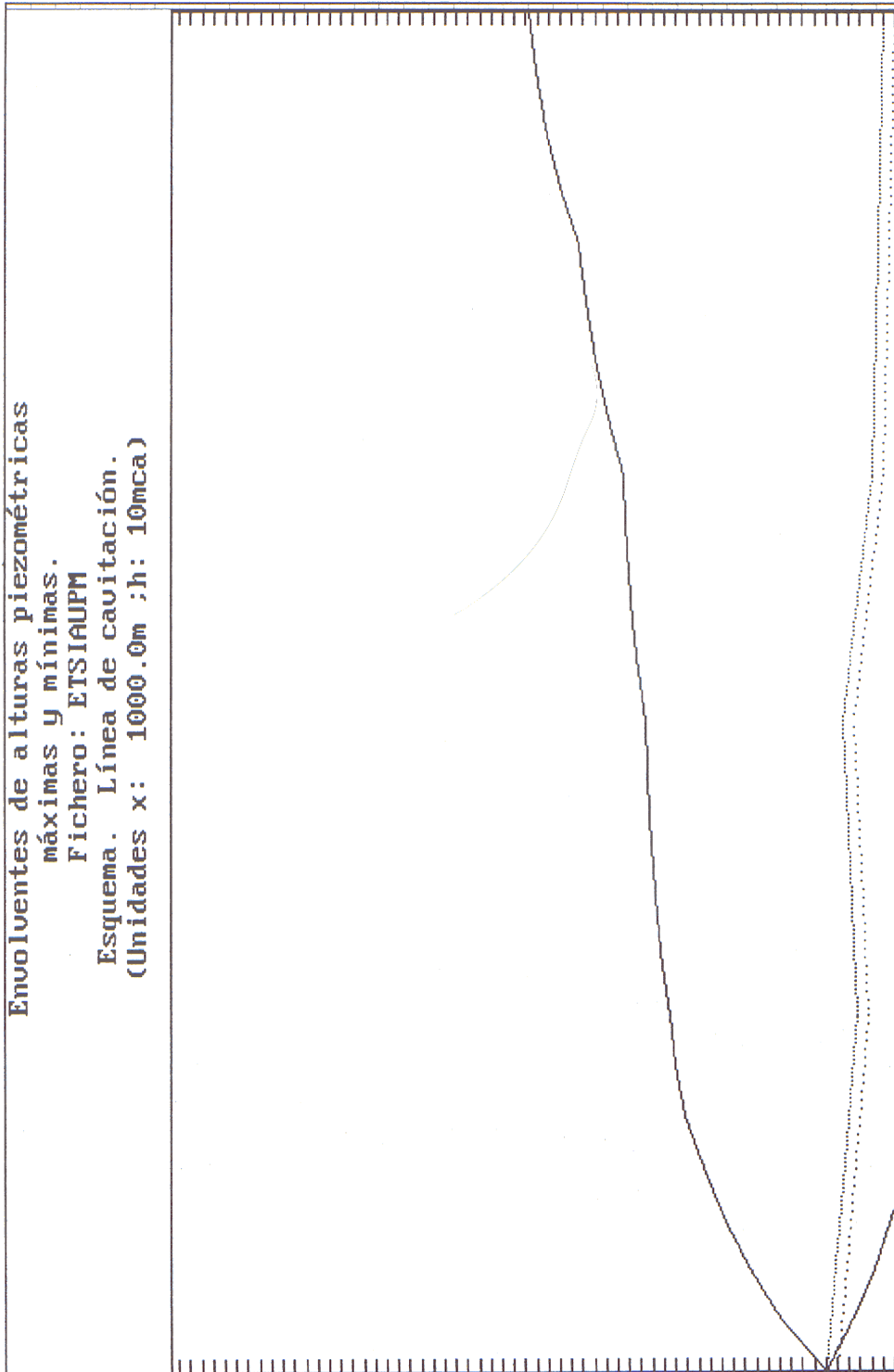
Dep.	Conex.	Conex.	Conex.	Conex.	Valv.
i=====1=====	j=====2=====	i=====3=====	j=====4=====	i=====5=====	j=====
Ha= 0.0					Ha= 0.0
					Tiv= 0
					Tmv= 20
					Tfv= 60
					Ai%= 100
					Am%= 50
					Af%= 0
					Tipo 4
					Dv= 600

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 1.004 m3/s

Hojat

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: ETSIAUPM
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 1000.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7	8	
Pr.max.(m)	0.00	74.19	121.70	154.38	163.54	
Tiempo	0.00	73.44	72.34	71.23	70.68	
Pr.min.(m)	0.00	-34.47	-54.53	-69.14	-74.10	
Tiempo	0.00	135.29	135.29	135.29	135.84	
Nodos tramo 2	1	3	5	7		
Pr.max.(m)	163.54	169.86	171.38	170.67		
Tiempo	70.68	69.58	68.47	67.37		
Pr.min.(m)	-74.10	-84.63	-92.33	-104.01		
Tiempo	135.84	136.39	97.18	96.08		
Nodos tramo 3	1	2	3	4	5	6
Pr.max.(m)	170.67	181.74	191.91	200.35	208.00	215.36
Tiempo	67.37	66.81	66.26	65.71	65.16	64.61
Pr.min.(m)	-104.01	-111.90	-115.45	-116.52	-116.18	-116.85
Tiempo	96.08	95.53	94.98	94.42	93.87	93.32
Nodos tramo 4	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	215.36	229.88	242.56	251.41	258.32	
Tiempo	64.61	64.05	63.50	62.95	62.40	
Pr.min.(m)	-116.85	-134.77	-155.11	-171.20	-184.89	
Tiempo	93.32	92.77	92.22	91.66	90.56	
Nodos tramo 5	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	258.32	276.60	290.68	299.95	307.63	
Tiempo	62.40	61.84	61.29	60.74	117.62	
Pr.min.(m)	-184.89	-217.60	-242.80	-258.84	-270.66	
Tiempo	90.56	90.56	90.01	89.45	88.90	

A N A L I S I S G O L P E D E A R I E T E

Nombre fichero: ETSIAU4

D A T O S D E L A I N S T A L A C I O N

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
L= 3036	2500	2080	1950	2000
D= 1000	900	800	700	600
e= 45.0	42.0	39.0	44.0	48.0
r= 0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Zi= 100	72	85	60	55
Zf= 72	85	60	55	50
N= 8	7	6	5	5
a= 785	755	753	883	905

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

C O N D I C I O N E S D E C O N T O R N O

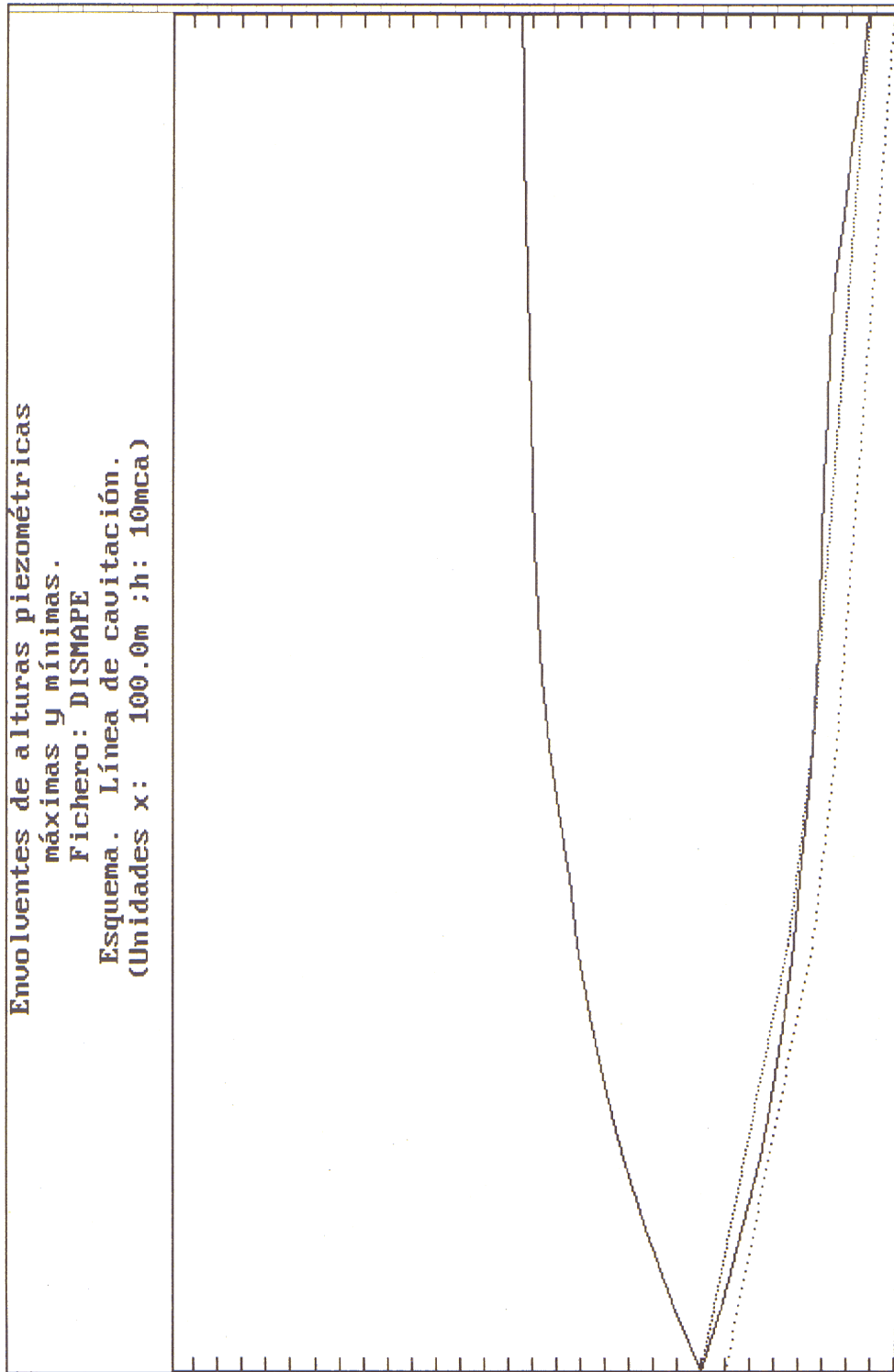
Dep.	Conex.	Conex.	Val-ali	Val-ali	Valv.
i=====1=====	i=====2	==i=====3=====	i=====4	==i=====5=====	i
Ha= 0.0			Hal= 120.0	Hal= 140.0	Ha= 0.0
			Cal= 108	Cal= 108	Tiv= 0
			Tap= 2.0	Tap= 2.0	Tmv= 120
			Tci= 60.0	Tci= 120.0	Tfv= 300
			Exp= 1.0	Exp= 1.0	Ai%= 100
					Am%= 50
					Af%= 0
					Tipo 4
					Dv= 600

R E G I M E N P E R M A N E N T E

Caudal de regimen Q= 1.004 m3/s

Hoja1

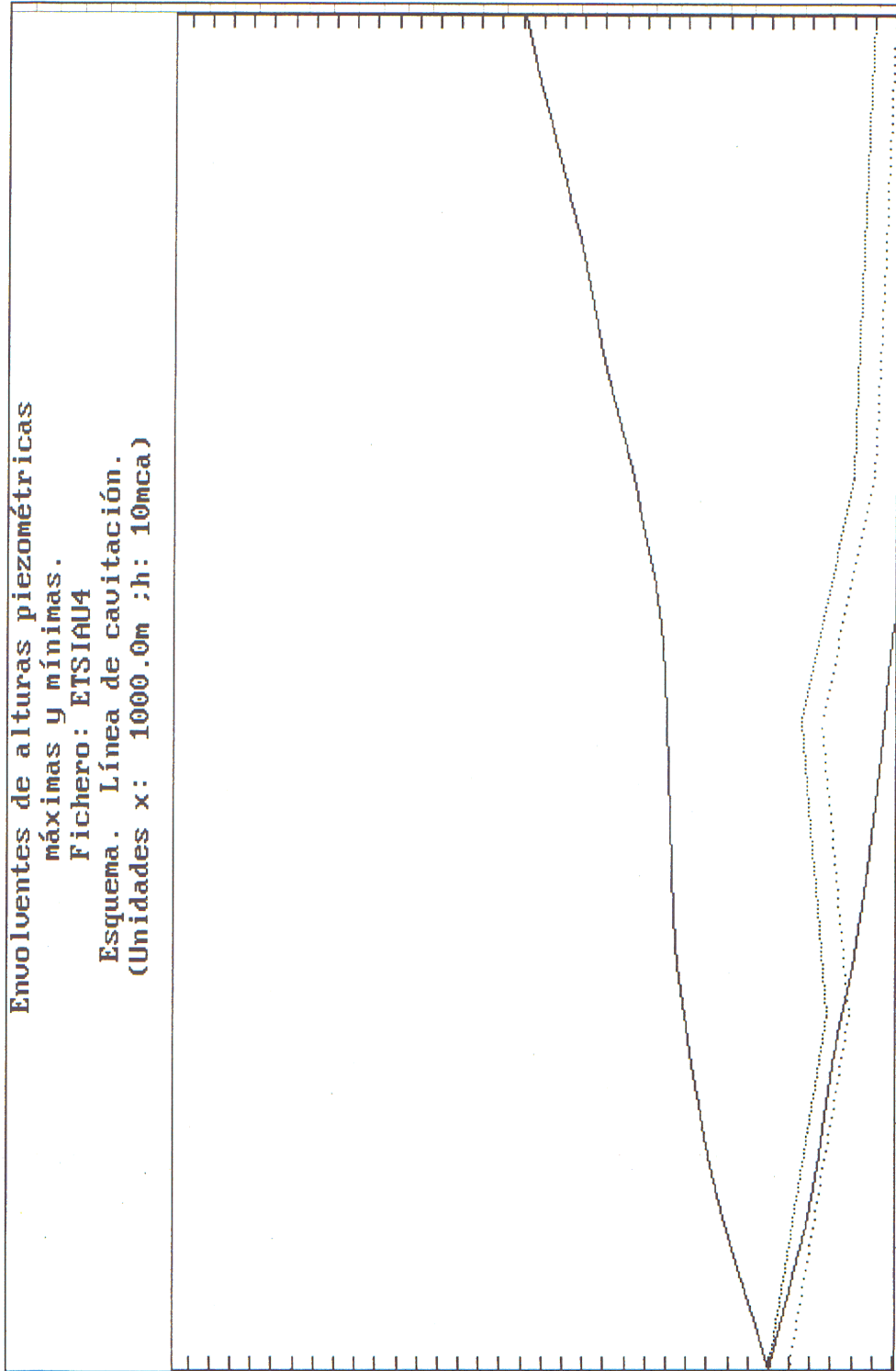
Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: DISMAPE
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ;h: 10mca)



Página 1

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: ETSIAU4
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 1000.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7	8	
Pr.max.(m)	0.00	7.24	14.49	21.73	25.35	
Tiempo	0.00	187.74	187.74	187.74	187.74	
Pr.min.(m)	0.00	7.15	14.29	21.44	25.01	
Tiempo	0.00	9.94	11.04	0.00	0.00	
Nodos tramo 2	1	3	5	7		
Pr.max.(m)	25.35	19.77	14.19	8.61		
Tiempo	187.74	187.74	187.74	187.74		
Pr.min.(m)	25.01	19.30	13.59	7.88		
Tiempo	0.00	0.00	0.00	0.00		
Nodos tramo 3	1	2	3	4	5	6
Pr.max.(m)	8.61	12.48	16.35	20.22	24.08	27.95
Tiempo	187.74	187.74	187.74	187.74	187.74	187.74
Pr.min.(m)	7.88	11.65	15.41	19.18	22.95	26.72
Tiempo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	1.10
Nodos tramo 4	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	27.95	26.61	25.26	23.91	22.57	
Tiempo	187.74	187.74	187.74	187.74	187.74	
Pr.min.(m)	26.72	25.17	23.62	22.07	20.52	
Tiempo	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	
Nodos tramo 5	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	22.57	18.03	13.49	8.95	4.41	
Tiempo	187.74	187.74	187.74	187.74	187.74	
Pr.min.(m)	20.52	15.58	10.64	5.69	0.75	
Tiempo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: ETSIUA6

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
L= 3036	2500	2080	1950	2000
D= 1000	900	800	700	600
e= 45.0	42.0	39.0	44.0	48.0
r= 0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Zi= 100	72	85	60	55
Zf= 72	85	60	55	50
N= 8	7	6	5	5
a= 785	755	753	883	905

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

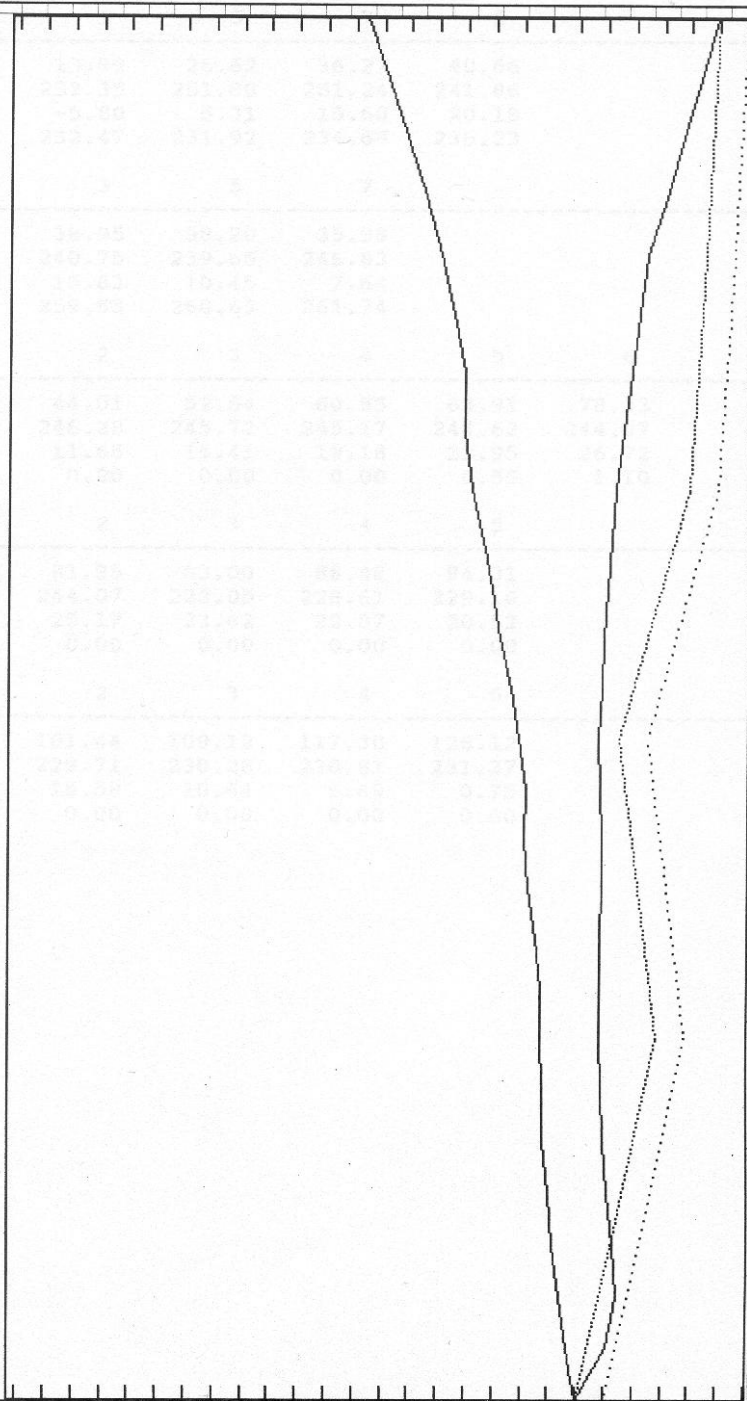
Dep.	Conex.	Val-ali	Conex.	Val-ali	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i=====4=====	i=====5=====	i
Ha= 0.0		Hal= 30.0		Hal= 120.0	Ha= 0.0
		Cal= 108		Cal= 108	Tiv= 0
		Tap= 2.0		Tap= 2.0	Tmv= 60
		Tci= 120.0		Tci= 120.0	Tfv= 240
		Exp= 1.0		Exp= 1.0	Ai%= 100
					Am%= 50
					Af%= 0
					Tipo 4
					Dv= 600

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 1.004 m3/s

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: ETSIUAG6
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 1000.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7	8	
Pr.max.(m)	0.00	13.99	26.62	36.27	40.66	
Tiempo	0.00	252.35	251.80	251.24	241.86	
Pr.min.(m)	0.00	-5.80	5.31	15.60	20.18	
Tiempo	0.00	232.47	231.92	234.68	235.23	
Nodos tramo 2	1	3	5	7		
Pr.max.(m)	40.66	38.95	38.20	35.98		
Tiempo	241.86	240.75	239.65	246.83		
Pr.min.(m)	20.18	15.83	10.45	7.64		
Tiempo	235.23	259.53	260.63	261.74		
Nodos tramo 3	1	2	3	4	5	6
Pr.max.(m)	35.98	44.01	52.64	60.85	68.91	78.33
Tiempo	246.83	246.28	245.72	245.17	244.62	244.07
Pr.min.(m)	7.64	11.65	15.41	19.18	22.95	26.72
Tiempo	261.74	0.00	0.00	0.00	0.55	1.10
Nodos tramo 4	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	78.33	81.95	83.00	88.46	94.31	
Tiempo	244.07	244.07	228.05	228.61	229.16	
Pr.min.(m)	26.72	25.17	23.62	22.07	20.52	
Tiempo	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	
Nodos tramo 5	1	2	3	4	5	
Pr.max.(m)	94.31	101.44	109.12	117.30	126.12	
Tiempo	229.16	229.71	230.26	230.81	231.37	
Pr.min.(m)	20.52	15.58	10.64	5.69	0.75	
Tiempo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: DISMAPE

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 164	164	164
e= 18.0	18.0	18.0
r= 0.007	0.007	0.007
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 434	404	406

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

Dep.	Conex.	Conex.	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i
Ha= 0.0			Ha= 0.0
			Tiv= 0
			Tmv= 20
			Tfv= 60
			Ai%= 100
			Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 0.056 m3/s

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	35.08	63.78	87.16			
Tiempo	0.00	64.83	64.29	63.75			
Pr.min.(m)	0.00	-5.39	-6.23	-2.79			
Tiempo	0.00	75.59	75.05	74.51			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	87.16	94.06	101.67	108.92			
Tiempo	63.75	63.49	63.22	62.95			
Pr.min.(m)	-2.79	-1.77	-1.27	-0.45			
Tiempo	74.51	74.25	73.98	73.71			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	108.92	117.74	124.42	130.56	136.49	141.72	144.00
Tiempo	62.95	62.41	62.68	62.95	63.49	63.22	63.49
Pr.min.(m)	-0.45	1.06	3.58	6.06	4.26	1.83	0.61
Tiempo	73.71	73.44	73.98	74.51	0.00	0.00	0.00

A N A L I S I S G O L P E D E A R I E T E

Nombre fichero: DISMAPVC

D A T O S D E L A I N S T A L A C I O N

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 181	181	181
e= 10.0	10.0	10.0
r= 0.007	0.007	0.007
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 487	453	455

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

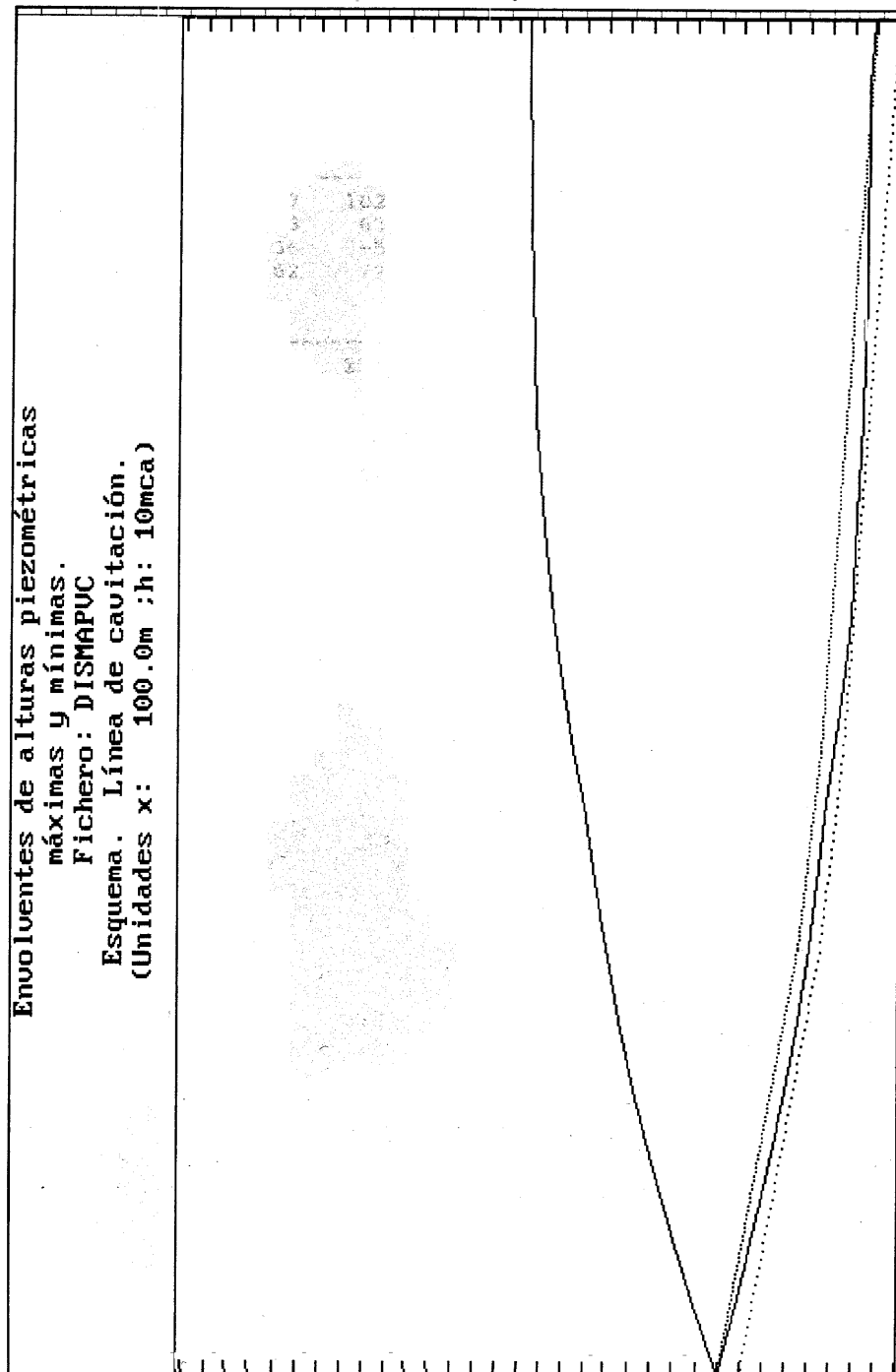
C O N D I C I O N E S D E C O N T O R N O

Dep.	Conex.	Conex.	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i
Ha= 0.0			Ha= 0.0
			Tiv= 0
			Tmv= 20
			Tfv= 60
			Ai%= 100
			Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

R E G I M E N P E R M A N E N T E

Caudal de regimen Q= 0.073 m3/s

Hojat



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	32.58	61.48	86.59			
Tiempo	0.00	64.23	63.75	63.27			
Pr.min.(m)	0.00	-4.44	-6.39	-5.11			
Tiempo	0.00	73.81	73.34	72.86			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	86.59	94.67	102.23	111.25			
Tiempo	63.27	63.03	63.03	62.55			
Pr.min.(m)	-5.11	-5.36	-5.30	-6.07			
Tiempo	72.86	72.62	72.62	72.14			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	111.25	124.80	135.07	142.60	148.30	153.49	155.97
Tiempo	62.55	62.31	61.83	61.35	61.11	61.35	61.59
Pr.min.(m)	-6.07	-8.57	-8.26	-5.82	-2.75	0.99	1.02
Tiempo	72.14	71.90	71.42	71.18	71.66	71.66	0.00

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: DISMAPVF

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 185	185	185
e= 15.0	15.0	15.0
r= 0.010	0.010	0.010
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 537	500	502

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

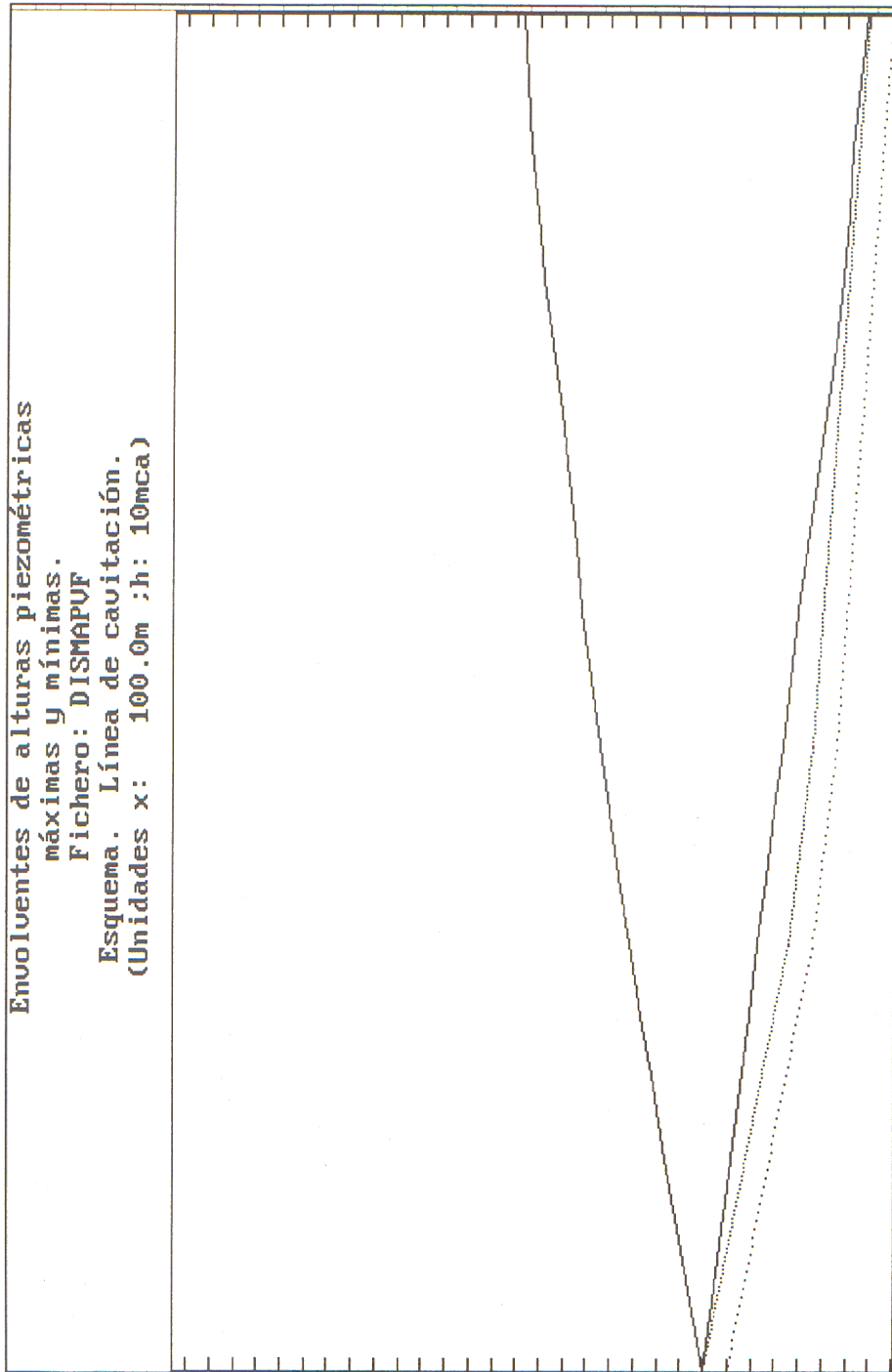
Dep.	Conex.	Conex.	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i
Ha= 0.0			Ha= 0.0
			Tiv= 0
			Tmv= 60
			Tfv= 120
			Ai%= 100
			Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 0.077 m3/s

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: DISMAPUF
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	22.94	45.61	67.72			
Tiempo	0.00	123.70	123.27	123.05			
Pr.min.(m)	0.00	4.25	8.69	13.04			
Tiempo	0.00	129.57	129.57	129.57			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	67.72	75.43	82.98	90.39			
Tiempo	123.05	122.83	122.62	122.40			
Pr.min.(m)	13.04	12.85	12.70	12.58			
Tiempo	129.57	129.57	129.57	129.57			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	90.39	101.93	112.23	123.68	134.57	143.51	147.38
Tiempo	122.40	121.96	121.53	121.09	120.66	120.23	120.01
Pr.min.(m)	12.58	10.17	6.91	3.82	2.62	2.31	1.12
Tiempo	129.57	129.57	129.57	129.57	129.36	0.00	0.00

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: DISMATF

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 200	200	200
e= 18.0	18.0	18.0
r= 0.025	0.025	0.025
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 997	929	932

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

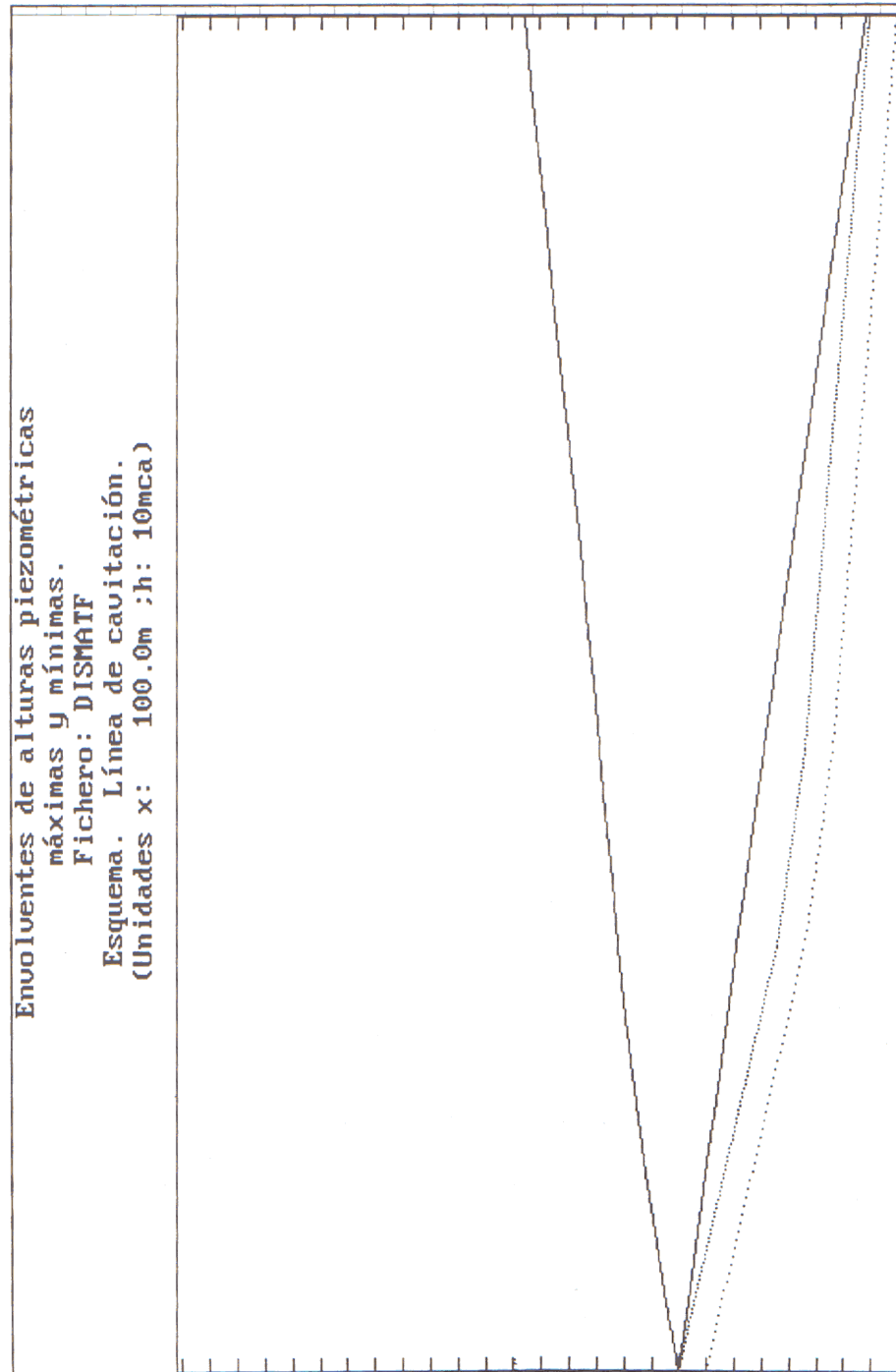
CONDICIONES DE CONTORNO

Dep.	Conex.	Conex.	Valv
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i
Ha= 0.0			Ha= 0.0
			Tiv= 0
			Tmv= 60
			Tfv= 120
			Ai%= 100
			Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 0.091 m3/s

Hoja1



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	20.45	39.66	57.76			
Tiempo	0.00	116.09	115.86	115.62			
Pr.min.(m)	0.00	4.83	9.65	14.48			
Tiempo	0.00	0.00	0.35	0.12			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	57.76	63.52	69.15	74.62			
Tiempo	115.62	115.62	115.51	115.62			
Pr.min.(m)	14.48	14.47	14.47	14.46			
Tiempo	0.12	0.00	0.12	0.23			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	74.62	83.58	92.88	102.35	111.84	121.21	125.83
Tiempo	115.62	116.09	116.44	116.68	116.91	117.03	117.14
Pr.min.(m)	14.46	12.11	9.77	7.43	5.08	2.74	1.57
Tiempo	0.23	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: SITACCE1

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 200	200	200
e= 18.0	18.0	18.0
r= 0.025	0.025	0.025
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 997	929	932

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

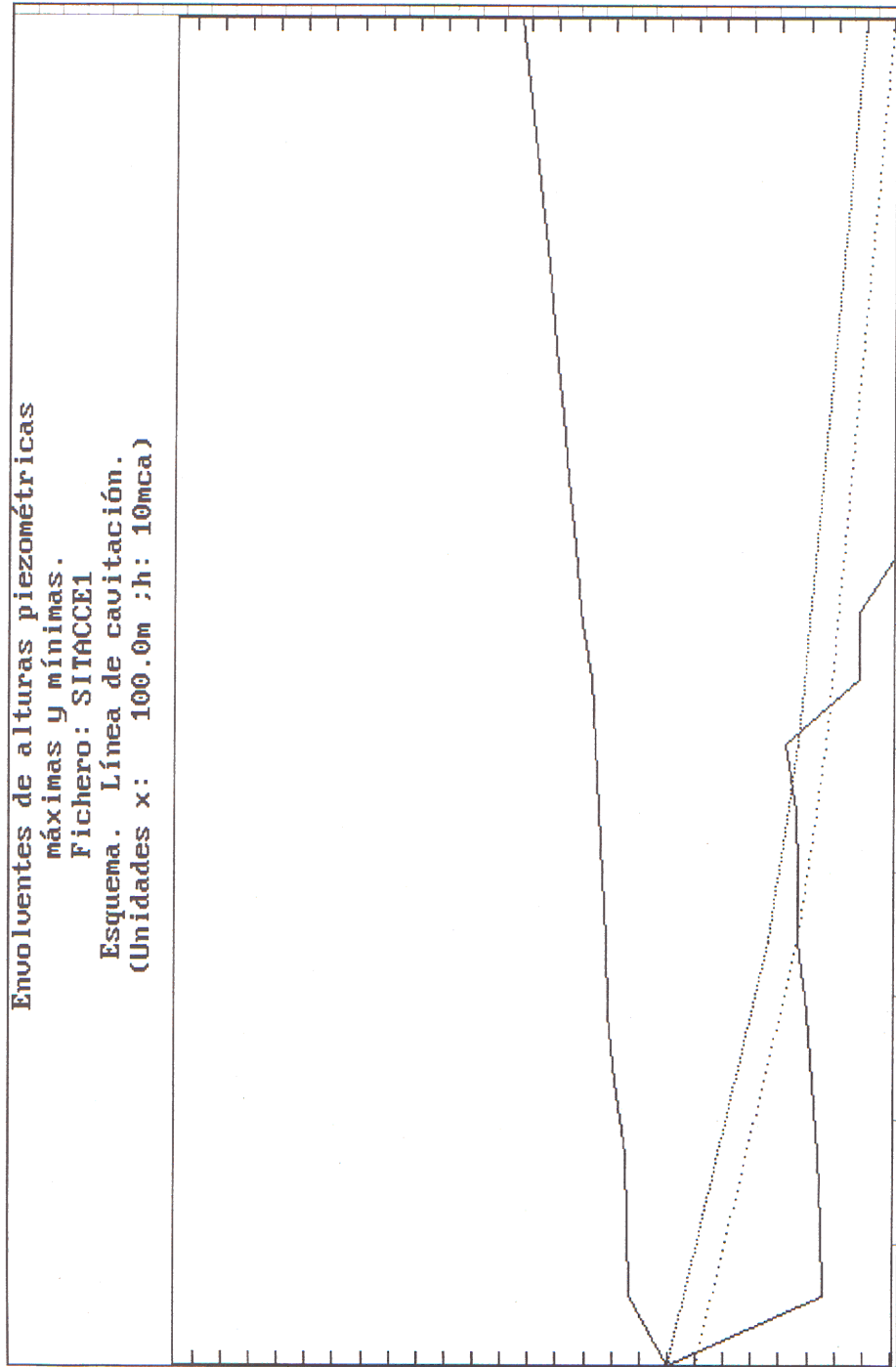
Dep.	Conex.	Val-ali	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i=====
Ha= 0.0		Hal= 70.0	Ha= 0.0
		Cal= 10800	Tiv= 0
		Tap= 2.0	Tmv= 60
		Tci= 30.0	Tfv= 120
		Exp= 1.0	Ai%= 100
			Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 0.091 m3/s

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: SITACCE1
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	26.75	43.20	58.63			
Tiempo	0.00	181.27	235.34	145.23			
Pr.min.(m)	0.00	-42.56	-27.63	-10.03			
Tiempo	0.00	146.17	176.36	146.63			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	58.63	63.27	67.83	72.60			
Tiempo	145.23	145.11	145.00	144.88			
Pr.min.(m)	-10.03	-6.97	-2.90	4.21			
Tiempo	146.63	148.86	178.93	238.97			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	72.60	81.97	90.79	99.77	109.02	118.45	123.21
Tiempo	144.88	115.04	115.27	115.51	115.74	115.97	116.09
Pr.min.(m)	4.21	-18.05	-28.73	-26.84	-26.35	-24.27	-25.84
Tiempo	238.97	207.61	147.45	147.69	177.88	148.16	148.27

ANALISIS GOLPE DE ARIETE

Nombre fichero: DISACCE2

DATOS DE LA INSTALACION

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
L= 700	326	1200
D= 200	200	200
e= 18.0	18.0	18.0
r= 0.025	0.025	0.025
Zi= 100	64	54
Zf= 64	54	30
N= 7	4	12
a= 997	929	932

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

CONDICIONES DE CONTORNO

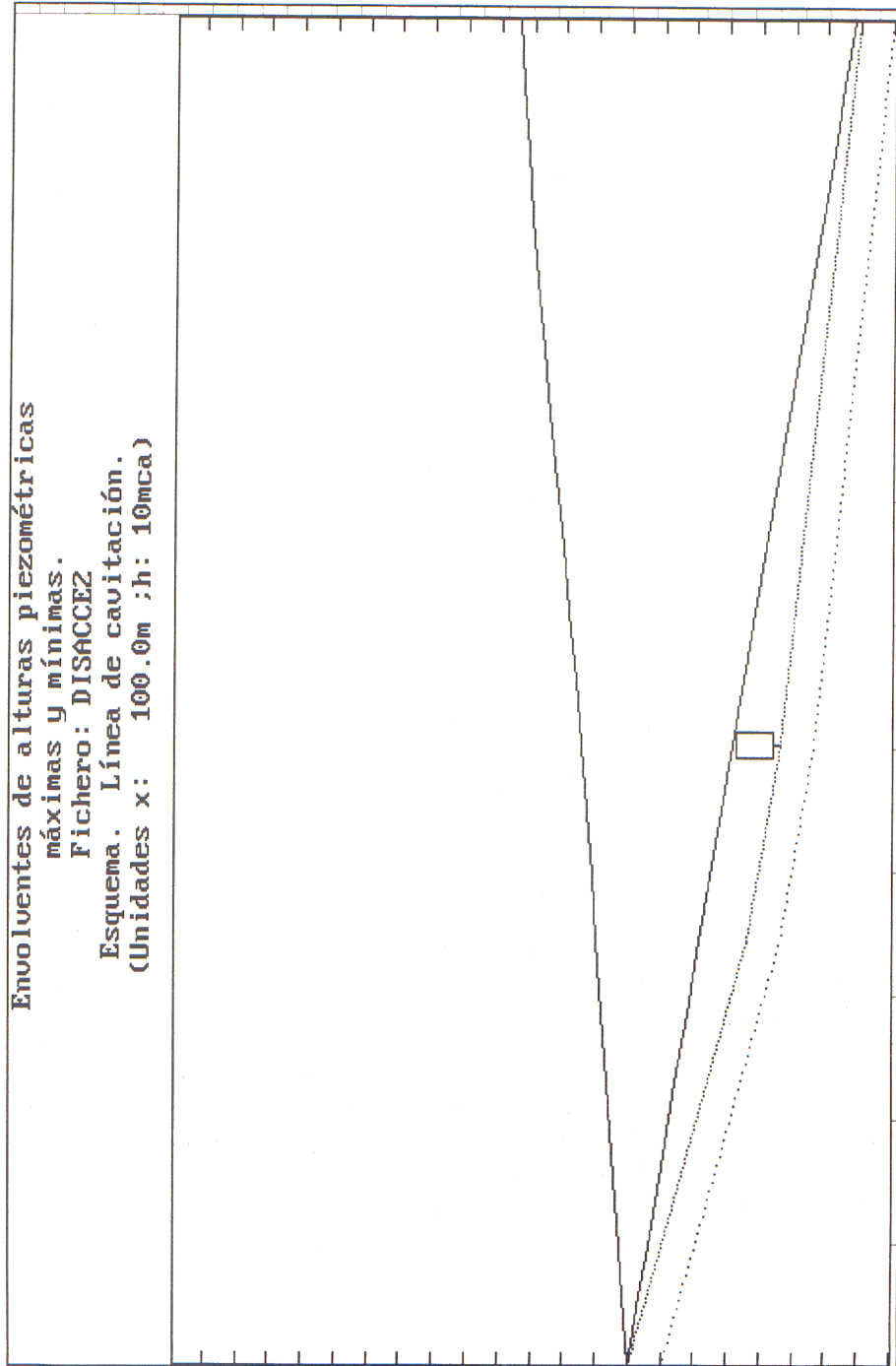
Dep.	Conex.	Cald.	Valv.
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i=====
Ha= 0.0		Hc= 3.0	Ha= 0.0
		Pi= 1.0	Tiv= 0
		Sec= 2.0	Tmv= 60
		Hb= 1.00	Tfv= 120
		Cin = 1	Ai%= 100
		Cout= 1	Am%= 50
			Af%= 0
			Tipo 4
			Dv= 150

REGIMEN PERMANENTE

Caudal de regimen Q= 0.091 m3/s

Hoja 1

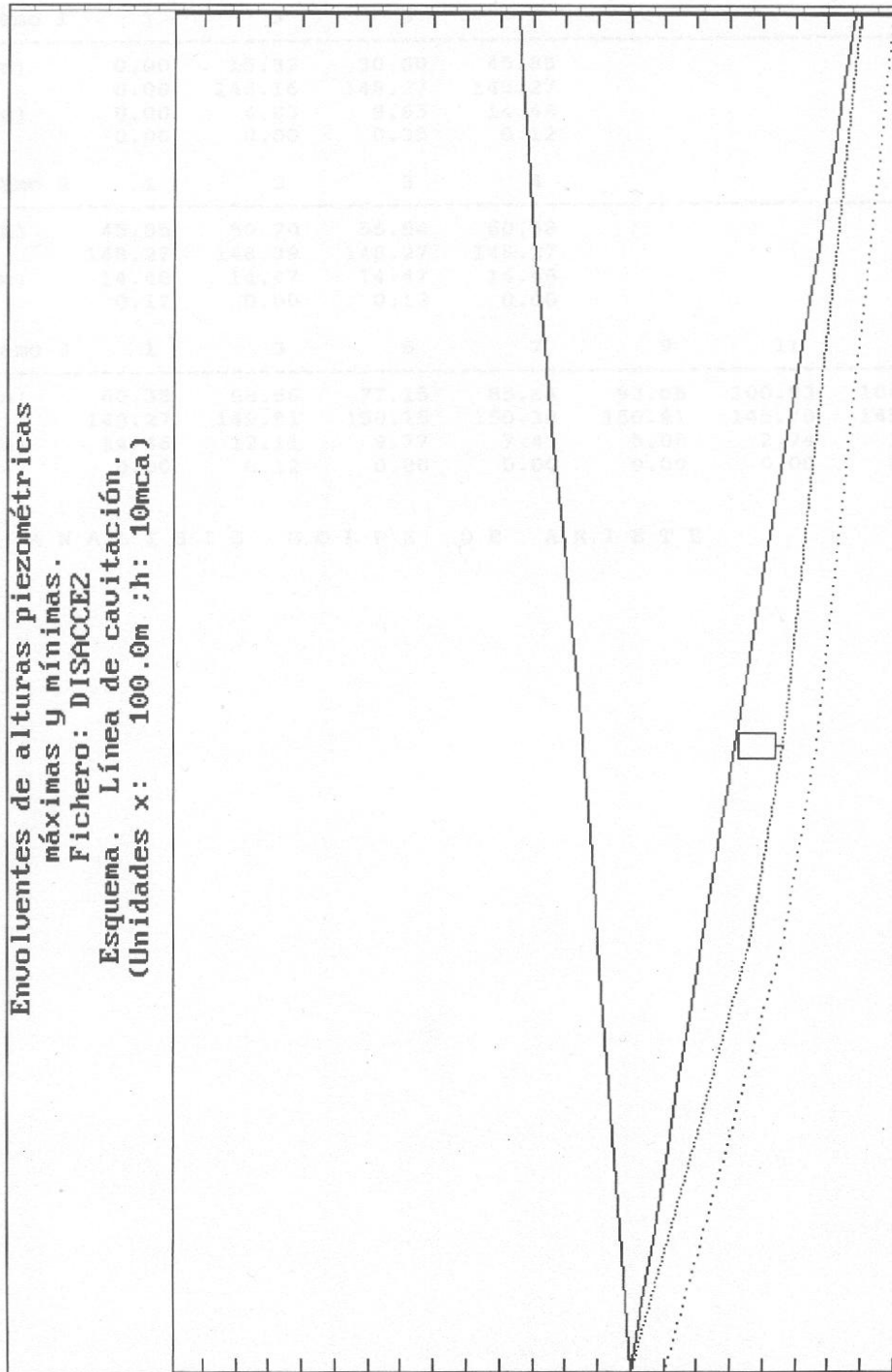
Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: DISACCE2
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ; h: 10mca)



Página 1

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: DISACCE2
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	0.00	15.32	30.60	45.85			
Tiempo	0.00	148.16	148.27	148.27			
Pr.min.(m)	0.00	4.83	9.65	14.48			
Tiempo	0.00	0.00	0.35	0.12			
Nodos tramo 2	1	2	3	4			
Pr.max.(m)	45.85	50.70	55.54	60.38			
Tiempo	148.27	148.39	148.27	148.27			
Pr.min.(m)	14.48	14.47	14.47	14.46			
Tiempo	0.12	0.00	0.12	0.00			
Nodos tramo 3	1	3	5	7	9	11	12
Pr.max.(m)	60.38	68.56	77.15	85.66	93.65	100.93	104.17
Tiempo	148.27	149.91	150.15	150.38	150.61	145.70	145.70
Pr.min.(m)	14.46	12.11	9.77	7.43	5.08	2.74	1.57
Tiempo	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A N A L I S I S G O L P E D E A R I E T E

A N A L I S I S G O L P E D E A R I E T E

Nombre fichero: ATALFA3

D A T O S D E L A I N S T A L A C I O N

Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Tramo 7
L= 340	160	560	720	410	260	370
D= 304	304	304	304	304	304	304
e= 6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
r= 0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Zi= 0	20	15	40	30	45	35
Zf= 20	15	40	30	45	35	45
N= 9	5	15	18	11	7	10
a= 299	282	282	298	289	305	289

L=long.(m); D=diam.(mm); e=espesor (mm); r=rugosidad (mm); Zi=cota inicial (m)
Zf=cota final (m); N=numero puntos de calculo por tramo; a=celeridad (m/s)

C O N D I C I O N E S D E C O N T O R N O

B-cal	Ventosa	Conex.	Ventosa
i=====1=====	i=====2=====	i=====3=====	i=====4=====
Ha= 0.0	Cad= 39.1		Cad= 39.1
A=66.5E+00	Cex= 37.3		Cex= 37.3
B= 0.0E+00	Hal= 50.0		Hal= 50.0
C=17.6E+02	Cal=108000		Cal= 10800
E=-1.1E+02	Tap= 1.0		Tap= 1.0
D=18.4E+00	Tci= 30.0		Tci= 30.0
w= 1450	Exp= 1.3		Exp= 1.3
I= 0.8			
Td= 2			
Ta= 10			
Hc= 1.0			
Pi= 0.6			
Sec= 0.5			
Hb= 0.50			
Cin = 100			
Cout= 10			
NB= 2			

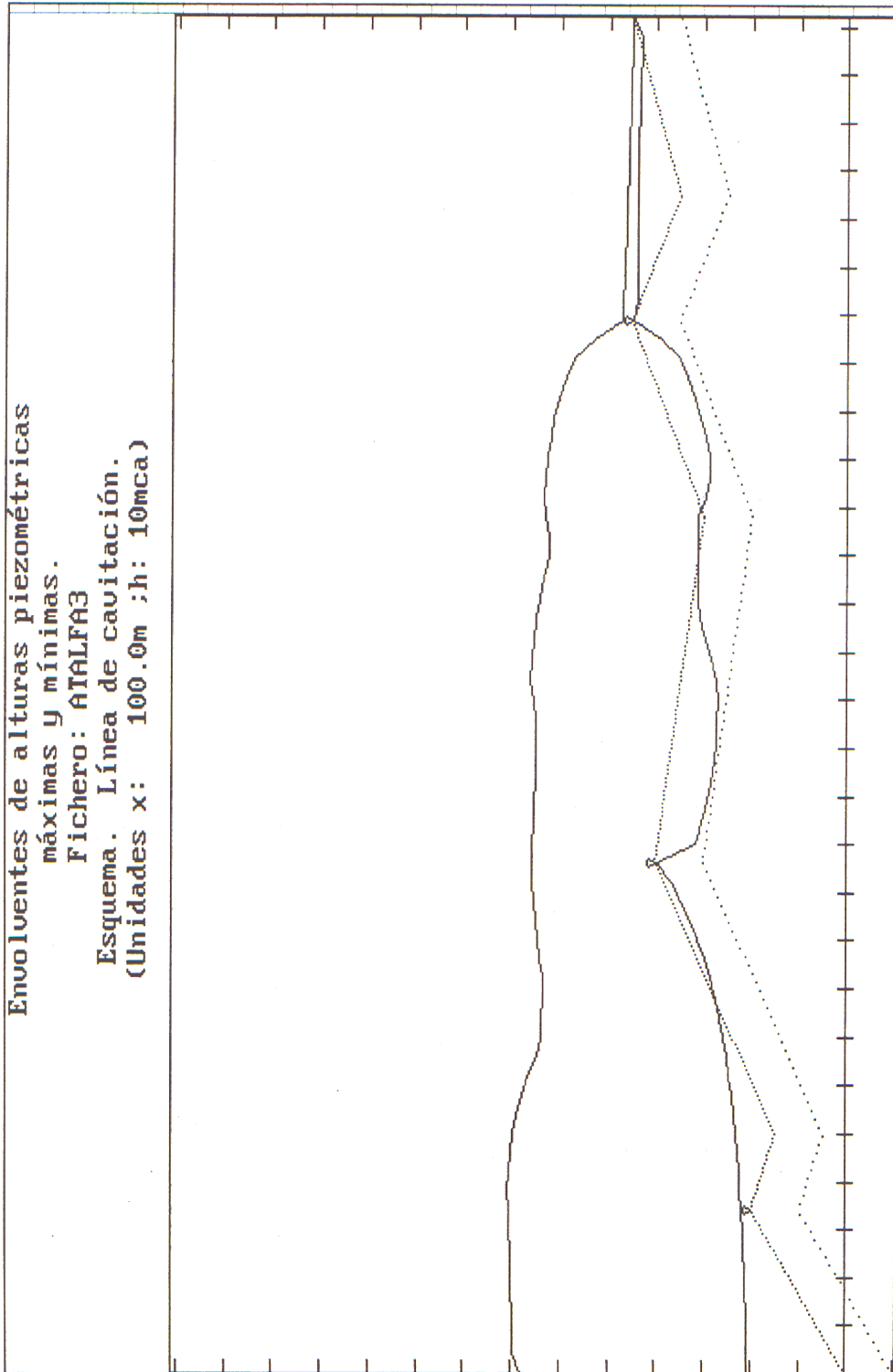
Conex.	Ventosa	Conex.	Dep.
i=====5=====	i=====6=====	i=====7=====	i=====
	Cad= 39.1		Ha= 0.0
	Cex= 37.3		
	Hal= 50.0		
	Cal= 10800		
	Tap= 1.0		
	Tci= 30.0		
	Exp= 1.3		

R E G I M E N P E R M A N E N T E

Caudal de regimen	Altura que da la bomba	Rendimiento
Q= 0.084 m3/s	H= 54.14m	eta= 79.9%

Hoja1

Envolventes de alturas piezométricas
máximas y mínimas.
Fichero: ATALFA3
Esquema. Línea de cavitación.
(Unidades x: 100.0m ;h: 10mca)



Página 1

PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

Nodos tramo 1	1	3	5	7	9		
Pr.max.(m)	67.92	64.57	59.83	55.12	50.34		
Tiempo	57.96	60.38	60.10	59.81	59.53		
Pr.min.(m)	20.49	15.60	10.95	6.36	1.84		
Tiempo	10.09	9.66	9.38	9.09	8.81		
Nodos tramo 2	1	2	3	4	5		
Pr.max.(m)	50.34	52.02	52.88	53.81	54.58		
Tiempo	59.53	59.39	59.24	59.10	58.96		
Pr.min.(m)	1.84	3.36	4.91	6.48	8.10		
Tiempo	8.81	8.67	8.52	8.38	8.24		
Nodos tramo 3	1	4	7	10	13	15	
Pr.max.(m)	54.58	46.02	37.94	32.95	29.00	25.81	
Tiempo	58.96	58.53	63.93	61.23	61.66	61.94	
Pr.min.(m)	8.10	4.09	0.76	-1.42	-1.94	-0.22	
Tiempo	8.24	7.81	7.39	6.96	6.54	13.35	
Nodos tramo 4	1	4	7	10	13	16	18
Pr.max.(m)	25.81	26.98	28.43	31.22	31.87	30.97	32.84
Tiempo	61.94	62.37	62.80	63.08	62.80	62.37	64.36
Pr.min.(m)	-0.22	-8.98	-9.06	-7.49	-2.32	0.04	1.26
Tiempo	13.35	67.63	67.91	68.34	68.76	69.19	69.47
Nodos tramo 5	1	3	5	7	9	11	
Pr.max.(m)	32.84	29.82	26.03	21.31	15.37	2.04	
Tiempo	64.36	64.22	63.93	63.65	53.13	4.26	
Pr.min.(m)	1.26	-4.18	-6.53	-6.87	-6.87	-0.18	
Tiempo	69.47	69.76	70.04	70.33	70.61	50.44	
Nodos tramo 6	1	3	5	7			
Pr.max.(m)	2.04	5.09	8.15	11.20			
Tiempo	4.26	4.55	4.83	5.11			
Pr.min.(m)	-0.18	2.23	5.50	8.90			
Tiempo	50.44	57.96	57.96	57.96			
Nodos tramo 7	1	3	5	7	9	10	
Pr.max.(m)	11.20	8.71	6.22	3.73	1.29	0.00	
Tiempo	5.11	5.40	4.26	4.26	22.73	0.00	
Pr.min.(m)	8.90	6.67	4.26	1.79	-0.65	0.00	
Tiempo	57.96	12.64	12.36	12.08	11.79	0.00	

RESUMEN DÍA IMPULSIONES

DIFICULTAD DE COMPRENSIÓN.

SON DEMASIADAS COSAS NUEVAS.- SON DEMASIADOS PARÁMETROS NUEVOS.-LA CABEZA FUNCIONA COMO UN PROCESADOR, RECOGE LAS IDEAS Y LAS VA MADURANDO.- SÍMIL CARNET DE CONDUCIR. PINTURA AL ÓLEO VER TODO EL CUADRO. **P R E G U N T A R.**

CONCEPTO

LINEA PIEZOMÉTRICA = MANOMÉTRICA = LA QUE MIDE UN MANÓMETRO SITUADO EN LA TUBERÍA QUE EN IMPULSIONES SERÍA $H_g + J$. Y EN CONDUCCIONES POR GRAVEDAD $H_g - J$ SIENDO H_g EL DESNIVEL GEOMÉTRICO Y J LA SUMA DE PÉRDIDAS DE CARGA.

Ejemplo: calcular la línea piezométrica de una tubería compuesta por un tramo de 1020 ml de PVC de diámetro 180 PN-6 Atm. 2000 ml de 180 PN-10Atm. y 1000 ml de 160 PN 16Atm, para un caudal de 28 l/s..

Ver tabla adjunta para 28 l/seg.

Recomendamos tomar para instalaciones de riego la cota inferior del deposito llevando la máxima de resguardo.

Procede ordenar las tuberías por presiones, calculando desde el principio las perdidas de carga por tramos según su timbraje empezando por la de menor timbraje, al final de cada tramo la presión disponible o línea piezometrica será la inicial del punto menos las perdidas de carga de ese tramo. H_g (altura geométrica) = 97 ml en pendiente uniforme.

El primer tramo será: $1020 \text{ ml } 180 \text{ PN-6} \times 7.556 = 7.70712$ metros que se restarían a la cota inicial, si hacéis el dibujo a escala o por una regla de tres, veréis que tenéis una disponibilidad de 23.6 metros a los 1020 metros menos los 7.70712 os queda 15.88 metros de presión en ese punto y esta sería la cota de arranque para la nueva línea piezometrica. Así repetiremos las operaciones hasta obtener la

presión final, que ya os adelanto que sería de $93 - 7.70712 - 18.24 - 21.606 = 51.24$ metros. Si la tubería fuese de un solo timbraje y diámetro la línea piezométrica coincidiría con la teórica que uniese la salida del depósito con la válvula final que tenemos abierta en este caso no es una recta.

Tiempo de parada de una instalación según Enrique Mendiluce.

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times Hm}$$

En esta fórmula T = Tiempo de parada de la onda.

C = Cte que varía en función de la pendiente. Pendientes entre 20 y 40 % C = 1.

K = Constante que varía de desde: 2 para longitudes de 500 ml.

1.5 desde 500 a 1500

1 para valores superiores a 1500.

L es la longitud de la tubería en ml.

V es la velocidad en metros por segundo.

g es la gravedad en m/seg.²

Hm es la altura manométrica desde el nivel del líquido hasta el depósito al que se eleva.

Celeridad es la velocidad de propagación de la onda en la tubería se calcula como decíamos ayer por la siguiente expresión.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,5 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

K para tubería de acero 0.5 Fundición gris 1, Fibrocemento 6 PVC 20 – 25 y PE 30

LONGITUD CRÍTICA.- Se define esta longitud como aquella en la que el golpe de ariete sigue aumentando de valor hasta llegar al final de esta; punto de coincidencia (punto crítico) de los valores de Micheaud y Allievi.

Paras el cálculo de esta longitud se establece que pueden presentarse tres casos que esta longitud sea inferior que la longitud real, que sea igual o que sea superior.

$L_c = a T / 2$. Hay técnicos que establecen como dato de partida para establecer el valor del tiempo de cierre que de esta misma formula sería $T = 2L / a$; personalmente me parece más gráfico hablar de L_c como longitud crítica haciendo una comprobación con la expresión de Mendiluce.

$L_c = a \times T / 2$ si L_c es menor que la longitud real se aplica la formula de Allievi, si es mayor la longitud real. se aplicará Micheaud.

Debéis recordar que la longitud critica se toma desde el final de la impulsión hacia el principio y gráficamente os acordarais que si es menor Allievi, y mayor Micheaud