

54
2ej.

AGOSTO 11 1988



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“CALCULO DE PRESIONES EN
CURVAS VERTICALES DE
OBRAS DE EXCEDENCIAS”**

**TESIS PROFESIONAL
INGENIERIA CIVIL**

GUADALUPE ESTHER FUENTES MARILES

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1.	INTRODUCCION	1
2.	METODOS DE CALCULO	3
3.	RESULTADOS EXPERIMENTALES	23
4.	CONCLUSIONES	27
	REFERENCIAS	28
	FIGURAS Y TABLAS	

FALLA DE ORIGEN

1. INTRODUCCION

El confinamiento en un canal y escurriendo sobre un plano inclinado, con fuerte pendiente, ejerce una presión sobre las paredes y fondo cuya intensidad va disminuyendo en la longitud del plano y además se distribuye en forma hidrostática.

En una presa la obra de excedencias, que puede ser en túnel o canal, el agua fluye a superficie libre. En el caso del túnel este se forma por una rama de fuerte pendiente llamada rápida y una de muy baja pendiente, casi horizontal ambas unidas por una curva vertical cóncava llamada "codo", cuando el flujo del agua pasa por él su presencia provoca que aparezca la fuerza centrífuga la cual incrementa la presión sobre la hidrostática en las paredes y plantilla que confinan al túnel. El efecto de este incremento de presión es como si el agua fuera más densa de lo que es realmente y en algunos casos llega a ser muy grande; por ejemplo, en pruebas de laboratorio se ha encontrado que llega a ser doce veces más grande que la presión hidrostática (Gumensky 1953), lo que significa que las paredes de la estructura recibirá un empuje más severo debido a este efecto. En el caso de un canal

también se puede tener la presencia de curvas verticales, en cualquier caso la distribución de presiones ya sigue la ley hidrostática.

Cuando se diseñan estas obras, el diseño hidráulico es una etapa muy importante ya que la determinación de las fuerzas actuantes sobre paredes y piso de la estructura servirá para el diseño estructural de las mismas.

Con el diseño estructural se determinan el espesor y la cantidad de refuerzo que deben tener las paredes laterales y el piso, sin embargo, al no poder calcular con precisión la presión ejercida, este diseño puede resultar sobrado repercutiendo directamente en el costo y tiempo de ejecución de las obras o en caso de que fuera escaso la probabilidad de falla de la estructura es mayor.

En este trabajo se presentan en el cap 2 los diferentes métodos que existen para calcular la presión de fondo que se presenta en los codos de los vertederos, consiguiendo con ello tener un conocimiento más aproximado del valor real de las presiones desarrolladas a lo largo de ellos, lo que ayudará a tener un diseño estructural más adecuado. En el cap 3 se hará una comparación entre los valores calculados teóricamente con los métodos mencionados en el cap 2 y los medidos experimentalmente para diferentes condiciones de escurrimiento. Finalmente en el cap 4 se presentan las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados.

2. METODOS DE CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS VERTICALES

2.1 Método de Gumensky (1953)

Si la corriente es deflectada por una curva vertical en una rápida o por una cubeta de lanzamiento en la parte final de un vertedor, la presión del agua es incrementada por la acción de la fuerza centrífuga.

Este incremento de presión puede ser evaluado, por ejemplo, si una cubeta se hace girar en un plano vertical, como se muestra en la fig 1 donde F_c representa a la fuerza centrífuga; de acuerdo con la segunda ley de Newton se tiene que

$$F_c = m\omega^2 r \quad (2.1)$$

donde

- m masa del agua, en kg
- ω velocidad angular, en rad/s
- r radio de curvatura, en m

Considerando un elemento de agua en la cubeta, (ver fig 1), con una sección transversal de área unitaria (dA) de 1 cm² y de un tirante y , la masa de agua en la cubeta se expresa como

$$m = \frac{\gamma y dA}{g} = \frac{1000 (y) (10^{-4})}{9.81} = 0.0102y \quad (2.2)$$

sustituyendo el valor de m en la ec 2.1 se llega

$$F_c = 0.0102 y \omega^2 r \quad (2.3)$$

de la ecuación anterior es evidente que la fuerza centrífuga no solo varía directamente con ω^2 y r sino también con y .

Si se tiene, por ejemplo, para el caso específico del vertedor de la Presa el Infiernillo, del río Balsas, en el Estado de Guerrero, donde la velocidad del agua es de 37.3 m/s y el radio del codo de 70 m. Sustituyendo estos valores en la ec 2.3

$$F_c = 0.0102 y \left(\frac{37.30}{70.00} \right)^2 \cdot 70.00 = 0.2026 y, \text{ en kgf}$$

si se conservan las mismas características, variando únicamente el radio del codo de tal manera que éste fuera de 15 y 200 m, respectivamente, se tiene

$$F_c = 0.0102 y \left(\frac{37.3}{15.00} \right)^2 \cdot 15.00 = 0.9452 y, \text{ en kgf}$$

$$F_c = 0.0102 y \left(\frac{37.30}{200.00} \right)^2 \cdot 200.00 = 0.0709 y, \text{ en kgf}$$

comparando los valores anteriores se puede notar que el radio es un factor muy importante ya que a medida que disminuye la presión aumenta y viceversa, ahora bien, si comparamos estos valores con la fuerza producida por la presión hidrostática, que es igual a

$$F_p = A\gamma y \quad (2.4)$$

$$F_p = 1(10^{-4}) 1000 y = 0.1 y, \text{ en kgf}$$

apreciándose que la curvatura deja sentir su efecto cuando el radio es pequeño y disminuye considerablemente cuando aumenta. Entonces, la presión para la cual deben de ser diseñadas las paredes de las curvas verticales de rápidas o cubetas de lanzamiento se expresa como (ver fig 2)

$$P_{v_c} = (102.0 \omega^2 r + 1000) y \quad (2.5)$$

Las curvas convexas que se presentan en la parte superior de los vertedores y de algunas rápidas como es por ejemplo el vertedor de la Presa La Angostura, Chis., tendrán como fuerzas actuantes en un elemento de agua, el peso de la misma, la fuerza cinética de la corriente, el efecto de fricción de las paredes y la fuerza normal. Para esta condición los valores de la presión son menores a la hidrostática.

Así, la presencia de la curvatura produce una fuerza centrífuga normal a la dirección del flujo, y cuando es cóncava ayuda a reforzar la acción de la gravedad provocando con ello que la presión sea mayor que la hidrostática. Por estas condiciones aplicando la segunda Ley de Newton, se tiene que la presión producida por la aceleración centrífuga es igual a

$$P_c = \frac{\gamma y v^2}{gr} \quad (2.6)$$

donde

- P_c presión centrífuga, en kgf/m²
- γ peso específico del agua, en kgf/m³
- y tirante de agua, en m
- v velocidad media del flujo, en m/s
- g aceleración de la gravedad, en m/s²
- r radio de curvatura, en m

El término v^2/r corresponde a la aceleración centrífuga. La ec 2.6 expresada en columna de agua se escribe como (ver fig 3)

$$h_{p_c} = \frac{p}{\gamma} = \frac{\gamma v^2}{gr} \quad (2.7)$$

En base a lo anterior se puede escribir que la presión total sobre cualquier punto en el fondo de la curva es igual a

$$h_p = y \cos \alpha + h_{p_c} \quad (2.8)$$

donde

α ángulo formado por la tangente con respecto a la horizontal.

De acuerdo con lo mencionado, el autor considera que el tirante y la velocidad del flujo se mantienen constantes a lo largo de la curva y por tanto el incremento de la presión h_{p_c} debe de ser el mismo en todas direcciones.

2.2 Método de Douma (1953)

Las consideraciones básicas de diseño de las paredes de las rápidas y vertedores para altas velocidades, teniendo una curva vertical fueron investigados también por Douma.

Previo a el trabajo de este autor han sido utilizados métodos de diseño incorrectos; así por ejemplo, en algunos casos, el efecto de la fuerza centrífuga fue completamente ignorado.

Aunque no esta dicho específicamente por Gumensky, la presión centrífuga en la curva debe ser considerada en el análisis de estabilidad de la cortina, cuando el vertedor está alojado en ella, ya que estará ayudando y en el caso de una cortina de contrafuertes con vertedor dentro de ella la losa debe de ser diseñada para resistir dicha presión centrífuga.

Dado que las cargas resultantes de la presión centrífuga son inversamente proporcionales al radio del codo, éstas pueden considerarse hasta un cierto límite, seleccionando para ello un radio adecuado. Para cortinas de contrafuertes es conveniente, en algunos casos, seleccionar radios mayores a los necesarios para satisfacer los requerimientos hidráulicos para que las paredes laterales del vertedor y plantilla no resulten excesivamente gruesos.

La presión centrífuga en el codo del vertedor se evalúa, según este autor, con la expresión (ver fig 4)

$$p_c = \frac{\gamma q^2 h_1}{vr} \quad (2.9)$$

donde, si se sustituye $y = q/v$ y $v = \sqrt{2gh_1}$ se obtiene la ecuación general de la presión centrífuga (ver fig 5)

$$p_c = \frac{\gamma q v^2}{gr}$$

donde

p_c presión centrífuga, en kg/m^2

q gasto unitario, en $m^3/s/m$

h_1 carga desde la elevación del agua en el embalse y un punto, en el codo, en m (ver fig 6)

La ventaja de usar la ec 2.9 en lugar de la expresión de fuerza centrífuga expresada por Gumensky ($P_c = m\omega^2r$) es que el valor de h_1 puede ser determinado fácilmente, y también la velocidad. Aún cuando h_1 debe rigurosamente ser tomada como la distancia desde el gradiente de energía a el punto en el codo, la pequeña pérdida de carga entre ambos niveles puede ser ignorada ya que se considera despreciable.

Además con esta expresión obtenemos la variación de la presión

centrífuga para toda la curva. El valor de esta expresión es mínimo a la entrada de la curva y máximo en el punto más bajo o parte central de la curva y luego vuelve a decrecer.

La variación de la presión centrífuga es mayor en un codo de una presa pequeña que en el de una presa de gran altura porque la variación relativa de las cargas es mayor en las presas pequeñas.

Sin embargo la ec 2.3 considera que las líneas de corriente desde que entran a la curva son paralelas a ésta, lo cual no es totalmente cierto ya que ellas sufren modificaciones aguas arriba del punto de tangencia de entrada a la curva y lo mismo ocurre aguas abajo de la terminación de ella.

Debido a ésto Douma supone que la velocidad sobre cualquier línea de corriente en la sección AB de la fig 3, se comporta de acuerdo con la siguiente ley

$$v = - (c/r) \tag{2.10}$$

donde c es una constante y r el radio local de la línea de corriente en cada punto; a la ec 2.10 se le conoce como ley del vórtice irrotacional si el escurrimiento ocurre entre dos fronteras circulares cuyos radios son r₁ y r₂ (r₂ > r₁) el gasto q está dado por

$$q = \int_{r_1}^{r_2} v dr = - c (\ln r_2 - \ln r_1) \tag{2.11}$$

despejando el valor de c de la ec 2.11 y sustituyendo en la ec 2.10 se tiene que

$$v = \frac{q}{(r \ln(r_2/r_1))} \tag{2.12}$$

de acuerdo con la fig 3 y usando la ec 2.12, la velocidad en

los puntos A y B es igual a

$$v_A = \frac{q}{(r_2 L_n (r_2/r_1))} \quad (2.13)$$

$$v_B = \frac{q}{(r_1 L_n (r_2/r_1))} \quad (2.14)$$

donde $r_1 = \overline{OB}$ y $r_2 = \overline{OA} = R$ con base en lo anterior y aplicando la ecuación de Benoulli entre los puntos A y B ver fig 4.

$$h_1 = y \cos \alpha + \frac{v_A^2}{2g}$$

$$h_1 = h_p + \frac{v_A^2}{2g}$$

$$h_p = h_1 - \frac{v_A^2}{2g} \quad (2.14a)$$

por Bernoulli

$$h_p + \frac{v_A^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g} + y \cos \alpha$$

sustituyendo (2.14a)

$$h_1 - \frac{v_A^2}{2g} + \frac{v_A^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g} + y \cos \alpha$$

finalmente se tiene que

$$h_1 = \frac{v_B^2}{2g} + y \cos \alpha$$

por lo tanto

$$h_p = \frac{p}{\gamma} = h_1 - \frac{v_A^2}{2g} = h_1 - \frac{q^2}{2g r_1^2 \left(\ln(r_2/r_1) \right)^2} \quad (2.15)$$

$$h_1 = (r_2 - r_1) \cos \alpha + \frac{v_B^2}{2R} = (r_2 - r_1) \cos \alpha + \frac{q^2}{2Rr_1^2} \left(\frac{1}{\ln(r_2/r_1)} \right)^2 \quad (2.16)$$

Si los valores de h_1 , α , q y $r_2 = R$ son conocidos, con la ec 2.16 se calcula el valor de r_1 y la presión sobre el codo con la ec 2.15 .

2.3 Método de Balloffet (1961)

Este autor basa su teoría en los estudios realizados por Gumensky y Douma quienes supusieron que la velocidad angular permanece constante para todo el tirante y que la distribución de velocidades sigue una ley de un vórtice libre o irrotacional, la cual está dada por la ec 2.10 . Esta ley se caracteriza por el hecho de que el movimiento se produce con líneas de corriente, en forma de circunferencias concéntricas al origen con velocidades tangenciales que siguen la ley mencionada. Refiriéndose a la fig 6, tomando la línea de corriente superior tal que ella tenga un radio igual a $R - \ell$, donde R es el radio de curvatura y ℓ el tirante, se puede establecer que la diferencia de las cargas piezométricas entre dos puntos cualesquiera, por ejemplo, el 1 y 2 localizados en la superficie libre y en el fondo del codo respectivamente, están dados por la ec de Bernoulli que aplicada a un flujo irrotacional (si dentro de un campo de flujo el vector $\text{rot } v$ es igual a cero para cualquier punto e instante, se dice que el flujo es irrotacional) conduce a

$$\Delta h = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (2.17)$$

donde

v_1 y v_2 velocidades en los puntos 1 y 2

De acuerdo con la ley del "vórtice libre" se tiene que

$$c = vr$$

por lo tanto para los puntos 1 y 2 se cumple que

$$c = v_1 (R - y)$$

$$c = v_2 R$$

es decir se tiene que

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{R - y}{R}$$

con base en lo anterior y aplicando la ec de Bernoulli entre los puntos 1 y 2, se tiene que

$$\Delta h = \frac{v_1^2}{2g} \left(1 - \frac{v_2^2}{v_1^2} \right) = \frac{v_1^2}{2g} \left(1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2 \right)$$

como la parte superior de la vena está a la atmósfera se tiene que

$$\frac{p_2}{\gamma} = \Delta z + \frac{v_1^2}{2g} \left(1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2 \right) \quad (2.19)$$

donde

Δz diferencia de elevaciones entre los puntos 1 y 2, en m

p_2 presión en el punto 2, en m

γ peso específico del agua, en kg/m³

La velocidad en el punto 1

$$v_1 = \sqrt{2ah_1} \quad (2.20)$$

donde

H_1 puede suponerse igual a la diferencia entre la elevación de la superficie del agua en el embalse y el pun

to l despreciando la pérdida de carga en la rápida, lo cual puede ser discutible.

Considerando que v_1 puede variar de acuerdo a la posición del punto l en la parte superior de la vena, puesto que H_1 es variable. En flujo irrotacional se supone que las variaciones de la velocidad son solo con respecto al radio y debe ser constante para cualquier línea de corriente.

Para presas de gran altura, esta inconsistencia puede ser rebatida porque la variación de H_1 es relativamente pequeña.

Consecuentemente

$$\frac{P_2}{\gamma} = \Delta z + H_1 \left[1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2 \right] \quad (2.21)$$

Si conocemos el espesor de la vena podemos conocer P_2 .

Esto se realiza con la integral de la velocidad y la ecuación de gasto unitario, q .

$$q = \int_{R-y}^R v dr = \int_{R-y}^R \frac{R-y}{r} v_1 dr \quad (2.22)$$

$$q = (R-y) v_1 \ln \frac{R}{R-y} \quad (2.23)$$

de esta última ecuación y puede ser calculado, desarrollando en serie el Ln que aparece en la ec 2.23 se tiene que

$$q = (R-y) v_1 \left[\frac{y}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{y}{R} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{y}{R} \right)^3 + \dots \right] \quad (2.24)$$

para pequeños valores de y/R se tiene que

$$y \rightarrow \frac{q}{v} = \frac{q}{\sqrt{2gH_1}} \quad (2.25)$$

esta ecuación muestra la variación de la velocidad a través del flujo con el cálculo del espesor de la vena.

El valor teórico de la presión calculada con la ec 2.20 para cualquier punto en la superficie del codo puede no variar mucho para un vertedor de una presa de gran altura; sin embargo, el valor máximo corresponde al punto más bajo del codo, dado que Δz es máxima e igual a y .

Así, la presión máxima estará dada por

$$H_p = \left(\frac{P_2}{\gamma} \right) \text{ máx} = y + H_1 \left[1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2 \right] \quad (2.26)$$

$$H_p = y + \frac{v_1^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{R-y}{R} \right)^2 \right] \quad (2.27)$$

Una vez que la presión máxima ha sido calculada la distribución de presiones teórica puede ser como la que se muestra en la fig 7 .

2.4 Método del cuetejo de Ingenieros (1964)

De acuerdo con los estudios realizados por este departamento del gobierno de los Estados Unidos, tanto en modelo como en prototipo, los resultados indican que a lo largo de la curva la presión de fondo cambia y su valor es función del radio de la curva R , la carga total H_T y el gasto unitario q (ver fig 8). Ellos también destacan que la presión antes y después de la curva está influenciada por ella.

La mayor parte de los resultados los obtuvieron para cubetas deflectoras y solo una serie de datos correspondió a un codo y en base a ello propusieron que la presión sobre ellos se puede

expresar de la manera siguiente

$$\frac{h_p}{H_T} = f \left(\frac{q}{R2gH_T}, \frac{\alpha}{\alpha_T} \right) \quad (2.28)$$

$$H_T = h_p + \frac{v^2}{2g} \quad (2.29)$$

donde

- α ángulo de la deflexión desde el inicio de la curva hasta el punto donde se desee valuar h_p , en grados, ver fig 8
- α_T deflexión total de la curva, en grados, ver fig 8
- α/α_T determina la posición relativa de cada punto a lo largo de la curva.

En la fig 8b se muestran los resultados obtenidos al aplicar la ec 2.29 . Al tomar en cuenta los datos medidos en un codo se observa en la fig 8b que éstos se ajustan bastante bien a los obtenidos para cubetas, en base a ésto se puede usar dicha figura para calcular la presión de fondo en un codo.

Por último estos investigadores señalan que aunque en los análisis de los valores medidos en modelo se supusieron despreciables las pérdidas de energía en el cálculo de H_T ellas si deben de ser tomadas en cuenta.

2.5 Método de Henderson (1966)

Henderson menciona que, cuando un flujo llega al final de la rama inclinada del vertededor éste es deflectado a través de una curva vertical hacia un plano horizontal y por tanto se desarrolla la presión centrífuga, pudiéndose llegar a tener un empuje severo sobre las paredes del vertedor.

Si se supone que el tirante y_0 en el centro de la curva es igual a el tirante y_1 del flujo supuesto (ver fig 9) entonces

la presión centrífuga en el punto O será igual a

$$P_c = \frac{\gamma v_1^2 y_1}{gR} \tag{2.30}$$

donde

- v_1 velocidad en el punto 1, en m/s
- R radio de la curva, en m
- γ peso específico del agua, en kgf/m^3
- g aceleración de la gravedad, en m/s^2

Esta sería una forma de conocer dicha presión, sin embargo, los resultados que se obtienen con ella sólo son aproximadas, ya que la variación de la presión a lo largo de la línea AB (ver fig 3), de acuerdo con el principio de Bernoulli, va acompañada de una disminución de velocidad.

Lo anterior significa que la velocidad promedio en ese punto debe de ser menor que v_1 , que es la velocidad media aguas arriba de la curva, y el tirante y_0 que se tiene dentro de la curva es mayor que el tirante a la entrada de ella, por ello la ec 2.30 no es totalmente confiable, como lo había establecido Gumensky.

Una mejor aproximación puede hacerse suponiendo que las líneas de corriente al curzar OA (ver fig 9) forman parte de unos círculos concéntricos y que la distribución de velocidades a lo largo de esas líneas es la misma que describe un vórtice libre (ec 2.10).

De tal forma que las líneas de corriente son círculos concéntricos, por tanto, r también lo es, ya que corresponde a la distancia AO, medida desde A hasta O. Si R_1 es el radio de la línea de corriente en el punto A_1 , entonces $c = v_1 R_1$.

El gasto q a través de AO estará dado por

$$q = v_1 y_1 = \int_{R_1}^R v dr = \int_{R_1}^R \frac{c}{r} dr = \int_{R_1}^R \frac{v_1 R_1}{r} dr = v_1 R_1 \int_{R_1}^R \frac{r^{-1}}{R_1} dr \quad (2.31)$$

de donde

$$v_1 y_1 = v_1 R_1 \left(\ln r \right)_{R_1}^R$$

$$\frac{y_1}{R_1} = \ln \frac{R}{R_1} \quad (2.32)$$

premultiplicando por $\frac{R_1}{R}$; $\frac{y_1}{R} = \frac{R_1}{R} \ln \frac{R}{R_1}$
 puesto que y_1 y R son conocidos, R_1 puede ser obtenido de la ec 2.32.

Conocido R_1/R se puede calcular P_0 , la presión en 0, usando la ecuación de Bernoulli

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \text{ como } \gamma = \rho g$$

$$P_0 + \frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} v_0^2 = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} v_1^2 \quad (2.33)$$

ya que 1 está a la presión atmosférica no existe carga de presión en dicho punto. Por tanto

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_0 2g}{\gamma v_1^2} = 1 - \frac{v_0^2}{v_1^2} = 1 - \frac{R_1^2}{R^2} \quad (2.34)$$

en el desarrollo anterior se ha supuesto que no hay desipación de energía entre A y 0.

El método del "vórtice libre" arroja resultados que son más o

al menos precisos en ciertos rango, pero tiene una limitación, apa-
 reciendo desde el hecho de que la función

$$(\ln X)/X$$

tienen un valor máximo en $\frac{1}{e}$, lo cual ocurre cuando $x=e$, donde

$$e = 2.71828$$

Tomando en cuenta estos resultados, en la ec 2.32 se ve que la relación R/y_1 tiene un valor mínimo igual a e cuando $R/R_1 = e$.

Como consecuencia de este curioso resultado se tiene que la teoría descrita no puede ser aplicada cuando $R/y_1 < e$, y los resultados obtenidos al aplicar la teoría, ver fig 10, terminan en el punto en que se cumple que $R/y_1 = e$, sin embargo, valores menores a e , son también posibles de obtener. El correspondiente valor final de

$$\frac{P_0}{\frac{1}{2} \rho v_1^2} \quad \text{debe, ver ec 2.34 ser igual a}$$

$$1 - \frac{1}{e^2}$$

2.6 Criterio de J. L. Sánchez B. (1986)

Este investigador menciona que es posible que la desaparición súbita de la sobrepresión originada por la fuerza centrífuga puede ser la causa de que se presente la cavitación en la parte final del codo. Esta hipótesis se trata de validar considerando, por ejemplo la relación que tiene el inicio y evolución de la cavitación con la separación de la capa límite.

Considerando que se tiene un cilindro fijo y un fluido ideal que escurre en torno a él, ver fig 11, para los puntos a y c se tienen velocidad mínima y presión máxima, para los puntos b y b' se tiene velocidad máxima y presiones mínimas, entonces el gradiente de presiones a lo largo de la frontera es negati-

vo de a hacia b y positivo de b hacia c; se dice que la capa se pega al cilindro en la zona donde la presión es negativa y en cambio tiende a desprenderse un poco aguas abajo donde la presión empieza a ser positiva. Si a su vez se presentan velocidades suficientemente grandes empiezan a formarse pequeñas burbujas esféricas de vapor, ver fig 12 y 12a.

Por la forma de las líneas de corriente se puede pensar que producen un movimiento de las burbujas hacia la parte posterior del cilindro. Durante dicho movimiento las burbujas van sufriendo un aplastamiento transversal y su volumen se va reduciendo; así se forman anillos vorticosos cuya velocidad en el centro es grande y dirigido en el sentido del desplazamiento. Entonces al chocar contra una frontera rígida lanzan un chorro pequeño pero muy destructivo. A esto se puede atribuir que las superficies donde se presenta la cavitación queden como picoteadas.

El coeficiente de cavitación es un parámetro importante de evaluar ya que ayuda a conocer el riesgo de cavitación. Se define como

$$\sigma = \frac{h_p - h_v}{v^2 / 2g}$$

Entre más pequeño sea σ mayor será el riesgo de cavitación. En el codo se presenta un fenómeno similar al que se produce aguas abajo del cilindro de tal manera que ese desprendimiento y reducción posterior de la capa producirá las burbujas necesarias para que se presente la cavitación en la sección terminal del codo. Correspondiendo a esos lugares el índice de cavitación más pequeño.

Otro aspecto que ha resultado interesante de tomar en cuenta en los cálculos es la importancia que tiene la turbulencia en el fenómeno. En él la velocidad media representa el promedio

de todas las velocidades del flujo. Dicha velocidad se le atribuye a toda la vena. En cambio el movimiento caótico podría producir instantáneamente depresiones capaces de inducir la cavitación en el entorno de la sección terminal del codo.

Este autor basa su teoría en dos hipótesis fundamentales, la primera de ellas consiste en suponer que la velocidad tangencial u varía con la distancia y , medida radialmente a partir del fondo, de acuerdo con la siguiente ley (ver fig 13)

$$u = ky^n$$

Designando a σ como el coeficiente de cavitación; h_{pf} a la carga de presión de fondo; h_v la carga correspondiente a la presión de vapor y \bar{U} la velocidad media; se tiene que

$$\sigma = \frac{h_{pf} - h_v}{\frac{\bar{U}^2}{2g}} \quad (2.36)$$

La segunda hipótesis consiste en suponer que entre más pequeño sea el valor de σ , mayor es el riesgo de cavitación.

En la fig 14a se muestra una sección longitudinal de un codo vertical en donde se ha señalado un elemento de fluido con ancho unitario, que aparece sombreado y que tiene por lados dx en sentido tangencial y dy en sentido radial. Se supone un escurrimiento plano y que el ángulo θ y el radio $r = r_1 = r_2$ definen la posición del elemento.

Considerando que en la cara 1 hay una velocidad tangencial v_1 normal a r_1 y en la cara 2 una v_2 normal a r_2 , resultará que según se muestra en la figura 14b el paso del fluido de la cara 1 a la 2 implica un cambio de la velocidad Δu , impuesto por la geometría del codo.

Ahora bien, por definición de velocidad radial y teniendo en cuenta a la segunda ley de Newton, sucederá que sobre el elemento sombreado de líquido actuará una aceleración centrífuga de valor

$$a_c = - \frac{u^2}{r} \quad (2.37)$$

El signo negativo se debe a que es de sentido contrario al sistema seleccionado.

Si por otra parte, γ es el peso volumétrico del líquido, ω el peso del elemento sombreado será vertical y su valor será igual a $\gamma dx dy$, de modo que tendrá dos componentes, ver figura, una tangencial en el sentido del eje x y de valor $\gamma dx dy \sin \theta$ y otra radial, en sentido opuesto al eje y y de valor $\gamma dx dy \cos \theta$.

También puede aceptarse que entre las presiones que actúan sobre las caras 1 y 2 existe una presión diferencial de valor $(\partial p / \partial x) dx$, en sentido x y entre las caras (s) e (i) otra de valor $(\partial p / \partial y) dy$, en sentido y . Obviamente para obtener las fuerzas asociadas a estas presiones será necesario multiplicar a la primera por dy , el área de las caras 1 y 2, y la segunda por dx , el área de las caras (s) e (i).

Finalmente, en el sentido del eje x habrá que considerar una fuerza de fricción f de sentido contrario.

Como las componentes de la velocidad u , en sentido tangencial x y v en sentido radial y podrán variar con el tiempo t , y con la posición (x, y) , podrá escribirse

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \quad (2.38.1)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \quad (2.38.2)$$

De acuerdo con la fig 11 y admitiendo la ley de variación, según la primera hipótesis, se tendrá que aceptar que en la cara (s) hay un incremento de velocidad de valor $(\partial u/\partial y) dy$ con relación a la cara (i). En virtud de que existe una rotación debida a la variación de la velocidad dada por 2.35 y a las posibles variaciones de la velocidad normal. El módulo de esta variación se llama "vorticidad" y se designa con la letra ζ , es decir

$$\zeta = \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

Considerando como hipótesis adicional

$$\left| \frac{\partial v}{\partial x} \right| = \frac{c_0}{h} ky^{n-1} \quad (2.39)$$

donde

- c_0 es un coeficiente que toma en cuenta turbulencias
- n es el exponente de la función que define la distribución de velocidad.

Y recordando que $\partial v/\partial x$ es positiva, significa que las velocidades verticales crecen hacia aguas abajo como resultado de una creciente turbulencia en ese sentido.

De las ecuaciones de cuerpo libre para el elemento sombreado fig 11a en sentido x y en sentido u , tendremos

$$\left| \frac{\partial p}{\partial x} \right| dx |dy + \gamma dx dy \sin \theta - f = \frac{\gamma}{g} dx dy \frac{du}{dt} \quad (2.40.1)$$

$$\left| \frac{\partial p}{\partial y} \right| dy |dx - \gamma dx dy \cos \theta - \frac{\gamma}{g} dx dy \frac{u^2}{r} = \frac{\gamma}{g} dx dy \frac{dv}{dt} \quad (2.40.2)$$

dividiendo ambas ecuaciones entre $\gamma dx dy$ y como la velocidad radial v es muy inferior a la velocidad tangencial u , la $\frac{\partial v}{\partial y}$ será

muy cercana a cero y $\frac{\partial u}{\partial t}$ también será muy pequeña por lo tanto las ecuaciones (2.38.1, 2.382) se podrán escribir

$$\frac{du}{dt} = U \frac{\partial u}{\partial x} \quad \frac{dv}{dt} = U \frac{\partial v}{\partial x}$$

así

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{P}{\gamma} \right) = \cos \theta + \frac{u}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{u^2}{gr} \tag{2.41}$$

Integrando la ecuación anterior se plantea finalmente la expresión siguiente para evaluar la presión de fondo, así:

$$hp_f = T \cos \theta + c_o \left(\frac{1+n}{n} \right)^2 \frac{\bar{U}^2}{2g} + \frac{(1+n)^2}{2n+1} \frac{\bar{U}^2}{g} \left\{ \frac{T}{R-T} - \frac{1}{2(1+n)} \left(\frac{T}{R-T} \right)^2 \right\} \tag{2.42}$$

involucrando en su primer término a la presión hidrostática, en el segundo a la turbulencia y en el tercero el efecto de la curvatura.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este capítulo se presenta una comparación entre los valores calculados de la presión con los métodos descritos en el cap 2 y los obtenidos en el laboratorio; donde se usaron dos modelos que ayudan a medir la presión a lo largo de la curva vertical que tiene cada uno de ellos.

Estos dispositivos tienen las siguientes características, se inician con un cimacio que se hace tangente con una rama recta, con ángulo de inclinación de 45 y 60° respectivamente hasta el inicio del codo, con radios de 20 y 1.17 m, éste último está seguido por una rama con pendiente cero que descarga dentro de un tranquilizador, enseguida está colocado un tanque que alimenta al aforador, donde se miden los gastos. La entrada al cimacio está provista de una transición y de una pila delgada colocada al centro del canal que distribuye uniformemente el gasto, ver fig 15 .

El canal utilizado es de sección rectangular y con ancho de plantilla constante a todo lo largo a partir de la terminación de la pila.

Para agilizar los cálculos, dado que se hicieron mediciones para cuatro diferentes gastos en cada modelo, se elaboró un programa de computadora para cada uno de los criterios propuestos.

Los resultados que se obtuvieron se presentan en las tablas 3.1 a 3.40, en cada una de ellas se citan las características bajo las que fueron generadas.

Para analizar los valores, tanto calculados como medidos, ellos se presentan en las figs 3.41a 3.48 con base en ellas se observa para cada método lo siguiente:

Curva vertical con $R = 2.0m$ y deflexión de 45°

a) Método de A. Balloffet (ref 1)

Para los gastos más grandes (78 y 60 lps) en la parte terminal del codo este método se ve escaso, es decir los valores obtenidos teóricamente son menores a los obtenidos experimentalmente, sin embargo, para los gastos menores (42 y 33 lps) los resultados teóricos y experimentales son prácticamente iguales.

b) Método del Cuerpo de ingenieros (ref 2)

Para todos los gastos (78, 60, 42 y 33 lps) los resultados obtenidos teóricamente son menores a los experimentales en la parte media y terminal del codo y son mayores al inicio del mismo.

c) Método de F.M. Henderson (ref 5) y J.H. Douma (ref 3)

Para los gastos ensayados estos criterios arrojan prácticamente los mismos resultados y su comportamiento es en general muy apegado a los obtenidos de manera experimental.

d) Método de J.L. Sánchez (ref 6)

El comportamiento de este criterio "representa" la configuración del perfil de presiones experimental, es decir sus fluctuaciones a lo largo de la curva, sin embargo, para todos los casos se ve sobrado pues los valores teóricos están muy por en cima de los experimentales acentuándose principalmente hacia la parte inicial del codo.

Curva vertical con $R = 1.171m$ y deflexión 60°

a) Método de A. Balloffet (ref 1)

En todos los gastos ensayados (74, 58, 50 y 32 lps) este método presenta la tendencia a mantenerse por arriba de los valores medidos, sin embargo, en los tres primeros gastos hacia la parte terminal del codo la presión permanece constante y no representa las fluctuaciones que se observan experimentalmente y es en el gasto más pequeño donde se parecen más los resultados teóricos y experimentales en la zona mencionada.

b) Método del Cuerpo de ingenieros (ref 2)

Este método representa en forma aproximada las fluctuaciones de presión hacia la parte terminal del codo, sin embargo, en la parte media y superior los resultados son mayores a los medidos, esta tendencia se observa más claramente para el gasto pequeño.

c) Método de F.M. Henderson (ref 5) y J.H. Douma (ref 3)

Estos métodos se comportan de manera muy semejante entre sí y siguen un comportamiento un tanto sobrado en todos los casos, y sólo en la parte inicial del codo es donde los valores son similares a los experimentales.

d) Método de J.L. Sánchez (ref 6)

Para todos los gastos los resultados que se obtienen están por arriba de los experimentales, sin embargo, se nota una clara tendencia a tener resultados semejantes entre sí para los casos en que los gastos son 50 y 32 lps.

4. CONCLUSIONES

Con base a lo mencionado en el Cap. 3 se destacan los comentarios siguientes:

- De los métodos expuestos para el cálculo de presiones en curvas verticales de obras de excedencias los de Henderson (ref 5) y Douma (ref 3) son los que dan resultados similares a los obtenidos experimentalmente.
- Todos los autores están de acuerdo en que la presencia de la curva vertical influye en las presiones y el efecto de la presión producida por la fuerza centrífuga se hace presente a lo largo de ella.
- Del análisis de las figs 3.41 a 3.48 se ve una clara tendencia de que el problema se acentúa hacia la parte final de la curva y se ha observado que las presas que han tenido problemas por cavitación es precisamente esa zona la más afectada.
- Aún cuando se ha visto que si es de importancia tomar en cuenta a la presión producida por la fuerza centrífuga no se ha logrado dar normas de diseño que eliminen el problema y todavía se estan haciendo estudios para poder definir si es adecuado el hecho de utilizar el túnel de desvío, hacer un vertedor con curva vertical y reparar cada vez que sea necesario ó hacer vertedores sin curva vertical que representa mayor costo y la inutilidad del tunel de desvío.

REFERENCIAS

1. Balloffet, A., "Pressures on spillway flip buckets",
Hydraulics Division ASCE, vol 87 pp 87-99, 1961
2. Corps of Engineers, "Hydraulics Design Criteria", (Sec-
tion 100 Spillways HDC 112-7), U.S.A. 1977
3. Douma, J. H., "Design of side walls in chutes and spill-
ways", discussion of paper by D.B. Gumensky, Transactions
ASCE, vol 119 pp 364-367, 1954
4. Gumensky, D.B. "Designs of side walls in chutes and
spillways", Transactions ASCE, vol 119 pp 355-361, 1954
5. Henderson, F. M., "Open Channel Flow", The MacMillan Co,
pp 189 - 191, New York 1966
6. Sánchez Bribiesca, J.L. y Franco V., "Consideraciones
sobre el funcionamiento hidraulico de codos verticales
en obras de excedencia (informe preliminar)", Informe
interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, abril 1985

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FIGURAS Y TABLAS

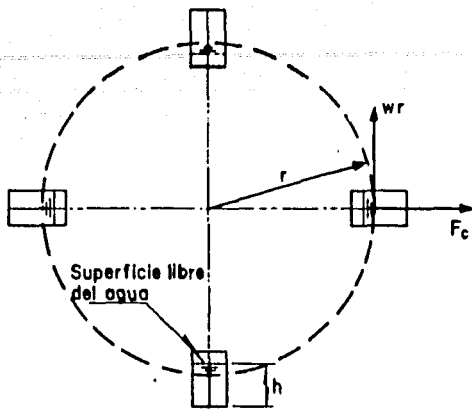


Fig 1 Fuerza centrífuga en una cubeta en rotación

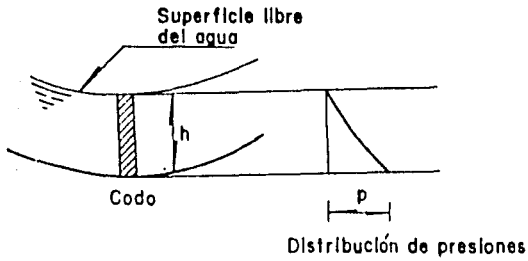


Fig 2 Presión del agua en una curva vertical

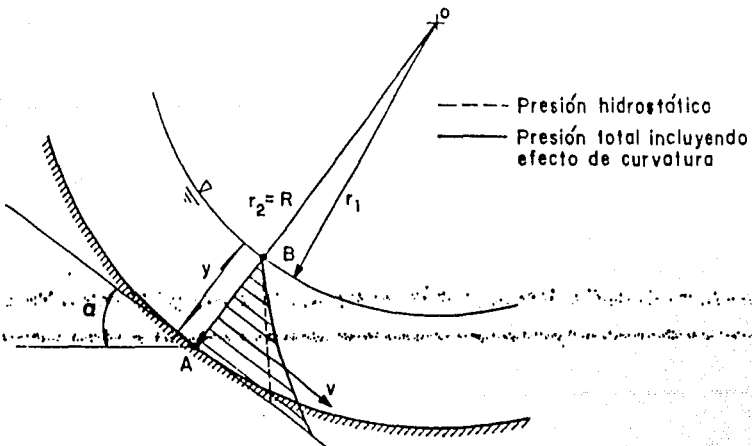


Fig 3

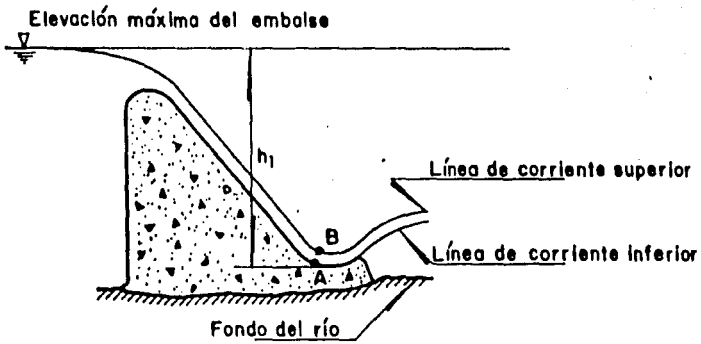


Fig 4 Flujo

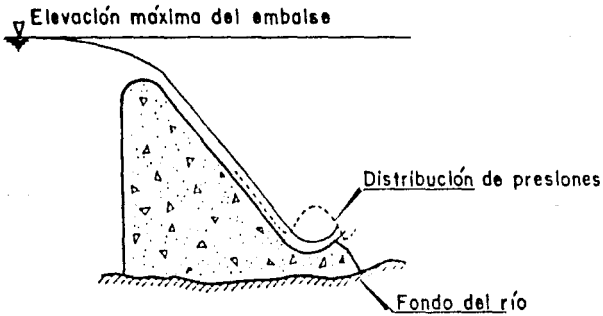


Fig 5 Presión

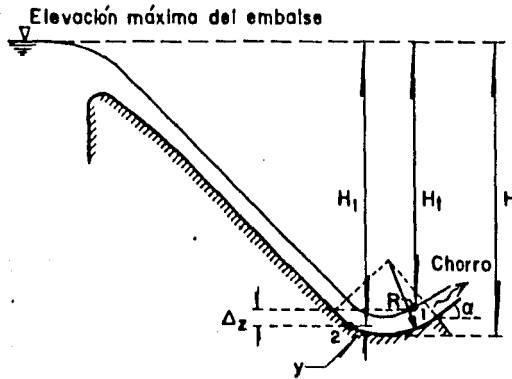


Fig 6

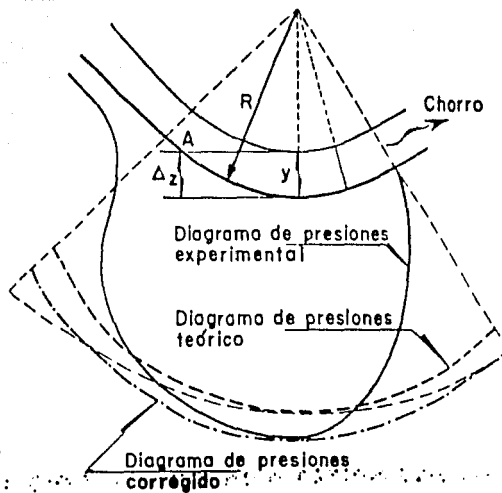


Fig 7

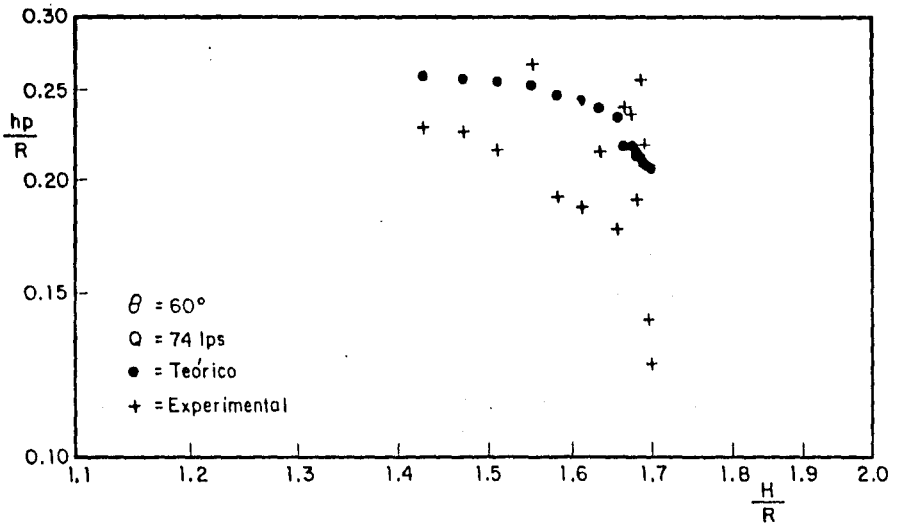
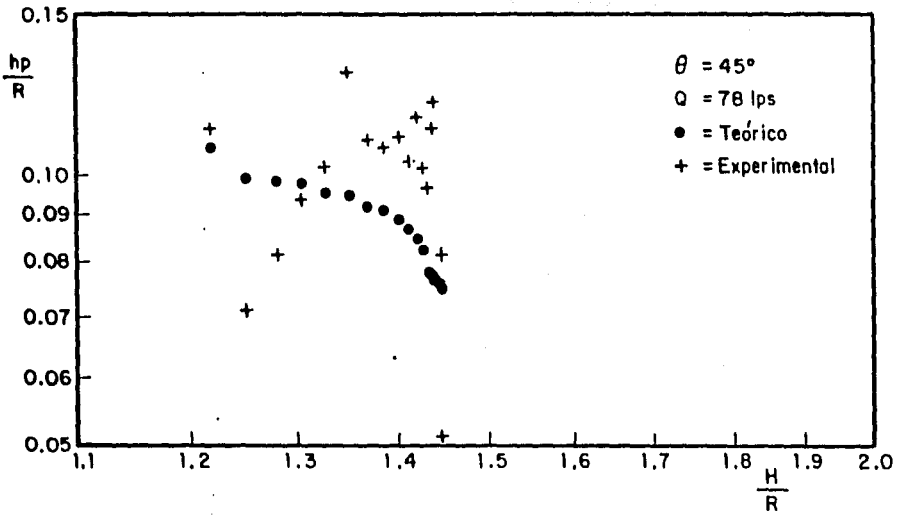


Fig 7a

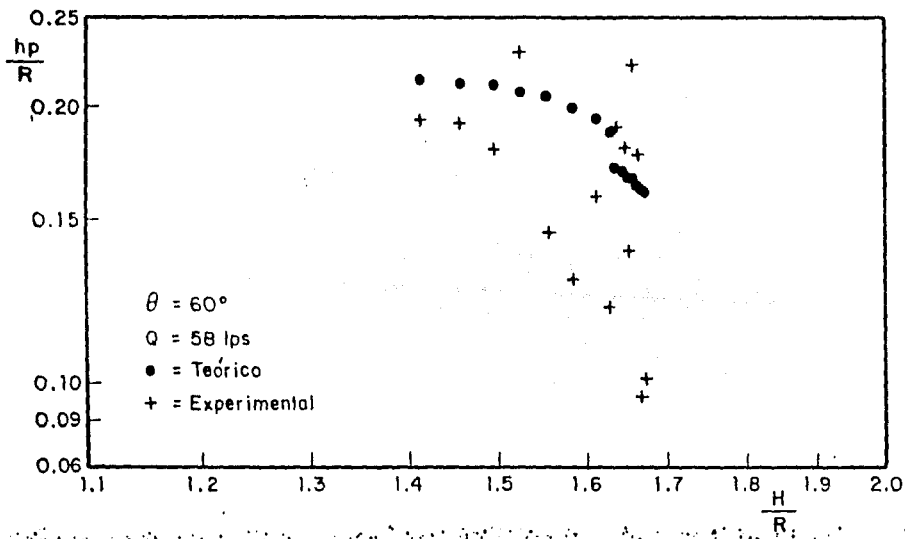
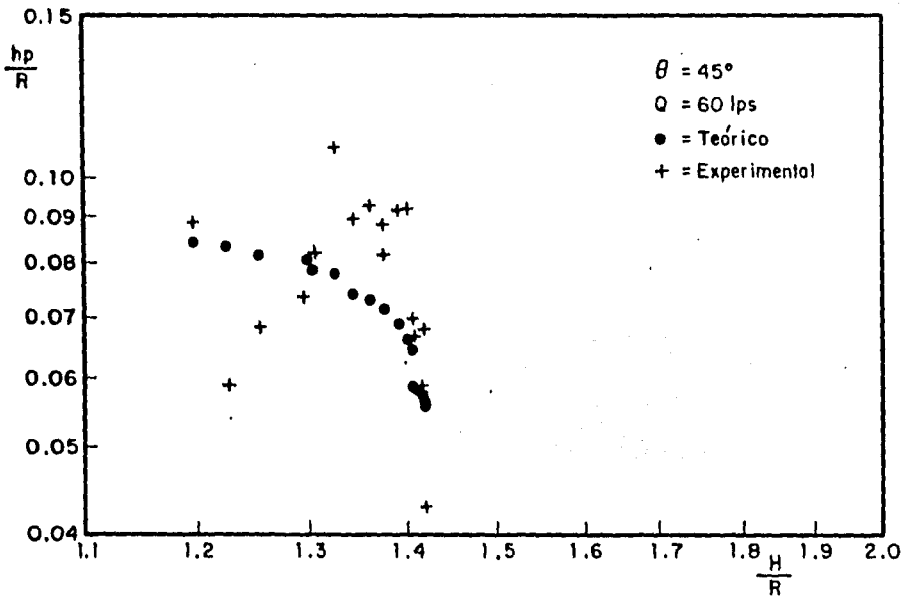


Fig 7b

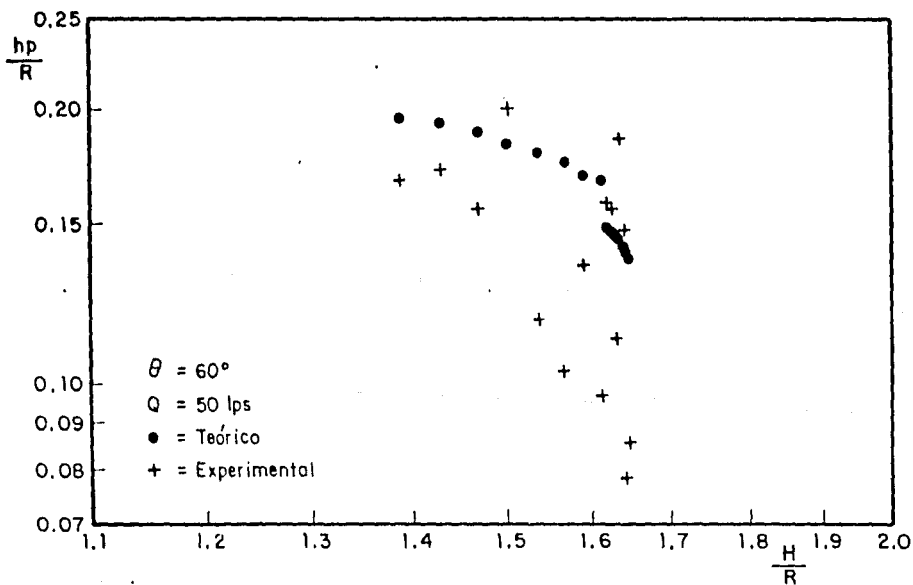
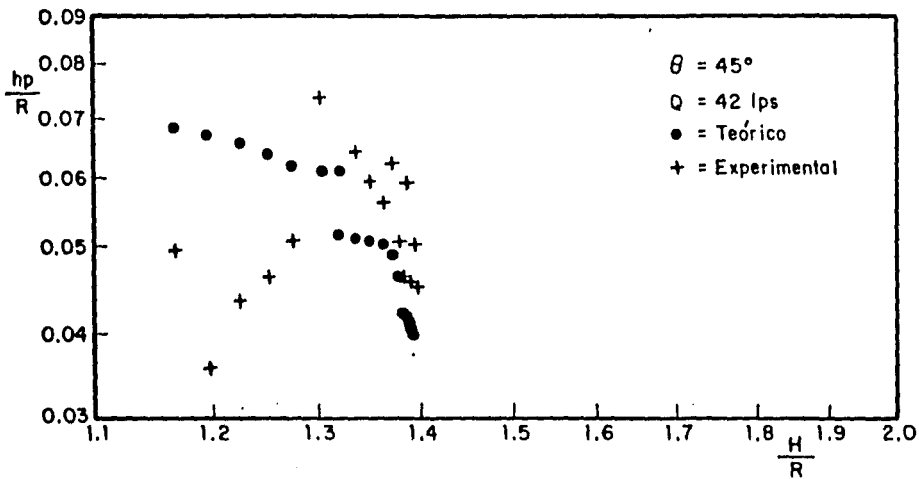


Fig. 7c.

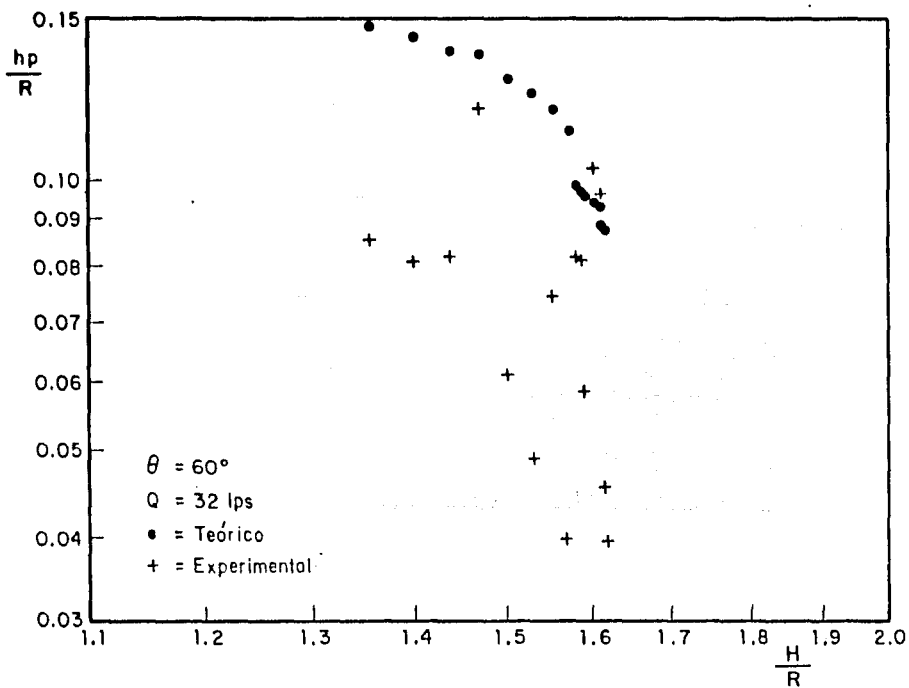
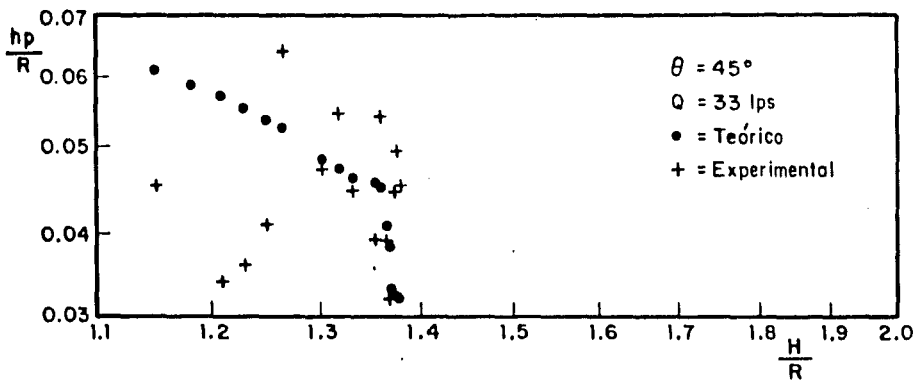
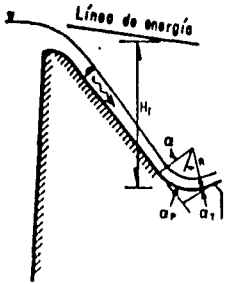
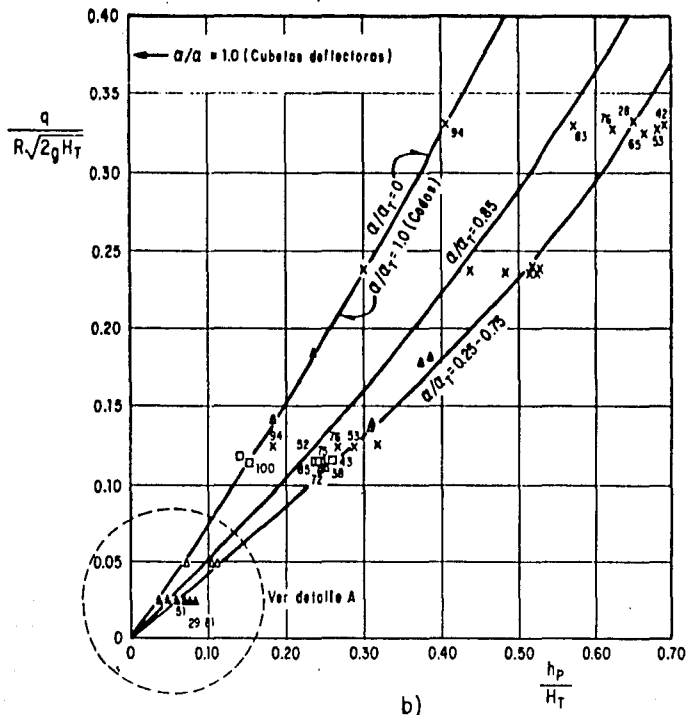


Fig 7d

- ▲ Pine flat (Modelo)
- × Hartwell (Modelo)
- ▲ Pine flat (Prototipo)
- ES 801 ((Codo))



a)



b)

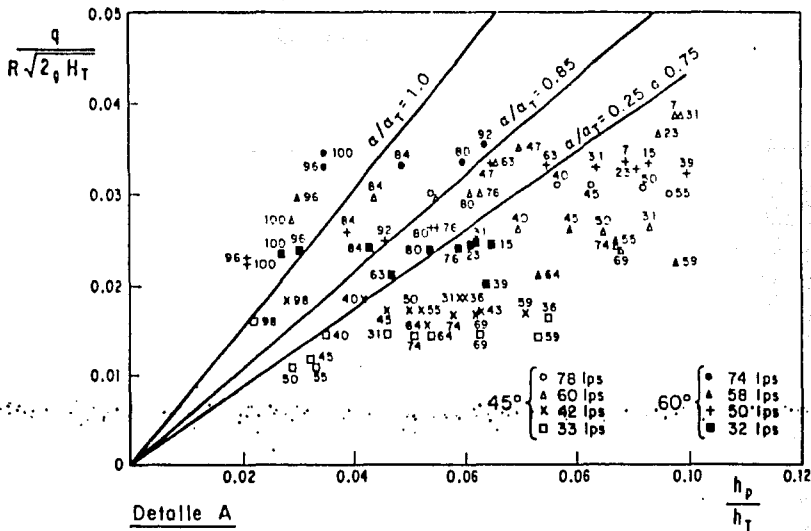


Fig 8

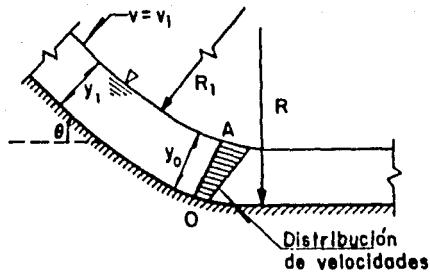
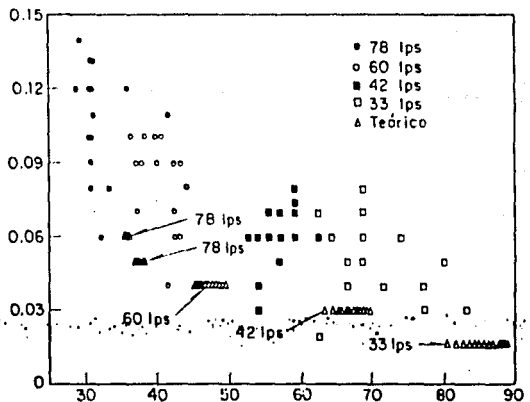
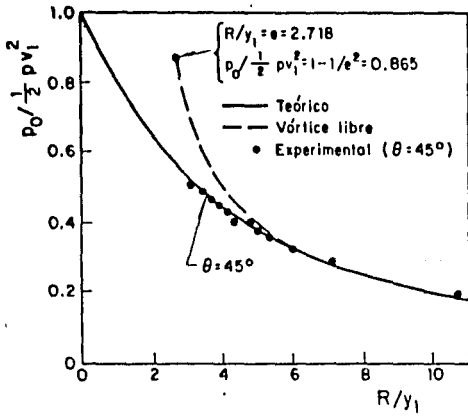


Fig 9 Codo



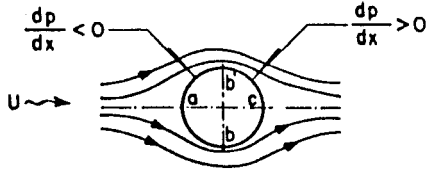


Fig 11

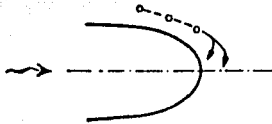


Fig 12

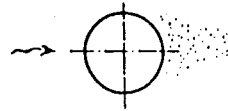


Fig 12a

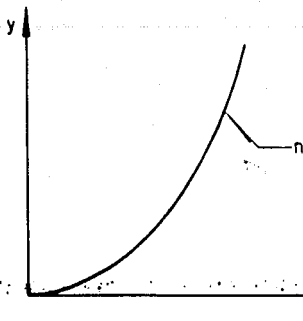


Fig 13 Distribución de velocidades

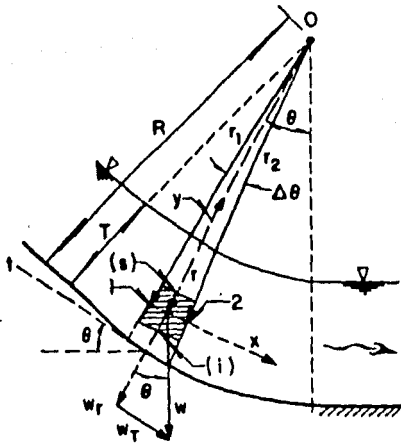


Fig 14

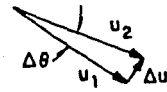


Fig 14a

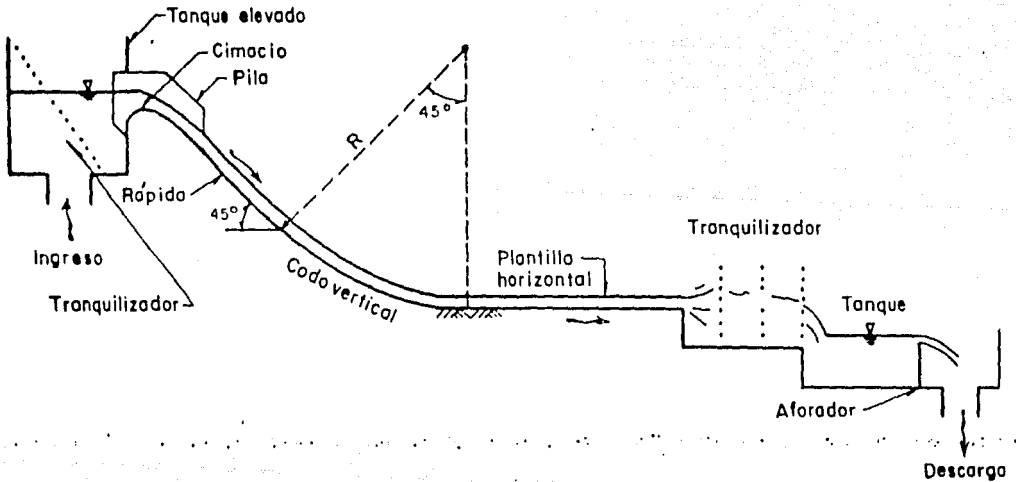


Fig 15

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0330	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1650	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Hl [m]	Z [m]	Vl [m/s]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	2.2418	.0000	6.6321	.0250	
2	38.675	2.3062	.0644	6.7266	.0247	.1209
3	35.810	2.3667	.0605	6.8143	.0243	.1176
4	32.945	2.4232	.0565	6.8952	.0241	.1145
5	30.080	2.4755	.0523	6.9692	.0239	.1111
6	27.215	2.5234	.0479	7.0363	.0235	.1069
7	24.351	2.5688	.0454	7.0993	.0233	.1050
8	21.486	2.6058	.0370	7.1502	.0232	.0970
9	18.621	2.6401	.0343	7.1971	.0230	.0946
10	15.756	2.6697	.0296	7.2374	.0230	.0906
11	12.890	2.6944	.0247	7.2708	.0228	.0857
12	10.027	2.7143	.0199	7.2976	.0228	.0814
13	7.162	2.7292	.0149	7.3176	.0226	.0762
14	5.730	2.7348	.0056	7.3251	.0226	.0670
15	4.297	2.7392	.0044	7.3310	.0226	.0659
16	2.865	2.7423	.0031	7.3351	.0226	.0647
17	1.432	2.7442	.0019	7.3377	.0226	.0636
18	.000	2.7448	.0006	7.3385	.0226	.0623

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

I	Gasto.....	.0330	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1650	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	u/ct	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/R/2GHT	Hp/HT
1	41.539	.3877	.0300	5.500	.0750	1.6168	.0146	.046
2	38.675	.3554	.0340	4.053	.0975	1.2979	.0163	.075
3	35.810	.4032	.0300	5.500	.0560	1.5970	.0197	.035
4	32.945	.4509	.0260	6.346	.0675	2.1202	.0120	.032
5	30.080	.4987	.0240	6.075	.0715	2.4406	.0110	.029
6	27.215	.5464	.0240	6.075	.0815	2.4906	.0110	.033
7	24.351	.5942	.0290	5.690	.1290	1.7790	.0140	.073
8	21.486	.6419	.0290	5.690	.0950	1.7450	.0141	.054
9	18.621	.6896	.0290	5.690	.1100	1.7600	.0140	.063
10	15.756	.7374	.0290	5.690	.0895	1.7395	.0141	.051
11	12.892	.7851	.0280	5.093	.0705	1.8404	.0137	.042
12	10.027	.8329	.0270	6.111	.1090	2.0124	.0131	.054
13	7.162	.8806	.0260	6.346	.0705	2.1312	.0120	.037
14	5.730	.9045	.0250	6.600	.0650	2.2052	.0123	.020
15	4.297	.9284	.0290	5.690	.0890	1.7390	.0141	.051
16	2.865	.9523	.0320	5.156	.0995	1.4546	.0154	.058
17	1.432	.9761	.0320	5.156	.0305	1.3056	.0150	.022
18	.000	1.0000	.0310	5.323	.0920	1.5359	.0150	.060

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE POLINA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0330	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1650	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo....	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	HI [m]	RI [m]	Y [m]	HP [m]
1	41.539	.5030	2.2418	1.97492	.0251	.0641
2	38.675	.4386	2.3062	1.97516	.0248	.0661
3	35.810	.3781	2.3667	1.97551	.0245	.0806
4	32.945	.3216	2.4232	1.97587	.0241	.0682
5	30.080	.2693	2.4755	1.97611	.0239	.0728
6	27.215	.2214	2.5234	1.97635	.0236	.0715
7	24.351	.1760	2.5688	1.97647	.0235	.0918
8	21.486	.1390	2.6058	1.97671	.0233	.0773
9	18.621	.1047	2.6401	1.97683	.0232	.0853
10	15.756	.0751	2.6697	1.97695	.0231	.0882
11	12.892	.0504	2.6944	1.97707	.0229	.0857
12	10.027	.0305	2.7143	1.97719	.0228	.0780
13	7.162	.0156	2.7292	1.97719	.0228	.0929
14	5.730	.0100	2.7348	1.97731	.0227	.0704
15	4.297	.0056	2.7392	1.97731	.0227	.0748
16	2.865	.0025	2.7423	1.97731	.0227	.0779
17	1.432	.0006	2.7442	1.97731	.0227	.0798
18	.000	.0000	2.7448	1.97731	.0227	.0804

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0330	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1650	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo....	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	YI [m]	VI [m/s]	RI [m]	PO [m]	HP [m]
1	41.539	2.2418	.0249	6.6321	1.97492	.0559	.0745
2	38.675	2.3062	.0245	6.7266	1.97539	.0584	.0756
3	35.810	2.3667	.0242	6.8143	1.97570	.0572	.0768
4	32.945	2.4232	.0239	6.8952	1.97586	.0581	.0782
5	30.080	2.4755	.0237	6.9692	1.97617	.0586	.0791
6	27.215	2.5234	.0234	7.0363	1.97648	.0590	.0798
7	24.351	2.5688	.0232	7.0993	1.97664	.0597	.0808
8	21.486	2.6058	.0231	7.1502	1.97680	.0601	.0816
9	18.621	2.6401	.0229	7.1971	1.97695	.0605	.0822
10	15.756	2.6697	.0228	7.2374	1.97711	.0608	.0827
11	12.892	2.6944	.0227	7.2708	1.97711	.0613	.0834
12	10.027	2.7143	.0226	7.2976	1.97727	.0614	.0835
13	7.162	2.7292	.0225	7.3176	1.97727	.0617	.0841
14	5.730	2.7348	.0225	7.3251	1.97742	.0614	.0838
15	4.297	2.7392	.0225	7.3310	1.97742	.0615	.0839
16	2.865	2.7423	.0225	7.3351	1.97742	.0616	.0840
17	1.432	2.7442	.0225	7.3377	1.97742	.0616	.0841
18	.000	2.7448	.0225	7.3385	1.97742	.0616	.0841

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0330	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.0600	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.5500	[m ³ /s/m]
Mm	Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

EST	THETA	Y	A1	ALPHA	Z	LC	V	HPF	SIGMA	VC	TAU(P)	P	P1
	[Deg]	[m]	[]	[]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[]	[m/s]	[]	[]	[]
1	45.0000	.030	.05		3.586								
2	41.5336	.034	.05	1.086	.503	.121	18.234	.656	.634	23.309	1.178	.121	.879
3	38.6688	.010	1.00	1.008	.438	.100	16.896	.483	.727	22.202	1.231	.111	.889
4	35.8040	.011	1.00	1.010	.378	.100	14.566	.335	.964	20.413	1.357	.088	.912
5	32.9392	.013	1.00	1.012	.322	.100	12.800	.250	1.238	19.150	1.474	.071	.929
6	30.0744	.014	1.00	1.010	.269	.100	11.416	.234	1.554	18.245	1.585	.056	.944
7	27.2097	.016	1.00	1.008	.221	.100	10.404	.228	1.870	17.626	1.676	.046	.954
8	24.3449	.017	1.00	1.010	.178	.100	9.557	.184	2.207	17.114	1.754	.039	.961
9	21.4801	.019	1.00	1.012	.139	.100	8.837	.155	2.574	16.706	1.826	.033	.967
10	18.6153	.020	1.00	1.010	.105	.100	8.218	.153	2.976	16.386	1.896	.028	.972
11	15.7505	.021	1.00	1.008	.075	.100	7.680	.155	3.408	16.124	1.960	.024	.976
12	12.8857	.023	1.00	1.010	.050	.100	7.258	.134	3.868	15.914	2.009	.021	.979
13	10.0209	.024	1.00	1.012	.031	.100	6.879	.120	4.233	15.737	2.056	.019	.981
14	7.1561	.025	1.00	1.010	.016	.100	6.498	.121	4.744	15.574	2.106	.017	.983
15	5.7237	.026	1.00	1.008	.010	.050	6.342	.127	4.983	15.514	2.128	.016	.984
16	4.2913	.027	1.00	1.010	.006	.050	6.194	.116	5.220	15.447	2.147	.015	.985
17	2.8589	.027	1.00	1.012	.002	.050	6.041	.108	5.483	15.381	2.168	.015	.985

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0420	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2100	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	Z [m]	V1 [m/s]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	2.2732	.0000	6.6783	.0317	
2	38.675	2.3376	.0694	6.7123	.0313	.1370
3	35.810	2.3981	.0605	6.8598	.0306	.1338
4	32.945	2.4546	.0565	6.9397	.0304	.1306
5	30.080	2.5069	.0523	7.0132	.0302	.1274
6	27.215	2.5548	.0479	7.0799	.0299	.1238
7	24.351	2.6002	.0454	7.1425	.0296	.1217
8	21.486	2.6372	.0370	7.1932	.0294	.1191
9	18.621	2.6715	.0343	7.2398	.0292	.1117
10	15.756	2.7011	.0296	7.2798	.0291	.1075
11	12.890	2.7258	.0247	7.3130	.0289	.1030
12	10.027	2.7457	.0199	7.3397	.0288	.0984
13	7.162	2.7606	.0149	7.3595	.0287	.0935
14	5.730	2.7662	.0056	7.3670	.0287	.0844
15	4.297	2.7706	.0044	7.3729	.0287	.0833
16	2.865	2.7737	.0031	7.3770	.0287	.0821
17	1.432	2.7756	.0019	7.3795	.0287	.0810
18	.000	2.7762	.0006	7.3803	.0287	.0797

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0420	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2100	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	45	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	α/dt	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/R/2gHT	Hp/HT
1	41.539	.3077	.0300	5.526	.0900	1.6546	.0184	.059
2	38.675	.3554	.0300	5.526	.0905	1.6551	.0184	.060
3	35.810	.4032	.0370	5.676	.0715	1.7134	.0181	.042
4	32.945	.4509	.0350	6.000	.0875	1.9224	.0171	.046
5	30.080	.4987	.0350	6.000	.0975	1.9324	.0171	.050
6	27.215	.5464	.0350	6.000	.1010	1.9359	.0170	.052
7	24.351	.5942	.0340	6.176	.1175	2.0919	.0164	.071
8	21.486	.6419	.0320	6.562	.1225	2.3175	.0156	.053
9	18.621	.6896	.0340	6.176	.1275	2.0719	.0165	.062
10	15.756	.7374	.0340	6.176	.1195	2.0639	.0165	.050
11	12.892	.7851	.0350	6.000	.1130	1.9479	.0170	.050
12	10.027	.8329	.0350	6.000	.1250	1.9599	.0169	.064
13	7.162	.8806	.0360	5.833	.1010	1.8353	.0175	.055
14	5.730	.9045	.0370	5.676	.0925	1.7344	.0180	.053
15	4.297	.9284	.0360	5.833	.1105	1.8520	.0174	.064
16	2.865	.9523	.0350	6.000	.0920	1.9269	.0171	.040
17	1.432	.9761	.0370	5.676	.0445	1.6804	.0182	.020
18	.000	1.0000	.0370	5.676	.1010	1.7429	.0180	.050

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DUMA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0420	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2100	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	H1 [m]	R1 [m]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	.5030	2.2732	1.96810	.0319	.1000
2	38.675	.4386	2.3376	1.96858	.0314	.0972
3	35.810	.3781	2.3981	1.96893	.0311	.1052
4	32.945	.3216	2.4546	1.96929	.0307	.1074
5	30.080	.2693	2.5069	1.96965	.0303	.1033
6	27.215	.2214	2.5548	1.97001	.0300	.0930
7	24.351	.1760	2.6002	1.97025	.0297	.0983
8	21.486	.1390	2.6372	1.97049	.0295	.0943
9	18.621	.1047	2.6715	1.97061	.0294	.1077
10	15.756	.0751	2.7011	1.97073	.0293	.1161
11	12.892	.0504	2.7258	1.97097	.0290	.0977
12	10.027	.0305	2.7457	1.97097	.0290	.1176
13	7.162	.0156	2.7606	1.97109	.0289	.1105
14	5.730	.0100	2.7662	1.97109	.0289	.1161
15	4.297	.0056	2.7706	1.97121	.0288	.0983
16	2.865	.0025	2.7737	1.97121	.0288	.1014
17	1.432	.0006	2.7756	1.97121	.0288	.1033
18	.000	.0000	2.7762	1.97121	.0288	.1039

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0420	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2100	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	T1 [m]	V1 [m/s]	R1 [m]	PO [m]	HP [m]
1	41.539	2.2732	.0314	6.6783	1.96834	.0714	.0949
2	38.675	2.3376	.0310	6.7723	1.96872	.0726	.0968
3	35.810	2.3981	.0306	6.8594	1.96909	.0735	.0984
4	32.945	2.4546	.0303	6.9397	1.96947	.0744	.0998
5	30.080	2.5069	.0299	7.0132	1.96984	.0750	.1009
6	27.215	2.5548	.0297	7.0799	1.97003	.0760	.1024
7	24.351	2.6002	.0294	7.1425	1.97041	.0764	.1032
8	21.486	2.6372	.0292	7.1932	1.97059	.0770	.1041
9	18.621	2.6715	.0290	7.2398	1.97078	.0775	.1050
10	15.756	2.7011	.0288	7.2798	1.97097	.0778	.1056
11	12.892	2.7258	.0287	7.3130	1.97116	.0781	.1060
12	10.027	2.7457	.0286	7.3397	1.97116	.0786	.1068
13	7.162	2.7606	.0285	7.3595	1.97134	.0785	.1069
14	5.730	2.7662	.0285	7.3670	1.97134	.0787	.1071
15	4.297	2.7706	.0285	7.3729	1.97134	.0788	.1072
16	2.865	2.7737	.0285	7.3770	1.97134	.0789	.1073
17	1.432	2.7756	.0285	7.3795	1.97134	.0790	.1074
18	.000	2.7762	.0285	7.3803	1.97134	.0790	.1074

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0420	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.0600	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.7000	[m ³ /s/m]
Mn	Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

EST	THETA	Y	AI	ALPHA	Z	LC	V	HPP	SIGMA	VC	TAD(P)	P	PI
	[Deg]	[m]	[]	[]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[]	[m/s]	[]	[]	[]
1	45.0000	.038	.05		3.586								
2	41.5336	.042	.05	1.006	.503	.121	16.470	.835	.628	23.569	1.183	.120	.680
3	38.6688	.012	1.00	1.008	.438	.100	17.569	.558	.677	22.750	1.203	.116	.884
4	35.8040	.014	1.00	1.010	.378	.100	15.538	.409	.853	21.152	1.303	.098	.902
5	32.9392	.015	1.00	1.012	.322	.100	13.927	.318	1.053	19.954	1.399	.082	.918
6	30.0744	.016	1.00	1.010	.269	.100	12.739	.307	1.257	19.138	1.485	.069	.931
7	27.2097	.018	1.00	1.008	.221	.100	11.738	.303	1.480	18.485	1.566	.059	.941
8	24.3449	.019	1.00	1.010	.178	.100	10.883	.288	1.713	17.924	1.634	.051	.949
9	21.4801	.021	1.00	1.012	.139	.100	10.143	.211	1.964	17.464	1.699	.044	.956
10	18.6153	.022	1.00	1.010	.105	.100	9.498	.210	2.240	17.097	1.763	.038	.962
11	15.7505	.024	1.00	1.008	.075	.100	8.930	.212	2.535	16.789	1.824	.033	.967
12	12.8857	.025	1.00	1.010	.050	.100	8.479	.184	2.804	16.537	1.870	.030	.970
13	10.0209	.026	1.00	1.012	.031	.100	8.024	.164	3.125	16.296	1.920	.026	.974
14	7.1561	.028	1.00	1.010	.016	.100	7.615	.165	3.470	16.099	1.969	.023	.977
15	5.7237	.028	1.00	1.008	.010	.050	7.405	.172	3.672	16.006	1.996	.022	.978
16	4.2913	.029	1.00	1.010	.006	.050	7.245	.157	3.830	15.923	2.014	.021	.979
17	2.8589	.030	1.00	1.012	.002	.050	7.092	.147	3.993	15.847	2.032	.020	.980

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOPFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0600	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3000	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	Z [m]	V1 [m/s]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	2.3282	.0000	6.7586	.0449	
2	38.675	2.3926	.0644	6.8515	.0443	.1692
3	35.810	2.4531	.0605	6.9376	.0437	.1665
4	32.945	2.5096	.0565	7.0170	.0432	.1638
5	30.080	2.5619	.0523	7.0897	.0427	.1606
6	27.215	2.6098	.0479	7.1557	.0424	.1574
7	24.351	2.6552	.0434	7.2177	.0420	.1556
8	21.486	2.6922	.0370	7.2678	.0416	.1479
9	18.621	2.7265	.0343	7.3140	.0415	.1462
10	15.756	2.7561	.0296	7.3535	.0412	.1419
11	12.890	2.7808	.0247	7.3864	.0410	.1376
12	10.027	2.8007	.0199	7.4128	.0409	.1332
13	7.162	2.8156	.0149	7.4325	.0409	.1288
14	5.730	2.8212	.0056	7.4399	.0407	.1193
15	4.297	2.8256	.0044	7.4457	.0407	.1182
16	2.865	2.8287	.0031	7.4498	.0407	.1111
17	1.432	2.8306	.0019	7.4523	.0407	.1159
18	.000	2.8312	.0006	7.4531	.0407	.1147

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUENPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto .....	.0600	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla .....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario .....	.3000	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	45	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	α/αt	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/R/2GT [m]	Hp/HT
1	41.539	.3077	.0550	5.455	.1560	1.6724	.0262	.093
2	38.675	.3554	.0560	5.357	.1770	1.6397	.0264	.100
3	35.810	.4032	.0540	5.556	.1175	1.6906	.0260	.070
4	32.945	.4509	.0540	5.556	.1355	1.7086	.0259	.079
5	30.080	.4987	.0530	5.660	.1475	1.7005	.0254	.083
6	27.215	.5464	.0520	5.769	.1625	1.8509	.0240	.087
7	24.351	.5942	.0480	6.250	.2165	2.2075	.0220	.090
8	21.486	.6419	.0450	6.667	.1705	2.4430	.0217	.073
9	18.621	.6896	.0490	6.122	.1840	2.0945	.0234	.088
10	15.756	.7374	.0500	6.000	.1755	2.0104	.0239	.087
11	12.892	.7851	.0500	6.000	.1625	1.9974	.0240	.081
12	10.027	.8329	.0470	6.303	.1810	2.2576	.0225	.080
13	7.162	.8806	.0460	6.522	.1580	2.3250	.0222	.068
14	5.730	.9045	.0470	6.303	.1305	2.2151	.0228	.063
15	4.297	.9284	.0470	6.303	.1045	2.2611	.0225	.082
16	2.865	.9523	.0470	6.303	.1330	2.2896	.0220	.050
17	1.432	.9761	.0480	6.250	.0860	2.0770	.0235	.041
18	.000	1.0000	.0460	6.522	.1360	2.3030	.0223	.059

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DONNA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0600	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3000	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	HI [m]	RI [m]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	.5030	2.3282	1.95442	.0452	.1318
2	38.675	.4386	2.3926	1.95542	.0446	.1362
3	35.810	.3781	2.4531	1.95589	.0441	.1469
4	32.945	.3216	2.5096	1.95649	.0435	.1388
5	30.080	.2693	2.5619	1.95685	.0431	.1511
6	27.215	.2214	2.6098	1.95733	.0427	.1440
7	24.351	.1760	2.6552	1.95769	.0423	.1469
8	21.486	.1390	2.6922	1.95793	.0421	.1550
9	18.621	.1047	2.7265	1.95829	.0417	.1450
10	15.756	.0751	2.7561	1.95853	.0415	.1444
11	12.892	.0504	2.7808	1.95865	.0414	.1538
12	10.027	.0305	2.8007	1.95877	.0412	.1583
13	7.162	.0156	2.8156	1.95889	.0411	.1576
14	5.730	.0100	2.8212	1.95901	.0410	.1475
15	4.297	.0056	2.8256	1.95901	.0410	.1519
16	2.865	.0025	2.8287	1.95901	.0410	.1550
17	1.432	.0006	2.8306	1.95901	.0410	.1569
18	.000	.0000	2.8312	1.95901	.0410	.1575

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0600	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3000	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	YI [m]	VI [m/s]	RI [m]	PO [m]	HP [m]
1	41.539	2.3282	.0444	6.7586	1.95508	.1034	.1386
2	38.675	2.3926	.0438	6.8515	1.95570	.1045	.1390
3	35.810	2.4531	.0432	6.9376	1.95633	.1060	.1410
4	32.945	2.5096	.0428	7.0170	1.95680	.1073	.1431
5	30.080	2.5619	.0423	7.0897	1.95727	.1083	.1449
6	27.215	2.6098	.0419	7.1557	1.95758	.1095	.1468
7	24.351	2.6552	.0416	7.2177	1.95805	.1102	.1481
8	21.486	2.6922	.0413	7.2678	1.95836	.1109	.1493
9	18.621	2.7265	.0410	7.3140	1.95852	.1119	.1508
10	15.756	2.7561	.0408	7.3535	1.95883	.1123	.1516
11	12.892	2.7808	.0406	7.3864	1.95898	.1129	.1525
12	10.027	2.8007	.0405	7.4128	1.95914	.1133	.1531
13	7.162	2.8156	.0404	7.4325	1.95914	.1139	.1539
14	5.730	2.8212	.0403	7.4399	1.95930	.1137	.1538
15	4.297	2.8256	.0403	7.4457	1.95930	.1138	.1540
16	2.865	2.8287	.0403	7.4498	1.95930	.1140	.1542
17	1.432	2.8300	.0405	6.1854	1.95886	.0946	.1431
18	.000	2.8312	.0403	7.4531	1.95930	.1141	.1543

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q Gasto.....	.0600	[m ³ /s]
R Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP Ancho de plantilla.....	.0600	[m]
G Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q Gasto unitario.....	1.0000	[m ³ /s/m]
Mn Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T Deflexion total del codo...	45	[Deg]

BST	THSTA	T	A1	ALPHA	Z	LC	V	HPP	SIGMA	YC	TAU(P)	P	P1
	[Deg]	[m]	[]	[]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[]	[m/s]	[]	[]	[]
1	45.0000	.055	.05		3.586								
2	41.5336	.060	.05	1.086	.503	.121	18.494	1.181	.647	23.731	1.215	.114	.886
3	38.6688	.017	1.00	1.008	.438	.100	18.028	.669	.649	23.154	1.190	.119	.881
4	35.8040	.018	1.00	1.010	.378	.100	16.623	.535	.754	22.018	1.252	.107	.893
5	32.9392	.019	1.00	1.012	.322	.100	15.422	.444	.869	21.083	1.314	.096	.904
6	30.0744	.021	1.00	1.010	.269	.100	14.382	.437	.999	20.332	1.381	.085	.915
7	27.2097	.022	1.00	1.008	.221	.100	13.474	.439	1.138	19.701	1.445	.075	.925
8	24.3449	.024	1.00	1.010	.178	.100	12.673	.370	1.278	19.127	1.498	.067	.933
9	21.4801	.025	1.00	1.012	.139	.100	11.963	.322	1.428	18.639	1.549	.061	.939
10	18.6153	.026	1.00	1.010	.105	.100	11.327	.323	1.592	18.237	1.604	.054	.946
11	15.7505	.028	1.00	1.008	.075	.100	10.756	.328	1.767	17.891	1.656	.048	.952
12	12.8857	.029	1.00	1.010	.050	.100	10.295	.289	1.921	17.596	1.694	.044	.956
13	10.0209	.031	1.00	1.012	.031	.100	9.821	.259	2.105	17.306	1.737	.040	.960
14	7.1561	.032	1.00	1.010	.016	.100	9.389	.261	2.304	17.066	1.782	.036	.964
15	5.7237	.033	1.00	1.008	.010	.050	9.165	.272	2.421	16.950	1.807	.034	.966
16	4.2913	.033	1.00	1.010	.006	.050	8.993	.250	2.508	16.844	1.822	.033	.967
17	2.8589	.034	1.00	1.012	.002	.050	8.828	.233	2.599	16.747	1.838	.032	.968

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0780	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	Z [m]	VI [m/s]	Y [m]	Hp [m]
1	41.539	2.3761	.0000	6.8278	.0579	
2	38.675	2.4405	.0644	6.9197	.0572	.2019
3	35.810	2.5010	.0605	7.0050	.0564	.1996
4	32.945	2.5575	.0565	7.0837	.0558	.1973
5	30.080	2.6098	.0523	7.1557	.0553	.1946
6	27.215	2.6577	.0479	7.2211	.0547	.1913
7	24.351	2.7031	.0454	7.2825	.0543	.1903
8	21.486	2.7401	.0370	7.3322	.0540	.1829
9	18.621	2.7744	.0343	7.3779	.0536	.1810
10	15.756	2.8040	.0296	7.4172	.0532	.1768
11	12.890	2.8287	.0247	7.4498	.0530	.1727
12	10.027	2.8486	.0199	7.4759	.0528	.1684
13	7.162	2.8635	.0149	7.4955	.0527	.1637
14	5.730	2.8691	.0056	7.5028	.0527	.1547
15	4.297	2.8735	.0044	7.5045	.0527	.1537
16	2.865	2.8766	.0031	7.5126	.0527	.1526
17	1.432	2.8785	.0019	7.5151	.0527	.1515
18	.000	2.8791	.0006	7.5158	.0527	.1502

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0780	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	45	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	α/ut	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/H/2GMT	Hp/HT
1	41.539	.3077	.0690	5.652	.1975	1.0250	.0326	.100
2	38.675	.3554	.0600	5.735	.2270	1.9035	.0319	.119
3	35.810	.4032	.0650	6.000	.1525	1.9074	.0312	.077
4	32.945	.4509	.0650	6.000	.1665	2.0014	.0311	.083
5	30.080	.4987	.0650	6.000	.1860	2.0209	.0310	.092
6	27.215	.5464	.0640	6.094	.2040	2.0966	.0304	.097
7	24.351	.5942	.0650	6.000	.2605	2.0954	.0304	.124
8	21.486	.6419	.0650	6.000	.2140	2.0449	.0308	.104
9	18.621	.6896	.0640	6.094	.2265	2.1191	.0302	.107
10	15.756	.7374	.0650	6.000	.2220	2.0569	.0307	.100
11	12.890	.7851	.0640	6.094	.2080	2.1006	.0304	.099
12	10.027	.8329	.0640	6.094	.2320	2.1246	.0302	.109
13	7.162	.8806	.0640	6.094	.2030	2.0956	.0304	.097
14	5.730	.9045	.0640	6.094	.1825	2.0751	.0306	.088
15	4.297	.9284	.0650	6.000	.2310	2.0659	.0306	.112
16	2.865	.9523	.0640	6.094	.2445	2.1371	.0301	.114
17	1.432	.9761	.0620	6.290	.1140	2.1307	.0302	.054
18	.000	1.0000	.0600	6.500	.1685	2.3219	.0289	.073

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DOWNA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0780	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0780	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	45	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	H1 [m]	R1 [m]	T [m]	Hp [m]
1	41.539	.5030	2.3761	1.94154	.0585	.1739
2	38.675	.4386	2.4405	1.94226	.0577	.1824
3	35.810	.3781	2.5010	1.94297	.0570	.1889
4	32.945	.3216	2.5575	1.94357	.0564	.1913
5	30.080	.2693	2.6098	1.94417	.0558	.1918
6	27.215	.2214	2.6577	1.94477	.0552	.1863
7	24.351	.1760	2.7031	1.94513	.0549	.1988
8	21.486	.1390	2.7401	1.94561	.0544	.1910
9	18.621	.1047	2.7744	1.94597	.0540	.1900
10	15.756	.0751	2.8040	1.94620	.0538	.1971
11	12.892	.0504	2.8287	1.94644	.0536	.1981
12	10.027	.0305	2.8486	1.94668	.0533	.1940
13	7.162	.0156	2.8635	1.94680	.0532	.1968
14	5.730	.0100	2.8691	1.94680	.0532	.2024
15	4.297	.0056	2.8735	1.94680	.0532	.2068
16	2.865	.0025	2.8766	1.94692	.0531	.1977
17	1.432	.0006	2.8785	1.94692	.0531	.1996
18	.000	.0000	2.8791	1.94692	.0531	.2002

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	T1 [m]	V1 [m/s]	R1 [m]	PO [m]	HP [m]
1	41.539	2.3761	.0571	6.8278	1.94211	.1356	.1783
2	38.675	2.4405	.0564	6.9197	1.94289	.1374	.1814
3	35.810	2.5010	.0557	7.0050	1.94352	.1393	.1844
4	32.945	2.5575	.0551	7.0837	1.94414	.1409	.1871
5	30.080	2.6098	.0545	7.1557	1.94477	.1422	.1893
6	27.215	2.6577	.0540	7.2211	1.94523	.1436	.1916
7	24.351	2.7031	.0536	7.2825	1.94570	.1448	.1936
8	21.486	2.7401	.0532	7.3322	1.94602	.1459	.1954
9	18.621	2.7744	.0529	7.3779	1.94648	.1465	.1966
10	15.756	2.8040	.0526	7.4172	1.94664	.1476	.1982
11	12.892	2.8287	.0524	7.4498	1.94695	.1481	.1991
12	10.027	2.8486	.0522	7.4759	1.94711	.1487	.2000
13	7.162	2.8635	.0520	7.4955	1.94727	.1490	.2006
14	5.730	2.8691	.0520	7.5028	1.94727	.1493	.2010
15	4.297	2.8735	.0519	7.5085	1.94742	.1491	.2009
16	2.865	2.8766	.0519	7.5126	1.94742	.1493	.2011
17	1.432	2.8785	.0519	7.5151	1.94742	.1494	.2012
18	.000	2.8791	.0519	7.5158	1.94742	.1494	.2013

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

HISTOTO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q Gasto.....	.0780	[m ³ /s]
R Radio de curvatura.....	2.0000	[m]
AP Ancho de plantilla.....	.0600	[m]
G Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q Gasto unitario.....	1.3000	[m ³ /s/m]
Nm Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T Deflexion total del codo...	45	[Deg]

EST	THETA	T	AI	ALPHA	Z	LC	V	HPF	SIGMA	YC	TAU(P)	P	P1
	[Deg]	[m]	[]	[]	[m]	[m]	[m/s]	[m]	[]	[m/s]	[]	[]	[]
1	45.0000	.070	.05		3.585								
2	41.5336	.076	.05	1.086	.503	.121	18.924	1.562	.638	24.223	1.230	.111	.889
3	38.6688	.021	1.00	1.008	.438	.100	18.838	.807	.602	23.847	1.162	.124	.876
4	35.8040	.022	1.00	1.010	.378	.100	17.640	.669	.678	22.853	1.210	.115	.885
5	32.9392	.024	1.00	1.012	.322	.100	16.585	.572	.761	22.006	1.258	.106	.894
6	30.0744	.025	1.00	1.010	.269	.100	15.649	.569	.854	21.308	1.313	.096	.904
7	27.2097	.026	1.00	1.008	.221	.100	14.813	.576	.954	20.705	1.367	.087	.913
8	24.3449	.028	1.00	1.010	.178	.100	14.142	.500	1.039	20.193	1.404	.081	.919
9	21.4801	.029	1.00	1.012	.139	.100	13.456	.442	1.141	19.690	1.447	.075	.925
10	18.6153	.030	1.00	1.010	.105	.100	12.833	.444	1.255	19.271	1.494	.068	.932
11	15.7505	.032	1.00	1.008	.075	.100	12.265	.452	1.375	18.902	1.540	.062	.938
12	12.8857	.033	1.00	1.010	.050	.100	11.801	.403	1.478	18.578	1.573	.058	.942
13	10.0209	.034	1.00	1.012	.031	.100	11.320	.364	1.601	18.255	1.609	.053	.947
14	7.1561	.036	1.00	1.010	.016	.100	10.876	.367	1.735	17.985	1.650	.049	.951
15	5.1237	.037	1.00	1.008	.010	.050	10.644	.383	1.814	17.854	1.673	.046	.954
16	4.2913	.037	1.00	1.010	.006	.050	10.465	.352	1.871	17.731	1.686	.045	.955
17	2.8589	.038	1.00	1.012	.002	.050	10.293	.330	1.930	17.618	1.700	.044	.956

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCELENCIAS

METODO DE BALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0320	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1600	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCELENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto .....	.0320	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla .....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario .....	.1600	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	HI [m]	Z [m]	VI [m/s]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	2.2434	.0000	6.6344	.0243	
4	50.739	2.3218	.0784	6.7493	.0240	.1725
5	45.944	2.3956	.0738	6.8556	.0235	.1690
6	41.149	2.4625	.0669	6.9506	.0232	.1635
7	36.354	2.5238	.0613	7.0368	.0229	.1590
8	31.559	2.5785	.0547	7.1127	.0227	.1538
9	26.764	2.6263	.0478	7.1783	.0226	.1481
10	21.920	2.6671	.0408	7.2336	.0223	.1413
11	17.125	2.6998	.0327	7.2781	.0223	.1344
12	14.679	2.7135	.0137	7.2965	.0221	.1152
13	12.232	2.7251	.0116	7.3121	.0221	.1135
14	9.786	2.7343	.0092	7.3244	.0221	.1115
15	7.339	2.7421	.0078	7.3348	.0220	.1097
16	4.893	2.7474	.0053	7.3419	.0220	.1073
17	2.446	2.7506	.0032	7.3462	.0220	.1054
18	.000	2.7517	.0011	7.3477	.0220	.1033

Piezometro	D [Deg]	a/at	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/R/2GHT [m]	Hp/HT
3	55.534	.0744	.0320	5.000	.0820	1.3562	.0265	.060
4	50.739	.1544	.0300	5.333	.1000	1.5490	.0248	.065
5	45.944	.2343	.0300	5.333	.0940	1.5430	.0244	.061
6	41.149	.3142	.0300	5.333	.0950	1.5448	.0248	.061
7	36.354	.3941	.0250	6.400	.1430	2.2307	.0207	.064
8	31.559	.4740	.0290	5.517	.0720	1.6235	.0242	.044
9	26.764	.5539	.0270	5.926	.0580	1.8478	.0227	.031
10	21.920	.6347	.0270	5.926	.0880	1.8778	.0225	.047
11	17.125	.7146	.0280	5.714	.0470	1.7113	.0236	.027
12	14.679	.7553	.0290	5.517	.0970	1.6445	.0244	.059
13	12.232	.7961	.0280	5.714	.0950	1.7593	.0233	.054
14	9.786	.8369	.0290	5.517	.0690	1.6205	.0242	.043
15	7.339	.8777	.0290	5.517	.1190	1.6705	.0239	.071
16	4.893	.9184	.0290	5.517	.1110	1.6625	.0239	.067
17	2.446	.9592	.0280	5.714	.0530	1.7173	.0235	.031
18	.000	1.0000	.0280	5.714	.0460	1.7103	.0236	.027

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DOUMA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0320	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	2.000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	1.6600	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	H1 [m]	R1 [m]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	.5083	2.2434	1.14655	.0244	1.058
4	50.739	.4299	2.3218	1.14696	.0240	1.098
5	45.944	.3567	2.3950	1.14737	.0236	1.047
6	41.149	.2892	2.4625	1.14765	.0234	1.177
7	36.354	.2279	2.5236	1.14792	.0231	1.226
8	31.559	.1732	2.5785	1.14819	.0228	1.188
9	26.764	.1254	2.6263	1.14847	.0225	1.059
10	21.920	.0846	2.6671	1.14860	.0224	1.155
11	17.125	.0519	2.6998	1.14874	.0223	1.165
12	14.679	.0362	2.7135	1.14874	.0223	1.302
13	12.232	.0266	2.7251	1.14888	.0221	1.094
14	9.786	.0170	2.7343	1.14888	.0221	1.186
15	7.339	.0096	2.7421	1.14888	.0221	1.264
16	4.893	.0043	2.7474	1.14888	.0221	1.317
17	2.446	.0011	2.7506	1.14888	.0221	1.349
18	.000	.0000	2.7517	1.14888	.0221	1.360

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BEUDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0320	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	2.000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	1.6600	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	Y1 [m]	V1 [m/s]	R1 [m]	PO [m]	RP [m]
3	55.534	2.2434	.0241	6.6344	1.14664	.0924	1.060
4	50.739	2.3218	.0237	6.7493	1.14711	.0938	1.066
5	45.944	2.3956	.0233	6.8558	1.14742	.0955	1.117
6	41.149	2.4625	.0230	6.9508	1.14773	.0969	1.142
7	36.354	2.5236	.0227	7.0368	1.14805	.0980	1.163
8	31.559	2.5785	.0225	7.1127	1.14836	.0987	1.179
9	26.764	2.6263	.0223	7.1783	1.14852	.0999	1.196
10	21.920	2.6671	.0221	7.2338	1.14867	.1007	1.213
11	17.125	2.6998	.0220	7.2781	1.14883	.1013	1.223
12	14.679	2.7135	.0219	7.2965	1.14883	.1018	1.230
13	12.232	2.7251	.0219	7.3121	1.14896	.1015	1.229
14	9.786	2.7343	.0218	7.3244	1.14898	.1018	1.234
15	7.339	2.7421	.0218	7.3348	1.14898	.1021	1.238
16	4.893	2.7474	.0218	7.3419	1.14898	.1023	1.240
17	2.446	2.7506	.0218	7.3462	1.14898	.1025	1.242
18	.000	2.7517	.0218	7.3477	1.14898	.1025	1.243

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0320	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.1600	[m ³ /s/m]
Mn	Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

EST	THETA [Deg]	Y [m]	AI []	ALPHA []	Z [m]	LC [m]	V [m/s]	HPP [m]	SIGMA []	VC [m/s]	TAU(P) []	P []	P1 []
1	60.0000	.030	1.00		3.586								
2	55.4496	.018	1.00	1.010	.507	.093	8.866	.210	2.571	16.754	1.831	.032	.968
3	50.6546	.019	1.00	1.012	.429	.098	8.291	.184	2.932	16.442	1.891	.028	.972
4	45.8595	.021	1.00	1.010	.355	.098	7.787	.182	3.324	16.192	1.951	.024	.976
5	41.0645	.022	1.00	1.008	.288	.098	7.341	.183	3.741	15.982	2.006	.021	.979
6	36.2695	.023	1.00	1.010	.227	.098	6.990	.164	4.118	15.813	2.048	.019	.981
7	31.4744	.024	1.00	1.012	.172	.098	6.671	.150	4.515	15.666	2.087	.018	.982
8	26.6305	.025	1.00	1.010	.124	.099	6.380	.151	4.936	15.545	2.127	.016	.984
9	21.8354	.026	1.00	1.008	.084	.098	6.113	.154	5.378	15.439	2.164	.015	.985
10	19.3890	.027	1.00	1.010	.066	.050	5.971	.144	5.632	15.377	2.183	.014	.986
11	16.9425	.027	1.00	1.012	.051	.050	5.835	.136	5.893	15.319	2.201	.013	.987
12	14.4961	.028	1.00	1.010	.037	.050	5.705	.139	6.167	15.272	2.220	.013	.987
13	12.0496	.029	1.00	1.008	.026	.050	5.580	.143	6.447	15.229	2.239	.012	.988
14	9.6032	.029	1.00	1.010	.016	.050	5.461	.135	6.726	15.180	2.255	.012	.988
15	7.1567	.030	1.00	1.012	.009	.050	5.351	.128	7.002	15.137	2.271	.011	.989
16	4.7103	.031	.20	1.010	.004	.050	5.238	.131	7.309	15.099	2.288	.011	.989
17	2.2639	.031	.18	1.008	.001	.050	5.133	.135	7.614	15.065	2.305	.010	.990

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE RALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0500	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2500	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	Z [m]	V1 [m/s]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	2.2918	.0000	6.7056	.0380	
4	1.130	2.3702	.0784	6.8193	.0372	.2267
5	45.944	2.4434	.0732	6.9238	.0367	.2238
6	41.149	2.5109	.0675	7.0188	.0361	.2199
7	36.354	2.5722	.0613	7.1040	.0357	.2158
8	31.559	2.6289	.0547	7.1791	.0353	.2109
9	26.764	2.6747	.0478	7.2441	.0350	.2052
10	21.920	2.7155	.0408	7.2992	.0348	.1997
11	17.125	2.7482	.0327	7.3430	.0346	.1927
12	14.679	2.7619	.0137	7.3613	.0344	.1736
13	12.232	2.7735	.0116	7.3767	.0344	.1722
14	9.786	2.7831	.0096	7.3895	.0344	.1707
15	7.339	2.7905	.0074	7.3993	.0342	.1681
16	4.893	2.7958	.0053	7.4063	.0342	.1663
17	2.446	2.7990	.0032	7.4106	.0342	.1644
18	.000	2.8001	.0011	7.4120	.0342	.1624

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0500	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2500	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	60	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	u/dt	T [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/H/2GMT	Hp/HT
3	55.534	.0744	.0410	6.090	.1045	2.0795	.0334	.009
4	50.739	.1544	.0410	6.090	.1940	2.0090	.0333	.093
5	45.944	.2343	.0400	6.250	.1995	2.1905	.0326	.091
6	41.149	.3142	.0400	6.250	.1815	2.1725	.0327	.084
7	36.354	.3941	.0390	6.410	.2340	2.3204	.0316	.100
8	31.559	.4740	.0400	6.250	.1393	2.1303	.0330	.085
9	26.764	.5539	.0420	5.952	.1210	1.9269	.0347	.063
10	21.920	.6347	.0400	6.250	.1610	2.1520	.0329	.075
11	17.125	.7146	.0340	7.353	.1150	2.0706	.0284	.040
12	14.679	.7953	.0315	7.937	.1065	3.3969	.0262	.055
13	12.232	.7761	.0315	7.937	.1040	3.3944	.0262	.054
14	9.786	.8369	.0310	8.065	.1335	3.4483	.0260	.039
15	7.339	.8777	.0280	8.929	.2200	4.2832	.0233	.051
16	4.893	.9180	.0295	8.475	.1755	3.0360	.0246	.046
17	2.446	.9592	.0270	9.259	.0935	4.4632	.0220	.021
18	.000	1.0000	.0260	9.615	.1020	4.0143	.0220	.021

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DOURA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0500	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2500	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	H1 [m]	R1 [m]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	.5083	2.2918	1.13269	.0381	.1696
4	50.739	.4299	2.3702	1.13352	.0375	.1754
5	45.944	.3567	2.4434	1.13414	.0369	.1723
6	41.149	.2892	2.5109	1.13461	.0364	.1800
7	36.350	.2279	2.5722	1.13508	.0359	.1791
8	31.559	.1732	2.6269	1.13539	.0356	.1909
9	26.764	.1254	2.6747	1.13570	.0353	.1947
10	21.920	.0846	2.7155	1.13602	.0350	.1903
11	17.125	.0519	2.7482	1.13617	.0348	.2000
12	14.679	.0382	2.7619	1.13633	.0347	.1903
13	12.232	.0266	2.7735	1.13633	.0347	.2019
14	9.786	.0170	2.7831	1.13648	.0345	.1878
15	7.339	.0096	2.7905	1.13648	.0345	.1952
16	4.893	.0043	2.7958	1.13648	.0345	.2005
17	2.446	.0011	2.7999	1.13648	.0345	.2046
18	.000	.0000	2.8001	1.13648	.0345	.2048

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0500	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2500	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	V1 [m/s]	R1 [m]	PO [m]	HP [m]
3	55.534	2.2918	.0373	6.7056	1.13305	.1462
4	50.739	2.3702	.0367	6.8193	1.13367	.1487
5	45.944	2.4434	.0361	6.9238	1.13430	.1508
6	41.149	2.5109	.0356	7.0188	1.13477	.1530
7	36.350	2.5722	.0352	7.1040	1.13523	.1547
8	31.559	2.6269	.0348	7.1791	1.13570	.1560
9	26.764	2.6747	.0345	7.2441	1.13602	.1574
10	21.920	2.7155	.0343	7.2992	1.13617	.1591
11	17.125	2.7482	.0340	7.3430	1.13648	.1596
12	14.679	2.7619	.0340	7.3613	1.13648	.1604
13	12.232	2.7735	.0339	7.3767	1.13664	.1604
14	9.786	2.7831	.0338	7.3895	1.13664	.1609
15	7.339	2.7905	.0338	7.3993	1.13664	.1614
16	4.893	2.7958	.0338	7.4063	1.13680	.1609
17	2.446	2.7999	.0337	7.4106	1.13680	.1611
18	.000	2.8001	.0337	7.4120	1.13680	.1612

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ B.

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0500	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2500	[m ³ /s/m]
Nm	Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

EST	THETA [Deg]	Y [m]	AI []	ALPHA []	Z [m]	LC [m]	V [m/s]	HPF [m]	SIGMA []	VC [m/s]	TAU(P) []	P []	PI []
1	60.0000	.040	1.00		3.586								
2	55.4496	.026	1.00	1.010	.507	.093	9.552	.313	2.237	17.186	1.772	.037	.963
3	50.6546	.027	1.00	1.012	.429	.098	9.169	.287	2.422	16.961	1.808	.034	.966
4	45.8595	.028	1.00	1.010	.355	.098	8.815	.289	2.620	16.773	1.847	.031	.969
5	41.0645	.029	1.00	1.008	.288	.098	8.488	.294	2.820	16.607	1.884	.029	.971
6	36.2695	.031	1.00	1.010	.227	.098	8.184	.270	3.035	16.439	1.916	.027	.973
7	31.4744	.032	1.00	1.012	.172	.098	7.901	.252	3.250	16.289	1.947	.025	.975
8	26.6305	.033	1.00	1.010	.124	.099	7.637	.254	3.480	16.164	1.979	.023	.977
9	21.8354	.034	1.00	1.008	.084	.098	7.390	.259	3.718	16.052	2.010	.021	.979
10	19.3890	.034	1.00	1.010	.066	.050	7.256	.244	3.851	15.981	2.025	.020	.980
11	16.9425	.035	1.00	1.012	.051	.050	7.127	.232	3.987	15.916	2.040	.020	.980
12	14.4961	.036	1.00	1.010	.037	.050	7.002	.237	4.132	15.863	2.056	.019	.981
13	12.0496	.036	1.00	1.008	.026	.050	6.882	.243	4.281	15.814	2.073	.018	.982
14	9.6032	.037	1.00	1.010	.016	.050	6.765	.230	4.424	15.756	2.087	.018	.982
15	7.1567	.038	1.00	1.012	.009	.050	6.653	.220	4.571	15.702	2.100	.017	.983
16	4.7103	.038	.20	1.010	.004	.050	6.544	.224	4.726	15.659	2.115	.016	.984
17	2.2639	.039	.18	1.008	.001	.050	6.413	.229	4.823	15.607	2.134	.016	.984

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOFFET

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0580	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	Z [m]	V1 [m/s]	T [m]	Hp [m]
3	55.534	2.3323	.0000	6.7646	.0437	
4	50.739	2.4107	.0704	6.6773	.0429	.2518
5	45.944	2.4839	.0732	6.9810	.0423	.2493
6	41.149	2.5514	.0675	7.0752	.0418	.2464
7	36.354	2.6127	.0613	7.1597	.0412	.2418
8	31.559	2.6674	.0547	7.2343	.0409	.2376
9	26.764	2.7152	.0478	7.2988	.0404	.2319
10	21.920	2.7560	.0408	7.3534	.0401	.2262
11	17.125	2.7887	.0327	7.3969	.0399	.2196
12	14.679	2.8024	.0137	7.4151	.0398	.2008
13	12.232	2.8140	.0116	7.4304	.0398	.1995
14	9.786	2.8236	.0096	7.4431	.0396	.1974
15	7.339	2.8310	.0074	7.4528	.0396	.1957
16	4.893	2.8363	.0053	7.4598	.0396	.1939
17	2.446	2.8395	.0032	7.4640	.0395	.1913
18	.000	2.8406	.0011	7.4654	.0395	.1893

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0580	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2900	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	60	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	a/at	T [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	q/R/2GHT	Hp/HT
3	55.534	.0744	.0470	6.170	.2105	2.1509	.0381	.090
4	50.739	.1544	.0470	6.170	.2250	2.1654	.0380	.104
5	45.944	.2343	.0450	6.444	.2220	2.3396	.0366	.095
6	41.149	.3142	.0475	6.105	.2090	2.1080	.0385	.099
7	36.354	.3941	.0450	6.444	.2655	2.3823	.0362	.111
8	31.559	.4740	.0435	6.667	.1695	2.4340	.0358	.070
9	26.764	.5539	.0412	7.039	.1520	2.4772	.0342	.057
10	21.920	.6347	.0400	7.250	.1490	2.4600	.0330	.046
11	17.125	.7146	.0380	7.632	.1450	3.1135	.0317	.047
12	14.679	.7945	.0360	8.056	.2235	3.5309	.0289	.063
13	12.232	.8744	.0360	8.056	.2145	3.5219	.0280	.061
14	9.786	.9543	.0350	8.286	.1645	3.6596	.0282	.044
15	7.339	.0777	.0350	8.286	.2550	3.7541	.0280	.060
16	4.893	.9104	.0350	8.286	.2040	3.7031	.0291	.055
17	2.446	.9592	.0345	8.406	.1125	3.7130	.0290	.030
18	.000	1.0000	.0330	8.788	.1185	4.0546	.0270	.029

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DOUMA

VALORES INICIALES

Q Gasto.....	.0580	[m ³ /s]
R Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q Gasto unitario.....	.2900	[m ³ /s/m]
T Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	Z [m]	H1 [m]	R1 [m]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	.5083	2.3323	1.12705	.0439	.1961
4	50.739	.4299	2.4107	1.12783	.0432	.1950
5	45.944	.3567	2.4839	1.12842	.0426	.2056
6	41.149	.2892	2.5514	1.12900	.0420	.2079
7	36.350	.2279	2.6127	1.12939	.0416	.2242
8	31.559	.1732	2.6674	1.12998	.0410	.2089
9	26.764	.1254	2.7152	1.13037	.0406	.2003
10	21.920	.0846	2.7560	1.13057	.0404	.2244
11	17.125	.0519	2.7887	1.13076	.0402	.2320
12	14.679	.0382	2.8024	1.13096	.0400	.2203
13	12.232	.0266	2.8140	1.13096	.0400	.2319
14	9.786	.0170	2.8236	1.13115	.0398	.2156
15	7.339	.0096	2.8310	1.13115	.0398	.2230
16	4.893	.0043	2.8363	1.13115	.0398	.2283
17	2.446	.0011	2.8395	1.13115	.0398	.2315
18	.000	.0000	2.8406	1.13115	.0398	.2326

CALCULO DE PRESTIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HENDERSON

VALORES INICIALES

Q Gasto.....	.0580	[m ³ /s]
R Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q Gasto unitario.....	.2900	[m ³ /s/m]
T Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	Y1 [m]	V1 [m/s]	R1 [m]	PO [m]	HP [m]
3	55.534	2.3323	.0429	6.7646	1.12722	.1711	.1954
4	50.739	2.4107	.0422	6.8774	1.12797	.1739	.2006
5	45.944	2.4839	.0415	6.9810	1.12872	.1761	.2050
6	41.149	2.5514	.0410	7.0752	1.12928	.1786	.2094
7	36.354	2.6127	.0405	7.1597	1.12984	.1804	.2130
8	31.559	2.6674	.0401	7.2343	1.13022	.1826	.2167
9	26.764	2.7152	.0397	7.2986	1.13059	.1841	.2196
10	21.920	2.7560	.0394	7.3534	1.13078	.1861	.2226
11	17.125	2.7887	.0392	7.3969	1.13116	.1865	.2240
12	14.679	2.8024	.0391	7.4151	1.13116	.1875	.2253
13	12.232	2.8140	.0390	7.4304	1.13134	.1874	.2255
14	9.786	2.8236	.0390	7.4431	1.13134	.1880	.2264
15	7.339	2.8310	.0389	7.4528	1.13134	.1885	.2271
16	4.893	2.8363	.0389	7.4598	1.13153	.1880	.2267
17	2.446	2.8395	.0389	7.4640	1.13153	.1882	.2270
18	.000	2.8406	.0388	7.4654	1.13153	.1883	.2271

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE SANCHEZ R.

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0580	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.2900	[m ³ /s/m]
nn	Rugosidad de Manning.....	.0180	[]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

EST	THETA [Deg]	Y [m]	AI []	ALPHA []	Z [m]	LC [m]	V [m/s]	HPP [m]	SIGMA []	VC [m/s]	TAU(P) []	P []	P1 []
1	60.0000	.044	1.00		3.586								
2	55.4496	.030	1.00	1.010	.507	.093	9.743	.358	2.159	17.318	1.758	.038	.962
3	50.6546	.031	1.00	1.012	.429	.098	9.397	.332	2.315	17.111	1.790	.036	.964
4	45.8595	.032	1.00	1.010	.355	.098	9.076	.334	2.483	16.938	1.825	.033	.967
5	41.0645	.033	1.00	1.008	.288	.098	8.775	.340	2.657	16.782	1.858	.030	.970
6	36.2695	.034	1.00	1.010	.227	.098	8.494	.315	2.829	16.622	1.886	.029	.971
7	31.4744	.035	1.00	1.012	.172	.098	8.231	.296	3.008	16.478	1.914	.027	.973
8	26.6305	.036	1.00	1.010	.124	.099	7.983	.299	3.199	16.357	1.943	.025	.975
9	21.8354	.037	1.00	1.008	.084	.098	7.749	.304	3.396	16.248	1.972	.023	.977
10	19.3890	.038	1.00	1.010	.066	.050	7.622	.288	3.505	16.177	1.985	.023	.977
11	16.9425	.039	1.00	1.012	.051	.050	7.499	.275	3.616	16.112	1.999	.022	.978
12	14.4961	.039	1.00	1.010	.037	.050	7.380	.280	3.736	16.060	2.014	.021	.979
13	12.0496	.040	1.00	1.008	.026	.050	7.264	.288	3.859	16.012	2.030	.020	.980
14	9.6032	.041	1.00	1.010	.016	.050	7.152	.273	3.975	15.952	2.042	.020	.980
15	7.1567	.041	1.00	1.012	.009	.050	7.044	.262	4.094	15.897	2.055	.019	.981
16	4.7103	.042	.20	1.010	.004	.050	6.938	.267	4.221	15.854	2.069	.018	.982
17	2.2639	.043	.18	1.008	.001	.050	6.811	.272	4.383	15.802	2.087	.018	.982

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE BALLOPPE

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0740	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
AP	Ancho de plantilla.....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3700	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha [Deg]	H1 [m]	Z [m]	V1 [m/s]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	2.3782	.0000	6.8308	.0555	
4	50.739	2.4566	.0784	6.9425	.0546	.3021
5	45.944	2.5298	.0732	7.0452	.0538	.3005
6	41.149	2.5973	.0675	7.1386	.0531	.2977
7	36.354	2.6586	.0613	7.2223	.0523	.2937
8	31.559	2.7133	.0547	7.2962	.0520	.2902
9	26.764	2.7611	.0478	7.3602	.0514	.2849
10	21.920	2.8019	.0408	7.4144	.0510	.2797
11	17.125	2.8346	.0327	7.4575	.0507	.2726
12	14.679	2.8483	.0137	7.4755	.0507	.2548
13	12.232	2.8599	.0116	7.4907	.0505	.2528
14	9.786	2.8695	.0096	7.5033	.0505	.2516
15	7.339	2.8769	.0074	7.5130	.0503	.2492
16	4.893	2.8822	.0053	7.5199	.0503	.2475
17	2.446	2.8854	.0032	7.5241	.0503	.2457
18	.000	2.8865	.0011	7.5255	.0503	.2437

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

CUERPO DE INGENIEROS

VALORES INICIALES

Q	Gasto .....	.0740	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla .....	.2000	[m]
G	Constante de gravedad	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario .....	.3700	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo ...	60	[Deg]

Piezometro	D [Deg]	u/ut	Y [m]	V [m/s]	Hp [m]	HT [m]	u/R/2GH [m]	Hp/HT
3	55.534	.0744	.0590	6.271	.2450	2.2495	.0476	.109
4	50.739	.1544	.0690	6.167	.2600	2.2070	.0440	.122
5	45.944	.2343	.0570	6.491	.2649	2.4125	.0459	.110
6	41.149	.3142	.0550	6.727	.2545	2.5611	.0446	.099
7	36.354	.3941	.0510	7.255	.3110	2.9945	.0412	.104
8	31.559	.4740	.0470	7.072	.2255	3.3042	.0380	.067
9	26.764	.5539	.0460	6.043	.2205	3.5100	.0380	.063
10	21.920	.6347	.0460	6.043	.2533	3.5500	.0379	.071
11	17.125	.7146	.0430	6.605	.2005	3.9022	.0357	.052
12	14.679	.7553	.0420	6.010	.2015	4.2370	.0347	.066
13	12.232	.7961	.0400	6.250	.2770	4.6300	.0331	.060
14	9.786	.8369	.0400	6.250	.2225	4.5035	.0333	.049
15	7.339	.8777	.0410	6.024	.3030	4.4530	.0330	.060
16	4.893	.9184	.0430	6.605	.2505	4.0322	.0355	.064
17	2.446	.9592	.0390	6.407	.1665	4.7540	.0327	.035
18	.000	1.0000	.0410	6.024	.1500	4.3016	.0344	.035

CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE DOUMA

VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0740	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	2.000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3700	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

Piezometro	Alpha (Deg)	Z [m]	H1 [m]	H2 [m]	Y [m]	Hp [m]
3	55.534	.5083	2.3782	1.11514	.0559	.2486
4	50.739	.4299	2.4566	1.11592	.0551	.2646
5	45.944	.3567	2.5298	1.11689	.0541	.2560
6	41.149	.2892	2.5973	1.11748	.0535	.2722
7	36.350	.2279	2.6506	1.11807	.0529	.2805
8	31.559	.1732	2.7133	1.11865	.0523	.2804
9	26.764	.1254	2.7611	1.11904	.0520	.2906
10	21.920	.0846	2.8019	1.11943	.0516	.2930
11	17.125	.0519	2.8346	1.11982	.0512	.2864
12	14.679	.0382	2.8488	1.12002	.0510	.2806
13	12.232	.0266	2.8599	1.12002	.0510	.2917
14	9.786	.0170	2.8695	1.12021	.0508	.2810
15	7.339	.0096	2.8769	1.12021	.0508	.2884
16	4.893	.0043	2.8822	1.12021	.0508	.2937
17	2.446	.0011	2.8854	1.12021	.0508	.2969
18	.000	.0000	2.8865	1.12021	.0508	.2980

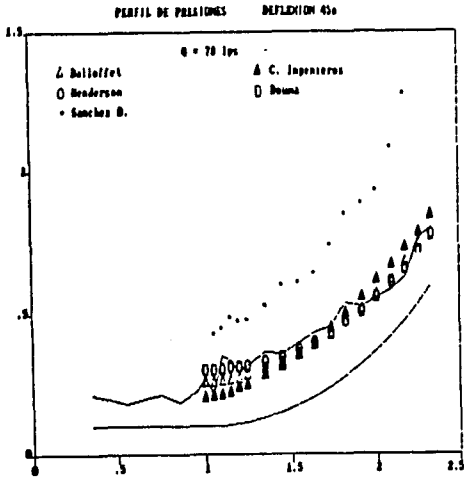
CALCULO DE PRESIONES EN CURVAS
VERTICALES DE OBRAS DE EXCEDENCIAS

METODO DE HELDERSON

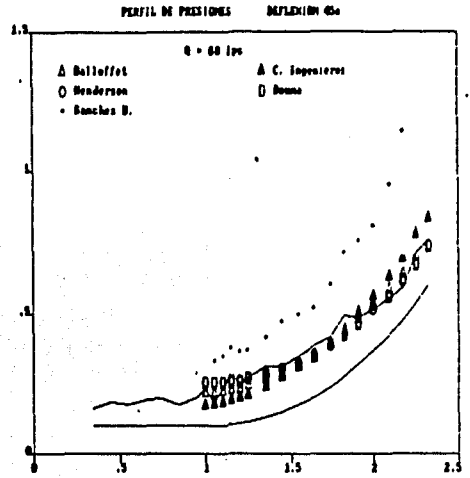
VALORES INICIALES

Q	Gasto.....	.0740	[m ³ /s]
R	Radio de curvatura.....	1.1710	[m]
B	Ancho de plantilla.....	2.000	[m]
G	Constante de gravedad.....	9.8100	[m/s ²]
q	Gasto unitario.....	.3700	[m ³ /s/m]
T	Deflexion total del codo...	60	[Deg]

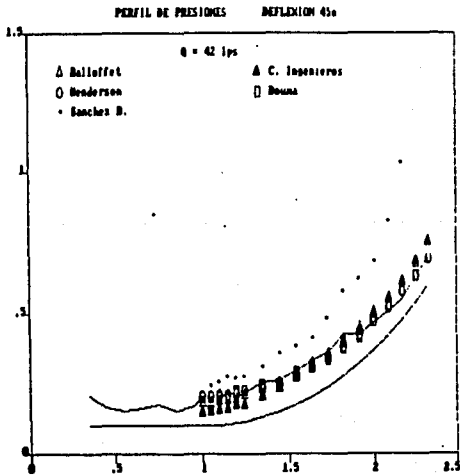
Piezometro	Alpha (Deg)	H1 [m]	Y1 [m]	V1 [m/s]	H1 [m]	P0 [m]	HP [m]
3	55.534	2.3782	.0542	6.8308	1.11541	.2204	.2511
4	50.739	2.4566	.0533	6.9425	1.11645	.2236	.2573
5	45.944	2.5298	.0525	7.0452	1.11730	.2267	.2632
6	41.149	2.5973	.0518	7.1386	1.11799	.2290	.2689
7	36.350	2.6506	.0512	7.2223	1.11851	.2330	.2743
8	31.559	2.7133	.0507	7.2962	1.11920	.2388	.2780
9	26.764	2.7611	.0503	7.3602	1.11954	.2373	.2822
10	21.920	2.8019	.0499	7.4144	1.11988	.2393	.2856
11	17.125	2.8346	.0496	7.4575	1.12023	.2405	.2879
12	14.679	2.8488	.0495	7.4755	1.12040	.2408	.2887
13	12.232	2.8599	.0494	7.4907	1.12057	.2410	.2894
14	9.786	2.8695	.0493	7.5033	1.12057	.2410	.2904
15	7.339	2.8769	.0492	7.5130	1.12057	.2425	.2913
16	4.893	2.8822	.0492	7.5199	1.12074	.2421	.2911
17	2.446	2.8854	.0492	7.5241	1.12074	.2424	.2915
18	.000	2.8865	.0492	7.5255	1.12074	.2425	.2916



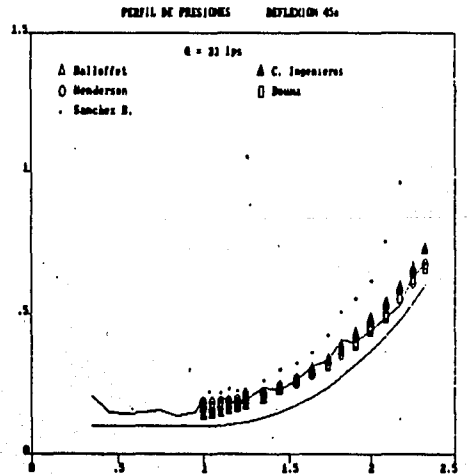
3.41



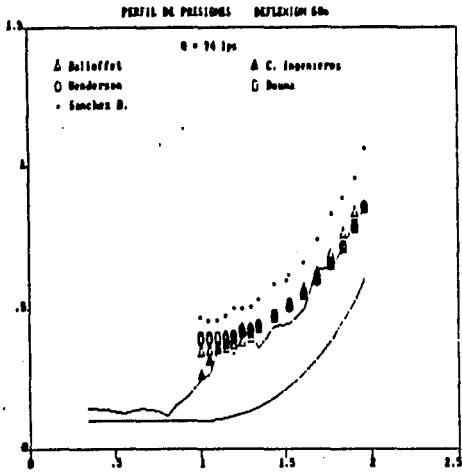
3.42



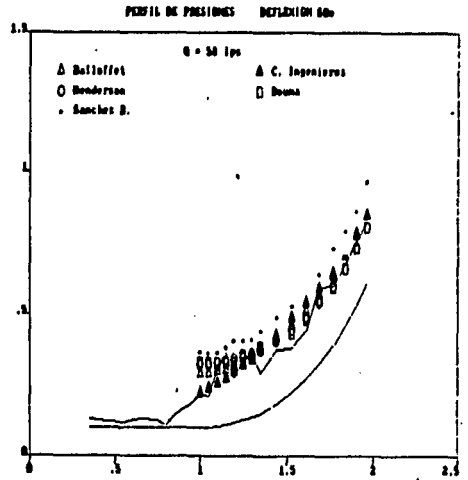
3.43



3.44



3.45



3.46

