

CONCEPTO DE ALTURA MANOMÉTRICA DE LA BOMBA Y POTENCIA A SUMINISTRAR

1.- GENERALIDADES

El presente artículo tiene como objetivo central el de continuar brindando aplicaciones de uso práctico de la Expresión de Bernoulli para escurrimientos permanentes en conducciones a presión. En cierta forma es una continuación del capítulo precedente, publicado en el número anterior de la revista.

En aquella oportunidad se trató de destacar la forma tan especial de interpretación de la Presión y de la variación de la Energía involucrada en el proceso del escurrimiento de agua en conducciones a presión. La constancia, en términos prácticos, de su peso específico dio lugar a las explicaciones tecnológicas de los conceptos “Presión medida en metros de columna de agua” y “Pérdida de carga”, prácticamente equivalente a la pérdida de energía en muchas aplicaciones y que resulta también mensurable en metros de columna de agua.

En la Hidráulica de las conducciones, las instalaciones de Bombeo son de gran importancia, por lo que parece oportuno destacar los fundamentos de algunos conceptos de aplicación en las mismas los que, a pesar de ser de aplicación cotidiana, muchas veces no son conocidos por sus habituales usuarios.

Nos referiremos al concepto de “**Altura Manométrica**” de una bomba y la **razón de su denominación**, lo que como se verá, es fácilmente deducible de la aplicación de la expresión de Bernoulli, en una instalación de impulsión.

En la aplicación que nos ocupa el planteo de Bernoulli se hará sin las simplificaciones acotadas en el artículo precedente, es decir usando todos sus términos sin considerar a ninguno de ellos como despreciable, dado que el propósito es una demostración conceptual y no una metodología de cálculo de aproximación suficiente en tecnología.

Para los fines perseguidos, se ha seleccionado un esquema de instalación tradicional, constituido por una tubería de diámetro constante e igual, antes y después de la bomba (aspiración e impulsión propiamente dichas respectivamente). Afortunadamente coincide éste hecho con lo usual en las instalaciones habituales de la Ingeniería Sanitaria, las que pueden ser consideradas, salvo excepciones, entre las clasificadas como medianas y pequeñas. Para éste vasto rango de aplicaciones, es usual la constancia del diámetro señalada, a pesar de que el mismo pueda pertenecer a materiales distintos de las tuberías, en la aspiración o la impulsión.

Si bien en las grandes instalaciones de bombeo no es cierto que el diámetro de la aspiración sea igual al de la impulsión (incluso el primero es variable), el concepto buscado, que es la “Altura Manométrica” de la bomba, no varía por ese hecho.

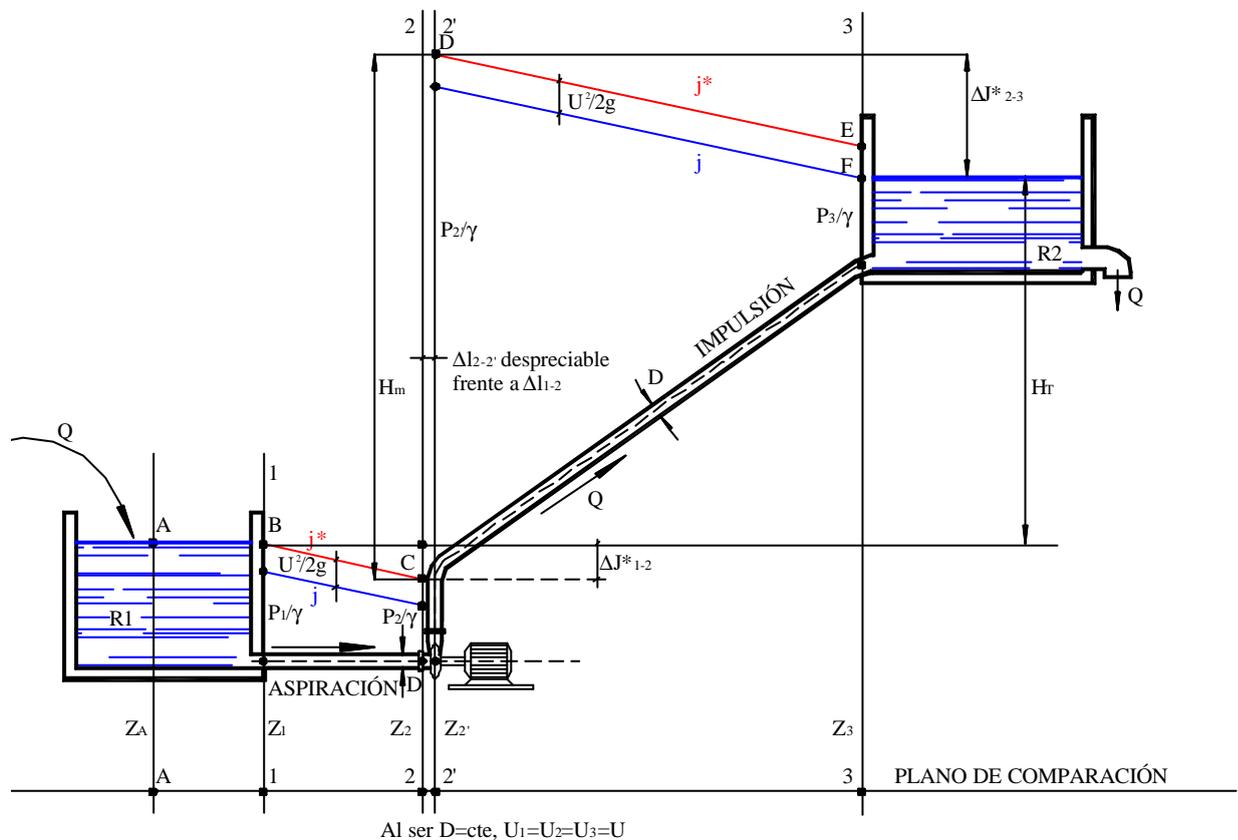
Se supone que el cálculo hidráulico de la instalación ha sido previamente realizado, por lo que no constituye éste el objetivo del presente artículo.

Es preciso destacar que la máquina comienza en la “Brida de Aspiración” y termina en la “Brida de impulsión”, por lo que el diseño de las instalaciones anterior y posterior a ambas

bridas, es responsabilidad del ingeniero a cargo del proyecto, mientras que la bomba resultará “seleccionada” entre todas aquellas que ofrece la industria especializada.

2.- INSTALACIÓN DE BOMBEO

En la Figura se esquematiza una instalación de bombeo, la que consta de dos reservorios R_1 y R_2 , siendo el nivel en éste último superior al primero en una altura topográfica que llamamos H_T . Ambos reservorios están conectados por una conducción de diámetro D , interrumpida por un equipo de bombeo, cuya misión es la de elevar un caudal Q a la altura H_T .



Nota: A los fines demostrativos, se considera el ingreso en la cañería de impulsión en el reservorio R_2 por debajo del nivel de agua.

Figura

Líneas de Energía y Piezométrica en una instalación de bombeo

Se recuerda que el tramo de conducción hasta la bomba se denomina “Aspiración”, y el que parte de la bomba hasta la cisterna, es la “Impulsión propiamente dicha”. En general, a toda la instalación se la denomina genéricamente como “Impulsión”.

Analizaremos, a continuación, y en forma cualitativa, la hidrodinámica de la instalación. Es decir, trazaremos las líneas de energía y piezométrica, lo que nos va a permitir definir con precisión el concepto de “Altura manométrica”, de gran interés en la selección de la bomba.

Se comienza por evaluar la pérdida de energía por frotamiento en la aspiración (Tramo 1-2) que designamos ΔJ^*_{1-2} . Se descuenta luego este valor del nivel energético del líquido en la sección 2-2 (un infinitésimo antes de la brida de aspiración), obteniéndose así el punto C que representa **la energía de la unidad de peso del líquido antes de ingresar a la bomba**. Uniendo C con B se obtiene la línea de energía de j^* (“pérdida unitaria” de energía hidráulica).

Conocido el caudal Q, es inmediato el cálculo de U, con lo que se determina la energía cinética $U^2/2g$ y se está en condiciones de trazar la línea piezométrica j. Se recuerda que al ser $D = cte$ y por lo tanto el régimen Uniforme j es igual a j^* (ver artículo anterior).

Se procede ahora a evaluar la pérdida continua o por frotamiento en la impulsión, considerando que ésta se desarrolla desde la brida de impulsión (sección 2'-2') hasta la embocadura en el reservorio R_2 .

La longitud $\Delta l_{2-2'}$ resulta despreciable frente a la longitud total Δl_{1-3} de toda la conducción, y además **no es parte de la misma**, por lo que, en términos prácticos, las **secciones 2-2 y 2'-2' son coincidentes**.

Para determinar el nivel energético que debe tener el líquido en la brida de impulsión (es decir a la salida de la bomba), se hará el análisis partiendo del único punto conocido de la línea piezométrica, que es el F.

Como el diámetro y el material de la impulsión son los mismos, obviamente la “pendiente” de la línea piezométrica y de la línea de energía seguirá siendo $j = j^*$. Trazando una paralela por F a la piezométrica de la aspiración y limitándola en la sección 2'-2', se obtiene la piezométrica de la impulsión. Trazando una paralela a la distancia $U^2/2g$ se obtiene la línea de energía, la que define, en la sección 2'-2', el punto D, representativo del nivel energético necesario a la salida de la bomba para que el caudal, venciendo la resistencia del conducto (que origina una “pérdida de energía” ΔJ^*_{2-3}) y con una velocidad U, llegue al nivel del reservorio R_2 .

La energía por unidad de peso que escurre y que la bomba debe entregar al líquido, está dada por la altura H_m , que se denominará “Altura manométrica”. Del análisis de la Figura surge que; la diferencia entre la energía del líquido al salir de la Bomba, (punto D) y la que tenía al ingresar a la misma (punto C), es H_m . Como se puede apreciar, éste segmento es igual al que se obtiene de sumarle los segmentos representativos del desnivel topográfico H_t , y los correspondientes a todas las pérdidas existentes en la instalación, sean éstas continuas o localizadas. En símbolos:

$$H_m = H_T + \Delta J^*_{1-2} + \Delta J^*_{2-3} + \frac{U^2}{2g}$$

Es decir:

$$H_m = H_T + \sum \Delta J$$

En la sumatoria de la expresión precedente se engloban todas las pérdidas de energía de la instalación. (Se recuerda que el término de energía cinética constituye una “Pérdida localizada por ingreso a depósito, cuyo coeficiente de pérdida “k” vale 1). Por simplicidad no se han considerado otras pérdidas localizadas, las que por otra parte suelen resultar

despreciables en impulsiones relativamente largas. Obviamente de ser consideradas integrarán, necesariamente, la sumatoria de la expresión anterior.

Para pasar a la expresión de la potencia que se necesita entregar a la vena líquida para elevar el caudal Q a la altura H_f , venciendo las resistencias de la conducción, se multiplica por γ y por Q (ver artículo precedente), y se obtiene:

$$N = \gamma Q H_m$$

Como la bomba tiene rozamientos mecánicos, es evidente que el motor tendrá que entregar algo más de potencia para suplir la que se disipa en los mismos, de modo que a la vena líquida llegue la potencia necesaria N .

La potencia a suministrar en el eje será entonces:

$$N_e = \frac{N}{\eta}$$

En la que η es el rendimiento de la bomba (siempre menor que la unidad).

Reemplazando se tiene:

$$N_e = \frac{\gamma Q H_m}{\eta}$$

Cuya ecuación de dimensión resulta

$$(N_e) = \frac{F}{L^3} \frac{L^3}{T} L = \frac{FL}{T}$$

Es decir dimensiones de potencia cuyas unidades en el sistema técnico resultan:

$$[N_e] = \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

Para expresarla en HP debe dividirse por 75 y para expresarla en KW por 102, por lo que finalmente se tiene:

$$N_e = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta} \text{ (HP)}$$

$$N_e = \frac{\gamma Q H_m}{102 \eta} \text{ (KW)}$$

Las anteriores constituyen expresiones fundamentales para la selección de bombas, y con su obtención hemos logrado el primero de nuestros objetivos.

Aclararemos, a continuación, el porqué de la denominación de “Altura manométrica” al concepto analizado previamente, lo que constituye nuestro segundo objetivo.

Planteando la expresión de Bernoulli entre brida de aspiración y brida de impulsión de la bomba, tendremos:

$$Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g} + H_m = Z_{2'} + \frac{P_{2'}}{\gamma} + \frac{U_{2'}^2}{2g}$$

Despejando H_m :

$$H_m = (Z_{2'} - Z_2) + \frac{(P_{2'} - P_2)}{\gamma} + \frac{(U_{2'}^2 - U_2^2)}{2g}$$

Pero las diferencias entre $Z_{2'}$ y Z_2 son unos pocos centímetros frente a los muchos metros que implican las alturas de presiones. Por otra parte, U_2 resulta igual a U_1 al ser el diámetro de la aspiración igual al de la impulsión, por lo que:

$$\begin{aligned} Z_{2'} - Z_2 &\cong 0 \\ \frac{U_{2'}^2 - U_2^2}{2g} &= 0 \end{aligned}$$

Entonces, la anterior se reduce a:

$$H_m = \frac{P_{2'} - P_2}{\gamma}$$

Por lo que la altura manométrica puede ser medida **conectando un manómetro diferencial entre brida de aspiración y brida de impulsión. Éste concepto es el que motiva su denominación.**

Con el cumplimiento de los dos objetivos prefijados finaliza el presente artículo, el que en realidad puede ser considerado como introductorio del siguiente, a publicarse en el próximo número, y en el que se abordará la problemática del **ANPA** (Altura Neta Positiva de Aspiración), la que adelantamos también es fácilmente comprensible aplicando la expresión de Bernoulli (aunque ahora en términos “absolutos”) al tubo de aspiración de la instalación de bombeo.